

BASTIAN POKORNI | MARTIN BRAUN | CHRISTIAN KNECHT

MENSCHENZENTRIERTE KI-ANWENDUNGEN IN DER PRODUKTION

PRAXISERFAHRUNGEN UND LEITFADEN ZU BETRIEBLICHEN EINFÜHRUNGSSTRATEGIEN

HRSG.: WILHELM BAUER | OLIVER RIEDEL | THOMAS RENNER | MATTHIAS PEISSNER





Bastian Pokorni, Martin Braun, Christian Knecht

MENSCHZENTRIERTE KI-ANWENDUNGEN IN DER PRODUKTION

Praxiserfahrungen und Leitfaden zu betrieblichen Einführungsstrategien

Herausgeber

Wilhelm Bauer, Oliver Riedel, Thomas Renner, Matthias Peissner

VORWORT

Künstliche Intelligenz (KI) ist eine der zentralen Technologien für die Zukunft. Ihre Einführung und der Einsatz fordern Unternehmen im besonderen Maß heraus. Es gilt, das Potenzial zu erkennen und dieses wirtschaftlich nutzbar zu machen. Lassen Sie sich dabei durch Europas größte Forschungskoooperation auf dem Gebiet der KI, Cyber Valley, begleiten.

Mit dem KI-Fortschrittszentrum von Fraunhofer IAO und Fraunhofer IPA unterstützen wir Unternehmen dabei, das Potenzial von KI nutzbringend einzusetzen. An der Schnittstelle zwischen anwendungsorientierter Wirtschaft und exzellenter Forschung des Cyber-Valley-Konsortiums entwickeln wir innovative KI-Anwendungen für die Praxis und treiben damit die Kommerzialisierung von KI voran. Erklärtes Ziel ist dabei, menschenzentrierte KI-Lösungen zu entwickeln. Denn nur wenn Menschen mit einer neuen Technologie intuitiv interagieren und vertrauensvoll zusammenarbeiten, kann ihr Potenzial optimal ausgeschöpft werden.

Die Studienreihe »Lernende Systeme« des KI-Fortschrittszentrums gibt Einblick in die Potenziale und die praktischen Einsatzmöglichkeiten von KI. Dabei werden übergreifende Themen wie Zuverlässigkeit, Erklärbarkeit (xAI), cloudbasierte Plattformen, Technologien und Einführungsstrategien diskutiert. Zudem werden einzelne Anwendungsbereiche in der Wissensarbeit, Bauwirtschaft, Produktion und dem Kundenservice im Detail beleuchtet.



Die vorliegende Studie zeigt Nutzenpotenziale der KI-Anwendungen in der industriellen Produktion auf und vertieft bewährte Ansätze einer menschenzentrierten Systemgestaltung. Im Mittelpunkt der Studie steht ein pragmatischer Handlungsleitfaden. Er unterstützt betriebliche Akteure bei der Einführung von KI-Anwendungen, um technische Funktionen und menschliche Fähigkeitspotenziale zum Vorteil von Unternehmen, Mitarbeitenden und Kunden zu verbinden.

Wir wünschen Ihnen eine spannende Lektüre, und freuen uns, wenn wir in Zukunft auch Sie mit unserer Expertise auf Ihrem Weg zur menschenzentrierten KI unterstützen dürfen.

Wilhelm Bauer, Oliver Riedel, Thomas Renner, Matthias Peissner
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

INHALT

1	Management Summary	8
2	Ausgangslage und Konzept des Leitfadens	10
2.1	Ausgangslage	10
2.2	Konzept des Leitfadens	12
3	Grundlagen der künstlichen Intelligenz	15
3.1	Definition	15
3.2	Technologien und Verfahren	16
3.2.1	Maschinelle Lernverfahren	16
3.2.2	Leistungssteigerungen im Bereich des Maschinellen Lernens	18
3.2.3	Datenwissenschaft	18
3.3	Erklärbarkeit von KI-Modellen	19
4	KI in der Produktion	20
4.1	Instandhaltung	20
4.2	Logistik	21
4.3	Qualitätsmanagement	21
4.4	Digitale Assistenzsysteme	21
4.5	Produktionssteuerung	22
4.6	Robotik	22

5	Menschzentrierte Gestaltung von KI-Anwendungen	23
5.1	Kernkonzept	23
5.2	Anforderungen an die sozio-technische Systemgestaltung	24
5.3	Gestaltungsfelder menschzentrierter KI	24
5.3.1	Schutz des Menschen	25
5.3.2	Vertrauenswürdigkeit	26
5.3.3	Funktionsteilung von Mensch und Maschine	27
5.3.4	Lernförderliche Arbeitsbedingungen	28
5.4	Grenzen von KI-Anwendungen	29
6	Handlungsleitfaden	30
6.1	Rollen und Kompetenzen in KI-Projekten	32
6.2	Phase 1: Unternehmens-/Bereichsreifegradprüfung	33
6.3	Phase 2: Mobilisierung und Innovationskultur	37
6.4	Phase 3: Anwendungsfallidentifikation	41
6.5	Phase 4: Anwendungsfallkonzeption	45
6.6	Phase 5: Anwendungsfallumsetzung	51
6.6.1	KI-Modell	51
6.6.2	Arbeitsprozess	57
6.6.3	Nutzungsschnittstelle	62
6.7	Phase 6: Evaluation	67
6.8	Phase 7: Einführung, Skalierung und Betrieb	74
7	Fazit und Ausblick	78
	Literatur	80
	Anhang	85
	KI-Fortschrittszentrum	86
	Fraunhofer-Gesellschaft	87

ABBILDUNGEN

<i>Abbildung 1: Erfahrungen der Unternehmen mit künstlicher Intelligenz (vgl. [1, S. 28]).</i>	11
<i>Abbildung 2: Vorgehen zur Erarbeitung des Leitfadens.</i>	12
<i>Abbildung 3: Abgrenzung verschiedener Gebiete im Bereich KI und Data Science.</i>	16
<i>Abbildung 4: Übersicht der maschinellen Lernverfahren und den gängigsten Lernalgorithmen.</i>	17
<i>Abbildung 5 Felder einer menschenzentrierten Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion im Kontext der KI-Anwendungen (nach [13]).</i>	25
<i>Abbildung 6: Handlungsleitfaden zur Einführung menschenzentrierter KI-Anwendungen.</i>	31

TABELLEN

Tabelle 1: Einbezogene Experten und Expertin der Studie im Überblick. 14

*Tabelle 2: Rollen und Kompetenzen im Einführungsprozess
von KI-Anwendungen. 32*

1 MANAGEMENT SUMMARY

Künstliche Intelligenz (KI) findet ihren Weg in die industrielle Produktion. Die Potenziale, damit Prozesse und Geschäftsmodelle zu optimieren, scheinen groß. KI-Anwendungen lassen sich entlang des gesamten Wertstroms einsetzen – von der Logistik bis in die Fertigungs- und Montageprozesse. Dennoch halten sich viele Unternehmen bei der Einführung zurück. Sie begründen dies damit, dass Kompetenzen, Ressourcen und technische Voraussetzungen fehlen.

Ein genauerer Blick zeigt, dass viele Unternehmen nicht wissen, wie sie KI-Projekte starten und diese systematisch und ganzheitlich, über die Technik hinaus, angehen können. Schließlich sind für den auf Materialflüsse fokussierten Produktionsbereich datenintensive Optimierungsansätze im ersten Moment unbekannt. Zudem stecken viele Unternehmen mitten in Digitalisierungsbestrebungen und haben evtl. den kurzfristigen Erfolg noch nicht erreicht. Dies macht sie zusätzlich skeptisch, die hochkomplex erscheinenden Aufgaben anzugehen, die mit der Einführung von KI-Anwendungen verbunden sind. Dennoch sollten sich produzierende Unternehmen mit den Potenzialen und Chancen von KI-Einsatzfeldern beschäftigen und frühzeitig deren Anwendungsmöglichkeiten eruieren. Warum? Um Materialflüsse und Produktqualitäten weiter zu optimieren, werden Daten eine große Rolle spielen. Wer zukünftige Potenziale verwirklichen will, muss bereits heute die Voraussetzungen schaffen.

Neben der Frage eines systematischen Einführungsprozesses haben Unternehmen sicherzustellen, dass Mitarbeitende die KI-Initiativen mittragen und aktiv unterstützen. Nur so können die KI-Anwendungen im betrieblichen Einsatz die beabsichtigten Nutzenpotenziale verwirklichen. Neben technischen Fragestellungen sind Unternehmen mehr denn je gefordert, Anwendungen, Prozesse und Interaktionsformen menschenzentriert zu gestalten. Nur wenn Unternehmen gemeinsam mit ihren Mitarbeitenden den Einführungsprozess durchlaufen, kann gewährleistet werden, dass alle betrieblichen Akteursgruppen von den KI-Anwendungen profitieren und sich eine notwendige Nutzerakzeptanz einstellt.

Zwar wird jedes Unternehmen seinen eigenen Weg bei der Einführung von KI-Anwendungen finden müssen. Dennoch bietet dieser Studienbericht eine generische Orientierung, um menschenzentrierte KI-Anwendungen vorteilhaft in die industriellen Produktionsprozesse einzuführen. Ein pragmatischer Handlungsleitfaden zeigt auf, wie sich technische Funktionen und menschliche Potenziale zum Nutzen von Unternehmen, Mitarbeitenden und Kunden verbinden lassen. Den Ausführungen liegt u. a. ein intensiver Erfahrungsaustausch mit betrieblichen Praktiker*innen in Workshops, Betriebsprojekten und Experteninterviews zugrunde.

2 AUSGANGSLAGE UND KONZEPT DES LEITFADENS

Um KI-Anwendungen im Unternehmen einzuführen, bedarf es einiger vertiefender Informationen und konzeptioneller Überlegungen. Diese werden in den nachfolgenden Abschnitten erläutert.

2.1 Ausgangslage

Produzierende Unternehmen beschäftigen sich seit vielen Jahren intensiv mit der Digitalisierung innerhalb der Produktion. Unter dem Begriff »Industrie 4.0« werden mithilfe von cyber-physischen Systemen Produktionsabläufe digitalisiert und automatisiert. Seit wenigen Jahren halten nun auch Technologien und Verfahren der künstlichen Intelligenz (KI) Einzug in die industrielle Produktion. KI-Anwendungen werden erhebliche Nutzenpotenziale bei der Automatisierung von Produktionsabläufen und der intelligenten Assistenz menschlicher Arbeit zugeschrieben. Damit verändern sich Wertschöpfungsprozesse, Arbeitssysteme und -bedingungen, soziale Beziehungen und Beschäftigungsformen.

Vollautomatisierte KI-Anwendungen lassen sich in der Praxis nur in Ausnahmefällen verwirklichen. Vielmehr haben sich teilautomatisierte KI-Anwendungen bewährt, bei denen sich menschliches Erfahrungswissen und maschinelle Lernverfahren vorteilhaft ergänzen. Dies erfordert einen menschenzentrierten Gestaltungsansatz, bei dem die KI-Anwendung den arbeitenden Menschen nicht ersetzt, sondern unterstützt. Während die KI-Anwendung zu Produktivitätssteigerungen beiträgt, ist es Aufgabe des Menschen, das Mensch-Maschine-System an volatile Marktbedingungen und flexible Produktionsprozesse anzupassen. Kriterien einer menschengerechten Gestaltung betreffen u. a. den Tätigkeitsinhalt und -umfang des Menschen und den Autonomiegrad der Maschine bei Entscheidungs- und Ausführungsprozessen. Dabei liegt die Entscheidungskompetenz bei ethisch relevanten Fragen grundsätzlich beim Menschen.

Trotz erprobter KI-Anwendungen in der industriellen Produktion halten sich produzierende Unternehmen in Deutschland beim Einsatz bislang eher zurück und nehmen eine Beobachterrolle ein (vgl. Abbildung 1). Die Gründe dafür sind vielfältig: Beim Thema KI fehlt es vielen Unternehmen nicht nur an Kompetenz und Erfahrungen, sondern auch an Strategien, an Entwicklungs- und Umsetzungskapazitäten oder am Zugang zu den notwendigen Datenbeständen.

Für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) ist der KI-Einstieg häufig mit hohem Aufwand und erheblichem Investitionsrisiko verbunden. Diese Orientierungsschwierigkeiten führen dazu, dass Innovationspotenziale ungenutzt bleiben.

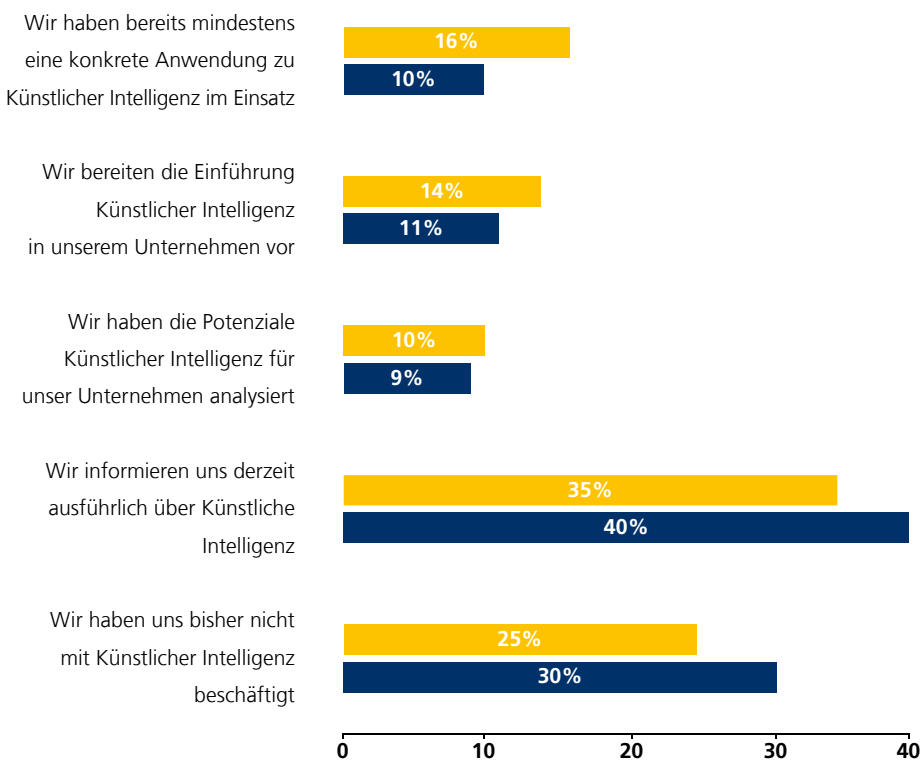


Abbildung 1: Erfahrungen der Unternehmen mit künstlicher Intelligenz (vgl. [1, S. 28]).

■ n = 309
 ■ n = 80, Spezialauswertung produzierende Gewerbe

Die vorliegende Studie nimmt sich der Frage an, wie sich KI-Anwendungen in die industrielle Produktion einführen lassen. Eine Kernaufgabe besteht darin, KI-Anwendungen systematisch zu entwickeln und einzuführen. In erfolgreichen KI-Anwendungen gelingt es, produktions- und informationstechnisches Wissen systematisch zu verbinden, so dass sich die Effizienz von Prozessen, Maschinen und Anlagen steigern lässt. Erste betriebliche Erfahrungen zeigen, dass die Implementierung von KI-Anwendungen ein umfassendes Prozess- und KI-Wissen erfordert. Ein wichtiges Anliegen ist demnach, das über viele Jahre entstandene, domänenspezifische Erfahrungswissen der Mitarbeitenden mit KI-Funktionen zusammenzuführen. Darüber hinaus ist es wichtig, menschliche Leistungsfaktoren wie Akzeptanz, Praktikabilität und Lernförderlichkeit zu beachten. Bleiben diese Kriterien unberücksichtigt, so verringert sich das Rationalisierungspotenzial der KI-Anwendungen; dieses ist allerdings unabdingbar, wenn Unternehmen ihre Produktivität steigern wollen.

2.2 Konzept des Leitfadens

Dieser Leitfaden wurde im KI-Fortschrittszentrum »Lernende Systeme« durchgeführt. Er benennt technologische, organisatorische und menschliche Herausforderungen bei der Einführung von KI-Anwendungen in industrielle Produktionsprozesse. Zudem zeigt er pragmatische Lösungsansätze bei deren systematischer Integration auf. Anforderungen und Lösungen dokumentiert er anhand eines idealtypischen Einführungsprozesses; die Relevanz der Gestaltungsschritte belegen Expertenaussagen.

Das Studienprojekt gliederte sich in drei Bearbeitungsphasen (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Vorgehen zur Erarbeitung des Leitfadens.

In Phase 1 erfolgten Bedarfsworkshops mit 20 Mitarbeitenden aus sieben Unternehmen der Branchen Laborausrüstung, Maschinen- und Anlagenbau, Medizintechnik und Nahrungsmittelproduktion. Alle Unternehmen haben bereits erste Gehversuche mit KI unternommen. In den Workshops diskutierten sie typische Fragestellungen, die bei der Einführung von KI-Anwendungen in die Produktion auftreten. Die thematischen Schwerpunkte lagen auf den drei Bereichen »Use Case Design«, »Data Exploration und KI-Modellbildung« sowie »Roll-out und Skalierung«. Eine Handlungsanleitung für den Gesamtprozess schätzten sie als sehr relevant ein.

In Phase 2 wurden elf Vertreter*innen von produzierenden Unternehmen, Technologieausrüstern, Sozialpartnern und Forschungseinrichtungen befragt, die bereits KI-Anwendungen im Einsatz haben (vgl. Tabelle 1). Die Interviewfragen basierten auf den Erkenntnissen aus den Bedarfsworkshops. Sie zielten darauf, den Umsetzungsstand zu erheben und Gestaltungsstrategien zu erörtern. Die Interviews zeigen, dass es unterschiedliche Perspektiven auf den KI-Einführungsprozess gibt.

In Phase 3 wurden wesentliche Erkenntnisse der vorangegangenen Arbeitsschritte anhand eines »Leitfadens zur Einführung von menschenzentrierten KI-Anwendungen in der Produktion« systematisiert. Zu diesem Zweck wurden die Expertenbeiträge durch einschlägige Erfahrungen der Studienautoren und aktuelle Literaturstudien ergänzt. Referenzen sind im Bericht dokumentiert.

Diese Studie wendet sich vor allem an betriebliche Praktiker*innen. Die Kapitel 4 und 5 vermitteln eine Orientierungs- und Entscheidungsbasis für den Start eines Implementierungsprozesses von KI-Anwendungen. Kapitel 6 gibt konkrete Handlungsanleitungen anhand eines systematischen Einführungsprozesses. Bei den einzelnen Schritten werden weiterführende Methoden und Werkzeuge genannt.

Expert*in	Funktion	Unternehmen / Organisation
Muamer Hot	Fertigungsplanung Werkzeuge / Prüfmittel	Audi AG
Tobias Dürr	Innovation Management	Cyber Valley Initiative
Vincent Dekker	Datenanalyse und KI für MBC Powertrain	Daimler AG
Jacob Decker	Werkengineering	Festo SE & Co. KG
Doreen Fischer	IT-Portfoliomanagement	fischerwerke GmbH & Co. KG
Sebastian Terstegen	Fachbereich »Unternehmens- exzellenz«	ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V.
Dr. Detlef Gerst	Vorstands-Referat »Zukunft der Arbeit«	IG Metall
Dr.-Ing. Martin Roth	IT und Industrie 4.0	MTU Aero Engines AG
Felix Müller	Geschäftsführung	plus10
Fabian Schmidt	Software Engineering	SICK AG
Thomas Köpp	Fachbereich »Arbeitspolitik«	Südwestmetall – Verband der Metall- und Elektroindustrie Baden-Württemberg e. V.

*Tabelle 1: Einbezogene
Experten und Expertinnen der
Studie im Überblick.*

»Eine systematische Methodik zur Einführung von KI erspart viele Umwege und Sackgassen.«

Muamer Hot, Audi AG

»Wir haben momentan keine speziellen Prozesse oder Einführungsprozeduren für KI-Projekte. Kleine Hilfsmittel und Checklisten helfen bei der systematischen Einführung.«

Jacob Decker, Festo SE & Co. KG

»Mitarbeitende benötigen Orientierungshilfen bei der Einführung, damit sie sich an grundsätzlichen Schritten orientieren können. Natürlich sehen die konkreten, zu gehenden Schritte für jedes Unternehmen individuell anders aus, aber es braucht grundsätzliche Einführungs-systematiken.«

Sebastian Terstegen, ifaa

3 GRUNDLAGEN DER KÜNSTLICHEN INTELLIGENZ

Künstliche Intelligenz (KI) steht für die maschinelle Imitierung menschlicher Intelligenz- und Lernleistungen. Ihre Konzepte entstanden bereits vor über 70 Jahren – lange bevor eine Möglichkeit bestand, sie in den Forschungslabors zu realisieren. Der Fortschritt der Informationstechnologie und die Entwicklung leistungsfähiger digitaler Rechner- und Netzwerksysteme schufen in den vergangenen Jahren die Voraussetzungen für einen betrieblichen Einsatz und Verbreitung von KI-Anwendungen. Dies betrifft vor allem die Verfügbarkeit

- von leistungsfähiger und kostengünstiger Hardware,
- von Datenbeständen in ausreichender Qualität und Quantität sowie
- von etablierten Algorithmen und Frameworks (wie z. B. annotierte Datensätze oder vortrainierte neuronale Netze), auf denen die KI-Anwendungen aufbauen.

3.1 Definition

KI ist ein Teilgebiet der Informatik und hat das Ziel, komplexe kognitive Fähigkeiten nachzuahmen, die in der menschlichen Intelligenz begründet sind. Typische Kennzeichen von KI-Anwendungen sind, dass sie

- Muster in großen Datenbeständen strukturieren,
- mehrdeutige und widersprüchliche Informationen erkennen,
- situationsabhängige Entscheidungen auf Basis von relativen Wichtigkeiten unterstützen,
- aus Erfahrung lernen [1].

Häufig wird in der Literatur die Unterscheidung von schwacher und starker KI vorgenommen.

»Schwache KI« soll dazu beitragen, konkrete Anwendungsprobleme des menschlichen Denkens zu bewältigen. Hierzu wird ein intelligentes Entscheidungsverhalten mit Mitteln der Mathematik bzw. der Informatik simuliert.

»Starke KI« zielt darauf, eine Intelligenz zu erschaffen, die sich menschengleich verhält. Starke KI setzt eine Schaffung von Bewusstsein voraus; sie muss jedoch keine menschlichen Gefühle und Empfindungen besitzen [2].

In der Unternehmenspraxis beschränken sich KI-Anwendungen bislang auf »schwache« Technologien.

3.2 Technologien und Verfahren

KI wird als Begriff sowohl in der Literatur als auch in der Praxis sehr unterschiedlich definiert. Meist überschneiden sich im Sprachgebrauch die Begrifflichkeiten KI, Machine Learning, Data Science; sie werden dementsprechend auch teilweise falsch interpretiert. Abbildung 3 zeigt schematisch die unterschiedlichen Fachbereiche. Jedes Gebiet beinhaltet Verfahren, die teilweise auch kombiniert Anwendung finden oder aufeinander aufbauen. Im nachfolgenden Abschnitt werden die einzelnen Fachgebiete kurz erläutert.

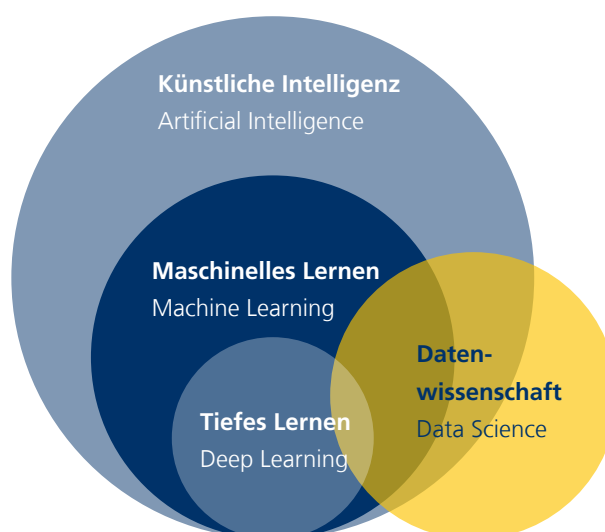


Abbildung 3: Abgrenzung
verschiedener Gebiete im
Bereich KI und Data Science.

3.2.1 Maschinelle Lernverfahren

Beim Maschinellen Lernen (ML) werden KI-Systeme nicht im klassischen Sinne der Datenverarbeitung programmiert, sondern mit geeigneten Daten trainiert. Die KI-Systeme erkennen in den Trainingsdaten Muster und Informationen, die sie nach Abschluss des Trainingsprozesses auf bisher unbekannte Datenbestände übertragen. Der Unterschied zu statisch programmierten

Anwendungen liegt darin, dass sie die Rechenoperationen und -regeln durch eine Rückkopplung an das Erlernete anpassen können. Dadurch können Algorithmen Zusammenhänge zwischen Daten und Ergebnissen herstellen [3].

Sowohl das ML als auch das Tiefenlernen (Deep Learning) beruhen auf statistischen Verfahren, unterscheiden sich aber in der Art der Lernverfahren (vgl. Abbildung 4). Innerhalb jedes Lernverfahrens existieren verschiedene Lernalgorithmen für unterschiedliche Aufgaben.

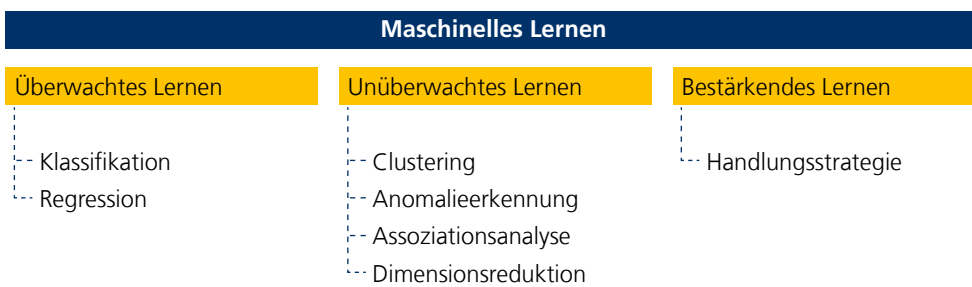


Abbildung 4: Übersicht der maschinellen Lernverfahren und den gängigsten Lernalgorithmen.

Im Folgenden werden die wichtigsten Ansätze erörtert, die mehrere Lernverfahren einschließen.

Überwachtes Lernen

Überwachtes Lernen bildet eine Funktion, die eine Eingabe in Abhängigkeit einer Ausgabe abbildet – das Ziel ist also bereits bekannt. Dies geschieht mit beispielhaften Eingabe-Ausgabe-Paaren. Der Lernansatz bedarf gelabelter (d. h. beschrifteter) Eingangsdaten und definierter Output-Variablen. Der Algorithmus versucht anschließend, die Verbindung zwischen Eingangs- und Ausgangsdaten zu finden. Sobald der Algorithmus mit den bekannten Daten (Trainingsdaten) zu richtigen Ergebnissen kommt, kann er neue, ihm unbekannte Daten anwenden [4].

Unüberwachtes Lernen

Im Gegensatz dazu kommen bei unüberwachten Lernverfahren unbeschriftete Daten zum Einsatz. Das Ziel ist, Ähnlichkeiten und Muster aus den Daten eigenständig zu identifizieren. Das bedeutet, dass die Klassifizierungs- und Kategorisierungsergebnisse nicht in den Trainingsdaten enthalten sind [4].

Bestärkendes Lernen

Das bestärkende Lernen (Reinforcement Learning) basiert auf einem Trial-and-Error-Ansatz. Demnach probiert der Algorithmus eigenständig Lösungswege aus, verwirft und entwickelt diese weiter. Auf jeden erhaltenen Datenpunkt reagiert der Algorithmus mit einer Aktion. Seine Lösungswege lassen sich mit Belohnungen optimieren. Demnach werden Teilschritte einer

Lösung anhand von Punktzahlen bewertet, wobei eine maximale Punktzahl angestrebt wird. Eine wesentliche Herausforderung ist es, geeignete Belohnungsmechanismen zu identifizieren [4].

3.2.2 Leistungssteigerungen im Bereich des Maschinellen Lernens

Die Leistungen des maschinellen Lernens (ML) steigern sich derzeit erheblich. So sind z. B. die Fehlerraten bei der Bilderkennung in den vergangenen zehn Jahren von knapp 30 Prozent auf ca. 3 Prozent gesunken. In der Folge gibt es immer mehr und immer vielfältigere ML-Werkzeuge. Viele KI-Frameworks, Plattformen für die Datenanalyse und das ML stehen als Open Source zur Verfügung. Viele dieser Werkzeuge sind so gestaltet, dass sich mit soliden Programmierkenntnissen bereits nach kurzer Zeit einfache Beispielanwendungen realisieren lassen [5]. Beides führt dazu, dass sich das Kosten-Nutzen-Verhältnis der ML-Werkzeuge beständig verbessert. Von besonderem Interesse sind dabei ML-Werkzeuge, mit denen sich zuverlässige Prognosen treffen lassen (z. B. für Instandhaltungszwecke oder für die Absatzplanung).

3.2.3 Datenwissenschaft

Datenwissenschaft (Data Science) ist eine Sammlung von Techniken, mit denen sich Aussagen aus Daten ableiten lassen. Diese Techniken sind in jedem KI-Projekt von zentraler Bedeutung. Genutzt werden spezialisierte Berechnungsmethoden, mit denen sich sinnvolle und nützliche Strukturen innerhalb eines Datensatzes entdecken lassen. Die Disziplin der Datenwissenschaft ist eng verbunden mit einer Reihe verwandter Bereiche wie Datenbanksystemen, Data Engineering, Visualisierung, Datenanalyse und Business Intelligence (BI). Die wichtigsten Ziele sind:

- aussagekräftige Mustern aus Rohdaten extrahieren,
- repräsentative Modelle entwickeln und
- Statistik, maschinelles Lernen und Computing kombinieren [6].

3.3 Erklärbarkeit von KI-Modellen

Weitere Unterscheidungsmerkmale von KI-Verfahren sind die Erklärbarkeit, Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Komplexität der verwendeten Modelle. Folgende Abstufungen werden unterschieden:

- Bei **Blackbox-Modellen** ist für Nutzer*innen nicht oder nur schwer nachvollziehbar, wie das Modell zu seiner Entscheidung kommt. Die Ein- und Ausgangsgrößen lassen sich lediglich aufgrund von Beobachtungen beschreiben. Darunter leidet die Zuverlässigkeit des Modells. Ein Vorteil ist, dass Maschinen Blackbox-Modelle recht schnell erlernen können.
- Bei **Whitebox-Modellen** können Nutzer*innen das Verhalten zwischen Ein- und Ausgangsgrößen vollständig nachvollziehen. Daraus resultiert eine höhere Zuverlässigkeit. Dafür ist der Aufwand zur Erstellung des Modells höher.
- Die **Greybox-Modelle** verbinden die Vorteile beider Modellansätze hinsichtlich Modellierungsaufwand und Zuverlässigkeit. Häufig werden auf Basis der trainierten Blackbox-Modelle einfach interpretierbare Ersatzmodelle (z. B. Entscheidungsbäume) extrahiert, die teilweise regelbasiert funktionieren [7].

Um KI-Anwendungen auch in kritischen produktionsnahen Bereichen anzuwenden, ist es unabdingbar, dass Menschen ihre Prognosen und Entscheidungen erklären können [8]. Nutzer*innen kann es schwerfallen, undurchsichtige Entscheidungen von Blackbox Systemen zu akzeptieren. Da Akzeptanz auf Verständnis basiert, werden sich langfristig nur solche KI-Anwendungen durchsetzen, die gleichermaßen performant, zuverlässig und verständlich sind [7]. Auch aus rechtlicher und sicherheitsfachlicher Perspektive ist eine Erklärbarkeit erforderlich, um möglicherweise strafbewehrte Entscheidungen nachzuvollziehen [9].

4 KI IN DER PRODUKTION

KI hat ein prägnantes Alleinstellungsmerkmal: Im Unterschied zur Datenverarbeitung strebt sie an, in die Zukunft zu schauen. KI kann z. B. die Bewegung eines Roboters prognostizieren und daraufhin seine Kollisionswahrscheinlichkeit reduzieren. KI kann den Ausfall von Systemen und Maschinen voraussagen. KI kann zeigen, wie sich Warenströme angesichts veränderlicher Kundennachfragen entwickeln. KI kann Prozesse optimieren, indem sie den Verlauf berechenbarer Aspekte besser beschreibt.

Damit sind KI-Anwendungen grundsätzlich in sämtlichen Produktionsbereichen anwendbar. In der Praxis haben sich allerdings spezifische Anwendungsfelder etabliert, in denen häufig auftretende Herausforderungen mit spezifischen KI-Technologien gelöst werden (vgl. [10]). In den nachfolgend aufgezeigten Feldern werden KI-Anwendungen bereits produktiv eingesetzt.

4.1 Instandhaltung

Eine wesentliche Herausforderung der Instandhaltung ist es, Wartungsintervalle von Maschinen und Anlagen bedarfsgerecht zu optimieren. Bei der vorhersagenden Wartung (Predictive Maintenance) wird der Wartungszeitpunkt daher auf Basis der Abnutzung z. B. von Werkzeugen ermittelt. Mittels Sensoren lassen sich Wartungstermine so planen, dass ungeplante Stillstände und der Ressourceneinsatz (neue Werkzeuge etc.) verringert werden können. Systeme, Baugruppen und Teile werden erst dann ausgetauscht, wenn sich die Nutzungszeit tatsächlich dem Ende entgegen neigt – also nicht zu früh und schon gar nicht erst dann, wenn es zu spät ist. Dazu überwacht die KI-Anwendung kontinuierlich eine große Anzahl von Maschinen- und Prozesskenngrößen. Die gewonnenen Daten werden genutzt, um ein virtuelles Abbild des Maschinen- und Prozesszustands zu erzeugen. Die Datenbestände werden ggf. durch maschinelle Lernverfahren erweitert und anschließend z. B. mittels Aktionsplanungsalgorithmen fallbezogen verarbeitet. Mit Mustererkennung lässt sich eine Parameterdrift wie ein sich abzeichnender Komponentenausfall vorhersagen, auch wenn nicht alle möglichen Verschleißfälle bekannt sind. Bei einem Parameterdrift werden automatische Wartungsmaßnahmen wie die Zugabe von Schmierstoff aktiviert. Verbessern diese Automatismen den Systemzustand nicht, schließt die KI-Anwendung auf weitere Fehlerquellen und informiert ein*e Instandhalter*in [10].

4.2 Logistik

In der Logistik unterstützen KI-Anwendungen Menschen dabei, dispositive Maßnahmen zu planen und zu optimieren. Dazu gehören die Lagerdisposition, wo Materialmengen auf Basis von Trendprognosen vorgehalten werden, Benachrichtigungssysteme, die auf kritische Lagerbestände verweisen, sowie Kommissionierung und Warentransport.

Ein Beispiel: Fahrerlose Transportsysteme planen ihre Routen und passen sie selbständig an, wenn sie etwa Hindernisse umfahren müssen. Die übergeordnete Steuerung der Transportaufträge übernimmt ein zentrales Rechnersystem mit seinen umfangreichen Planungs- und Optimierungsalgorithmen.

Bei Kommissioniertätigkeiten führt die maschinelle Verarbeitung natürlicher Sprache (Natural Language Processing) die Mitarbeitenden mittels Sprachinteraktion durch die Arbeitsprozesse. Das System transformiert Kommissionierdaten in natürliche Sprache und gibt sie den Mitarbeitenden über Kopfhörer aus. Dass sie die angewiesenen Arbeitsschritte ausführen, bestätigen die Mitarbeitenden ebenfalls über Spracheingabe. Damit ist z. B. freihändiges Arbeiten möglich ([10] und [11]).

4.3 Qualitätsmanagement

Vor allem im Qualitätsmanagement und in der Qualitätskontrolle im Bereich enger Toleranzen implementieren Unternehmen zunehmend KI-Anwendungen. Dazu zählt speziell die Bildverarbeitung, die Bauteilqualitäten automatisiert kontrolliert und vorhersagt. 2D- und 3D-Kameras erfassen dabei Bauteile bzw. Produkte und überprüfen diese etwa auf Kratzer oder ihre geometrischen Eigenschaften. Bei geeigneten Eingangsdaten erkennt die KI-Anwendung abweichende Muster, sucht Ursachen für Qualitätsschwankungen und prognostiziert drohende Qualitätsprobleme. Darüber hinaus können KI-Anwendungen Daten und Informationen zu ungeplanten Abweichungen nachgelagerten Systemen bereitstellen. Die können dann wiederum Bearbeitungsparameter verändern, um die Qualitätsziele zu erreichen ([10] und [11]).

4.4 Digitale Assistenzsysteme

KI-basierte digitale Assistenzsysteme unterstützen die Mitarbeitenden bei ihren Arbeitsaufgaben, z. B. bei der Montage variantenreicher Produkte. Zu einzelnen Prozessschritten stellen diese Assistenzsysteme die richtigen Informationen in der richtigen Menge bereit. Dies steigert die Flexibilität und Produktivität. Im Vergleich mit statischen Systemen haben sie den Vorteil,

dass sie aus der Interaktion mit dem Mitarbeitenden lernen. So passen sie z. B. die Informationsmenge an das Qualifikationsniveau des Mitarbeitenden an. Zudem können Mitarbeitende sie mittels KI-basierter Gesten- und Spracherkennung/-erzeugung intuitiv gestalten ([10] und [11]).

4.5 Produktionssteuerung

Eine Grundvoraussetzung für hohe Qualität, Termintreue und eine optimale Kapazitätsauslastung ist die Steuerung der Produktionsprozesse. Ihr Ziel ist es, vorhersehbare Ergebnisse zu liefern. Um präzise zu terminieren und Störungen im Wertstrom vorherzusehen, ist die Transparenz über Prozesse und den Auftragsfortschritt besonders wichtig. KI-Anwendungen können dabei helfen, die Produktion effizient zu planen und zu steuern. Sie können Durchlaufzeiten erhöhen, indem sie Störungen oder Engpässe im Vorfeld identifizieren und geeignete Maßnahmen definieren.

Unternehmen setzen vermehrt KI-Algorithmen ein, die eine hohe Verfügbarkeit und eine beschleunigte Datenverarbeitung in dynamischen Regelkreisen ermöglichen. Neben unmittelbar erfassbaren Prozessdaten lassen sich auch Informationen aus vorherigen Maschinenläufen oder vorgelagerten Produktionsprozessen einbinden. Gerade in komplex verketteten Produktionslinien lassen sich mittels KI produktionsrelevante Zusammenhänge aufdecken, die sich menschlichen Beobachter*innen nicht unmittelbar erschließen. Diese Erkenntnisse dienen z. B. dazu, die Ursachen für wandernde Engpässe in der Produktion aufzudecken ([10] und [11]).

4.6 Robotik

Industrieroboter einzuführen, zieht einen hohen Trainingsaufwand für Automatisierungslösungen mit sich nach. Dieser Aufwand inkl. der Kosten lohnt sich lediglich bei häufig wiederkehrenden Prozessen und hohen Stückzahlen. Durch die Kombination von multidimensionaler Mustererkennung mit Aktionsplanungsalgorithmen können KI-Anwendungen menschliche Bewegungsabläufe mit vergleichsweise hoher Genauigkeit nachahmen. Derartige Industrieroboter können Bauteile in beliebiger Lage erfassen und greifen. Über ein Kamerasystem wird dabei der Entnahmebereich (z. B. Schüttgutbox) überwacht, um die Lage und Orientierung der Bauteile zu ermitteln. Durch eine zuverlässige Übergabe von Bauteilen sind erweiterte Formen einer robusten Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) möglich. Sicherheitszertifizierte Sensorik ermöglicht es, schutzzaunlose MRK-Systeme zu realisieren ([10] und [11]).

5 MENSCHZENTRIERTE GESTALTUNG VON KI-ANWENDUNGEN

Im Kontext der »menschzentrierten Anwendungen der künstlichen Intelligenz in der Produktion« wird nachfolgend der menschenzentrierte Gestaltungsansatz erläutert.

5.1 Kernkonzept

Arbeitsgestaltung ist ein Sammelbegriff für alle Maßnahmen zur optimalen Gestaltung von sozio-technischen Arbeitssystemen, Arbeitsabläufen und Arbeitsbedingungen. Die Arbeitsgestaltung schafft Bedingungen für das Zusammenwirken von Mensch, Technik, Information und Organisation; sie umfasst hierzu sämtliche Elemente eines Arbeitssystems sowie relevante Umweltfaktoren. Anspruch der Arbeitsgestaltung ist die optimale Erfüllung der Arbeitsaufgabe unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit sowie menschlicher Fähigkeiten und Bedürfnisse [12].

Als menschengerecht wird eine Arbeitstätigkeit bezeichnet, die die Gesundheit des arbeitenden Menschen nicht schädigt, seinen Bedürfnissen entspricht, Einflussnahme auf Arbeitsbedingungen und Arbeitssysteme ermöglicht, und zur Entwicklung seiner persönlichen Fähigkeiten beiträgt [13].

Die grundsätzliche Aufgabe der Arbeitsgestaltung besteht demnach darin, die Arbeitsbedingungen so zu gestalten, dass sie förderlich auf die Leistung und Arbeitszufriedenheit wirken [14]. Hierzu umfasst die Arbeitsgestaltung die Aspekte der Arbeitsteilung und Koordination, der Funktionsteilung zwischen Mensch und Maschine, der Schnittstellengestaltung, der Arbeitsorganisation, den Arbeitsauftrag und die Arbeitstätigkeit, die Leistungs- bzw. Kapazitätsbemessung sowie die an der Arbeitsausführung beteiligten Bedingungen (z. B. Arbeitsplatz und Umgebungseinflüsse). Bei der Gestaltung eines Arbeitssystems werden drei Ebenen einbezogen:

- Der Mensch mit seinen Fähigkeiten und Bedürfnissen,
- die Technik, ihre Gestaltung und ihre Passung zu den Arbeitsanforderungen sowie
- die Organisation des Betriebs und der Wertschöpfungsprozesse.

5.2 Anforderungen an die sozio-technische Systemgestaltung

Die Gestaltung des sozio-technischen Arbeitssystems soll beitragen, um die betriebliche Wertschöpfung erheblich zu verbessern. Im Hinblick auf KI-Anwendungen bestehen zentrale Anforderungen in der menschenzentrierten Gestaltung robuster, vertrauenswürdiger KI-Systeme, die Menschen verstehen, und die sich im sozialen Kontext angemessen verhalten. Dies setzt folgende Leistungen im Mensch-Maschine-System voraus:

- **Interaktion von Mensch und Maschine bei Lernprozessen:** KI-Systeme sind so zu gestalten, dass Menschen nicht nur den Lern- und Entscheidungsprozess von KI-Systemen verstehen und verfolgen können (d. h. erklärbar und rechenschaftspflichtig), sondern auch eine nahtlose Interaktion von Mensch und Maschine möglich ist.
- **Multimodale Wahrnehmung und Modellierung:** KI-Systeme sind so zu gestalten, dass sie komplexe Umgebungen sowie menschliche Interaktionen wahrnehmen und interpretieren können. Hierzu müssen KI-Systeme umfassende Systemmodelle aufbauen und pflegen.
- **Lernförderliche Mensch-Maschine-Interaktion:** KI-Systeme, einschließlich Serviceroboter und intelligente Umgebungen sollen in der Lage sein, mit dem Menschen auf eine lernförderliche Weise zu interagieren.
- **Gesellschaftliche Orientierung:** KI-Systeme sollen in der Lage sein, die Netzwerkeffekte in komplexen Mensch-Maschine-Systemen zu modellieren und zu verstehen, um dadurch auch individuelle, betriebliche und gesellschaftliche Interessen in Einklang zu bringen.
- **Rechtliche und ethische Grundlagen für KI-Systeme:** Die Gestaltung und Anwendung von KI-Systemen soll den kulturellen und gesellschaftlichen Kontext berücksichtigen und mit ethischen Grundsätzen und menschlichen Werten in Einklang stehen; dies schließt einen Respekt vor menschlicher Selbstbestimmung ein.

Eine derartige Menschenzentrierung schafft günstige Voraussetzungen für Innovation, kontinuierliche Verbesserung und Produktivität im Arbeitsprozess (vgl. [13]). Geeignete Humankriterien, die diese Gestaltungsanforderungen konkretisieren, finden sich u. a. in DIN EN ISO 9241-2.

5.3 Gestaltungsfelder menschenzentrierter KI

Neben ergonomischen und sicherheitstechnischen Kriterien der Gestaltung von Anlagen, Arbeitsmitteln, Arbeitsplätzen und Arbeitsumgebungen verwirklichen menschenzentrierte KI-Anwendungen die in Abbildung 5 anhand von vier Gestaltungsfeldern aufgezeigten Faktoren der Mensch-Maschine-Interaktion.



Abbildung 5 Felder einer menschenzentrierten Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion im Kontext der KI-Anwendungen (nach [13]).

Es ist zu beachten, dass eine trennscharfe Abgrenzung dieser Gestaltungsfelder nicht immer möglich ist. Wesentliche Aspekte werden nachfolgend umrissen [15].

5.3.1 Schutz des Menschen

Ein grundlegendes Gestaltungskriterium betrifft die Sicherheit bei der unmittelbaren Interaktion von Mensch und Maschine, etwa bei kollaborativen Mensch-Roboter-Systemen. Funktional komplexe und automatisierte Systeme weisen im Allgemeinen eine hohe informationelle Distanz zum Systemablauf auf. Folglich können die Mitarbeitenden die Prozesse nicht immer zutreffend einschätzen – und greifen zuweilen unangemessen in diese ein. Münden automatisierte Prozesse (z. B. aufgrund ihres Routinecharakters) im Störfall in schwer zu bewältigende Arbeitssituationen, so ist gewährleisten, dass die technischen Systeme über hinreichende Sicherheitsfunktionen verfügen (z. B. Sicherheitssensorik, redundante Systemauslegung, trennende Einrichtungen für Kollisionsschutz). Zudem sind die Mitarbeitenden in die Lage zu versetzen, ihren Steuerungs- und Überwachungsaufgaben zuverlässig nachzukommen.

Weitere Schutzkriterien betreffen die Informationssicherheit, die informationstechnische Sicherheit (d. h. IT-Security) und den Datenschutz (d. h. Data Privacy). Informationssicherheit stellt die Schutzziele Vertraulichkeit, Verfügbarkeit und Integrität sicher (vgl. ISO / IEC 27001). Die IT-Sicherheit fokussiert hierzu auf die technische Sicherheit von Rechnersystemen und Datenbeständen, um diese vor ungeplantem Ausfall, Angriffen, Manipulation und unerlaubtem Zugriff zu schützen. Dies betrifft insbesondere KI-Anwendungen, bei der personenbezogene Daten der Mitarbeitenden verarbeitet werden oder dies sogar voraussetzen. Hinreichende Datensicherheit ist eine Voraussetzung für effektiven Datenschutz, indem die Privatsphäre und Anonymität personenbezogener Daten gewahrt bleiben. Er verlangt, dass nur autorisierte Mitarbeitende oder Programme auf gesicherte Informationsbestände zugreifen können.

Fünf Kernprinzipien prägen die ethische Gestaltung und die ethische Anwendung von KI-Systemen [16]:

- **Wohltätigkeit:** Das Prinzip betont die zentrale Bedeutung der Förderung des Wohlergehens der Menschen und der Wahrung ihrer Würde.
- **Schädigungslosigkeit:** Dieses Prinzip warnt vor den negativen Folgen der übermäßigen Nutzung oder des Missbrauchs von KI-Systemen.
- **Autonomie:** Es ist zu verhindern, dass autonome KI-Systeme die Entscheidungskompetenz an sich ziehen und mithin die menschliche Autonomie untergraben.
- **Gerechtigkeit:** Das Prinzip der Gerechtigkeit thematisiert die Folgen einer möglichen Diskrepanz in der Autonomie, um gleichberechtigten Zugang zu den Vorteilen von KI-Systemen zu schaffen und um eine Diskriminierung von Akteursgruppen zu vermeiden.
- **Erklärbarkeit:** Dieses Kriterium bezieht sich auf die Transparenz und Verständlichkeit von KI-basierten Entscheidungsprozessen, sowie auf eine Rechenschaftspflicht hinsichtlich getroffener Entscheidungen.

Das geltende Recht setzt ethisch zu rechtfertigenden Entscheidungen von KI-Systemen enge Grenzen. Maschinen kommt grundsätzlich keine Rechtspersönlichkeit zu. KI-Systeme können keine Verantwortung übernehmen, da der Verantwortungsbegriff an Intentionalität und Personalität gekoppelt ist. Ausschließlich der Mensch verfügt über solche Fähigkeiten, weshalb er die letztverbindliche Kontrollinstanz darstellt.

5.3.2 Vertrauenswürdigkeit

Die Vertrauenswürdigkeit schafft günstige Voraussetzungen, um mögliche Zielkonflikte bei der Interaktion von Mensch und Maschine abzuwenden, die sich nachteilig auf die Wirksamkeit von KI-Anwendungen auswirken können.

Ein Schlüsselfaktor für eine vertrauenswürdige Interaktionsgestaltung stellt die Gebrauchstauglichkeit (Usability) von KI-Anwendungen dar. Die ISO 9241 beschreibt Usability als das Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzende in einem bestimmten Anwendungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen. Gute Usability wird in der Regel gar nicht explizit wahrgenommen, schlechte hingegen schon. Erlebnisqualität (User Experience) erweitert den Begriff Usability um ästhetische und emotionale Faktoren, wie eine ansprechende Gestaltung oder Aspekte der Vertrauensbildung. Dieser ganzheitliche Ansatz umfasst das gesamte Nutzungserlebnis bei der Interaktion von Mensch und Maschine. Usability und User Experience schaffen günstige Voraussetzungen, um die Arbeitsmotivation zu erhöhen und monotone Routine- und Überwachungsarbeiten aufzuwerten, ohne das benötigte Aufmerksamkeitspotenzial zu schwächen.

Hinsichtlich der Interaktions- und Systemgestaltung ist ferner die Frage zu klären, inwieweit die operativen Mitarbeitenden in der Lage sind, das KI-System zu kontrollieren und somit die Verantwortung für einen produktiven Systembetrieb zu übernehmen. Neben veränderten Tätigkeitsanforderungen ist ein multimodales Interaktions- und Kontrollpotenzial der KI-Systeme zu berücksichtigen. Im Mittelpunkt einer menschengerechten Schnittstellengestaltung steht die Wechselwirkung von technischer Funktionalität und nutzerbezogenem Leistungsvermögen.

Ein weiteres Kriterium betrifft die Nutzen- und Risikobewertung vor allem beim Einsatz personenbeziehbarer Daten. Dies setzt eine Transparenz, Erklärbarkeit und Nachvollziehbarkeit von algorithmischen Entscheidungsprozessen voraus. Die Transparenz des KI-Systems bezieht sich vornehmlich auf die Zielfindung und dem Zweck, zu dem Daten genutzt werden, etwa als Trainingsdaten für das maschinelle Lernen. Die Erklärbarkeit eines KI-Systems bezieht sich auf seine Wirkungsweisen bzw. auf die Wirkungszusammenhänge der Datennutzung, die auf nachvollziehbaren und überprüfbaren Informationen über das KI-System beruhen. Zur Wahrung von Transparenz und Nachvollziehbarkeit sind betriebliche Verantwortlichkeiten und Rechenschaftsstrukturen zu vereinbaren [17].

5.3.3 Funktionsteilung von Mensch und Maschine

Ein wesentliches Merkmal der Mensch-Maschine-Interaktion bei KI-Anwendungen besteht in der ein- oder mehrfachen Übergabe von Handlungsträgerschaft oder gar in deren Überlagerung zwischen Mensch und Maschine. Daher sind erweiterte Gestaltungsansätze für die Funktionsteilung von Mensch und Maschine bzw. deren Interaktion erforderlich, die auf eine wechselseitige Bestärkung von Mensch und technischem System zielen [17]. Wenn KI-Systeme vermehrt menschliche Funktionen übernehmen, so muss die verbleibende menschliche Arbeit etwas leisten, was digitale Systeme (noch) nicht können. Die Arbeitsgestaltung bestimmt mit,

welche digitalisierbaren Funktionen tatsächlich automatisiert werden, und welche Funktionen zweckmäßig beim Menschen verbleiben [18, S. 4–17]. Im günstigen Fall kooperiert der Mensch mit dem KI-System, deren Funktionsweise dem Menschen bekannt ist. Im ungünstigen Fall füllt der Mensch bestehende Automatisierungslücken, ohne die Arbeitsweise der KI zu durchschauen. Die dann beim Menschen verbleibenden, anspruchslosen Leistungen können zu Motivationsverlust und Lernentwöhnung bei der Arbeit führen [19].

Eine menschenzentrierte KI stellt sicher, dass der Mensch die Kontrolle über das technische System behält. Damit geht sie weit über die Anforderungen der Mensch-Technik-Interaktion hinaus. Menschliche Situationskontrolle bedeutet, dass Nutzer*innen verstehen, wie Interaktionen gesteuert werden (d. h. Transparenz) und die Interaktion mit KI-Systemen letztlich steuern. Menschliche Kontrolle berücksichtigt auch die Einhaltung der ethischen und sozialen Werte als zentrale Gestaltungsprämissen.

5.3.4 Lernförderliche Arbeitsbedingungen

In anspruchsvollen Einführungsprozessen von KI-Anwendungen nimmt die Bedeutung menschlicher, erfahrungsbasierter Kompetenzen – gleichsam zur Kompensation ungeplanter Störungsereignisse – auf allen Unternehmensebenen zu. Unabdingbare Voraussetzung für eine geforderte Entscheidungs- und Handlungsfähigkeit ist ein professioneller Erfahrungsschatz, der durch die praktische Bewältigung herausfordernder Arbeitsaufgaben erworben wird. Um anspruchsvolle Arbeitsprozesse zu beherrschen, ist eine Lernförderlichkeit unabdingbar. Lernförderlichkeit im Arbeitsprozess ist im entscheidenden Maße Selbstveränderung durch das Gestalten der die eigene Tätigkeit prägenden Arbeitsverhältnisse. Diese Anforderungselemente finden sich einerseits in hochqualifizierten Berufen, die ein hohes Maß an Problemlösungsfähigkeit sowie Kommunikations- und Argumentationsfähigkeit aufweisen. Sie finden sich andererseits in Bereichen einfacher sensomotorischer Tätigkeiten, wo situative Adaptionsfähigkeit und flexibles Handeln, soziale Interaktion, körperliche Geschicklichkeit und Fingerspitzengefühl gefordert sind.

Lernförderliche Arbeitsgestaltung schafft praktische Lernanforderungen. Arbeitsprozesse mit Lernanforderungen bieten Lernmöglichkeiten und regen zugleich zur Entwicklung von Lernmotivation an. Ob sie tatsächlich lernförderlich wirken, hängt vom Verhältnis der Arbeitsanforderungen zu den vorhandenen Kenntnissen und Fähigkeiten, einschließlich der arbeitsbezogenen Erwartungen ab.

Werden Arbeitstätigkeiten durch den Einsatz von KI-Systemen substituiert, so sind Fortbildungen oder Umschulungen erforderlich. Dabei ist das Meidungsverhalten vor allem älterer Mitarbeitender gegenüber Fortbildungsangeboten zu berücksichtigen. Dementsprechend bietet sich ein praxisnahes, kontinuierliches Lernen im Umgang mit digitalisierten Arbeitssystemen an [16].

5.4 Grenzen von KI-Anwendungen

Gerade in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) stoßen Digitalisierungsmaßnahmen früher oder später an Grenzen. Diese Grenzen sind vor allem dort zu verorten, wo der Mensch ein erfolgskritischer Faktor ist, indem er strukturelle Defizite kompensiert, effizientere Abläufe, Interaktion und Kooperation ermöglicht sowie implizit vorhandenes Wissen nutzt.

Die Umsetzung von Digitalisierungsmaßnahmen stößt im KMU-Bereich erfahrungsgemäß an Grenzen [20]. Diese Grenzen betreffen die

- **Komplexität von Informationen:** Das Verhältnis von Information und Vertrauen deutet eine Grenze der Digitalisierbarkeit an.
- **Komplexität der Arbeitspraxis:** Die formale Abbildung komplexer Arbeitspraxen hat Grenzen.
- **Komplexität der sozialen Beziehungen:** technisch vermittelte Kommunikation hat Vor-, aber auch Nachteile.
- **Komplexität des Wissens:** Potenziale menschlicher Arbeit sind technisch nicht komplett abbildbar.

Ein daten- oder funktionsgetriebener Blick auf die Arbeit blendet zentrale Aspekte menschlichen Arbeitshandelns aus, die erforderlich sind, um Komplexität auf verschiedenen Ebenen zu bearbeiten. Zudem verkennen sie die Bedeutung sozialer Beziehungen, nicht nur nach innen in die Belegschaft hinein, sondern auch nach außen zum Kunden.

6 HANDLUNGSLEITFADEN

Sie wollen KI in Ihrer Produktion einführen und benötigen eine Orientierung, wie Sie strukturiert vorgehen können? Die Schritte und Leitfragen des Handlungsleitfadens (siehe Abbildung 6) bieten Ihnen hierbei wertvolle Hilfestellungen.



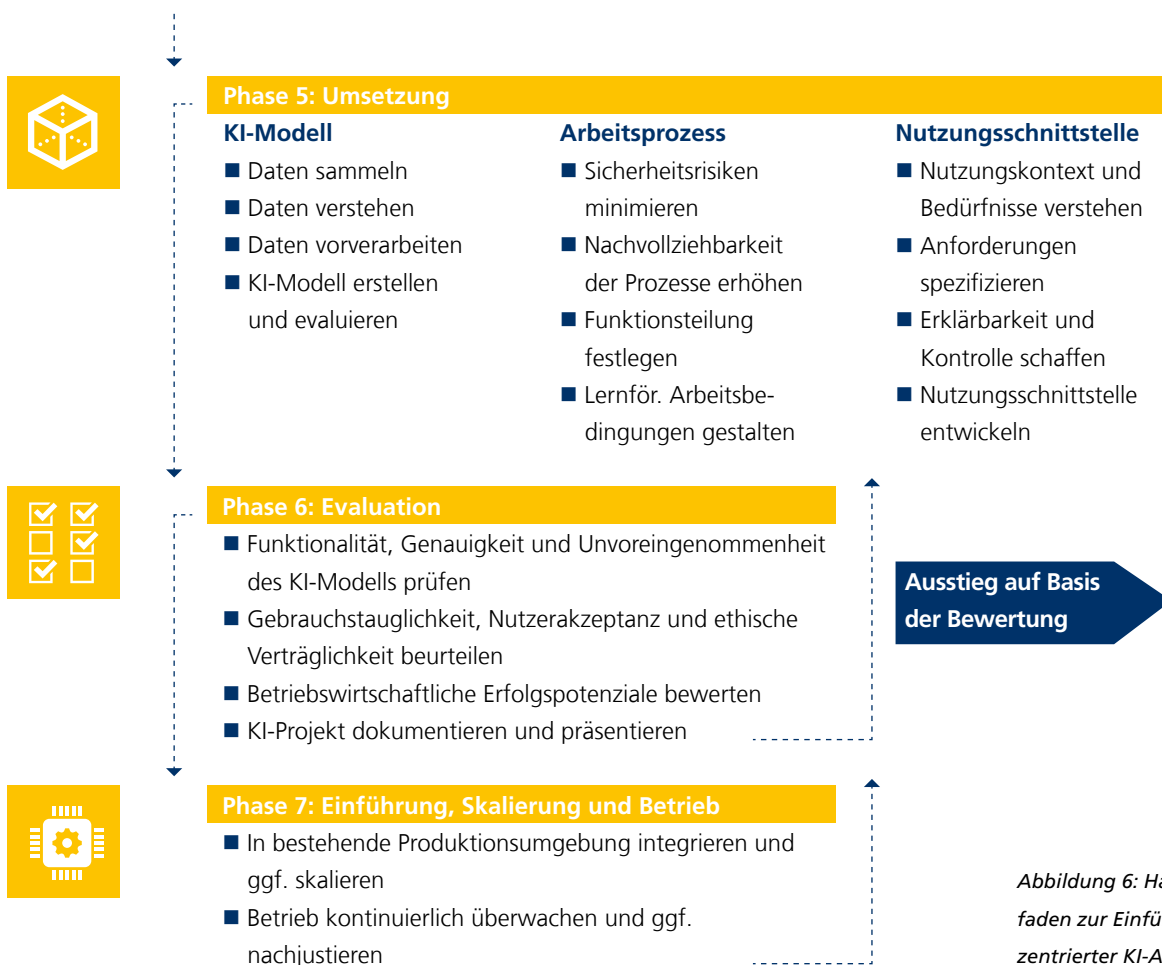


Abbildung 6: Handlungsleitfaden zur Einführung menschenzentrierter KI-Anwendungen.

Der Einstieg kann sowohl strategisch als auch direkt erfolgen. Der strategische Einstieg empfiehlt sich vor allem für Unternehmen, die bereits Erfahrungen mit KI und ein grundsätzliches Verständnis haben. Dagegen sollten unerfahrene Unternehmen mit ersten kurzfristigen Gehversuchen starten und anschließend in den strategischen Fokus wechseln. Auch der hybride Ansatz aus beidem kann für Unternehmen passen, so lange die direkten Projekte mit der übergeordneten Zielsetzung des Unternehmens abgestimmt sind.

6.1 Rollen und Kompetenzen in KI-Projekten

In Tabelle 2 finden Sie einen Vorschlag für Rollen und Kompetenzen im Einführungsprozess (siehe auch [21], [22] und [23]). Die Begriffe für die Rollen sind selbstverständlich variabel. Eine interdisziplinäre Beteiligung über die verschiedenen Phasen ist empfehlenswert. In der Praxis kann eine Person mehrere Rollen abdecken. Je nach Umfang des Projektes können auch weniger Rollen involviert sein. In jedem Fall sollten alle Beteiligten grundlegendes digitales Wissen haben, kommunikativ, anpassungsfähig, kreativ und offen für Neues sein.

Tabelle 2: Rollen und Kompetenzen im Einführungsprozess von KI-Anwendungen.

Rolle	Kompetenzen, Geisteshaltung	Phasen
Unternehmensleiter*in, Projektponsor*in	strategischer Fokus, kein Silo-Denken, Vertrauen, Entscheidungskompetenz, Weitsicht	1, 2, 5
Projektleiter*in / Projektextpert*in	Projekt- und Personalmanagement, Führungskompetenz	4, 5, 6
Technologieexpert*in, Automatisierer	Problemlösungskompetenz, Resilienz, Reflexionskompetenz, Signalverarbeitung	3, 4, 7
Datenwissenschaftler*in, Data Engineer, Datenspezialist*in	Datenselektion, aufbereitung, analyse, interpretation, Team- und Kommunikationsfähigkeit	3, 4, 5, 6, 7
KI-Expert*in / ML-Expert*in	Grundwissen Mathematik, Statistik, maschinelles Lernen und Datenmanagement	3, 4, 5, 6
MLOps-Ingenieur*in, IT-Sicherheitsexpert*in	Grundlagen Softwaretechnik, Prozess- und Systemkompetenz	3, 7
Prozessverantwortliche*r, Instandhalter*in	Fachkompetenz, Prozesswissen, Domänen- und Betreiberwissen, Selbstkompetenz, Anlagentechnik	4, 5, 6, 7
Qualitätsmanager*in	Betriebliche Qualitätsvorgaben/QM-System, ISO-Normen, Toleranzmanagement	5, 6, 7
Sicherheitsfachkraft, Arbeitsschutzexpert*in	ELSI, Fachkompetenz, Prozess- und Systemkompetenz	4, 5, 6
Anlagen-/Prozessbediener*in	Domänenwissen, praktische Erfahrungen	4, 6, 7
Betriebsrat	Vermittlungskompetenz (Sprachrohr, Dolmetscher), Transfer, ELSI	4, 6
Interaktionsgestalter*in	MMI-Kompetenz, Design, Usability / User Experience	3, 4, 5, 6
Personalentwickler*in / Änderungsmanager*in	Kommunikationsmanagement, Kompetenzmanagement, Transparenz, offene breite Kommunikation	Alle
Systementwickler*in	Programmiererfahrung, Unternehmens-IT-Architektur	5, 7

Wichtig ist es, dass Sie sich kritisch hinterfragen, welche Kompetenzen für die KI-Transformation fehlen und wie diese aufgebaut werden können. Das ist eine Herausforderung, schließlich gibt es nur wenige frei verfügbare KI-Expert*innen. Kompetenzlücken lassen sich daher nur teilweise durch Neueinstellungen schließen. Daher sollten Sie Strategien entwickeln, wie Sie Ihre Mitarbeitenden für neue Aufgaben im Bereich KI qualifizieren können.

Zudem zeigt die Übersicht, welche Rolle welche Kompetenzen einbringt. So lässt sich sicherstellen, dass keine Kompetenzen fehlen und Unternehmen vor einem KI-Projekt Verantwortlichkeiten und Aufgaben definieren.

6.2 Phase 1: Unternehmens-/Bereichsreifegradprüfung

Wenn Sie dem strategischen Einstieg folgen, stehen zunächst eine Standortbestimmung sowie die Strategieplanung an.

Ziel ist, einen gemeinsamen Blick zu entwickeln und Einigkeit (im Management und über die Fachbereiche hinweg) zu schaffen, dass KI ein strategisches Thema und zweckmäßig für die Lösung Ihrer Herausforderungen ist. Damit stellen Sie auch sicher, dass dafür genügend Ressourcen zur Verfügung stehen.

Der strategische Einstieg eignet sich vor allem für Unternehmen mit KI-Erfahrung. Dank bereits umgesetzter Projekte können sie das Potenzial und den notwendigen Aufwand einschätzen.

Aufgabe 1: Strategie bezüglich KI und deren Zweckmäßigkeit prüfen

Die erste Aufgabe ist es, die strategische Herangehensweise zur Integration von KI festzulegen. Anhand der vorhandenen Visionen und Leitbilder können Sie definieren, welche Rolle KI dabei spielt, die Unternehmensziele zu erreichen, und welche Unternehmensprozesse dabei besonders profitieren könnten oder entsprechend »reif« dafür sind (mehr dazu im folgenden Schritt). Gleichzeitig können Sie analysieren, ob KI auch für Ihre Produkte und Services Potenziale bietet und das Geschäftsmodell erweitert.

Besonders wichtig ist es, dass das Topmanagement ein klares und gemeinsames Verständnis zum Thema KI entwickelt. Nur so lässt sich sicherstellen, dass die Initiativen mit genügend Rückhalt vollzogen werden, keine Silo-Projekte entstehen und zum Unternehmensziel beitragen.



Beginnen Sie in dieser Phase auch, die Rollen und Verantwortlichkeiten für die KI-Projekte zu definieren (siehe Tabelle 2). Notwendige und vorhandene Kompetenzen spielen dabei ebenso eine Rolle wie die Wahl des Organisationsmodells: das KI-Team kann dezentral innerhalb der Fachbereiche oder als zentrales KI-Team agieren.

Dieser Prozess sorgt dafür, dass Ihr Unternehmen KI-Projekte nicht isoliert angeht, sondern von vorne herein übergeordnet im Zusammenhang mit anderen Initiativen betrachtet. Wichtig ist dabei auch, dass KI-Projekte nicht als reine IT-Projekte verstanden werden, sondern als interdisziplinäre und abteilungsübergreifende Themen.

Eine Gefahr kann sein, dass Sie in diese Phase viel Zeit für Planungen, Budget- und Verantwortlichkeitsdiskussionen investieren, ohne in die Umsetzung zu kommen. Eine Alternative ist der Direkteinstieg. Kombiniert bieten beide Vorgehensweisen den optimalen Ansatz für erfolgreiche KI-Implementierungen. Die Strategie immer wieder iterativ anzupassen, ist für eine derart schnell wachsende Technologie unabdingbar.

Leitfragen:

- Was verstehen wir unter KI, und wie definieren wir KI im Unternehmen?
- Bei welchen betrieblichen Anwendungen macht der Einsatz von KI generell Sinn?
- Wie wollen wir das Thema organisatorisch angehen?
- Welche Ressourcen und Freiräume stellen wir bereit?
- Mit welchen Themen wollen wir beginnen?

»Wir haben bei Festo zwei Sichten auf das Thema KI: KI-Technologien und -verfahren zur Verbesserung der eigenen Produkte. Zum anderen nutzen wir KI auch in der eigenen Produktion/ Administration, um Prozesse zu verbessern. Momentan steht die Produktsicht aber noch stärker im Fokus.«

Jacob Decker, Festo SE & Co. KG

»Wir verfolgen mit KI zwei Richtungen: Zum einen möchten wir damit unsere eigenen Prozesse verbessern, zum anderen versuchen wir auch unsere Geschäftsmodelle zu optimieren und unseren Kunden bessere Services zu bieten.«

Dr.-Ing. Martin Roth, MTU Aero Engines AG

»Für ein nachhaltiges Gelingen brauchen wir Commitment vom Management. KI ist ein langfristiges Thema. Das heißt ohne Strategie wird es uns nicht gelingen, dran zu bleiben und nachhaltige Erfolge zu realisieren. Eine Mischung aus zentraler Strategie und dezentralen Umsetzungen durch motivierte Mitarbeitende sehe ich als optimales Setting. Wir sollten eben auch nicht nur kurzfristig irgendwelche Probleme lösen, sondern auch strategisch Zielrichtungen entwickeln, wie wir Daten, Prozesse und Arbeitsweisen verbessern können.«

Muamer Hot, Audi AG

»Es wird keine eigene KI-Abteilung angestrebt, sondern eine dezentrale Organisation. Damit möchten wir ein gewisses Grundwissen zu KI in den Fachbereichen aufbauen. Damit können diese selbst Projekte anstoßen. Ein zentrales Projektmanagement kann dann die Ideen und Umsetzungen bündeln.«

Doreen Fischer, fischerwerke GmbH & Co. KG

»Erwartungsmanagement für KI-Lösungen ist sehr wichtig und intensiv: Die große Unsicherheit und Unwissenheit bezüglich KI erzeugt bei vielen Menschen eine in irgendeine Richtung verschobene, intuitive Erwartungshaltung. Das muss man aktiv adressieren und auch aufzeigen, dass die Lösungsqualität erst durch die aktive Benutzung und basierend auf den Rohdaten immer besser wird. Das müssen alle involvierten Personen verstehen und ein realistisches Bild auf die eingesetzte KI-Lösung bekommen. Ansonsten gilt wie immer das alte Data-Science-Sprichwort »shit-in, shit-out«. Wenn man glaubt, dass man sofort durch ein x-beliebiges Modell von heute auf morgen den riesigen Erkenntnisgewinn ohne weiteres Zutun erhält, liegt man leider auch mit KI falsch.«

Felix Müller, plus10

Aufgabe 2: Zentrale KI-Voraussetzungen prüfen

Parallel zur strategischen Planung sollten Sie die KI-Reife Ihres Unternehmens untersuchen. Überprüfen Sie, welche Voraussetzungen in Ihrem Unternehmen bestehen, um KI-Verfahren und KI-Technologien zu nutzen. Ein methodisches Hilfsmittel – die »KI-Reifegradbewertung« – liegt dieser Studie im Anhang bei. Damit können Sie folgende KI-relevante Unternehmens-themen auf ihren KI-Reifegrad hin untersuchen:

- Unternehmen und Anwendungsfall
- Infrastruktur
- Daten
- Datenanalyse und Auswertung
- Organisation und Arbeitsmethodik
- Verhalten und Zusammenarbeit
- ELSI



Anhand der Summe der ermittelten Punkte können Sie thematische Schwerpunkte setzen und KI-Projekte mit ihrer Umsetzungsdauer und ihren notwendigen Ressourcen realistisch einschätzen. Sie können ebenfalls strategische Aufgaben definieren, z. B. infrastrukturelle und kompetenzstrategische Themen.

Leitfragen:

- Welche Schwerpunkte setzen wir thematisch?
- Wo besteht dringender Aufholbedarf?
- Was müssen wir zusätzlich zu konkreten Projekten grundsätzlich angehen?
- Welche Themen sind erfolgsentscheidend?

»Iteratives und agiles Vorgehen bei der Umsetzung von KI-Anwendungen ist erfolgsentscheidend. Es kann durchaus vorkommen, dass Unternehmen mit KI starten und dann merken, dass grundlegende Voraussetzungen fehlen. Dies bedeutet für Unternehmen auch mal einen Schritt zurück zu gehen und sich um grundlegende Digitalisierung oder Sensorik zu kümmern.«

Sebastian Terstegen, ifaa

»Wir müssen den Gesamtprozess bei KI betrachten. Die Datenflüsse hören nicht bei den Unternehmensgrenzen auf. Das betrifft auch, dass manche KI-Anwendungen evtl. kooperative Anwendungen zwischen verschiedenen Unternehmen sind, die für beide Akteure Vorteile bringen. Dazu müssen aber Silos zwischen Unternehmen abgebaut und eine Vertrauensbasis geschaffen werden. Es geht ja unter Umständen um die Bewirtschaftung von Daten aus mehreren Unternehmen, die auch kritisch sein können. Die Unternehmen müssen hierzu aushandeln, wie man mit der Datenbasis gemeinsam wirtschaftet. Dies stellt eine neue Art des Wirtschaftens dar, die wir auch dringend benötigen.«

Thomas Köpp, Südwestmetall



Aufgabe 3: Zielbild entwickeln

Nachdem Sie ein klares Bild zum Thema KI entwickelt und die strategische Herangehensweise definiert haben, sollten Sie diese in einem Ziel- oder Leitbild aufzeigen. Visualisierungen und Storytelling bieten sich dafür an. Dieser Prozess kann durchaus Bottom Up erfolgen oder zumindest unterstützt werden. Das Zielbild konkretisiert die abstrakte Vorstellung zu KI im Unternehmen und zeigt im besten Fall, wie Ihr Unternehmen diese Technologie nutzen möchte. Vor allem zeigt es, warum und mit welchem Ziel sich Ihr Unternehmen mit KI beschäftigt. Auch in späteren Phasen ist dieses Zielbild wichtig, da es das Thema KI für alle Mitarbeitenden transparent machen kann.

Leifragen:

- Warum beschäftigen wir uns mit KI?
- Welche Ziele verfolgen wir mit dem Einsatz von KI?
- Welche Vorteile hätten wir durch die Nutzung, und wie würden diese sich zeigen?
- Wie verändert sich unsere Arbeit zukünftig durch den Einsatz von KI?

»Unternehmen sollten KI nicht als Modeerscheinung aufgreifen und kopflos kopieren. Erst muss zunächst über Geschäftsprozesse nachgedacht, danach KI gestaltet werden. Manchmal ist es auch sinnvoll, Erfahrungen über Testbetriebe zu sammeln, aber das ersetzt nicht die Arbeit an der Strategie.«

Dr. Detlef Gerst, IG Metall

»Die Organisation weiß sehr gut, wie man Autos baut, das Thema Daten und KI ist aber für viele ein relativ neues Feld. Deshalb werden im Rahmen der Stoßrichtung Digitalisierung als Stellhebel in der Transformation KI-Experten in wichtige Meetings mit einbezogen, um Entscheidungen fundiert treffen zu können.«

Vincent Dekker, Daimler MBC

Instrumente

- **KI-Reifegradbewertung (siehe Anhang):** Damit lässt sich die KI-Fähigkeit eines produzierenden Unternehmens systematisch überprüfen. Das Instrument dient als Orientierungshilfe, mit der Sie über die mögliche KI-Entwicklung entscheiden können.
- **Workshop zur Zielbildentwicklung** [24], unter Einbeziehung von Kreativmethoden wie Building Ideas, Brainstorming, Mind Mapping oder Pinnwandmoderation. Die Workshop-Teilnehmer*innen fördern hierdurch das gemeinsame Verständnis von KI.

6.3 Phase 2: Mobilisierung und Innovationskultur

Ein wichtiger Faktor für den Erfolg von KI-Projekten ist, dass die Mitarbeitenden dem Thema grundsätzlich offen gegenüberstehen und im besten Fall positiv eingestellt sind. Daher sollten Sie ein Grundverständnis in die Breite des Unternehmens tragen. Damit ist es auch möglich, dass die Mitarbeitenden bei der Identifikation, Gestaltung, Implementierung und beim Betrieb von KI-Anwendungen teilnehmen. Mit dem notwendigen Wissen und der »Erlaubnis« zur Mitwirkung kann eine Innovationskultur entstehen.





Aufgabe 1: Positive Haltung gegenüber KI schaffen und Mitarbeitende qualifizieren

In vielen Unternehmen haben die Mitarbeitenden lediglich eine abstrakte Vorstellung von KI. Einige stehen dem Thema skeptisch oder ablehnend gegenüber. Was tun? Zeigen Sie Ihnen konkrete Anwendungsbeispiele. Nutzen Sie die internen Medien, z. B. Intranet, Broschüren, Infotafeln in der Kantine. Das hilft, das abstrakte Thema zu verstehen und sogar Vorteile zu entdecken. Ergänzend können Sie KI-Anwendungen zur Verfügung stellen, die Mitarbeitende ausprobieren können. Das eigene Erleben von Möglichkeiten und Grenzen von KI-Verfahren trägt weiter zur Offenheit bei. Gleichzeitig fördern Sie den Austausch, der für das komplexe Thema KI wichtig ist. So können evtl. missverständliche Vorstellungen zu KI vermieden und Ängste im Vorfeld genommen werden.

Leitfragen:

- Welche Meinung haben die Mitarbeitenden zu KI?
- Welche Möglichkeiten der Beteiligung zum Thema KI wollen wir einräumen?
- Wie können wir ein Grundverständnis des Themas in der Breite des Unternehmens schaffen?
- Welche Möglichkeiten und Medien bieten sich an, um intern kontinuierlich über das Thema KI zu informieren?

»Eine der großen Herausforderungen wird es sein, ein Verständnis dafür zu entwickeln, wie physische Materialflüsse und deren Güte mit Datenflüssen zusammenhängen. Heute sind wir in vielen Bereichen als Ingenieure noch zu weit weg vom Datenverständnis. Dadurch entgehen uns Chancen.«

Muamer Hot, Audi AG

»Wir stellen im Intranet Informationen zu KI in der Organisation zur Verfügung und versuchen kontinuierlich unsere Mitarbeitenden mit Informationen zum Thema zu versorgen.«

Vincent Dekker, Daimler MBC

»Für die Organisation ist KI eine große Herausforderung. In den meisten Bereichen existiert kein Vorwissen, so dass zur Anwendungsfallsuche parallel auch KI-Kompetenzen in kurzer Zeit aufgebaut werden mussten.«

Doreen Fischer, fischerwerke GmbH & Co. KG

»Um das Thema KI im Unternehmen nach vorne zu bringen, benötigen wir begeisterte Mitarbeitende. Denen müssen wir die Freiheiten geben, etwas auszuprobieren und das Thema anzunehmen. Wir werden im Bereich der Produktion massive Qualifizierungsmaßnahmen durchführen müssen, damit die Fähigkeiten, Verfahren der künstlichen Intelligenz zu nutzen, vorhanden sind.«

Muamer Hot, Audi AG

»Mitarbeitende müssen KI ausprobieren können.«

Jacob Decker, Festo SE & Co. KG

»Mitarbeitende deren Rolle sich durch die Anwendungen verändern, müssen dafür qualifiziert werden. Sie müssen verstehen, für was welche Funktionen da sind.«

Thomas Köpp, Südwestmetall

Aufgabe 2: Veränderungsprozesse integrieren

Der Einsatz von KI-Anwendungen verändert die Arbeit der Mitarbeitenden. Diese Veränderung sollten Sie frühzeitig aktiv unterstützen. Empfehlenswert ist es, dass die Mitarbeitenden ihr Fachwissen und ihre Ideen zur Entwicklung der KI-Anwendung einbringen können. Die Erfahrung zeigt, dass die Mitarbeitenden die KI-Anwendung eher akzeptieren und gleichzeitig Wissen aufbauen. Ist die KI-Anwendung im Einsatz, können sie im besten Fall erkennen, wenn sie nicht mehr sicher läuft, und gegensteuern.

Wichtig ist dabei die Möglichkeit, dass die Mitarbeitenden transparent über die Veränderung von Arbeit, über Fragen und Ängste und natürlich über Ideen diskutieren können. Bieten Sie eine Plattform, suchen Sie den Dialog. Damit KI-Projekte erfolgreich sind, müssen die Mitarbeitenden sie mittragen.

Leitfragen:

- Wie gestalten wir einen proaktiven Veränderungsprozess?
- Wie intensiv nehmen die Mitarbeitenden die Veränderung wahr?
- Besteht die Gefahr, dass Mitarbeitende Kompetenzen und Autonomien verlieren?
- Welche Möglichkeit können wir bieten, um einen kontinuierlichen Austausch zu KI zu ermöglichen?



»Im Change Prozess versuchen wir sehr transparent zu arbeiten und die Mitarbeitenden mit intensiver Kommunikation miteinzubinden.«

Jacob Decker, Festo SE & Co. KG

»Wir brauchen Leuchttürme zu KI im Unternehmen. Nur damit kann Vertrauen aufgebaut werden. Diese Leuchttürme müssen dann auch bereits zeigen, dass durch die Nutzung dieser Technologien, in erster Linie Menschen profitieren. Ansonsten werden es Spielereien bleiben.«

Muamer Hot, Audi AG

»Zur technischen Lösung benötigt man auch immer Anpassungen der Organisation und Prozesse. Denn es muss klar sein, wie man mit den Ergebnissen der KI umgeht. Wie nutzt man die gewonnenen Erkenntnisse, zu welchen Aktionen führen diese?«

Fabian Schmidt, SICK AG



Aufgabe 3: Arbeitskreisen beitreten und vernetzen

Technologien, Verfahren und Anbieter im Bereich KI verändern sich sehr schnell. Um am Puls der Zeit zu bleiben, sollten Sie einschlägigen Arbeitskreisen und Netzwerken beitreten. So behalten Sie den Überblick und können sich mit anderen Unternehmen und Forschungseinrichtungen austauschen, was viele Vorteile mit sich bringt. Sie lernen unterschiedliche Herangehensweisen kennen, können diese für sich evaluieren, lernen aus den Fehlern anderer und entwickeln neue Ideen. Speziell in Netzwerken mit Unternehmen unterschiedlicher Branchen und Größen gemeinsam mit Forschungseinrichtungen, bieten durch die verschiedenen Perspektiven wertvolle Einblicke und einen geschützten Raum für Diskussionen und Fragen.

Leitfragen:

- Wo stehen wir momentan als Unternehmen bei KI?
- Welche Netzwerke passen zu uns?
- Wie möchten wir Netzwerke für uns nutzen?
- Wer kann im Unternehmen an Netzwerken teilnehmen?

»Gerade bei einem solch teilweise abstrakten Thema sind Netzwerke für Unternehmen sehr wichtig, um sich auszutauschen und neues Wissen zu generieren.«

Muamer Hot, Audi AG

»In Netzwerken können sehr gut Vertrauensräume entstehen und dabei den offenen Austausch ohne Gefahr des Ausnutzens fördern. Es ist aber auch hier so, dass die Unternehmen, die sich am aktivsten und offen einbringen, am meisten davon profitieren. Nur die Beobachtungsrolle einzunehmen, wäre zu wenig.«

Thomas Köpp, Südwestmetall

»Unternehmensnetzwerke halten wir für enorm wichtig. Hier können wir uns mit anderen Unternehmen austauschen und aus Fehlern von anderen lernen. Gleichzeitig wird man auch immer mit neuen Anwendungsbeispielen konfrontiert. Wir sind bspw. im IHK-Netzwerk Reutlingen und bei Fraunhofer (100 KI-Talente) engagiert.«

Doreen Fischer, fischerwerke GmbH & Co. KG

»Netzwerkdanken ist der entscheidende Erfolgsfaktor für Unternehmen. Gemeinsam Dinge angehen und weniger gegeneinander. Dies erfordert einen offenen Umgang und Vertrauen. Wenn jedes Unternehmen sich nur nach innen orientiert, wird es für diese Unternehmen sehr schwer in Zukunft. Wir müssen uns entscheiden, ob wir Leistung durch Kooperation erzeugen wollen oder durch Konkurrenz. Was ist für uns der richtige Weg?«

Tobias Dürr, Cyber Valley Initiative

Instrumente

- **Informationen zu KI** bereitstellen, z. B. im Intranet, mit Broschüren, mit Infotafeln in der Kantine
- **KI zum Ausprobieren**, z. B. mit dem KI-Treibhaus [25]
- **Übersicht KI-Lernangebote und Tutorials** [26]

6.4 Phase 3: Anwendungsfallidentifikation

Wie jede Anwendung müssen auch KI-Anwendungen zum Unternehmen, seinen Zielen und Herausforderungen passen. KI ist dabei nicht an einzelne Unternehmensbereiche gebunden, sondern entlang des Wertstroms weitläufig einsetzbar. Sie können jedoch zunächst die in Kapitel 4 genannten Anwendungsfelder betrachten.

Um relevante Anwendungsfälle zu identifizieren, gibt es zwei unterschiedliche Herangehensweisen mit unterschiedlichen Ansprechpartner*innen:

- ausgehend von den Problemstellungen der Fachabteilungen (Prozessbediener*in, Qualitätssicherung und Automatisierungsingenieur*in),
- ausgehend von den Chancen von KI-Anwendungen (Technologieexpert*in, KI-Expert*in und MLOps-Ingenieur*in).

Für viele Mitarbeitende ist KI derzeit nicht richtig greifbar, das Thema wird daher oft über- oder unterschätzt. Es ist deshalb schwierig, realistische Ideen zu entwickeln und die technische Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit von KI-Anwendungen abzuschätzen [27]. Vorteilhaft ist es, von bisherigen Erfahrungen zu lernen. Etablieren Sie daher abteilungs- und standortübergrei-



fend z. B. eine KI-Innovationsabteilung, KI-Teams oder KI-Arbeitskreise als zentrale Anlaufstationen. Diese können einerseits intern über KI-Anwendungen informieren und sich andererseits kontinuierlich durch Recherchen, Studien, Veranstaltungen, Laborbesichtigungen und Messen über den aktuellen Stand der Forschung weiterbilden.

»Bei der Ideenfindung und Umsetzung von KI-Projekten orientieren sich KMUs gerne an anderen Anwendungsbeispielen aus ähnlichen Bereichen sowie Best Practices. Hier sehen wir also eher ein Market Pull auf Basis von konkreten Bedarfen.«

Sebastian Terstegen, ifaa

»Große Unternehmen sammeln dagegen häufig Erfahrungen über Pilotprojekte. Dabei sind die Anwendungen teilweise noch nicht so konkret, also eher ein Technology Push. Danach gehen die Unternehmen gezielt in die Anwendungsbereiche mit hohen Potenzialen. Dann basiert das Vorgehen auf konkreten Problemen und ist nicht rein datengetrieben.«

Sebastian Terstegen, ifaa



Aufgabe 1a: KI-Technologie für Problemstellung suchen

Sie können Lösungen für bereits identifizierte Problemstellungen bzw. konkrete Optimierungsbedarfe eines Produktionsprozesses suchen. Man spricht von einer problemorientierten Herangehensweise oder Market Pull. Damit stellen Sie von vorne herein sicher, dass es für die KI-Anwendung einen Bedarf gibt, was spätere Argumentationen vereinfachen kann. Wenn Sie also ein konkretes Anliegen haben, so nehmen Sie Kontakt mit einer internen Fachabteilung, Dienstleistern oder Forschungseinrichtungen auf, um den Einsatz von KI zu untersuchen. Prüfen Sie dabei auch, ob sich bereits existierende KI-Lösungen, z. B. von Startups, eignen bzw. adaptieren lassen.

Leitfragen:

- Wurden bei ähnlichen Anliegen bereits KI-Technologien eingesetzt? Wenn ja, welche?
- Können wir die Optimierungsziele durch den Einsatz von KI-Technologien erreichen?
- Was macht KI besser oder anders als bisherige Technologien?
- Welche Daten stehen im Produktionsprozess zur Verfügung? Welche Daten müssen wir ggf. zusätzlich erheben?

»Wir gehen bei der Identifikation von KI-Anwendungen problemorientiert vor. Normalerweise läuft es dann so ab, dass Mitarbeitende aus der Produktion zu uns als Innovationsmanager in der Produktion kommen und ihr Problem schildern. Daraufhin überlegen wir dann, ob wir selbst was prototypisch umsetzen und testen können.«

Jacob Decker, Festo SE & Co. KG

»Zunächst schauen wir uns das betriebliche Problem an und definieren gemeinsam die Optimierungsziele. Anschließend wird überprüft, welche Daten im Prozess zur Verfügung stehen und welches KI-Setting passend sein könnte. Dann werden die ersten Datenmodelle aufgesetzt und getestet. Dabei zeigt sich, wie gut das Modell das Ziel erreicht.«

Vincent Dekker, Daimler MBC

»Wir haben die Erfahrung gemacht, dass wir noch stärker von den Anwendungen herkommen müssen, um die IT-Architektur strategisch zu bebauen. In der Vergangenheit war es häufig so, dass wir sehr operativ gedacht haben.«

Muamer Hot, Audi AG

»Viele der Ideen für KI-Projekte kommen bei uns Bottom Up, also aus den Fachbereichen und von Mitarbeitern direkt im Prozess. Dazu nutzen sie bspw. das betriebliche Vorschlagswesen. Hier entsteht dann natürlich die Herausforderung, schnell alle eingehenden Ideen zu bewerten, zu entscheiden und ggf. auch zeitig umzusetzen. Ansonsten entsteht ein Umsetzungsstau und Demotivation.«

Dr.-Ing. Martin Roth, MTU Aero Engines AG

Aufgabe 1b: Problemstellung für KI-Technologie suchen

Alternativ zur problemorientierten Vorgehensweise ist hier das Ziel, Chancen von bestehenden Verfahren, Algorithmen und Lösungen zu erkennen. Man spricht auch von einer chancenorientierten bzw. datengetriebenen Herangehensweise oder Technology Push. Dabei prüfen Sie, ob und welche Problemstellungen der Produktionsprozesse sich durch KI-Technologien optimieren lassen.

Bei dieser Vorgehensweise sollten KI-Expert*innen in der Produktion kontinuierlich die Potenziale von KI-Technologien identifizieren und bewerten. Bei konkreten Anfragen aus den Produktionsabteilungen oder bei vom Management gestarteten explorativen Projekten formulieren sie Anforderungen an aussichtsreiche Technologien. Sie sollten spezifisch, aber nicht lösungseinschränkend sein. Ein Beispiel: Wie könnten wir mit Bilderkennung die Qualitätskontrolle automatisieren bzw. optimieren? Es kann auch hilfreich sein, Extremfragen zu formulieren, z. B.: Wie sieht ein idealer Prozess aus? Es bietet sich außerdem an, studentische Projekte und Abschlussarbeiten zu integrieren.



Leitfragen:

- Was würde es uns an Gewinn, Ersparnis, Sicherheit bringen,
 - wenn sich ein Prozess schätzen bzw. prognostizieren ließe?
 - wenn die Einflüsse auf einen Prozess bekannt wären?
 - wenn wir wiederkehrbare Muster im Prozess erkennen könnten?
- Gibt es wiederkehrende, zeit- bzw. aufwandsintensive, aber absolut notwendige Aufgaben?
- Gibt es Aufgaben, bei denen die Analyse großer Datenmengen Fehler verringert?
- Gibt es Bereiche, die durch Anwendungen, die auf vielen Daten basieren, automatisierbar wären?

»Die Identifikation von Use Cases starteten wir mit beispielhaften, bewährten KI-Anwendungen und Technologien aus dem Markt. Innerhalb der Unternehmensprozesse konnten wir so untersuchen, welche Anwendungen auch bei uns passen könnten. Denn bei diesen Anwendungen ist zuvor bereits die grundlegende Machbarkeit bewiesen worden. Dies mindert das Risiko bei der Einführung im eigenen Unternehmen auch wenn jede KI-Anwendung dann doch auf den spezifischen Einsatz angepasst werden muss und die Datenvoraussetzungen immer anders aussehen.«

Doreen Fischer, fischerwerke GmbH & Co. KG

»KI macht den Prozess auch nicht besser, wenn er schlecht ist. Daher müssen zunächst die Prozesse durchleuchtet werden, um zu verstehen, ob diese sich für eine Umsetzung mit KI eignen.«

Vincent Dekker, Daimler MBC

»Es gibt natürlich aber auch Projekte, wie bspw. bei Forschungsprojekten, bei denen wir von der Technologie her überlegen, wo ein Einsatz Sinn machen würde.«

Jacob Decker, Festo SE & Co. KG



Aufgabe 2: Anwendungsfallideen in Workshops erarbeiten

Bei beiden Herangehensweisen bietet es sich an, interdisziplinäre Workshops durchzuführen. Die Teilnehmer*innen sollten aus verschiedenen Hierarchieebenen (von Prozessbediener*innen bis zu Manager*innen) und Abteilungen kommen und unterschiedliches Wissen mitbringen. Wichtig ist dabei, dass es Mitarbeitende in Rollen gibt, die zwischen dem Domänenwissen und dem KI-Wissen »übersetzen«. Die Erfahrung zeigt, dass es ansonsten schnell zu Missverständnissen kommt oder die Teilnehmer*innen Anwendungspotenziale definieren, die in der Praxis keinen großen Mehrwert bringen.

Im Workshop lassen sich Ideen z. B. mithilfe des KI-Canvas erarbeiten. Dabei lassen sich erste Projektideen priorisieren oder auch ausschließen. Die Methode schafft eine Orientierung für die nachfolgenden Schritte.

Leitfragen:

- Welches Problem wollen wir grundsätzlich lösen?
- Warum soll dieses Projekt gestartet bzw. umgesetzt werden?
- Welche Rollen sind einzubinden?
- Welche Einsparungen / Einnahmen erzeugt das Projekt?
- Welche Zielgrößen lassen sich verbessern?

»Anwender sollten nicht nur als Ideengeber für Anwendungsfälle, sondern im gesamten Prozess mit einbezogen werden.«

Sebastian Terstegen, ifaa

»Mitarbeitende auf dem Shopfloor haben richtig gute Ideen und sind technisch richtig gut aufgestellt. Trotzdem kann man nicht immer alle Ideen verfolgen, weil sie schwierig zu realisieren oder sehr ausgefallen sind.«

Fabian Schmidt, SICK AG

Instrumente

- **KI-Canvas (siehe Anhang):** Er unterstützt dabei, Ideen für Anwendungen visuell darzustellen. Aspekte lassen sich einzeln betrachten, aber auch mit anderen Aspekten in Verbindung bringen. Damit fördert der KI-Canvas Verständnis und Kreativität, Diskussion und Analyse.
- **KI-Landkarte [28]:** Hier sind Anbieter, Anwender und Entwicklungsprojekte im Bereich KI aus Deutschland auf einer Landkarte und in einer Liste aufgeführt. Das dient als Anregung für Ideen. Zudem können Sie mögliche Partnerunternehmen bzw. Forschungseinrichtungen identifizieren.

6.5 Phase 4: Anwendungsfallkonzeption

Nun detaillieren, bewerten und priorisieren Sie die Projektideen aus der vorherigen Phase. Für die am besten bewerteten Projektideen können Sie Zeitpläne erarbeiten und die notwendigen Ressourcen freigeben lassen.

In dieser Phase sind primär die Fachabteilungen in der Verantwortung, da sie als potenzielle Nutzer*innen die Anforderungen am besten kennen. KI-Expert*innen helfen dabei, die technische Machbarkeit und den voraussichtlichen Nutzen zu bewerten. Arbeitsschutzexpert*innen und der Betriebsrat sind ebenfalls gefragt.





Aufgabe 1: Aufwand, Nutzen und ELSI bewerten und priorisieren

Bewerten Sie die Projektideen und entscheiden,

- welche Ideen starten können,
- bei welchen Ideen vor einem Projektstart Anpassungen notwendig sind oder
- ob Sie Ideen verwerfen sollten.

Das Instrument »KI-Anwendungsfall: Kosten-Nutzen-Bewertung« kann Ihnen dabei helfen, da Sie hier Herausforderungen, Potenziale und Strategie der Ideen bewerten. Sie sollten KI-Anwendungen anstreben, die ein großes Potenzial bei gleichzeitig geringen Herausforderungen aufweisen. Oft sind die vielversprechendsten Anwendungen die komplexesten. Deshalb ist eine Priorisierung nicht einfach. Manchmal ist es z. B. nach Projektstart notwendig, Anwendungen in mehrere aufzuteilen. Daher sollten Sie diesen Bewertungsprozess iterativ wiederholen.

In dieser Phase sollten Sie auch regulatorische und ethische Einwände betrachten. Bei einer ELSI-Prüfung können Sie schädigende Auswirkungen prüfen, die der Einsatz von KI für Mitarbeitende haben könnte. ELSI ist ein Akronym für »Ethical, Legal and Social Implications«. Für IT-Anwendungen haben sich ethische Folgenabschätzungen bereits bewährt. Die Datenethikkommission der Bundesregierung (DEK) hat eine Kritikalitätspyramide entwickelt, mit der sich algorithmische Entscheidungssysteme bewerten und die Wahrscheinlichkeit und Schwere von Schädigungen berücksichtigen lassen. Sie definiert Anforderungen und Kontrollverfahren und bietet Orientierung bei der Selbsteinschätzung von Produkten und Anwendungen. Zudem lassen sich damit unterschiedliche Akteur*innen sensibilisieren und schulen [25].

KI-Anwendungen selbst beinhalten keine Konzepte, um ethische Fragen zu beantworten. Daher ist es Aufgabe des Menschen, dies vorab zu tun und Rahmenbedingungen für einen ethisch vertretbaren KI-Einsatz zu schaffen. Ethische und rechtliche Fragen kann kein Unternehmen allein beantworten, vielmehr sind sie in einen gesellschaftlichen Kontext eingebunden. Hier sollten Unternehmen, Forschungseinrichtungen, gesellschaftliche Akteur*innen und Behörden zusammenarbeiten.

Leitfragen:

- Welche Herausforderungen und Kosten, Potenziale und Nutzen birgt die Projektidee?
- Welche ethischen und rechtlichen Aspekte sind beim KI-Einsatz betroffen? Liegt ein Risikomodell mit geeigneten Kritikalitätsstufen vor, um mögliche Risiken zu erkennen und zu minimieren?
- Welche betrieblichen und überbetrieblichen Gruppen (auch staatliche Aufsicht, externe Berater*innen) sind in den ELSI-Prozess einzubinden?
- Welche Maßnahmen sind zu ergreifen, einschließlich Schulungsmaßnahmen für Betreiber und Mitarbeitende?

»KI ist nicht in der Lage, ethische Fragestellungen zu beantworten.«

Dr. Detlef Gerst, IG Metall

»Die identifizierten Anwendungen wurden anschließend zur Priorisierung bzgl. ihres Aufwand-Nutzen-Verhältnisses bewertet. Vor allem war der Schwierigkeitsgrad bei der Umsetzung entscheidend für die Auswahl eines ersten Prototyps. Dieser sollte nicht zu hoch sein.«

Doreen Fischer, fischerwerke GmbH & Co. KG

»Wir müssen die Zivilgesellschaft aktiv in die KI-Forschung einbinden. Das tun wir gerade im Rahmen der Cyber Valley Initiative sehr intensiv. Bereits in frühen Phasen der Forschung müssen ethische Fragestellungen gestellt und diskutiert werden.«

Tobias Dürr, Cyber Valley Initiative

»Der Betriebsrat bringt bspw. Guidelines zur ethischen Gestaltung von KI ein.«

Jacob Decker, Festo SE & Co. KG

Aufgabe 2: Anwendungsfallideen detaillieren und erneut prüfen

Nun können Sie die als realisierbar bewerteten Projektideen spezifizieren. Sie können z. B. den KI-Canvas weiter detaillieren oder Storyboards erarbeiten, um ein »Gefühl« für die KI-Anwendung zu bekommen. Ggf. können Sie bereits mehrere Realisierungsstufen definieren, z. B. mit unterschiedlichem Grad der Autonomie. Dabei ist wichtig, dass das Projektteam zwar groß denkt, aber dennoch in der Lage ist, die KI-Anwendung klein zu starten. Hochkomplexe Systeme erhöhen die Komplexität und den Planungsaufwand. Für die Prüfung von Anwendungsfällen kann die skalierbare Vorgehensweise des »Use Cases 2.0« [29] als Vorlage dienen. Sechs Grundprinzipien führen zur erfolgreichen Anwendung:



- Beschreibe Dinge einfach durch »Storytelling«.
- Verstehe das »große Ganze«.
- Fokussiere den Nutzen.
- Baue das System schichtweise auf.
- Liefere das System schrittweise aus.
- Passe dich an die Bedürfnisse des Teams an.

Wichtig ist weiterhin, Ziel und Zweck der geplanten KI-Anwendung zu klären. Dabei sind auch Zielkonflikte aufzudecken und zu besprechen. Dies setzt voraus, dass neben den Fachexpert*innen auch die betroffenen Mitarbeitenden bzw. ihre Interessenvertretungen einbezogen sind. Erfahrungsgemäß steigern partizipative Verfahren die Akzeptanz und das Verständnis und fördern damit den erfolgreichen Einsatz von KI-Anwendungen.

Die Ziele dienen der eindeutigen bzw. konfliktfreien Planung, Steuerung und Kontrolle, unter Berücksichtigung der zentralen Aspekte Zeit, Kosten und Qualität. Sind die Ziele nur ungenügend definiert oder die Mitarbeitenden sich derer nicht bewusst, kann dies einzelne Aktivitäten, aber auch das gesamte KI-Projektes gefährden.

Wenn Sie die Ziele definieren, beachten Sie insbesondere die SMART-Kriterien: spezifisch, messbar, attraktiv, realistisch und terminiert. Dies umfasst auch Akzeptanzkriterien bzw. Testfälle.

Wie bereits beschrieben ist eine Priorisierung von Ideen nicht einfach. Deshalb sollten Sie sie nach der Detaillierung erneut bewerten. Danach können Sie eine fundierte Entscheidung treffen, mit welchen Projekten Sie starten wollen.

Leitfragen:

- Welche Ziele verfolgen wir mit dem Einsatz von KI-Anwendungen?
- Sind Zielkonflikte absehbar? Wie lassen sich diese in den Bewertungsprozess einbringen? Welche Mitarbeitenden sind von Zielkonflikten betroffen?
- Sind die Mitarbeitenden und ihre Interessenvertretungen in die Zielfindung und Planungen einbezogen?
- Sind die Beteiligten bereits vor der Einführung qualifiziert, um den Gestaltungsprozess angemessen begleiten zu können?
- Sind die erforderlichen Kompetenzen vorhanden, um die KI-Anwendung zu nutzen, einzuschätzen und zu interpretieren?
- Sollten wir einen externen Dienstleister mit einbeziehen?

»Ideal wäre es, wenn die Hersteller der Maschinen für die automatische optische Inspektion vortrainierte bzw. einfach zu trainierende Modelle mitliefern würden und wenn wir uns als Anwenderunternehmen nicht selbst um die Themenstellung der KI-unterstützten Qualitätsinspektion kümmern müssten.«

Fabian Schmidt, SICK AG

»Wir stellen immer wieder fest, dass es für Unternehmen schwierig ist, festzustellen ob ein Startup wirklich dauerhaft funktionsfähige KI-Lösungen liefern kann oder es nur im Namen trägt. In der Tat gibt es viel »KI-washing«.

Felix Müller, plus10

»Ein KI-Team sollte sich interdisziplinär zusammensetzen. Personen mit Technikwissen, u. a. Data Scientists, arbeiten zusammen mit Personen, die Kenntnisse zum Anwendungsfall und möglichen Optimierungszielen haben, den sogenannten Domänenexperten.«

Sebastian Terstegen, ifaa

»Man sollte nicht in der ersten Ideensitzung nur nach Kritischem fragen. Wir müssen solchen Ideen und Projekten eine gewisse Freiheit einräumen. Es handelt sich um eine in der heute genutzten Form junge Technologie mit der man erst einmal Erfahrungen sammeln muss.«

Jacob Decker, Festo SE & Co. KG

Aufgabe 3: Projekt definieren und starten

Als nächstes können Sie die Ideen aus Projektsicht bearbeiten und initiieren. Definieren Sie das Projektteam inklusive der Verantwortlichkeiten, Umfang und genaue Ausprägung der KI-Anwendung (ggf. mehrstufig), Zeitplan und Termine sowie die Freigabe der notwendigen Budgets und Ressourcen. Speziell bei den Ressourcen ist darauf zu achten, dass diese unter Beachtung anderer Digitalisierungs- und KI-Initiativen verteilt werden. Ansonsten könnten Abteilungen und Rollen, die für das KI-Projekt unverzichtbar sind, in einen Ressourcenkonflikt geraten. Eine zentrale Sicht auf das Projektportfolio und die Roadmaps bietet die notwendige Transparenz.

Leitfragen:

- Wie sieht der Zeitplan des Projekts aus?
- Sind die benötigten Ressourcen freigegeben?
- Wer ist Projektsponsor*in? Kann diese*r das Projekt vor der Unternehmensführung vertreten?
- Was sind eventuelle Blocker, die das Projekt verzögern könnten?
- Welche weiteren Risiken und Ausstiegsmöglichkeiten gibt es?



»Wir haben die Freiheit momentan das Thema KI für uns auszuprobieren. Diese Freiheit ist bei einem neuen Thema sehr wichtig. Wir sammeln jetzt Erfahrungen in unterschiedlichen Bereichen.«

Jacob Decker, Festo SE & Co. KG

»Wenn wir KI-Projekte starten möchten, hilft es natürlich, wenn monetär der Nutzen sowie das Risiko ausgewiesen werden kann.«

Dr.-Ing. Martin Roth, MTU Aero Engines AG

»Bei der Implementierung kommt zusätzlich der zeitaufwändige, organisatorische Aufwand hinzu. Abstimmungen, Freigaben und Beschaffungsprozesse erhöhen letztendlich die Projektlaufzeit. Hier gilt es zukünftig ebenso schneller zu werden.«

Doreen Fischer, fischerwerke GmbH & Co. KG

»Wir bieten ein innovatives Geschäftsmodell zusammen mit unseren KI-Optimierungstools an, aber heute tun sich noch viele Einkäufer gerade in Großunternehmen schwer, Produkte mit pay-per-use-Preismodellen einzukaufen. Da passen Einkaufsprozesse der Unternehmen mit innovativen Geschäftsmodellen, die ja auch zur eigenen Risikominimierung dienen können, noch nicht zusammen.«

Felix Müller, plus10

»Eine andere Art der Lösung für die Ressourcenproblematik ist die Kooperation mit Start-Ups, die gerade im Bereich der Digitalisierung und KI vielfältig vorhanden sind.«

Thomas Köpp, Südwestmetall



Instrumente

- **KI-Anwendungsfall: Kosten-Nutzen-Bewertung (siehe Anhang):** Damit können Sie die Attraktivität der Anwendungsfälle beurteilen – im Zusammenspiel von Potenzial, Herausforderung und strategischer Bedeutung. Nach der Beurteilung können Sie die Ergebnisse in eine dynamische Matrix eintragen, mit der Sie eine gute Übersicht haben und zudem verschiedene Anwendungsfälle gegenüberstellen können. Damit können sie die erfolgversprechendste Anwendung definieren und weiterentwickeln.
- **Virtuelle Prozessakte [22]:** Sie ist eine Informationsquelle, die relevantes Wissen über die Anwendung bereithält und die das Projektteam während der gesamten Projektzeit immer wieder adaptiert und aktualisiert. Zu Beginn eines Projektes sollte die virtuelle Prozessakte zumindest die Systemtopologie und die bereits erzeugten Messdaten inklusive deren Metadaten enthalten.

- **Kritikalitätspyramide und risikoadaptiertes Regulierungssystem** für den Einsatz algorithmischer Systeme [30].
- **Ethik-Leitlinien** für eine vertrauenswürdige KI der EU [31].
- **KI-Ethik Gütezeichen und Risikomatrix** [32].

6.6 Phase 5: Anwendungsfallumsetzung

Hier finden Sie Erläuterungen, wie Sie ein KI-Modell inklusive Arbeitsorganisation und Nutzungsschnittstelle iterativ entwickeln und verbessern können.

6.6.1 KI-Modell

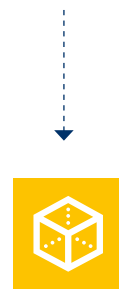
In dieser Phase gilt es, aus der Idee ein KI-Modell zu entwickeln. Es gibt einige Kernaufgaben, die sich am Vorgehensmodell CRISP-DM [33] aus dem Data Mining orientieren und zudem die besonderen Anforderungen der Produktion beachten.

Aufgabe 1: Daten sammeln

Bevor Sie Daten sammeln, sollten Sie überprüfen, welche Daten bereits vorhanden sind. Klären Sie also, welche Daten grundsätzlich zur Verfügung stehen, aus welcher Ebene (der Automatisierungspyramide) diese stammen und in welchen Datenformaten sie vorliegen. Prüfen Sie gleichzeitig, welche Daten zum definierten Anwendungsfall passen bzw. welche Daten den beabsichtigten Fall abbilden könnten.

Man unterscheidet grundsätzlich zwischen dem rein datengetriebenen Ansatz (Black-Box-Modellierung) und dem physikalischen Ansatz, z. B. per Simulation (White-Box-Modellierung). Stellen Sie dafür ein interdisziplinäres Projektteam zusammen (vgl. Tabelle 2), schließlich muss es sowohl den Arbeitsprozess als auch die erzeugten Daten verstehen. Das Team profitiert nun davon, dass Sie einen konkreten Anwendungsfall definiert haben, der nicht zu groß und somit überschaubar ist. Nun gilt es, einen pragmatischen Start zu finden. Machen Sie nicht den Fehler, zu große Anwendungen und damit Datensets zu erzeugen, die keiner interpretieren kann.

Das Datensammeln nimmt mitunter viel Zeit in Anspruch, da häufig nicht klar ist, welche Daten eine Maschine überhaupt erzeugt. Auch Form, Geschwindigkeit und Menge der Daten sind oft unbekannt. Zudem kann es sehr herausfordernd sein, die Daten überhaupt aus den Anlagen zu exportieren.



Für den Start empfiehlt es sich, das spezifische Verständnis von Maschinen-/Prozessverhalten und Datenverhalten zu verbinden. Hier kann das Team seine interdisziplinären Stärken nutzen und ein Gefühl für das Zusammenspiel zwischen Daten und Prozess aufbauen. Dabei kann es evtl. bereits Daten ins Auge fassen, die für das Anwendungsziel eine höhere Relevanz als andere haben. Vorsicht ist geboten: Das Team sollte zu Beginn nicht zu viele Kausalitäten vermuten und dadurch Datensätze zu stark verringern.

Leitfragen:

- Liegen Daten vor, die zum Anwendungsfall passen?
- In welcher Menge und in welcher Qualität liegen diese vor?
- Welche Daten, Variablen und Merkmale könnten wichtig sein?
- Welche Daten, Variablen und Merkmale können wir bereits selektieren?

»Die große Herausforderung bei KI-Projekten ist die Datenplanung und -erfassung. Es ist sehr herausfordernd, die richtigen Daten zu identifizieren und diese aus der Anlage zu bekommen. Bei rein datenorientierten Verfahren haben wir schlechte Erfahrungen gemacht. Daher suchen wir eher nach Verfahren, die auch das physische Verhalten der Anlage nachbilden. Damit wir auch wissen, was da eigentlich passiert.«

Jacob Decker, Festo SE & Co. KG

»Bei zu vielen Variablen macht es durchaus Sinn, dass der Experte den Suchraum und damit auch die Menge der zu verarbeitenden Daten einschränkt. Generell sollte aber darauf geachtet werden, dass eine über Jahre vorgefertigte Meinung nicht dazu führt, dass man das Datenmodell sofort zu stark einschränkt.«

Vincent Dekker, Daimler MBC

»Nach unserer Erfahrung ist es pragmatischer, klein anzufangen. Zu häufig will man von Beginn an zu viel erreichen und damit wird der Anwendungsfall immer größer. Diese hohe Komplexität kann dann nur noch schwer bewältigt werden.«

Dr.-Ing. Martin Roth, MTU Aero Engines AG



Aufgabe 2: Daten verstehen

Nachdem das Team grundsätzlich verstanden hat, wie der Arbeitsprozess funktioniert und welche Daten zur Verfügung stehen, erfolgt das grundsätzliche Datenverständnis. Hierbei werden die selektierten Rohdaten exportiert und im ersten Schritt mit einfachen statistischen Methoden analysiert und visualisiert. Dadurch kann das Team die Struktur und Verteilung der Daten und Extremwerte verstehen und identifizieren. Mit statistischen Verfahren kann das Team den Datensatz bzgl. Mittelwert, Median und Standardabweichung visualisieren. Dies hat den Vorteil, dass Datensatz und Datenverteilung klarer werden, und das Team erste Annahmen über-

prüfen kann. Zudem kann es untersuchen, welche Daten, Variablen und Merkmale signifikant sein können und evtl. korrelieren. Prozessexpert*innen sollten die ersten Korrelationen zwischen den Daten überprüfen und physikalisch plausibilisieren.

Die Erfahrung zeigt, dass dieser Prozess schwierig ist. Sowohl bei den ersten Datenexplorationen als auch bei der späteren Entwicklung des KI-Modells liegt die Herausforderung darin, die richtigen Daten zu finden.

Achten Sie darauf, dass Sie auch Datenlücken identifizieren. Ergründen Sie, warum die Daten fehlen, und schließen Sie Fehler bei der Erfassung und Übertragung aus. Inwieweit fehlende Daten Probleme erzeugen, hängt vom später gewählten Verfahren ab. Eine Lösung, um Datenlücken zu schließen, kann das Nachrüsten von Sensoren sein.

Leitfragen:

- Sind innerhalb der Datensets Ausreißer und Extremwerte enthalten?
- Sind Datenlücken vorhanden, und wenn ja warum?
- Welche Auffälligkeiten sind bereits sichtbar?
- Können wir bereits Zusammenhänge und Korrelationen zwischen den Daten herstellen?

»Die Anwendungen hängen stark von den Daten ab. D. h. für einige KI-Verfahren brauchen wir sehr viele Daten in der richtigen Qualität. Dazu müssen wir sie auch irgendwie aus der Anlage bekommen. Und wenn man dann genau hinsieht, hat man auf den zweiten Blick gar nicht so viele Daten, die nutzbar sind.«

Fabian Schmidt, SICK AG

»Die Hauptschwierigkeit bei unseren KI-Projekten besteht darin, Daten zu finden, die wirkliche Aussagen zulassen.«

Dr.-Ing. Martin Roth, MTU Aero Engines AG

»Beim Retrofitting von älteren Anlagen bzw. zur Schließung von Datenlücken, kommt es auf den Preis an. Bei Neuanschaffungen achtet man aber darauf, dass die Daten bereits für KI-Anwendungen nutzbar sind.«

Dr.-Ing. Martin Roth, MTU Aero Engines AG

Aufgabe 3: Daten vorverarbeiten

Nun gilt es, fehlende Daten und Werte durch Annahmen automatisiert oder manuell nachzubearbeiten. Wie genau das geschehen muss, ist durch die Wahl des KI-Verfahrens begründet. Manche Verfahren und Lernalgorithmen können mit fehlenden Werten umgehen, andere können mit fehlenden Daten keine brauchbaren Ergebnisse erzeugen.



Weiterhin gilt es, Datentypen zu konvertieren und zu transformieren. Auch die Formatierung der Daten und Werte hängt vom jeweiligen Verfahren ab. Lineare Regressionsmodelle benötigen z. B. numerische Inputwerte. Dies bedeutet ggf., dass das Team kategorische Werte in numerische konvertieren muss. Die Transformation betrifft z. B. die notwendige Normalisierung der numerischen Werte, um verschiedene Attribute vergleichbar zu machen. Auch Ausreißer und Anomalien muss das Team aus den Datensätzen entfernen, um spätere Fehler der Verfahren zu vermeiden. Allerdings müssen sie die Ausreißer zunächst verstehen, da diese auch signifikante Ereignisse anzeigen könnten.

Dies verdeutlicht, dass Sie in jedem Schritt die Datenqualität berücksichtigen und ggfs. Schritte wiederholen müssen. Die Erfahrung zeigt, dass diese Phase im KI-Projekt am aufwändigsten sein kann.

Im nächsten Schritt identifiziert das Team für den vorhandenen Datensatz die Attribute (oder Features), die für die beabsichtigte Aufgabe wichtig sind. Achtung: Die Performanz des späteren KI-Modells kann durch zu viele oder fehlerhafte Attribute leiden. Daher ist das Ziel, das Datenmodell zu vereinfachen und Dimensionen und Attribute zu reduzieren, ohne später die Leistung des KI-Modells zu verringern. Dieser Schritt erhöht zugleich die Erklärbarkeit des Modells. Anschließend bildet das Team aus dem Datensatz mehrere Teilsätze als Repräsentationen des Originaldatensatzes. D. h. es teilt die Daten in Trainingsdaten und Testdaten auf. Dieser Ansatz ermöglicht eine schnelle Modellbildung und reicht zumeist aus, um angestrebte Prognosen erstellen zu können.

Diese Vorverarbeitung der Daten kann viel Zeit in Anspruch nehmen, wenn Sie auf eine manuelle Bearbeitung des Datensatzes nicht verzichten können. Daher gibt es den Ansatz, die Vorverarbeitung automatisiert direkt an der Datenquelle vorzunehmen. So lassen sich zudem die zu transferierenden Datenmengen und damit auch die Anforderungen an die Infrastruktur reduzieren.

Leitfragen:

- Müssen wir Inputdaten bzgl. Format, Struktur und Wertebereich anpassen?
- Liegen im Datensatz Werte vor, die doppelt, ungültig, falsch formatiert, benannt oder ähnliches sind?
- Müssen wir für das jeweilige Verfahren innerhalb der Datenbanken Werte ergänzen, kopieren, löschen, umbenennen, verschieben oder kombinieren?
- Können wir Attribute reduzieren?

»Die Datenvorverarbeitung erfolgt direkt im Schaltschrank lokal. Wir versuchen nur die für den Output relevanten Daten auch zu transferieren.«

Felix Müller, plus10

»Wenn wir nur wenige oder die falschen Daten nutzen können, ist natürlich auch das Aussageergebnis der KI schlecht. Der größte Aufwand entstand nicht durch die Implementierung der KI-Anwendung, sondern es war viel mehr eine große Herausforderung automatisiert an die Daten zu kommen und die Daten entsprechend zu labeln.«

Fabian Schmidt, SICK AG

»Die Masse der Daten ist häufig nicht das Problem, sondern die notwendige Qualität der Daten.«

Jacob Decker, Festo SE & Co. KG

Aufgabe 4: KI-Modell erstellen und evaluieren

Das KI-Modell stellt Daten und deren Beziehungen dar. Dafür kommen verschiedene statistische Methoden, Lernalgorithmen und Verfahren infrage. Die meisten Verfahren stehen als Open-Source-Anwendungen bereit. Um das richtige Verfahren zu finden, sollten Sie zunächst alle Verfahren identifizieren, die für Ihre Anwendung passend erscheinen. Anschließend können Sie diese dann testen und parametrieren. Ob Verfahren und Algorithmen geeignet sind, hängt von den zur Verfügung stehenden Daten sowie vom Anwendungsfall ab. Die Erfahrung zeigt, dass es äußerst wichtig ist, eine Produktionsaufgabe in eine Informatikaufgabe zu »übersetzen«. Damit das gelingt, müssen sich Produktionsexpert*innen und Datenexpert*innen in Sprache und Verständnis annähern. In vielen Fällen können Unternehmen den angemessenen Algorithmus nicht von vorne herein identifizieren und müssen verschiedene Algorithmen testen.

Die Verfahren beruhen auf unterschiedlichen Algorithmen: Prädiktive Algorithmen eignen sich zur Vorhersage von Variablen; deskriptive Algorithmen eignen sich etwa zur Clusterung. In Abhängigkeit des gewählten Verfahrens sind Datenvoraussetzungen zu erfüllen und z. B. Testdatensätze zu erstellen.

Um Test- und Trainingsdatensätze zu bilden, teilt man sie in einen Gesamtdatensatz auf. Trainingsdatensätze sind Datensätze, bei denen die Attribute und Zielvariablen bekannt sind. Die Gültigkeit des Trainingsdatensatz überprüft man über einen weiteren Datensatz, den Testdatensatz (siehe auch Kapitel 3). Auf Basis des beabsichtigten Anwendungsfalls und der Datenverfügbarkeit selektiert man das jeweilige Verfahren.



Innerhalb der Verfahren, wie z.B. Klassifikation oder Regression, stehen zahlreiche Algorithmen zur Verfügung. Teilweise lassen sich die Algorithmen und Verfahren auch kombiniert einsetzen oder in einer Reihenfolge nutzen (d. h. Pipeline-Ansatz). Beim maschinellen Lernen setzt man dann überwachte oder unüberwachte Lernverfahren ein. Wenn Sie das Modell festgelegt haben, folgt die Evaluation. Verwenden Sie dazu den Testdatensatz und überprüfen Sie, wie genau dieser z. B. einen Wert vorhersagt. Beobachten Sie dabei Effekte wie »Over- und Underfitting«. Overfitting bedeutet, dass die Zuweisung der Klassen auf den Trainingsdaten gut funktioniert, aber mangels Generalisierung schlecht auf neuen Testdaten. Beim Underfitting funktioniert die Klassifikation sowohl auf den Trainingsdaten als auch auf den Testdaten schlecht, was ein Hinweis sein kann, dass das gewählte Modell zu simpel ist, um die Problemstellung adäquat zu beschreiben.

Bei der Implementierung der KI-Anwendung kann es durchaus Sinn ergeben, dass Sie auf externe Hilfe zurückgreifen.

Leitfragen:

- Welche Verfahren und Algorithmen kommen für den definierten Anwendungsfall in Frage?
- Können wir geeignete Stichproben aus dem Gesamtdatensatz für Trainings- und Testdatensätze bilden?
- Erzielen die Verfahren die gewünschten Ergebnisse und die notwendige Genauigkeit?
- Bestehen Effekte wie »Over- und Underfitting«?

»Eine der zentralen Fragestellungen bei der Einführung von KI, ist die Identifikation des richtigen Algorithmus bzw. des richtigen KI-Settings. Die herausfordernde Aufgabe besteht darin, dass für das vorhandene reale Problem eine Übersetzung in ein mathematisches Problem erfolgen muss. Dieses Dolmetschen zwischen Anwendern und KI-Experte stellt eine zentrale Aufgabe dar.«

Vincent Dekker, Daimler MBC

»Bei der Identifikation der richtigen Algorithmen testen wir mit den Daten verschiedene Möglichkeiten und schauen uns an, welche am besten unsere gestellte Aufgabe erfüllt.«

Dr.-Ing. Martin Roth, MTU Aero Engines AG

»Die Implementierung der KI-Anwendung lassen wir entweder intern von der SICK R&D-Abteilung machen oder ziehen ein externes Unternehmen hinzu.«

Fabian Schmidt, SICK AG

Instrumente

- **KI-Periodensystem** ([34] und [35]): Es dient als kompakte Navigationshilfe, die Entscheidungen zum Einsatz von KI initiiert, unterstützt und erleichtert.
- **Überblick KI-Frameworks, Plattformen, Libraries, Hardware** [36].
- **Machine-Learning-Pipeline-Diagramm** [22]: Es gibt eine Übersicht über die Datenerhebung und -verarbeitung, Modellbildung und Entscheidungsfindung in einem ML-unterstützten Produktionsprozess. Es eignet sich sowohl für die Kommunikation mit nicht-technischen Stakeholdern als auch für die iterative Verfeinerung und Abbildung konkreter Technologien.
- **AutoML**: Es automatisiert das maschinelle Lernen. Ziel ist es, die menschliche Arbeitszeit des Data-Science-Prozesses zu reduzieren. Durch AutoML fallen manuelle Schritte des klassischen, iterativen Prozesses weg (Feature Engineering, usw.). Der Mensch muss dann nur noch die vorbereiteten Trainingsdaten als Eingabe definieren, anschließend erstellt AutoML ein optimiertes Modell.

6.6.2 Arbeitsprozess

Bei der Organisation des Arbeitsprozesses und des Technikeinsatzes geht es darum, menschliche Leistungspotenziale zu entfalten und mögliche Zielkonflikte im Verhältnis von Mensch und Maschine abzuwenden. Diese Zielsetzungen sind anhand der folgenden, aufeinander aufbauenden Schritte zu bearbeiten.

Aufgabe 1: Sicherheitsrisiken minimieren

Den einzelnen Mitarbeitenden vor Nachteilen zu schützen, ist eine Voraussetzung für die Akzeptanz von KI-Anwendungen. Neben den gesetzlichen Anforderungen des Arbeitsschutzes sind einschlägige Vorschriften des Daten- und Informationsschutzes einzuhalten, um Persönlichkeitsrechte zu schützen, Diskriminierung zu vermeiden und eine ungerechtfertigte Leistungsmessung auszuschließen.

Wenn Sie die Mensch-Maschine-Interaktion menschenzentriert gestalten, können Sie einseitige Beanspruchungsfolgen (z. B. Monotonie oder Stress) vermeiden und zur Unfallprävention beitragen.

Bei der Leistungserfassung sollten Sie den Schutz der Persönlichkeitsrechte berücksichtigen, speziell bei der Datenverarbeitung. So ist es zweckmäßig, nur jene Daten zu erheben, die für eine Anwendung tatsächlich erforderlich sind. Zudem dürfen Daten nur für eine originäre Aufgabenstellung verwendet und nicht zweckentfremdet werden.



Unternehmen haben erkannt, dass die Nutzerakzeptanz der neuen Technologien unabdingbar für deren produktiven Einsatz ist, betrachten es aber als kritisch, Gestaltungskriterien in betriebliches Handeln umzusetzen. Sie fordern daher verbindliche Leitlinien ein.

Leitfragen:

- Welche Gesundheitsrisiken z. B. infolge Unfall- und Schadensereignissen oder einseitigen Belastungen liegen vor?
- Durch welche Schutzmaßnahmen können wir Risiken und Fehlentscheidungen vermeiden?
- Durch welche Maßnahmen können wir Persönlichkeitsrechte der Mitarbeitenden schützen?
- Schließen wir Datenanalysen zur individuellen Leistungs- oder Verhaltenskontrolle aus?

»Unserer Erfahrung nach sind viele Anwendungen von Digitalisierungslösungen im betrieblichen Einsatz aufgrund fehlender Nutzerakzeptanz gescheitert. Deshalb stellen eine hohe Usability und eine Nutzerpartizipation über den gesamten Prozess wichtige Faktoren dar.«

Vincent Dekker, Daimler MBC

»Kriterienkataloge für die ethische Gestaltung liegen hinreichend vor, z. B. von der OECD, sie sind aber speziell für KMUs wenig praktikabel. Es sollte neben rechtlich verbindlichen Vorgaben klare und verständliche Handlungshilfen von der Politik geben.«

Dr. Detlef Gerst, IG Metall



Aufgabe 2: Nachvollziehbarkeit von Prozessen erhöhen

KI-Anwendungen gehen mit unterschiedlichen Stufen der algorithmischen Entscheidungsfindung bzw. -unterstützung einher. Folglich können sie die menschliche Entscheidungsautonomie erweitern bzw. einschränken. Können Menschen die komplexen Abläufe einer KI-Anwendung nicht nachvollziehen, kann dies zu Ablehnung führen. Um dies zu vermeiden, müssen KI-Anwendungen so gestaltet sein, dass sie Informationen über ihre prinzipielle Funktionsweise, ihren Zweck und ihre Zielsetzungen, ihre Datengrundlage und die neu gebildeten Kategorien, Ergebnisse, Folgerungen und Entscheidungen liefern.

Damit Mitarbeitende Verantwortung für den Betrieb einer KI-Anwendung übernehmen, müssen sie dessen Funktion durchschauen und es beherrschen können. Für eine solche Handlungsfähigkeit sind Informationen, Ressourcen und Kompetenzen zu definieren bzw. zuzuschreiben. Ferner muss die Mensch-Maschine-Interaktion den Mitarbeitenden erlauben, nach ihrer Arbeitsorientierung und den geltenden Regeln zu handeln und ggf. einen Prozess abzubrechen. Dabei liegt das Letztentscheidungsrecht immer beim Menschen.

Das Thema Vertrauen betrachten viele Unternehmen vornehmlich aus betrieblicher, weniger jedoch aus individueller Perspektive. Die befragten Expert*innen räumen ein, dass das Thema vertrauenswürdiger, umfassender Lösungsansätze bedarf.

Leitfragen:

- Wie können wir bei der Gestaltung von KI-Anwendungen die Kriterien der Nachvollziehbarkeit und Transparenz berücksichtigen (d. h. Explainable AI)?
- Verstehen die Nutzer*innen die Funktionsweise der KI-Anwendung, können sie diese erklären und kontrollieren?
- Setzen wir qualitativ hochwertiges Datenmaterial ein? Wie schaffen wir verlässliche Daten Grundlagen?
- Sind Aspekte der Verantwortung und Rechenschaftspflicht, der Kompetenz, der Ressourcen sowie der Systemkontrolle nutzerspezifisch zugeschrieben?

»Heute haben wir wenig Kompetenzen im Bereich Dateninterpretation und zu wenig Vertrauen, auf Basis von Daten Entscheidungen zu fällen.«

Muamer Hot, Audi AG

»Eine große Herausforderung ist die Frage, ab wann man eigentlich den Daten vertraut.«

Dr.-Ing. Martin Roth, MTU Aero Engines AG

»Im technischen Unternehmen betrachtet man die Thematik teilweise zu technisch. Die organisatorische bzw. die kommunikative Komponente bei der Einführung von neuer Technologie kommt dann manchmal zu kurz.«

Dr.-Ing. Martin Roth, MTU Aero Engines AG

Aufgabe 3: Funktionsteilung von Mensch und Maschine festlegen

Nun gilt es festzulegen, welche Aufgaben die KI-Anwendung und welche der Mensch übernimmt. Der Mensch sollte einen Handlungs- und Entscheidungsspielraum erhalten. Dieser Spielraum prägt zusammen mit dem Anforderungsniveau der Tätigkeit sowie den Rückmeldungsformen das menschliche Lernpotenzial. Folglich sollten Sie sicherstellen, dass Menschen die Maschine (d. h. das technische System) beherrschen können.

Mensch und Maschine haben selbstverständlich unterschiedliche Eigenschaften und Fähigkeiten. Die menschenzentrierte Gestaltung stellt die menschlichen Leistungen in den Mittelpunkt, wie Zielorientierung, Reflektionsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit. Durch diesen Ansatz kann ein wechselseitiges Bestärkungsverhältnis von Mensch und Maschine entstehen.



Bei der Mensch-Maschine-Interaktion ist ein Teil der Handlungsträgerschaft bzw. der Situationskontrolle im technischen System eingeschrieben. KI-Systeme können die Nutzer*innen zu einem bestimmten Handeln auffordern bzw. gar nötigen. Somit muss die Handlungsträgerschaft von Mensch oder Maschine zu jedem Zeitpunkt eindeutig geklärt sein. Menschen sollen nicht gezwungen werden, ihr Handeln an der Funktion technischer Systeme auszurichten. Wird die menschliche Handlungsträgerschaft eingeschränkt, führt dies erfahrungsgemäß zu Unzufriedenheit und Motivationsverlust. Schaffen Sie daher Möglichkeiten, um die wechselseitigen Übergaben zwischen Mensch und Maschine gezielt und transparent zu initiieren. Die Erfahrung zeigt, dass eine zweckmäßige Funktionsteilung von Mensch und Maschine die Gestaltung der KI-Systeme und deren betrieblichen Einsatz nachhaltig prägt. Komplexe Prozesse erfordern abgestimmte Interaktionsmodi von Mensch und Maschine, die den jeweiligen Leistungsvoraussetzungen bzw. Funktionsmodi gerecht werden.

Leitfragen:

- Sind menschliche und technische Funktionen derart geteilt, dass der Mensch lernförderliche Arbeitsbedingungen vorfindet?
- Sind Handlungsträgerschaft und Situationskontrolle in der Mensch-Maschine-Interaktion transparent und nachvollziehbar geregelt?
- Ist die KI in der Lage, sich flexibel und situationsspezifisch an den Bedürfnissen des Menschen und seiner Arbeitspraxis auszurichten?
- Welche Aufgaben hat der Mitarbeitende bzgl. Controlling, Input und Verbesserung der KI-Lösung?

»Die Maschine macht einen Vorschlag, der Mensch trifft aber auch weiterhin die Entscheidung, v. a. in produktionskritischen Prozessen. Das wird sich auch in den nächsten Jahren perspektivisch nicht ändern. Wir halten das Thema Explainable AI für sehr wichtig in Bezug auf die Akzeptanz von KI-Algorithmen, damit Menschen die Entscheidungen der Verfahren auch nachvollziehen können.«

Vincent Dekker, Daimler AG

»Mitarbeitende helfen zu Beginn der KI-Anwendung beim Lernen. Sie trainieren das Netzwerk und halten im Blick, ob die Anwendung noch einwandfrei funktioniert. Dadurch verändert sich auch die Rolle der Mitarbeitenden: Von ausführenden Tätigkeiten hin zu eher kontrollierenden Tätigkeiten.«

Doreen Fischer, fischerwerke GmbH & Co. KG

»Im Zusammenhang mit KI-Systemen sind Anpassbarkeit und Individualisierbarkeit, einfach bedienbare Interventionspunkte, der Wechsel zwischen einem autonomen Modus und einem Interaktionsmodus, Schnittstellen für Plausibilitätsprüfung und Transparenz der Entscheidungsfindung besonders wichtig.«

Dr. Detlef Gerst, IG Metall

Aufgabe 4: Lernförderliche Arbeitsbedingungen gestalten

Automatisierte KI-Systeme beeinflussen den menschlichen Qualifizierungsbedarf. Allerdings ist es ein menschliches Grundbedürfnis, zu lernen. Wichtig ist es daher, Handlungsspielräume zu sichern und Erfahrungsmöglichkeiten zu bieten. Es gilt, die Mensch-Maschine-Interaktion so zu gestalten, dass Kommunikation, Kooperation und soziale Einbindung gegeben sind. KI-Anwendungen sollten nicht ausgerechnet jene Arbeitsinhalte übernehmen, die motivierend und lernförderlich wirken. Dagegen sollen sie bei der Datensammlung und -aggregation unterstützen. KI-Anwendungen sollen zudem Kommunikation und Kollaboration stärken, um nicht planbare Anteile von Arbeit flexibel zu bewältigen. Diese Zusammenhänge erkennen viele Unternehmen und berücksichtigen sie in den strategischen Planungen.

Leitfragen:

- Wie berücksichtigen wir menschliche Grundbedürfnisse für eine sinnvolle und motivierende Arbeit?
- Ist die Mensch-Maschine-Interaktion lern- und erfahrungsförderlich?
- Unterstützt die Mensch-Maschine-Interaktion eine gewinnbringende Kommunikation, Kooperation und soziale Verbundenheit?
- Sind Qualifizierungs- oder gar Umschulungsmaßnahmen erforderlich?

»Gerade im Bereich Lean hat man vielfach gesehen, dass durch eine Beteiligung der Mitarbeitenden viele Vorteile entstehen. Beteiligen kann heißen, dass man den Leuten zuhört, Vorschläge aufnimmt und gemeinsam umsetzt. Produktivitätsvorteile können dann zum Teil an die Mitarbeitenden zurückgegeben werden. Das lohnt sich am Ende für alle Seiten.«

Thomas Köpp, Südwestmetall

»Technik muss immer dazu dienen, Arbeitsprozesse zu vereinfachen. Es bleibt deshalb das Gestaltungsrisiko, dass Maschinen den Menschen die anspruchsvollen Aufgaben abnehmen, so dass dem Menschen rein ausführende Tätigkeiten ohne Denkanforderungen verbleiben. Das ist nicht wünschenswert. Bis es so weit kommt, gibt es neue, anspruchsvolle Tätigkeiten, die aber irgendwann aufgrund weit fortgeschrittener Autonomisierung der Technik nicht mehr benötigt wird. Dazu gehören KI mithilfe des Erfahrungswissens zu trainieren und Algorithmen auf Plausibilität zu prüfen.«

Dr. Detlef Gerst, IG Metall





Instrumente

- **Kriterienbasierte Checklisten für den betrieblichen Wandel** [23].
- **KI-Ethik Framework** [32]: Kriterien, Indikatoren und Handlungsempfehlungen (auf englisch).
- **Vertrauenswürdiger Einsatz von künstlicher Intelligenz** [37]: Handlungsfelder als Grundlage für eine Zertifizierung von KI.
- **Gutachten der Datenethikkommission für die Bundesregierung zum Einsatz von Algorithmen und Künstlicher Intelligenz** [30]: Umfangreiche Information zu Grundlagen, Anforderungen und Gestaltungsansätzen.

6.6.3 Nutzungsschnittstelle

Parallel zur Umsetzung des KI-Modells und zur Definition des Arbeitsprozesses können Sie die Nutzungsschnittstelle gestalten und implementieren. Dabei macht es einen Unterschied, ob eine KI-Anwendung

- autonom und unerkannt im Hintergrund arbeiten soll, und der Mensch lediglich Fehler vermeiden und beheben sowie Verantwortung übernehmen soll oder
- Vorschläge, Warnungen und Vorhersagen machen soll.

Empfehlenswert ist eine ausgewogene Interaktion, bei der die Aufgabenteilung transparent ist und die Nutzer*innen durch ihr Erfahrungswissen die KI-Anwendung optimieren können (d. h. »human in the loop«).

Auch Nutzungsschnittstellen, die KI-basierte Vorschläge anzeigen oder eine Interaktion mit KI ermöglichen sollen effektiv, effizient und zufriedenstellend für Nutzer sein (ISO 9241-11) und die Grundsätze der Dialoggestaltung der Dialoggestaltung erfüllen (ISO 9241-110). Dies ist Voraussetzung dafür, dass Eingabefehler vermieden werden, der Schulungsaufwand reduziert wird und Nutzer*innen des Systems durch eine hohe User Experience idealerweise dazu motiviert werden, sich über die eigentliche Aufgabe hinaus zu engagieren.

Um gebrauchstaugliche interaktive Nutzungsschnittstellen zu entwickeln, haben sich in der Industrie Vorgehensweisen der menschenzentrierten Gestaltung (z. B. nach ISO 9241-210) etabliert. Daran orientieren sich die hier beschriebenen Aufgaben. Das Vorgehen ist iterativ, d. h. die Aufgaben werden so lange durchlaufen, bis eine einfach bedienbare Nutzungsschnittstelle entsteht. Die Aufgaben, Ziele und Eigenschaften der Nutzer*innen stehen im Mittelpunkt. Durch

Prototyping lassen sich mögliche Schwächen der Nutzungsschnittstelle schon vor einer aufwändigen Implementierung ausbessern. Nutzer*innen sind über den gesamten Entwicklungs- und Designprozess eingebunden.

Empfehlenswert ist es, für die Entwicklung von Nutzungsschnittstellen ein interdisziplinäres Team einzusetzen. Es kann sich z. B. aus Interaktionsgestalter*innen, Designer*innen und Psycholog*innen zusammensetzen. Zusätzlich lässt sich in Workshops, Befragungen und Usability Tests das Domänenwissen der späteren Nutzer*innen über den gesamten Prozess mit einbeziehen. Herausforderungen bestehen unter anderem darin, wie Design- und KI-Expert*innen effizient zusammenarbeiten oder wie Designer*innen technisch umsetzbare Nutzungsschnittstellen und Systemzustände konzipieren können, wenn die KI-Modelle noch nicht trainiert sind bzw. sich diese ständig ändern.

Aufgabe 1: Nutzungskontext und Bedürfnisse verstehen

In diesem Schritt sollten Sie Nutzergruppen und Rollen identifizieren, ein Verständnis der sozio-technischen Arbeitsbedingungen schaffen sowie die Aufgaben und Ziele der Nutzer*innen definieren. Zu letzterem gehören auch die Aufgabenhäufigkeiten, Arbeitsabläufe und Informationsbedarfe. Außerdem gilt es, die soziale und technische Arbeitsumgebung zu betrachten und Bedürfnisse und potenzielle Begeisterungsmerkmale aufzudecken. Möglichkeiten dafür bieten sich u. a. bei Tätigkeitsbeobachtungen und Nutzer*innenbefragungen.

Eine besondere Herausforderung besteht darin, dass sich die bisherigen Aufgaben und auch die Arbeitsumgebung durch die Einführung eines KI-Systems verändern kann. Deshalb sollten Sie bei diesem Schritt den angestrebten Zielzustand beschreiben. Beziehen Sie die Nutzer*innen in den Entwicklungsprozess ein und erklären Sie die Funktionsweisen der KI-Anwendung, damit die Mitarbeitenden die Nutzungsschnittstelle akzeptieren.

Leitfragen:

- Wer sind die Nutzer*innen? Ändert sich die Nutzergruppe bei der Einführung eines KI-Systems?
- Was sind die Aufgaben? Wie ändern sich die Aufgaben?
- Wie sieht die physische und technische Umgebung bisher aus? Was ändert sich ggf. durch ein KI-System?
- Was löst bei den Nutzer*innen positive Emotionen aus und kann sie motivieren, ihren Tätigkeiten nachzukommen?

»Es liegt in unserem eigenen Interesse, dass wir die Menschen mitnehmen und KI erklären. Dann können wir später auch mehr Akzeptanz erwarten.«

Jacob Decker, Festo SE & Co. KG





Aufgabe 2: Anforderungen spezifizieren

Dokumentieren Sie die Erkenntnisse aus dem vorangegangenen Schritt und teilen Sie Anforderungen und Randbedingungen für die Nutzungsschnittstelle als funktional bzw. nicht-funktional (z. B. Zuverlässigkeit, Wartbarkeit, Änderbarkeit, Leistung und Effizienz) ein. Anforderungen können Sie etwa in Form von User Stories beschreiben. Grundsätzlich sind die User Stories aus der Perspektive der entsprechenden Anwendungsdomäne in einem einzigen Satz zu formulieren. Gute User Stories sollten dabei den Eigenschaften unabhängig, verhandelbar, wertvoll, abschätzbar, klein und prüfbar genügen [38]. Eine User Story verfügt dabei über drei allgemeingültige Platzhalter und folgt diesem Format: »Als [Rolle] möchte ich [Wunsch/Ziel], um [Nutzen].«

Nachdem verschiedene User Stories hinterlegt sind, lassen sich diese genehmigen, labeln und entsprechend ihrer Notwendigkeit priorisieren.

Leitfragen:

- Welche Funktionalität soll in der Nutzungsschnittstelle zur Verfügung stehen?
- Welche Anforderungen haben wir an die Zuverlässigkeit, Effizienz, Wartbarkeit und Übertragbarkeit?
- Wie können wir die Anforderungen messbar machen?
- Wie können wir Nutzeranforderungen in Datenanforderungen übersetzen?

»Die bekannten Kriterien zur Gebrauchstauglichkeit von Mensch-Maschine-Schnittstellen gelten weiterhin.«

Dr. Detlef Gerst, IG Metall



Aufgabe 3: Rückmeldung und Kontrolle schaffen

Ergänzend zur Gestaltung des Arbeitsprozesses (vgl. Kapitel 6.6.2) ist bei der Umsetzung von Mensch-KI-Schnittstellen ein weiterer, vorbereitender Prozessschritt empfehlenswert. Erarbeiten Sie Konzepte, um die KI bzw. ihre Verhaltensweisen zu erklären. Schaffen Sie Mechanismen, damit Nutzer*innen ihr Erfahrungswissen einbringen können und stets die Kontrolle über den Prozess behalten (siehe auch [39]).

Durch eine lernförderliche Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion lässt sich die Leistungsfähigkeit des KI-Systems verbessern. Befähigen Sie die Nutzer*innen, dass sie die Datenqualität und das Lernverhalten (d. h. Verknüpfungen) des KI-Systems validieren und korrigieren können. Das erhöht ihre Bereitschaft, ihr Wissen und ihre Erfahrungen in KI-Systeme einzubringen.

Die Häufigkeit der Mensch-KI-Interaktionen kann sich ändern, wenn das KI-System eingelernt ist. Die Weiterentwicklung und veränderte Aufgabenverteilung sollten Sie den Nutzer*innen kommunizieren. Wenn es gelingt, gute Eingabe- und Kontrollmechanismen zur Verfügung zu stellen, können sowohl die KI als auch die Nutzer*innen profitieren.

Leitfragen:

- Wie kann die Nutzungsschnittstelle den Nutzer*innen verständlich machen, was die KI kann und was nicht? Wie können wir ein mentales Modell schaffen, das zur Verständlichkeit beiträgt?
- Wie können KI-Verhaltensweisen in der Nutzungsschnittstelle erklärt werden? Wie lassen sich die möglichen Auswirkungen von KI vorhersehen? Wie können wir Transparenz schaffen, um das Handeln des KI-Systems zu erklären?
- Wie können wir den Nutzer*innen kommunizieren, dass sich ein KI-System weiterentwickelt?
- Wie können wir Bewertungs- und Kennzeichnungsfunktionen entwerfen, damit sich die KI-Leistung ständig verbessert? Wie können wir Nutzer*innen motivieren, einen Beitrag zur Optimierung des KI-Systems zu leisten?
- Wie können wir Kontrollprozeduren durch die Nutzer*innen und das KI-System ausbalancieren?

»Es muss uns gelingen, eine einfache, intuitive Bedienung zu realisieren. Dabei muss es für den Bediener nachvollziehbar sein, was die KI macht und es muss auch möglich sein, gerade am Anfang das System zu überstimmen. Wir erhalten gerade zum Start von KI-Anwendungen in der Lernphase viele »false positives«. Dabei muss der Mitarbeitende erkennen können, um welchen Fall es sich handelt und eingreifen können. Es muss also kontextualisiert werden.«

Jacob Decker, Festo SE & Co. KG

»Unsere KI lernt immer weiter und lernt gerade auch aus den Fehlschlägen, d. h. wenn das Bedienpersonal oder die Instandhaltung explizit einen Vorschlag ablehnt, fließt diese Information wieder für die Bildung eines Vorschlags beim nächsten Mal mit ein. Der Mensch profitiert durch passende Lösungsvorschläge und schult zugleich die KI durch die Qualitätsbewertung der gemachten Vorschläge. Somit wird das System mit der Zeit immer besser, für den Menschen effektiver und verständlicher.«

Felix Müller, plus10



Aufgabe 4: Nutzungsschnittstelle entwickeln

In diesem Prozessschritt gilt es, Lösungen der Nutzungsschnittstelle, also z. B. das Vorschlagsystem, zu entwerfen und iterativ weiterzuentwickeln. Beispielsweise können Papier-Prototypen, Wireframes, interaktive Prototypen, Design-Mockups und letztendlich die Umsetzung auf der Zielplattform entstehen. Besonderes Augenmerk liegt auf den im vorangegangenen Schritt erarbeiteten Ideen zur Mensch-KI-Interaktion.

Es ist schwierig, das KI-Systemverhalten in Form eines interaktiven Prototyps umzusetzen, wenn die KI-Modelle noch nicht trainiert sind und sich nicht alle möglichen Systemzustände vorher-sagen lassen. Empfehlenswert können in frühen Phasen deshalb Wizard-of-Oz-Prototypen sein, bei denen menschliche Helfer das intelligente Systemverhalten simulieren.

Durch Anpassungen des KI-Modells leidet das Gestaltungsprinzip der Erwartungskonformität. Deshalb sind Transparenz und Feedback z. B. bei Veränderungen und Erklärbarkeit eines KI-Systems besonders wichtig.

Leitfragen:

- Wie können wir unscharfe, offene Interaktionen entwerfen?
- Wie können wir Daten / KI nutzen, um positive Erlebnisse für die Mitarbeitenden zu gestalten?
- Wie können KI-Systeme möglichst gut bedienbar und zugleich auch möglichst sicher und robust sein?
- Wie können wir soziale Voreingenommenheit und Stereotypen (durch die Sprache und Verhalten des KI-Systems) abschwächen?

»Ein wichtiger Aspekt ist die Realisierung eines Dashboards zur transparenten Anzeige der Daten und Schlussfolgerungen der KI. Denn wir möchten mit der KI-Anwendung auch mehr über den Prozess lernen, um ihn verbessern zu können.«

Doreen Fischer, fischerwerke GmbH & Co. KG

»Nur so kann man auch sicherstellen, dass die Mitarbeitenden Lösungen erhalten, die produktiv eingesetzt werden. Es ist ja heute bereits so, dass nach vielen Software-Einführungen Mitarbeitende am Ende nur einen Bruchteil der Funktionen nutzen können, weil sie nicht ausreichend qualifiziert und vorbereitet wurden.«

Thomas Köpp, Südwestmetall

Instrumente

- **Nutzerzentrierter Gestaltungsprozess** (DIN EN ISO 9241-210) [40]: Iterativer Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme, der Nutzer*innen in allen Phasen einbezieht.
- **Usability / User-Experience-Methodenwerkzeugkasten** [41]: Die wichtigsten Methoden aus den Bereichen nutzerzentrierte Gestaltung mit praxisnahen Anleitungen zum Ausprobieren.
- **Storyboards und Storytelling**: Abläufe aus Benutzersicht aus vorhandenen Informationen zusammenstellen und visualisieren. Mit Auftraggebern, Nutzer*innen und Mitgliedern des Projektteams validieren und Änderungen einarbeiten.
- **Google People + AI Guidebook** [42]: Empfehlungen und Hilfsmittel für die Gestaltung von menschenzentrierten KI-Systemen, eingeteilt in sechs Bereiche (Nutzerbedürfnisse + Definition des Erfolgs, Mentale Modelle, Rückmeldung + Kontrolle, Datenerfassung + Auswertung, Erklärbarkeit + Vertrauen, Fehler + anmutiges Scheitern).
- **Microsoft Guidelines for Human-AI Interaction** [43]: Best Practices für das Design und Verhalten von KI-Systemen. Aufgeteilt in vier Phasen der möglichen Interaktion (initial, während der Interaktion, im Falle eines Fehlers, im Laufe der Zeit).
- **Bewertungs- und Reflexionsinstrument Humanizing-AI-Man-Machine-Interaction (HAI-MMI)** [44]: Bewertung der Mensch-KI-Interaktion, Ansatzpunkte für die Gestaltung und den Einsatz von interaktiven KI-Systemen in drei Dimensionen (Qualität der Interaktion, Kriterien für die MMI-Gestaltung bei KI, Folgenabschätzung).

6.7 Phase 6: Evaluation

Bevor Sie menschenzentrierte KI-Anwendungen einführen, sollten Sie diese für Wirkungskontrollen und Evaluationen erproben und testen. Evaluationen betreffen nicht nur die Funktionalität des erstellten KI-Modells, sondern vor allem auch die Umsetzung von Humankriterien sowie das betriebswirtschaftliche Nutzenpotenzial. Ferner offenbart eine Evaluation die Verbesserungspotenziale im Einführungsprozess. Auch wenn Sie – wie bereits beschrieben – iterativ innerhalb der Gestaltungsprozesse evaluieren, sollten Sie nach Abschluss der Gestaltungsphase die Lösung ganzheitlich bewerten.

Der Evaluation liegen spezifische Metriken (bzw. Bewertungsmaßstäbe) zugrunde, welche im Prozessschritt »Anwendungsfallkonzeption«, d. h. vor dem eigentlichen Bewertungsprozess, definiert wurden, und die zentralen betrieblichen Anforderungen adressieren. Es bedarf keiner weiteren Erläuterung, dass sich eine Evaluation von KI-Anwendungen sich nur unter betriebspraktischen Bedingungen durchführen lässt.



Ein umfassender Evaluationsprozess schafft eine Entscheidungsgrundlage für das Management, ob und wie die jeweilige KI-Anwendung iterativ weiterentwickelt (bzw. verfeinert), ausgerollt oder unter Umständen auch eingestellt wird. Um dem Management eine sachgerechte Entscheidung zu ermöglichen, sollte der Evaluationsprozess immer mehrere Optionen innerhalb eines Anwendungsszenarios umfassen. Aus Akzeptanzgründen ist ein partizipativer Bewertungsansatz zu bevorzugen, der die praktischen Erfahrungen der Systementwickler*innen, Produktionsverantwortlichen und (erfahrenen) Mitarbeitenden einbezieht. Für weitreichende Entscheidungen lässt sich der Evaluationsprozess zudem für Aushandlungsprozesse zwischen Management und Mitarbeitenden bzw. deren Interessensvertretung öffnen.

»Anwender sollten von Anfang an in den Prozess der Umsetzung einer KI-Anwendung einbezogen werden. Der Prozess sollte iterativ sein. Die Systemgestaltung sollte rational erfolgen und Prozessschritte gemeinsam operationalisiert und bewertet werden.«

Dr. Detlef Gerst, IG Metall

»Um die Einhaltung von ethischen Kriterien im Unternehmen sicherstellen zu können, benötigt es klare Verantwortlichkeiten und ein steuerndes Gremium, das auch in der Lage ist, zu evaluieren.«

Dr. Detlef Gerst, IG Metall

Nachfolgend werden zentrale Evaluationskriterien vorgestellt, die Sie situations- und bedarfsgerecht ergänzen können.



Aufgabe 1: Funktionalität, Genauigkeit und Unvoreingenommenheit des KI-Modells prüfen

Nachdem Sie Daten erhoben und Modelle entwickelt haben, gilt es in einem ersten Evaluations-schritt, das KI-Modell hinsichtlich Funktionalität, Genauigkeit und Unvoreingenommenheit zu überprüfen. Hierbei lassen sich Probleme erkennen und beseitigen, bevor das KI-System in einen produktiven Einsatz geht. Wesentliche Evaluationskriterien sind wie folgt:

- Die **Funktionalität** beschreibt die Fähigkeitseigenschaften der KI und deren Anwendungsumfang. Sie zeigt somit, in welchem Maße die KI den vorgesehenen Anwendungszweck erfüllt.
- Die **Genauigkeit** quantifiziert, wie stark das Entscheiden und Handeln eines KI-Modells dem eines Menschen ähnelt.
- Die **Unvoreingenommenheit** gibt an, inwieweit das KI-System transparent und verständlich umgesetzt wurde, um das Risiko tendenziöser bzw. diskriminierender Ergebnisse verfälschender Daten (d. h. Data Bias) zu reduzieren.

Die jeweilige Ausprägung der Evaluationskriterien wird maßgeblich von der Güte und dem Umfang des Trainingsdatensatzes beeinflusst. D. h. unzureichende Evaluationsergebnisse lassen sich unter Umständen durch zusätzliche Trainingsläufe kompensieren. Qualitativ hochwertige Trainingsdaten zu erheben, erfordert allerdings einen erheblichen Investitionsaufwand. Daher empfiehlt es sich, Funktionalität und Genauigkeit der KI-Anwendung immer auch in einer Nutzen-Aufwand-Betrachtung abzuwägen.

Die Genauigkeit des KI-Modells und sein Funktionsumfang lassen sich anhand von Testdaten evaluieren. Diese Testdatensätze werden bereits vor dem Betrieb einer KI-Anwendung von den Trainingsdaten abgetrennt. Nur so besteht die Möglichkeit, die Funktionalität der Anwendung anhand von ungesesehenen Fällen zu überprüfen. Achten Sie darauf, dass ihr Testumfang den Arbeitsalltag von Nutzer*innen widerspiegelt. Durch die Teststrategie lässt sich feststellen, ob der Mensch bei neu eingehenden Daten vergleichbare Entscheidungen treffen würde wie die KI. Eine kontinuierliche Evaluation der KI ermöglicht es, die Qualität der KI im Zeitverlauf zu betrachten.

Leitfragen:

- Woher kommen die Daten? Wie ist die Qualität der Daten?
- Wie werden die Auswirkungen von unangemessenen Entscheidungen des KI-Systems – etwa im Rahmen von Experimentier- und Testphasen – abgewogen?
- Wie werden die Ergebnisse der Experimentier- und Testphasen entscheidungsbezogen dokumentiert?

»Stolpersteine bei der Einführung von KI-Anwendungen sind die Datenverfügbarkeit, Datenqualität und die organisatorische Anbindung.«

Vincent Dekker, Daimler MBC

»Die Akzeptanz von KI-Anwendungen wird auf Seiten der Unternehmen, aber auch auf Seiten der Nutzenden maßgeblich von der Sicherheit der verwendeten Daten abhängen. Hier müssen Unternehmen besonders aktiv werden, um bei den schnell veraltenden Technologien immer aktuelle Sicherheitskonzepte zu besitzen.«

Thomas Köpp, Südwestmetall

Aufgabe 2: Gebrauchstauglichkeit, Nutzerakzeptanz und ethische Verträglichkeit beurteilen

Die hier adressierten Evaluationskriterien beziehen sich auf den menschenzentrierten Gestaltungsansatz. Wesentliche Dimensionen sind wie folgt:



- Die **Gebrauchstauglichkeit** (auch: Usability, Benutzerfreundlichkeit) bezeichnet das Ausmaß, in dem die KI-Anwendung durch den Menschen genutzt werden kann, um die o. g. definierten Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen. Die Gebrauchstauglichkeit lässt sich durch Usability Tests evaluieren.
- Die **Nutzerakzeptanz** bezeichnet die Einstellung der Nutzer*innen zum KI-System, die das Nutzungsverhalten prägt. Sie ist besonders relevant, wenn das KI-System das Verhalten der Nutzer*innen einschränken oder übersteuern kann. Nutzerakzeptanz umfasst die Kriterien Nützlichkeit und Zufriedenstellung.
- Das Kriterium der **ethischen Verträglichkeit** subsummiert jene ethischen Aspekte, die das menschliche Vertrauen in den KI-Einsatz stärken, indem sie dem Menschen eine angemessene Entscheidungsfähigkeit und Kontrolle zuweisen, um intransparente oder diskriminierende bzw. nicht rückverfolgbare Entscheidungsfindungen zu vermeiden.

Die Bewertung der ethischen Verträglichkeit erfolgt u. a. anhand folgender Kriterien:

- **Entscheidungskompetenz:** Entscheidungen mit ethischer Relevanz werden vom Menschen und nicht maschinellen Systemen getroffen, wodurch Handlungsträgerschaft und Verantwortlichkeit (auch im rechtlichen Sinne) eindeutig geklärt sind.
- **Transparenz:** Die Funktionsweise ist klar, konsistent und nachvollziehbar; intransparente Entscheidungsfindungen mittels Maschinenlernen werden vermieden.
- **Erklärbarkeit:** Fähigkeit, die Funktionsweise in verständlicher Sprache zu erklären.
- **Überprüfbarkeit:** ermöglicht Dritten, den Dateninput zu bewerten und sicherzustellen, dass Ergebnisse vertrauenswürdig sind.
- **Personenbeziehbare Daten:** Der Umfang und die Art der Verwendung personenbezogener Daten sind geklärt; alle Beteiligten haben eingewilligt; erhobene Daten werden nicht für weitere Zwecke verwendet als ursprünglich vereinbart.

Diese Kriterien werden durch die in Kapitel 6.5 definierten ELSI-Kriterien ergänzt, die ebenfalls hinsichtlich ihrer Umsetzung zu evaluieren sind.

Die KI-Anwendung hat darüber hinaus den allgemeinen Anforderungen des betrieblichen Arbeitsschutzes bzw. der Betriebs- und Produktsicherheit zu genügen. Ermitteln Sie die Erfüllung entsprechender Anforderungen bei einer Risiko- oder Gefährdungsbeurteilung unter Einbeziehung der Fachkraft für Arbeitssicherheit.

Leitfragen:

- Inwiefern sind in der Funktionsweise des KI-Systems die Humankriterien berücksichtigt?
- Wie sind die Mitsprache- und Mitgestaltungsmöglichkeiten der Mitarbeitenden und deren Interessensvertretungen für Experimentier- und Testphasen geregelt?
- Haben wir die gesetzlichen Anforderungen hinsichtlich Produkt- und Betriebssicherheit des KI-Systems erfüllt? Liegt eine Gefährdungsbeurteilung vor, die die menschlichen Arbeitsbedingungen berücksichtigt?

»Wenn Entscheidungen durch autonome Systeme getroffen werden, muss zuvor geklärt werden, was gewünscht und akzeptiert wird durch die Menschen. Gesellschaftliche Normen und Grundsätze dürfen nicht verletzt werden.«

Thomas Köpp, Südwestmetall

»Wir benötigen die Übersetzer an der Schnittstelle zwischen Produktionsprozess und KI.«

Muamer Hot, Audi AG

Aufgabe 3: Betriebswirtschaftliche Erfolgspotenziale bewerten

In einem abschließenden Evaluationsschritt bewerten Sie, inwiefern die KI-Anwendung – unter Berücksichtigung der vorgenannten Evaluationskriterien – zur Erfüllung der betriebswirtschaftlichen, strategischen Unternehmensziele beitragen kann. Ziehen Sie in diese betriebswirtschaftliche Bewertung die im Prozessschritt »Anwendungsfallkonzeption« (Kapitel 6.5) definierten Ziel- und Bewertungskriterien heran.

Lassen sich mit der KI-Anwendung die betriebswirtschaftlichen Ziele absehbar nicht zufriedenstellend erreichen, sollten Sie die Ursachen ermitteln. Diese vertiefende Ursachenanalyse kann beitragen, den Einführungsprozess zu verbessern und ihn erneut zu durchlaufen. Dabei ist zu beachten, dass viele KI-Anwendungen nicht direkt und kurzfristig einen attraktiven Return on Investment (ROI) erzeugen. Dies hängt damit zusammen, dass bei vielen KI-Projekten nur geringe Erfahrungen vorliegen, wodurch Doppelarbeit und Verzögerungen nicht zu vermeiden sind. Darüber hinaus müssen häufig erst Voraussetzungen geschaffen und Digitalisierungslücken gefüllt werden. Daher ist es wichtig, dass man auch den strategischen Wert erkennt, sich mit KI zu beschäftigen. Daneben kann es auch durchaus vorkommen, dass KI-Projekte ihre wirtschaftlichen Ziele verfehlen und dennoch einen großen Wert erzeugen, da man viel Wissen über Daten und Prozessverhalten auf dem Weg zur Anwendung gesammelt hat. Dieses Wissen kann in den nächsten Projekten evtl. bereits den Unterschied im Wissensstand ausmachen, um eine wirtschaftliche Anwendung zu realisieren.



Leitfragen:

- Haben wir die betriebswirtschaftlichen Ziele der KI-Anwendung angemessen operationalisiert?
- Wie ist der Zielerfüllungsgrad in Bezug auf die betriebswirtschaftlichen Metriken, auch in Bezug auf eine solide Zukunftsprognose?
- Welche Schlussfolgerungen können wir aus der Zielerfüllung bzw. der Nicht-Erfüllung ziehen?

»Wenn Entscheider zu sehr auf den ROI in kürzester Zeit fokussieren, erschwert das den Einstieg in eine neue Technologie sehr stark. Wir brauchen die strategische Sicht auf die Technologie. Gleichzeitig müssen Unternehmen aber Freiräume schaffen, um zu experimentieren und auszuprobieren. Dann kommen wir zu wirklichen Auseinandersetzungen mit dem Thema und verordnen es nicht.«

Thomas Köpp, Südwestmetall

»Wir müssen Unternehmen aber auch befähigen, radikale Innovationen anzugehen. Wir müssen zum Teil die vielzitierte ›German Angst‹ überwinden und gewisse Risiken eingehen. Das heißt auch, dass wir das Scheitern positiver sehen müssen.«

Tobias Dürr, Cyber Valley Initiative



Aufgabe 4: KI-Projekt dokumentieren und präsentieren

Dokumentieren Sie den Evaluationsprozess und seine Ergebnisse schriftlich. Fassen Sie die Evaluationsergebnisse hinsichtlich jener Zielkriterien zusammen, die im Prozessschritt »Anwendungsfallkonzeption« festgelegt sind. Benennen Sie neben der Zielerfüllung auch Defizite, die eine erhöhte Aufmerksamkeit des Managements bzw. der Produktionsleitung erfordern.

Darüber hinaus ist es sinnvoll, die Ergebnisse der einzelnen Phasen, Entscheidungen, technischen und organisatorischen Ergebnisse zusammenzufassen. Nur wenn Sie das erarbeitete Wissen auch nachhaltig für andere nutzbar machen, lässt sich daraus lernen. Außerdem stellt eine Dokumentation sicher, dass Personen, die evtl. nur partiell in Phasen mitgearbeitet haben, das Ergebnis nachvollziehen können. Mit der Gesamtdokumentation kann das Projektteam auch eine Retrospektive durchführen, um die Vorgehensweise und Zusammenarbeit zu bewerten und Verbesserungspotenziale zu erschließen. Jedes Unternehmen muss seinen eigenen Implementierungsweg finden. Des Weiteren sollten Sie beachten, dass die Präsentation von KI-Projekten und die verwendete Detailtiefe abhängig vom Adressaten gewählt wird.

Dank der Dokumentation mit dazugehörigen Standards lässt sich der Rollout und Betrieb der KI möglichst einfach gestalten und auf weitere Bereiche übertragen.

Zusätzlich zur Dokumentation sollten Sie rollenbasiert Schulungen anbieten und Schulungsunterlagen für spätere neue Mitarbeitende erstellen.

Die Evaluierungsphase schließt mit Empfehlungen für den nächsten Schritt ab. Empfehlungen können sein, die KI-Anwendung nun einzusetzen, oder einige Schritte im Sinne eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses zu wiederholen, um die angestrebten Ergebnisse zu erreichen. Eine weitere Empfehlung ist es, optionale Maßnahmen, zusammen mit den wichtigsten Pro- und Contra-Argumenten, und die diesbezügliche Entscheidungslage nachvollziehbar zu dokumentieren.

Leitfragen:

- Welche Änderungen im Fertigungsprozess gab es durch die Einführung der KI-Lösung?
- Welche Herausforderungen und welchen Nutzen konnten wir durch die KI-Lösung erzielen?
- Haben wir die Zielkriterien erfüllt?
- Ist es durch die Dokumentation möglich, die gewonnenen Erkenntnisse für folgende KI-Projekte zu nutzen?
- Wie können wir die Zusammenarbeit bei zukünftigen KI-Projekten verbessern?

»Jede Art der Beeinflussung des Fertigungsprozesses und jede Art von Eingriffen muss dokumentiert werden. Um dies zu erreichen, erstellen unsere KI-Tools im Betrieb automatisiert eine Live-Dokumentation, bei welcher qualitativ und quantitativ festgehalten wird, wie Entscheidungen zustande gekommen sind.«

Felix Müller, plus10

Instrumente

- **Geschäfts- und Produktionsstrategie:** Mittel- oder langfristige Ziele bzw. Meilensteine und Maßnahmenbündel zur Umsetzung einer Geschäfts- oder Produktionsstrategie, um den betriebswirtschaftlichen Unternehmenserfolg zu sichern.
- **Menschzentrierte Bewertungskriterien:** Erfüllung der in Kapitel 6.5 beschriebenen bzw. definierten Anforderungs- und Zielkriterien, einschließlich der Erfüllung der ELSI-Kriterien.
- **Risiko- und Gefährdungsbeurteilung:** Instrumente und Kriterien der Unfallversicherungsträger bzw. der Gewerbeaufsicht zur Durchführung einer Risiko- und Gefährdungsbeurteilung (unter Einbeziehung der Fachkraft für Arbeitssicherheit und anderer Experten).





6.8 Phase 7: Einführung, Skalierung und Betrieb

Mit den wirtschaftlichen und technischen Evaluationsergebnissen und der Risikobewertung aus der vorherigen Phase haben Sie eine gute Grundlage, um über den Einsatz und die Skalierung des KI-Prototypen in der realen Produktionsumgebung zu entscheiden. Sie können den KI-Prototypen in Betrieb nehmen, sobald die Verantwortlichen davon überzeugt sind, dass bereits eine effektive und robuste Lösung besteht. Andernfalls sollten Sie zunächst eine Problem-analyse und -beurteilung durchführen, um mögliche Ursachen zu identifizieren, Optimierungsmaßnahmen einzuleiten und ggf. ursprüngliche Ziele zu überdenken. Dies können Sie z. B. durch iterative Rückschleifen zu den vergangenen Prozessschritten in der Evaluationsphase und ggf. auch zur erneuten Anwendungskonzeption oder -umsetzung erreichen.

Wenn Sie sich für die Inbetriebnahme entscheiden, stehen je nach Iteration und Skalierung folgende Aufgaben an:



Aufgabe 1: In bestehende Produktionsumgebung integrieren und ggf. skalieren

In großen Projekten findet häufig eine gestaffelte Inbetriebnahme und Skalierung statt. Dies betrifft zum einen die Reife des Systems (d. h. Prototyp, Pilot und produktiver Betrieb) und zum anderen die organisatorische Skalierung. Dabei definieren Sie, ob Sie die KI-Anwendung für einzelne Maschinen, eine ganze Produktionslinie, einen kompletten Produktionsbereich oder standortübergreifend einführen. Zudem können Sie die Lösung auch technisch skalieren und vor Ort oder in der Nähe des Anwendungsfalles, auf Edge-Geräten bzw. Edge-Servern oder in der Cloud betreiben. Ihr Ziel sollte sein, die Produkt- und Prozessqualität schrittweise weiterzuentwickeln und konsequent bzw. nachhaltig zu verbessern.

Bei den technischen Implementierungsarbeiten fallen oftmals händische Arbeitsschritte an. Es gilt, den KI-Prototypen zu automatisieren, die Datenanbindung und IT-Sicherheitsfragen zu prüfen und für ein nachhaltiges, verlässliches Deployment (eigene Hardware, Edge- oder Cloud-Lösung) und dauerhafte Einsatzbereitschaft zu sorgen.

Einige Schritte können Sie mithilfe von Werkzeugen und Technologieplattformen vereinfachen. Empfehlenswert ist »Machine Learning Operation« (MLOps), das eine Erweiterung und Anpassung des für die Softwareentwicklung bewährten Prozesses »Development Operations« (DevOps) ist. Hier werden drei Stufen unterschieden [45], wobei Sie je nach Umfang und Skalierungsgrad der KI-Anwendung ggf. höhere Stufen anstreben sollten.

- Stufe 0: Der Prozess zum Erstellen und Bereitstellen von ML-Modellen erfolgt vollständig manuell.
- Stufe 1: Continuous Training Pipeline – Automatisierung ermöglicht ein kontinuierliches Training der Modelle.
- Stufe 2: CI/CD Pipeline Automatisierung – Komponenten der ML-Pipeline lassen sich automatisiert erstellen, testen und bereitstellen.

Für die finale Inbetriebnahme und Übergabe sind interdisziplinäre Kompetenzen gefragt, weshalb ein Großteil des Teams vor Ort präsent sein sollte.

Leitfragen:

- Können wir für den Einsatz im laufenden Betrieb der KI-Anwendung händische Arbeitsschritte automatisieren? Welche sind das?
- Sind für die Integration zusätzliche Hardware oder Umbaumaßnahmen notwendig?
- Können wir zur Inbetriebnahme geplante Stillstandzeiten (z. B. Betriebsferien oder geplante Wartungsarbeiten) nutzen?
- Welches Skalierungslevel der KI-Anwendung streben wir an (Systemreife, organisatorisch und technisch)?
- Lohnt es sich, einige Schritte im Bereitstellungsprozess durch MLOps-Werkzeuge zu automatisieren?

»Die erforderliche umgebende IT-Infrastruktur für KI-Anwendungen ist komplex und die Integration und fortschreitende Pflege erfordert hohen Aufwand, den man als Inhouse-Lösung oder extern durch Cloud-Anbieter bzw. Infrastructure-as-a-service-Anbieter begegnen kann.«

Felix Müller, plus10

»Die Robustheit der KI-Anwendung ist ein großer Unsicherheitsfaktor, also ob die Qualität des Algorithmus langfristig sichergestellt werden kann und die Lösung flexibel ist, z. B. wenn neue Baugruppen oder Bauteile eingeführt werden.«

Fabian Schmidt, SICK AG

»KI-Projekte dauern einfach länger als »herkömmliche« Digitalisierungsprojekte. Dies liegt an dem Aufwand, die Daten zusammenzutragen und an der Vielfalt an Aufgaben, die in einem solchen Projekt zusammenkommen: die richtigen Ressourcen und Experten ins Projekt holen, Cloud Infrastruktur bereitstellen, Netzwerktechnik berücksichtigen usw. Es ist einfach ein Level schwieriger – und vor allem haben wir gerade im Produktionsumfeld einfach noch wenig Erfahrung. Wir achten darauf, dass wir zukünftig bei der Beschaffung von neuen Anlagen bereits in frühen Phasen sicherstellen, dass wir das Thema KI berücksichtigen. Das bedeutet, dass wir Anlagen so ausstatten, damit wir die richtigen Daten in der richtigen Frequenz aus der Maschine bekommen.«

Jacob Decker, Festo SE & Co. KG

»Die Auslastung der jeweiligen Maschinensteuerungen durch KI-Anwendungen ist immens und Steuerungen sind hierfür nicht ausgelegt. Uns gelingt es aber meist durch die Kommunikation auf niedriger Protokollebene mit der jeweiligen Maschinensteuerung die Auslastung gering zu halten.«

Felix Müller, plus10



Aufgabe 2: Betrieb kontinuierlich überwachen und KI-Modell ggf. nachjustieren

Wenn die KI-Anwendung eingeführt ist, können die Verantwortlichen in der Produktionsumgebung sie selbstständig über die Nutzungsschnittstelle bedienen. Dabei erfolgen Überwachung, Wartung und Betreuung. Dies ist bei KI-Anwendungen besonders wichtig, da sich die Güte und Vorhersagegenauigkeit verschlechtern können, z. B. bei Verschleiß oder sich ändernden Bedingungen der Anlage oder des Prozesses. Deshalb sollten Sie zyklischen Testmessungen etablieren und das KI-Modell ggf. nachjustieren bzw. nachtrainieren [22].

Hier muss nur noch ein kleiner Teil des ursprünglichen Teams beteiligt sein, z. B. der Anlagenbetreiber und ein*e KI-Expert*in, welche*r zyklische Testmessungen durchführt und bei Fehlern unterstützt.

Bei der Betreuung sollten Sie außerdem die Meinung der Nutzer*innen aktiv einbeziehen, um unangemessene Erwartungen an die KI-Funktionalität zu minimieren. Idealerweise beziehen Sie bei der Nachbetreuung unterschiedliche Nutzergruppen mit ihren variierenden Sichtweisen und Bedürfnissen ein. Wichtig sind Trainingsmethoden, die den jeweiligen Erwartungshaltungen gerecht werden und auch langfristig einen wirksamen Einsatz der KI-Anwendung ermöglichen.

Dokumentieren Sie alle Änderungen im Prozess und der Anlage, um auch zu einem späteren Zeitpunkt die Auswirkungen auf die KI-Anwendung nachvollziehen zu können. Idealerweise legen Sie die Dokumentation in einer standardisierten Form ab und achten darauf, dass sie unternehmensweit leicht auffindbar ist.

Leitfragen:

- Haben sich Änderungen im Prozess, bei den zu produzierenden Teilen oder bei der Anlage ergeben, die die Vorhersagegenauigkeit des KI-Modells beeinflussen könnten?
- Wer ist für die Überwachung der Güte und Vorhersagegenauigkeit des KI-Modells verantwortlich, und wie häufig wird eine Überprüfung durchgeführt?
- Ist nach einer bestimmten Nutzungsdauer eine ausführliche Evaluation vorgesehen? Wie lange soll die Nutzungsdauer sein? Erheben wir Kennzahlen für eine detaillierte Bewertung?

»Im Unterschied zu anderen Projekten ist der Gestaltungsprozess bei KI-Anwendungen nach Einführung nicht beendet, sondern muss kontinuierlich erfolgen.«

Sebastian Terstegen, ifaa

»Durch eine Vielzahl an Plausibilitätschecks auf Basis der Rohdaten und Ergebnissen stellen wir sicher, dass wir uns auch bei Parameteränderungen immer in den validierten Prozessgrenzen aufhalten. Letztendlich sind wir für die Schäden, die durch getroffene Entscheidungen der KI entstehen, verantwortlich.«

Felix Müller, plus10

»Wir halten es für unabdingbar, dass der jeweilige Domänenexperte aus dem Prozess gemeinsam mit KI-Experten die Anwendung entwickelt. Am Ende sollen ja auch die jeweiligen Prozessbeteiligten in der Lage sein, den Anwendungsfall selbstständig zu pflegen, ggfs. Anpassungen vorzunehmen. Dafür ist es wichtig, auch dezentral Kompetenzen hierzu aufzubauen.«

Vincent Dekker, Daimler MBC

»Wir benötigen KI-Know How dezentral in den Fachbereichen. Auch wenn wir nicht selbst KI-Systeme entwickeln, müssen wir diese nach Roll-Out kontinuierlich pflegen und einschätzen können, ob die Aufgaben so erfüllt werden, wie geplant. Auf der letzten Meile müssen also die Fachbereiche selbst KI können.«

Muamer Hot, Audi AG

Instrumente

- **Kubernetes** [46]: Open-Source-System zur Automatisierung der Bereitstellung, Skalierung und Verwaltung von Container-Anwendungen; auch für das Deployment von KI-Anwendungen und Überführen aus der Entwicklung hin zum operativen Betrieb geeignet.
- **Awesome MLOps** [47]: kuratierte Liste von MLOps-Tools für Model Serving, Optimization Tools, Workflow Tools, CI/CD für Machine Learning, Cron Job Monitoring, Machine Learning Plattform.



7 FAZIT UND AUSBLICK

Künstliche Intelligenz ist keine Zukunftsvision mehr. Sie ist auf dem Hallenboden der Produktion bereits Realität. In den kommenden Jahren wird die KI die produzierenden Unternehmen und die Volkswirtschaften wesentlich verändern. Derzeit befinden sich noch viele Unternehmen in einer Orientierungsphase. Anspruchsvolle und aufwändige KI-Projekte stellen gerade kleine und mittelständische Unternehmen vor viele Fragen. Damit diese nicht den Anschluss verlieren, gibt dieser Leitfaden eine pragmatische Orientierung bei der Einführung von KI-Anwendungen. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Gestaltung und Einführung von menschenzentrierten KI-Anwendungen.

Technologische Innovationen werden dann unternehmerische Erfolgchancen entfalten, wenn sie mit einem organisationalen, kulturellen und sozialen Wandel einhergehen. Die digitale Transformation verändert nicht nur die Kooperationsbeziehungen der Unternehmen mit Kunden und Lieferanten, sondern auch das Zusammenspiel der betrieblichen Akteur*innen und der Sozialpartner. KI-Anwendungen verändern die Arbeits- und Funktionsteilung zwischen Mensch und Maschine. Allerdings ist in vielen Fällen nicht hinreichend geklärt, ob und inwiefern die Unterstützung durch KI zur Entlastung oder zu steigendem Arbeitsdruck führt. Ebenso ist oftmals unklar, ob und inwiefern sich menschliche Qualifikationen durch einen Einsatz von KI-Anwendungen entwerten, die Arbeitsaufgaben schneller, präziser und billiger bewältigen als Menschen. Dies gilt es im Einführungsprozess von KI-Systemen angemessen zu berücksichtigen, wie Produktionsleiter*innen, Systembetreuer*innen, Personalexpert*innen und Betriebsräte in zahlreichen Gesprächen bekundet haben.

Informieren Sie sich über das KI-Fortschrittszentrum »Lernende Systeme« und nehmen Sie Kontakt mit uns auf!

Gerne stehen wir, die Studienautoren, Ihnen mit unseren umfangreichen, interdisziplinären Erfahrungen in den Feldern des Produktionsmanagements, der menschenzentrierten Arbeitsgestaltung und der Konzeption und Implementierung innovativer Technologien zur Verfügung. Ein Erfahrungsaustausch u. a. im Rahmen von Workshops und Forschungsanwendungsprojekten bietet die Möglichkeit, betriebsspezifische Gestaltungsanforderungen zu konkretisieren, ausgearbeitete Gestaltungskonzepte anhand von Pilotierungen zu erproben oder (un-) beabsichtigte Wirkungen auf die menschlichen Arbeitsbedingungen bzw. die Produktionsprozesse zu analysieren. Unsere Kontaktdaten finden Sie auf der letzten Seite dieser Studie.

Darüber hinaus verweisen wir auf die weiteren Studien, die das »Fortschrittszentrum Lernende Systeme« veröffentlicht hat. Wegweisende Informationen zu KI-technischen Anwendungsbedingungen und -grenzen finden Sie in der Studie »Zuverlässige KI«. Sie beschreibt aktuelle Methoden und Algorithmen des Designs und der Verifikation zuverlässiger KI-Modelle, um die Lücke zwischen Forschung und Industrie zu schließen. Die Studie »Informationsdarstellung und xAI« erörtert Stärken und Schwächen verschiedener xAI-Lösungsansätze, d. h. von selbsterklärender KI, im betrieblichen Anwendungskontext. Weiterführende Informationen zur Schriftenreihe finden Sie auf der Webseite des KI-Fortschrittszentrum »Lernende Systeme« unter www.ki-fortschrittszentrum.de/de/themen/studien.html

Nutzen Sie das interdisziplinäre Expertenwissen der Forschungspartner, die im KI-Fortschrittszentrum »Lernende Systeme« zusammenarbeiten, um Ihr Unternehmen auf die Herausforderungen der digitalen Transformation in der Arbeitsgesellschaft vorzubereiten.

LITERATUR

- [1] J. Lunze, Künstliche Intelligenz für Ingenieure, 2. Auflage. München: Oldenbourg, 2010.
- [2] J. Searle, Minds, Brains, and Programs. Behavioral and Brain Sciences, Behavioral and Brain Sciences 3 (1980) Nr. 3, S. 417–457.
- [3] P. Buxmann, Künstliche Intelligenz - Mit Algorithmen zum wirtschaftlichen Erfolg. Wiesbaden: Springer Gabler, 2019.
- [4] A. F. Vermeulen, Industrial Machine Learning: Using Artificial Intelligence as a Transformational Disruptor. New York: Apress, 2020.
- [5] J. Krüger, J. Fleischer, J. Franke, P. Groche, WGP-Standpunkt: KI in der Produktion. 2019. https://wgp.de/wp-content/uploads/20191107-WGP-Standpunkt_KI.pdf.
- [6] V. Kotu, B. Deshpande, Data Science: Concepts and Practice, 2. Auflage. Cambridge, MA: Morgan Kaufmann, 2018.
- [7] Bitkom, Hrsg., Blick in die Blackbox – Nachvollziehbarkeit von KI-Algorithmen in der Praxis. Berlin: 2019.
- [8] Plattform Lernende Systeme, Hrsg., Neue Geschäftsmodelle mit Künstlicher Intelligenz - Zielbilder, Fallbeispiele und Gestaltungsoptionen. München: 2019.
- [9] Europäische Kommission, Weißbuch zur Künstlichen Intelligenz – ein europäisches Konzept für Exzellenz und Vertrauen. Brüssel: 2020.
- [10] B. Hatiboglu, S. Schuler, A. Bildstein, M. Hämmerle, Einsatzfelder von künstlicher Intelligenz im Produktionsumfeld. Stuttgart: Allianz Industrie 4.0, 2019.
- [11] P. Wennker, Künstliche Intelligenz in der Praxis Anwendung in Unternehmen und Branchen: KI wettbewerbs- und zukunftsorientiert einsetzen. Wiesbaden: Springer Gabler, 2020.

- [12] Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation, Hrsg., Methodenlehre der Betriebsorganisation. Grundlagen der Arbeitsgestaltung, München: Hanser, 1991.
- [13] E. Ulich, Arbeitspsychologie. 7. Auflage. Zürich: vdf Hochschulverlag, 2011.
- [14] C. Schlick, R. Bruder, H. Luczak, B. Abendroth, L. Bier, H. Biermann, Arbeitswissenschaft, 4. Auflage. Berlin: Springer, 2018.
- [15] M. Braun, Arbeit 4.0: Der gesunde Mensch in der digitalisierten Arbeitswelt, Handbuch der Arbeitsmedizin, Band 4. Landsberg: ecomed, 2017, 24 S.
- [16] L. Floridi, J. Cowls, A Unified Framework of Five Principles for AI in Society, Harvard Data Science Review, 2019, <https://doi.org/10.1162/99608f92.8cd550d1>
- [17] N. Huchler, Kriterien für die Mensch-Maschine-Interaktion bei KI – Ansätze für die menschengerechte Gestaltung in der Arbeitswelt. München: Plattform Lernende Systeme, 2020.
- [18] G. Baxter, I. Sommerville, Socio-technical systems: From design methods to systems engineering, Interacting with Computers 23 (2011) Nr. 1, S. 4–17.
- [19] M. Braun, Cyber-physische Produktionssysteme als Herausforderung für eine menschengerechte Arbeitsgestaltung, Kerbe 35 (2018) Nr. 1, S. 26–33.
- [20] N. Huchler, Grenzen der Digitalisierung von Arbeit – Die Nicht-Digitalisierbarkeit und Notwendigkeit impliziten Erfahrungswissens und informellen Handelns, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 71 (2017) Nr. 4, S. 215–223.
- [21] M. Schalk, M. Röhler, S. Haghi, Leitfaden Künstliche Intelligenz – Potenziale und Umsetzungen im Mittelstand. München: VDMA, 2020.
- [22] J. Beyerer, u. a., ML4P – Vorgehensmodell Machine Learning for Production. Karlsruhe: Fraunhofer IOSB, 2021. <https://www.iosb.fraunhofer.de/en/projects-and-products/ml4p-maschinelles-lernen-fuer-produktionsprozesse.html>.
- [23] S. Stowasser, O. Suchy, u. a., Einführung von KI-Systemen in Unternehmen – Gestaltungsansätze für das Change-Management. München: Plattform Lernende Systeme, 2020.

- [24] A. E. Krüger, M. Peissner, N. Fronemann, K. Pollmann, Building Ideas: Guided Design for Experience, Proceedings of the 9th Nordic Conference on Human-Computer Interaction, Gothenburg, 2016. [https://doi: 10.1145/2971485.2996750](https://doi.org/10.1145/2971485.2996750).
- [25] B. Pokorni, J. Wimmer, KI-Treibhaus: Die Mitmach-Ausstellung und interaktive Lerninsel zu künstlicher Intelligenz in Ihrem Unternehmen. Stuttgart: Fraunhofer IAO, 2020. https://www.engineering-produktion.iao.fraunhofer.de/content/dam/iao/tim/Dokumente/KI-Innovationsnetzwerk/Neu_KI_Treibhaus.pdf.
- [26] R. Weber, P. Seeberg, Übersicht KI-Lernangebote, Podcast KI in der Industrie. Podtail, 2020. https://api.kipodcast.de/uploads/_/originals/64ccffb9-4b20-4008-a8d3-dce967474f03.pdf.
- [27] P. Hofmann, J. Jöhnk, D. Protschky, P. Stähle, N. Urbach, C. Buck, KI-Anwendungsfälle zielgerichtet identifizieren, Wirtschaftsinformatik & Management 12 (2020) Nr. 3, S. 184–193.
- [28] acatech – Deutsche Akademie für Technikwissenschaften, Hrsg., KI-Landkarte. München: 2021. <https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-landkarte.html>.
- [29] I. Jacobson, I. Spence, K. Bittner, Use Case 2.0: The Definite Guide. London: Ivar Jacobson International, 2011.
- [30] Bundesregierung, Hrsg., Gutachten der Datenethikkommission. Berlin, 2019.
- [31] Hochrangige Expertengruppe für künstliche Intelligenz, Hrsg., Ethikleitlinien für eine vertrauenswürdige KI. Brüssel: EU-Kommission, 2019.
- [32] T. Krafft, M. Hauer, C. Hustedt, L. Fetic, C. Hubig, u. a., From Principles to Practice - an interdisciplinary Framework to operationalise AI Ethics. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung, 2020.
- [33] F. Martínez-Plumed, u. a., CRISP-DM Twenty Years Later: From Data Mining Processes to Data Science Trajectories, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2019. [https://doi: 10.1109/TKDE.2019.2962680](https://doi.org/10.1109/TKDE.2019.2962680).

- [34] Bitkom, Hrsg., Digitalisierung gestalten mit dem Periodensystem der Künstlichen Intelligenz – ein Navigationssystem für Entscheider. Berlin: Bitkom, 2018. <https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Digitalisierung-gestalten-mit-dem-Periodensystem-der-Kuenstlichen-Intelligenz>.
- [35] Bitkom, Hrsg., Das Periodensystem der Künstlichen Intelligenz. Berlin: Bitkom, 2018. <https://www.periodensystem-ki.de/Mit-Legosteinen-die-Kuenstliche-Intelligenz-bauen>.
- [36] VDMA, Hrsg., Quick Guide – Machine Learning im Maschinen- und Anlagenbau. Frankfurt: VDMA Software und Digitalisierung, 2018. https://ki.vdma.org/documents/15012668/26742261/Quick_Guide_Machine_Learning.pdf/f82a3951-ee87-d9f2-7702-1d20644c2349?t=627523.7
- [37] A. Cremers, u. a., Vertrauenswürdiger Einsatz von Künstlicher Intelligenz. Handlungsfelder aus philosophischer, ethischer, rechtlicher und technologischer Sicht als Grundlage für eine Zertifizierung von Künstlicher Intelligenz. St. Augustin: Fraunhofer IAIS. https://www.iais.fraunhofer.de/content/dam/iais/KINRW/Whitepaper_KI-Zertifizierung.pdf.
- [38] M. Cohn, User Stories Applied: for agile Software Development. Boston: Addison-Wesley, 2004.
- [39] Q. Yang, A. Steinfeld, C. Rosé, J. Zimmerman, Re-Examining Whether, Why, and How Human-AI Interaction Is Uniquely Difficult to Design, Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, New York, 2020. [https://doi:10.1145/3313831.3376301](https://doi.org/10.1145/3313831.3376301).
- [40] ISO 9241-210:2020-03, Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 210: Mensch-zentrierte Gestaltung interaktiver Systeme. Berlin: Beuth, 2020.
- [41] Mittelstand 4.0 - Kompetenzzentrum Usability, Hrsg., UUX Werkzeugkasten. Stuttgart: 2021. <https://www.kompetenzzentrum-usability.digital/angebote/materialien/werkzeugkasten>.
- [42] Google People + AI Research, Hrsg., People + AI Guidebook. Mountain View: 2021. <https://pair.withgoogle.com/guidebook>.
- [43] Microsoft, Hrsg., Guidelines for Human-AI Interaction. Seattle: 2021. <https://aidemos.microsoft.com/guidelines-for-human-ai-interaction/demo>.

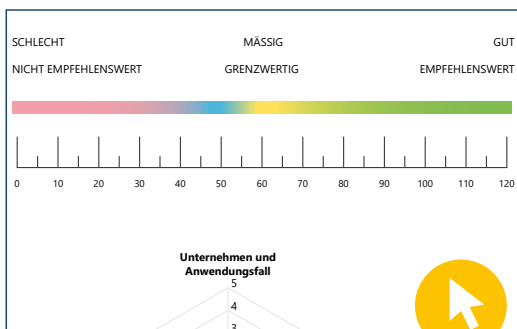
- [44] N. Huchler, Die Mensch-Maschine-Interaktion bei Künstlicher Intelligenz im Sinne der Beschäftigten gestalten – Das HAI-MMI-Konzept und die Idee der Komplementarität, Digitale Welt Wissen, 2020. <https://digitaleweltmagazin.de/2020/07/31/die-mensch-maschine-interaktion-bei-kuenstlicher-intelligenz-im-sinne-der-beschaeftigten-gestalten-das-hai-mmi-konzept-und-die-idee-der-komplementaritaet>.
- [45] Fraunhofer IAIS, Hrsg., Zukunftssichere Lösungen für ML – Machine Learning Operations (MLOps) – Prozesse für Entwicklung, Integration und Betrieb. St. Augustin: 2020.
- [46] The Kubernetes Authors, Hrsg., Produktionsreife Container-Orchestrierung, 2021. <https://kubernetes.io/de>.
- [47] K. S. do Prado, Awesome MLOps, Github, 2021. <https://github.com/kelvins/awesome-mlops>.

ANHANG

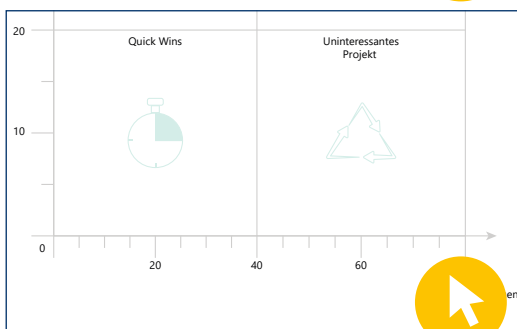
Die in Kapitel 6 beschriebenen Instrumente sind direkt in diesem Dokument integriert und können durch Klick auf die Screenshots geöffnet werden. Alternativ finden Sie die Instrumente im Menüpunkt »Anlagen« oder »Anhänge« Ihres PDF-Readers. Zudem stehen auf der Webseite der Studie weitere Vorlagen zur Verfügung:

<https://s.fhg.de/menschzentrierte-ki-anwendungen-in-der-produktion>

KI-Canvas



KI-Reifegradbewertung



**KI-Anwendungsfall
Kosten/Nutzen-Bewertung**



KI-FORTSCHRITTSZENTRUM

Das KI-Fortschrittszentrum »Lernende Systeme« unterstützt Firmen dabei, die wirtschaftlichen Chancen der Künstlichen Intelligenz und insbesondere des Maschinellen Lernens für sich zu nutzen. In anwendungsnahen Forschungsprojekten und in direkter Kooperation mit Industrieunternehmen arbeiten die Stuttgarter Fraunhofer-Institute für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO sowie für Produktionstechnik und Automatisierung IPA daran, Technologien aus der KI-Spitzenforschung in die breite Anwendung der produzierenden Industrie und der Dienstleistungswirtschaft zu bringen. Finanzielle Förderung erhält das Zentrum vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg.

Europas größte Forschungsk Kooperation auf dem Gebiet der KI

Das KI-Forschungszentrum ist Forschungspartner des Cyber Valley, einem Konsortium aus den renommierten Universitäten Tübingen und Stuttgart, dem Max-Planck-Institut für intelligente Systeme und einigen führenden Industrieunternehmen. In gemeinsamen Forschungslabors werden Grundlagenforschung und anwendungsorientierte Entwicklung zu aktuellen wie auch zukünftigen Bedarfen behandelt und vorangetrieben.

Menschzentrierte KI

Alle Aktivitäten des Zentrums verfolgen das Ziel, eine menschzentrierte KI zu entwickeln, der die Menschen vertrauen und die sie akzeptieren. Nur wenn Menschen mit neuen Technologien intuitiv interagieren und vertrauensvoll zusammenarbeiten, kann deren Potenzial optimal ausgeschöpft werden. Daher konzentrieren sich die Forschungsaktivitäten unter anderem auf die Themen Erklärbarkeit, Datenschutz, Sicherheit und Robustheit von KI-Technologien.

Studienreihe »Lernende Systeme«

Die Studienreihe »Lernende Systeme« gibt Einblick in die Potenziale und die praktischen Einsatzmöglichkeiten von KI. Nähere Informationen und die aktuellen Versionen der Studien finden Sie unter: <https://www.ki-fortschrittszentrum.de/de/themen/studien.html>

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft. Die 1949 gegründete Forschungsorganisation betreibt anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 74 Institute und Forschungseinrichtungen. Mehr als 28 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von mehr als 2,8 Milliarden Euro. Davon entfallen mehr als 2,3 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Rund 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung geht über den direkten Nutzen für die Kund*innen hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für die Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studierenden eröffnen sich aufgrund der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung an Fraunhofer-Instituten hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

Namensgeber der als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787–1826). Er war als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich.

Fraunhofer IAO

Mensch und Technik in der digitalen Arbeitswelt, Wirtschaft und Gesellschaft

Digitale Technologien verändern unsere Arbeitswelt und haben tiefgreifende Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft. Lang etablierte Methoden und Prozesse werden in kurzer Zeit modernisiert und revolutioniert. Das Fraunhofer IAO kooperiert eng mit dem Partnerinstitut IAT der Universität Stuttgart und entwickelt gemeinsam mit Unternehmen, Institutionen und Einrichtungen der öffentlichen Hand wirksame Strategien, Geschäftsmodelle und Lösungen für die digitale Transformation.

Die digitale Transformation und neue IT-Technologien eröffnen für Unternehmen viele Chancen: innovative Produktangebote für neue Zielgruppen, bessere und kostengünstigere Prozesse, eine »intelligenter« Kundenkommunikation und höhere Automatisierung. Dafür kommen innovative, vernetzte IT-Lösungen auf Basis von Big Data, Künstlicher Intelligenz, Cloud und Internetplattformen zum Einsatz.

Die richtige Strategie und IT sind eine wesentliche Grundlage für den Erfolg und die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen. Voraussetzung für erfolgreiche Anwendungen ist ein klarer Nutzen für das Unternehmen, seine Kund*innen und seine Partner.

Unsere Leistungen basieren auf fundierter Technologie- und Marktkenntnis sowie branchenübergreifenden Erfahrungen. Durch den Einsatz unserer praxiserprobten Methoden und erfahrenen Mitarbeitenden sichern wir den Projekterfolg. Unser Fraunhofer-Netzwerk ermöglicht uns den Zugriff auf ein umfassendes Kompetenzspektrum.

Das Fraunhofer IAO und das IAT der Universität Stuttgart beschäftigen gemeinsam mehr als 650 Mitarbeitende und verfügen über rund 15 000 Quadratmeter Büroflächen, Demonstrationen sowie Entwicklungs- und Testlabors.

Kontaktadresse

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Autoren

Bastian Pokorni

Telefon +49 711 970-2071

bastian.pokorni@iao.fraunhofer.de

Leiter Vernetzte Produktionssysteme

Martin Braun

Telefon +49 711 970-2176

martin.braun@iao.fraunhofer.de

Menschzentrierte Arbeitsgestaltung

Christian Knecht

Telefon +49 711 970-2362

christian.knecht@iao.fraunhofer.de

Interaktionsdesign und -technologien

Herausgeber

Wilhelm Bauer, Oliver Riedel, Thomas Renner, Matthias Peissner

Lektorat

Gitta Rohling, Tech Talks

Satz und Gestaltung

Franz Schneider, Fraunhofer IAO

URN-Nummer

[urn:nbn:de:0011-n-624956](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0011-n-624956)

Online verfügbar als Fraunhofer-ePrint

<http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-624956.html>

Gefördert durch das **Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und
Wohnungsbau Baden-Württemberg**

Alle Rechte vorbehalten

© Fraunhofer IAO, 03/2021

Gefördert durch



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND WOHNUNGSBAU

CyberValley

