



Mit KI den nachhaltigen Wandel gestalten

Zur strategischen Verknüpfung
von Künstlicher Intelligenz und
Nachhaltigkeitszielen



Inhalt

1. Zusammenfassung und Zielsetzung	2. KI und Nachhaltig- keit – Zur strategi- schen Verknüpfung zweier Handlungs- felder	3. KI-Potenziale für ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit
4	7	23
4. KI-Wesentlichkeits- matrix für nachhal- tige Unternehmen	5. KI in der Praxis – Integrierte KI- und Nachhaltigkeits- strategien in Unter- nehmen	6. Ausblick
54	63	75
Literatur 82		
Über diesen Bericht 87		
Impressum 91		

1. Zusammenfassung und Zielsetzung

Auf einen Blick

1. **Digitalisierung und Nachhaltigkeit** gehören zu den wichtigsten Herausforderungen dieses Jahrzehnts: Unsere Gesellschaft wird konfrontiert mit den **Auswirkungen des Klimawandels** und den **Veränderungen von Ökosystemen** auf der einen Seite sowie mit den **wirtschaftlichen und sozialen Folgen der politischen Maßnahmen zur Eindämmung** der Folgen des Klimawandels auf der anderen Seite. Dazu ist eine Transformation zur nachhaltigen Entwicklung nötig.
2. Die **Digitalisierung von Gesellschaft und Wirtschaft** stellt selbst einen Transformationsprozess dar, der alle Lebensbereiche unseres Alltags- und Berufslebens betrifft. Zielgerichtet eingesetzt können uns **digitale Technologien** helfen, den **nachhaltigen Wandel** zu gestalten.
3. Um unsere Lebensgrundlage zu bewahren, müssen beide **Transformationsprozesse – die nachhaltige Entwicklung und der digitale Wandel** – in Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft **miteinander verknüpft werden**. Für einen nachhaltigen Wandel müssen ökonomische, ökologische und soziale Dimensionen berücksichtigt werden.
4. Innovationsrelevante **Schlüsseltechnologien wie Künstliche Intelligenz (KI)** besitzen viele Potenziale, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft wirksam dabei zu unterstützen, ökologisch verträglich, sozial gerecht und wirtschaftlich erfolgreich zu handeln. So kann KI helfen, den Umwelt- und Naturschutz zu verbessern oder den Energie- und Ressourcenverbrauch zu minimieren. Gleichzeitig kann KI auch eingesetzt werden, um die Verteilung knapper Güter (z. B. Rohstoffe) oder die Kreislaufwirtschaft optimiert zu steuern. KI als **multifunktionales Werkzeug** erlaubt die intelligente Verknüpfung verschiedener gesellschaftspolitischer, ökonomischer und ökologischer Zielsetzungen und kann zudem deren Implementierung unterstützen. Gleichzeitig müssen Nutzen und Kosten bei KI (z. B. Energieverbrauch) von Anfang an berücksichtigt werden.
5. Nachhaltigeres Wirtschaften und digitale Technologien können gleichzeitig die **Resilienz von Gesellschaft und Wirtschaft** erhöhen, da Abhängigkeiten und Preisschwankungen von global gehandelten Rohstoffen oder Anfälligkeiten (z. B. im Lieferketten-Management) ausbalanciert werden können – die Notwendigkeit, Wirtschaft und Gesellschaft resilienter gegenüber (externen) Schocks zu machen,

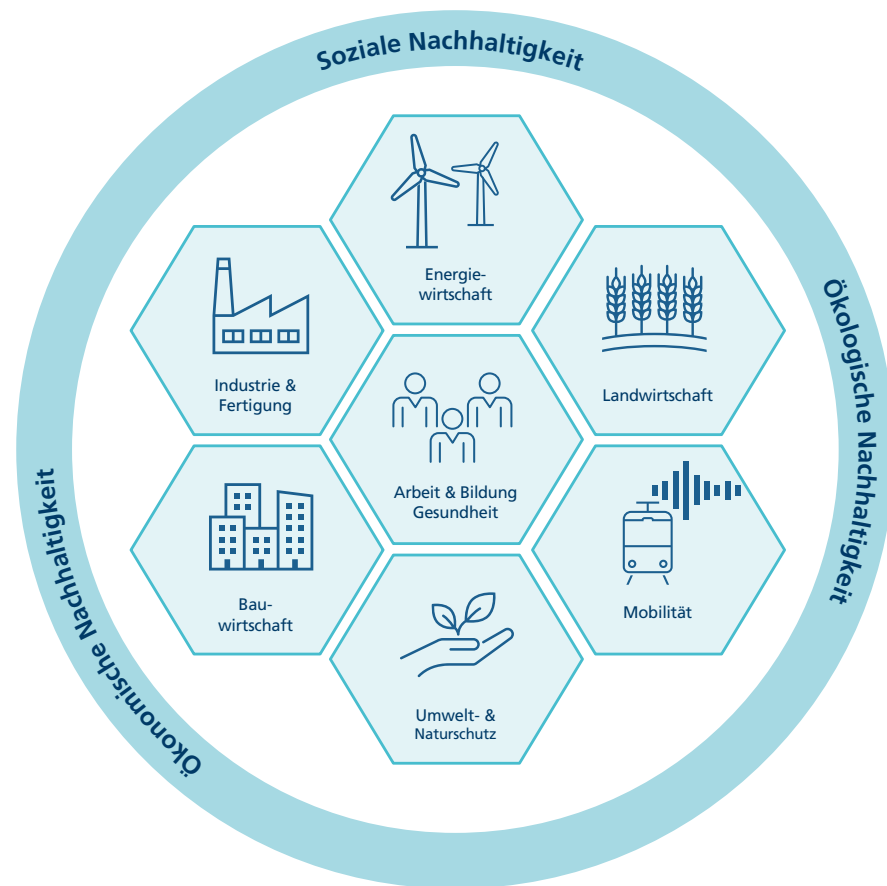
manifestierte sich nicht zuletzt durch die Corona-Pandemie sowie durch die neue geopolitische Situation seit dem russischen Angriffskrieg auf die Ukraine.¹

6. **Zentrale Chancen:** Durch bzw. mit dem umweltbewussten KI-Einsatz können **Effizienzgewinne** freigesetzt werden (z. B. Energie, Emissionen und Ressourcen) und **Wettbewerbsvorteile** entstehen (z. B. Materialeinsparung, Qualitätsverbesserung, höhere Resilienz).
7. **Aktuelle Hemmnisse:** Zentrale Voraussetzungen für die Verknüpfung von Nachhaltigkeitszielen mit digitalen Schlüsseltechnologien wie KI sind eine ausreichende **Datenbasis bzw. Dateninfrastruktur** (mit geeigneten Labeling-Konzepten), die rechtliche Regulierung, politische Maßnahmen sowie eine breite gesellschaftliche **Digitalkompetenz**. Zudem muss der hohe Energie- und Ressourcenverbrauch digitaler Technik, die Unklarheit über mögliche Anwendungen und das langfristige Investment sowie die unterschiedliche Datenbasis/-infrastruktur in Unternehmen und in öffentlichen Behörden von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik adressiert werden. Auch Rebound-Effekte, die mögliche Effizienzgewinne verringern oder gar überkompensieren, wenn keine entsprechenden Vorkehrungen getroffen werden, können den nachhaltigen KI-Einsatz beeinträchtigen.



2. KI und Nachhaltigkeit – Zur strategischen Verknüpfung zweier Handlungsfelder

Die Digitalisierung mit ihrem Teilbereich KI läutet eine der größten wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Transformationen seit Beginn der Industrialisierung ein. Richtig eingesetzt kann KI uns dabei helfen, den nachhaltigen Wandel zu gestalten: Vor dem Hintergrund ökonomischer, sozialer und ökologischer Zielsetzungen bieten sich viele Chancen, Prozesse und Geschäftsmodelle durch neue Technologien einschließlich KI nachhaltig zu transformieren.



Digitale Gesellschaften und der Einsatz von KI ermöglichen uns, aus erhobenen Daten Einsichten und Handlungsempfehlungen abzuleiten. Daraus können wichtige Schlussfolgerungen und Fortschritte für den Umweltschutz, im Energiesektor, in der Industrie oder aber im Gesundheitswesen oder der Landwirtschaft erzielt werden (Kapitel 3). Wichtig dafür ist eine solide Dateninfrastruktur; so belegen Studienergebnisse, dass Unternehmen mit einem höheren Digitalisierungsniveau nachhaltiger und ressourceneffizienter handeln.² Unternehmen können durch den Einsatz digitaler Schlüsseltechnologien zudem ihre Resilienz stärken, beispielsweise kann KI helfen, Lieferketten und Logistiknetzwerke belastbarer zu konzipieren, indem Maschinenausfälle, Ausfallrisiken von Zulieferern und Logistikwegen oder alternative Lösungsmöglichkeiten besser gesteuert werden können.³ Resilienz meint dabei die Fähigkeit, sich auf unerwartet auftretende widrige, teils unbekannte Ereignisse vorzubereiten, diese nach Möglichkeit abzuwehren, im Falle ihres Eintretens zu verkraften und sich im Schadensfall schnell davon zu erholen.⁴

Gleichwohl müssen auch Begleiteffekte der zunehmenden Nutzung digitaler Technologien betrachtet werden: Dies betrifft den hohen Ressourcen- und Energieverbrauch, die Intransparenz in Entscheidungs- und Optimierungsprozessen, die Marktmacht von Unternehmen mit großen Datenmengen oder die Reproduktion gesellschaftlicher Ungleichheiten. Daher müssen die weitreichenden Folgen der Entwicklung und Anwendung von KI-Modellen auf Arbeitsmärkte, Konsummuster und Wettbewerb berücksichtigt werden.⁵

Künstliche Intelligenz umfasst vor allem Computersysteme, die in der Lage sind, Muster in komplexen Datenmengen zu erkennen. Durch die intelligente Verknüpfung von Daten können mithilfe von KI-Systemen neue Erkenntnisse erlangt werden, mit denen sich bestehende, mit geeigneter Datenbedeutung (Labeling) angereicherte Prozesse automatisieren und optimieren lassen. Mithilfe von Daten sollen KI-Systeme in Zukunft perspektivisch zunehmend dazu trainiert werden, Probleme auch in unbekannten oder veränderten Situationen zu lösen, ihre Strategien anzupassen und somit dazuzulernen.⁶

Nachhaltigkeit in digitalisierten Gesellschaften

Klimawandel, vermüllte Meere und Artensterben – nur durch ökologisch nachhaltiges Handeln mit ökonomischem und sozialem Ausgleich können wir unsere Lebensgrundlage auch für die Zukunft bewahren. Um einen nachhaltigen Wandel zu erreichen, müssen wir die Bedürfnisse der Gegenwart erfüllen, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.⁷ Vor diesem Hintergrund hat sich



die Weltgemeinschaft 2015 unter dem Dach der Vereinten Nationen mit der Agenda 2030 zu 17 globalen Zielen ([UN Sustainable Development Goals, SDGs](#)) für nachhaltige Entwicklung verpflichtet. Diese 17 Ziele werden durch 169 Zielvorgaben und mehr als 200 messbare Indikatoren konkretisiert, die Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft betreffen. Die Ziele umfassen unterschiedliche Bereiche, etwa die Verbesserung der Gesundheit, Beseitigung der Armut, Gleichstellung der Geschlechter und Bekämpfung des Klimawandels.

In Deutschland wird die Agenda 2030 vor allem durch die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (DNS) umgesetzt, die alle 17 UN-Nachhaltigkeitsziele in den Blick nimmt und im März 2021 weiterentwickelt wurde.⁸ Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat Ende 2019 dazu den Aktionsplan „[Natürlich.Digital.Nachhaltig.](#)“ vorgelegt, um bildungs- und forschungspolitische Aktivitäten mit dem Ziel einer digital gestützten Nachhaltigkeit zu unterstützen. Der Aktionsplan steht im Kontext der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung und der Strategie Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA) des BMBF sowie der Hightech-Strategie 2025, der Strategie für Künstliche Intelligenz und der Digitalstrategie des BMBF. Im BMBF-Förderschwerpunkt „Mathematik für Innovationen“ wurde eine Bekanntmachung mit Fokus auf Beiträge zur Methodenentwicklung im Umgang mit Herausforderungen in Digitalisierung und Nachhaltigkeit veröffentlicht. Diese Maßnahme, in der KI eine wesentliche Rolle spielt, leistet einen Beitrag zu den Nachhaltigkeitszielen der Agenda 2030.

Nachhaltigkeit in einer digitalen Gesellschaft umfasst verschiedene Dimensionen und Lebensbereiche:⁹

- **Ökologische Nachhaltigkeit** zielt auf die Bewahrung von Natur und Umwelt für nachfolgende Generationen ab (z. B. Erhalt der Artenvielfalt, Klimaschutz, Pflege von Kultur- und Landschaftsräumen, schonender Umgang mit der natürlichen Umgebung).
- **Ökonomische Nachhaltigkeit** beschreibt ein Wirtschaftskonzept, das eine dauerhafte und tragfähige Grundlage für Erwerb und Wohlstand bietet und vor wirtschaftlicher Ressourcenausbeutung schützt.
- **Soziale Nachhaltigkeit** meint die Transformation hin zu einer auf Dauer zukunftsfähigen, global gerechten und lebenswerten Gesellschaft für alle sozialen Gruppen.

Kriterien für nachhaltige KI

Studienergebnisse zeigen, dass 134 der 169 UN-Nachhaltigkeitsziele von KI profitieren, während 59 davon auch negativ durch KI beeinflusst werden könnten.¹⁰ Negative Effekte entfalten sich vor allem hinsichtlich des enormen Energieverbrauchs von KI-Technologien. Solche Rückkopplungseffekte (Rebound-Effekte) treten etwa dann auf, wenn Einsparungen oder Effizienzsteigerungen durch KI ressourcenintensiveren Konsum in anderen Bereichen verursachen, sodass insgesamt ein höherer Verbrauch als ursprünglich entsteht (z. B. im Mobilitätsbereich). Dieser erhöhte Energie- und Ressourcenverbrauch von KI-Technologien könnte dem Klimaschutz zuwiderlaufen. Auch KI trägt einen großen Teil zu diesem klimarelevanten Budget bei, da die

Nachhaltigkeit auf einen Blick: Vergleichbare Effizienzinformationen für maschinelle Lernverfahren

Moderne maschinelle Lernverfahren zeigen außergewöhnliche qualitative Leistungen. Im Hinblick auf ihre weitreichenden Einsatzszenarien, ihren potenziell enormen Energieverbrauch sowie den globalen Klimawandel sind der Ressourcenverbrauch und die Nachhaltigkeit dieser KI-Schlüsseltechnologie von großer Bedeutung. Um die Effizienz und den Leistungsverbrauch verschiedener Methoden und Modelle des Maschinellen Lernens vergleichen und verstehen zu können, benötigen Nutzende einen einheitlichen Referenzrahmen. Diesen entwickeln Forschende am Kompetenzzentrum ML2R, welches nun in das durch den Bund und das Land Nordrhein-Westfalen geförderte Lamarr-Institut für Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz übergeht, in einem laufenden Forschungsprojekt. Hierzu werden verschiedene Metriken entwickelt, die eine ganzheitliche Betrachtung ermöglichen und sowohl den Aufgabentyp, das abstrakte Modell als auch die Soft- und Hardware berücksichtigen. So sind maschinelle Lernsysteme auch in unterschiedlichen Ausführungsumgebungen vergleichbar. In Anlehnung an das Energielabel-System der Europäischen Union erstellt das Verfahren zudem automatisierte Visualisierungen der Effizienzinformationen, um diese für Anwenderinnen und Anwender nachvollziehbar zu machen und ihnen mit Blick auf Nachhaltigkeitsziele eine informierte Entscheidung für maschinelle Lernverfahren zu ermöglichen.

Erstellung und der Einsatz von KI-Modellen mitunter sehr rechenintensiv sind und Anwendungen häufig auf Clouds und zunehmend auf sogenannten Supercomputern laufen. Gleichzeitig sind spezialisierte Rechenzentren häufig nachhaltiger, als die KI-Modelle stationär zu berechnen. Die Rechenzentren werden zudem inzwischen ganzheitlich geplant, um etwa anfallende Wärmeenergie für Beheizung etc. zu verwenden.

Aufgrund von Schwierigkeiten bei der Messung und Vorhersage ist teilweise unklar, wie sich das Wachstum von KI und Maschinellern Lernen in Zukunft auf die globalen Treibhausgasemissionen auswirkt; daher müssen für die Bewertung und Vorhersage hier verschiedene Dimensionen berücksichtigt werden, etwa die Auswirkungen auf die Datenverarbeitungen und die unmittelbaren Auswirkungen der Anwendung solcher Technologien.¹¹ Da sowohl die verfügbare Datenmenge als auch die Anzahl der KI-Anwendungen in den nächsten Jahren weiter steigen werden, wird ein wachsender Ressourcenverbrauch erwartet: So könnte der KI-Einsatz in verschiedenen Anwendungsbereichen den Stromverbrauch (etwa durch den Betrieb von Rechenzentren) bis 2030 auf 20 Prozent des weltweiten Gesamtverbrauchs erhöhen.¹² Um das Potenzial technologischer Effizienzmaßnahmen bestmöglich zu nutzen und verlässliche Prognosen für den Ressourcenbedarf von Wirtschaft und Gesellschaft zu erstellen, müssen Rebound-Effekte weiter erforscht und reduziert werden. Automatisierte Labeling-Verfahren, die die Rechenzeiten zu reduzieren helfen, können auch zur Minderung von Rebound-Effekten beitragen.

Der Einsatz von KI-Technologien muss zudem immer auch vor dem Hintergrund der Einsparungspotenziale sowie in Anbetracht der Unterschiede zwischen Trainings- und Einsatzphase eines KI-Systems abgewogen werden. Grundsätzlich gilt, dass sich der Ressourcenbedarf beim Training und der tatsächlichen ML- und KI-Anwendung stark unterscheidet; so ist das Training eines KI-Modells energieintensiver als dessen Anwendung. Oftmals ist der Energieverbrauch bei der Erstellung von KI-Modellen für viele Industrieanwendungen in Großkonzernen höher als etwa für eng begrenzte Anwendungskontexte in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Technologische Innovationen (Software/Hardware) können zur Skalierbarkeit von KI-Lösungen beitragen: So können etwa durch Transfer-Learning-Verfahren bestehende KI-Modelle und bereits aufgewandte Ressourcen in anderen Kontexten wiederverwendet werden, um mit wesentlich geringerem Aufwand Modelle auf eigene Probleme zu spezialisieren. Weitere Lösungen stellen etwa die Abwärmenutzung von Rechenzentren sowie der klimaneutrale Betrieb von Rechenzentren dar (z. B. Green IT Cube des GSI Helmholtzzentrums für Schwerionenforschung GmbH). Zur Ressourcenschonung tragen auch Plattformen bei, die den Modellaustausch begünstigen. Für die objektive Evaluation und Regulierung des KI-be-

dingten Ressourcenverbrauchs gibt es auch einige Ansatzpunkte, um den ökologischen Fußabdruck von eingesetzten KI-Technologien besser bewerten, erforschen und senken zu können. Dazu gehören eine höhere Hardware-Effizienz sowie die Verlängerung der Lebenszyklen und zirkuläre Wertschöpfungsketten (Circular Economy). Diese und weitere Ansätze zur Regulierung des KI-bedingten Ressourcenverbrauchs werden im [Whitepaper](#) der Plattform Lernende Systeme vorgestellt.¹³

Ressourcenschonende Datenanalyse auf kleinen Geräten – Von der Forschung in die Praxis

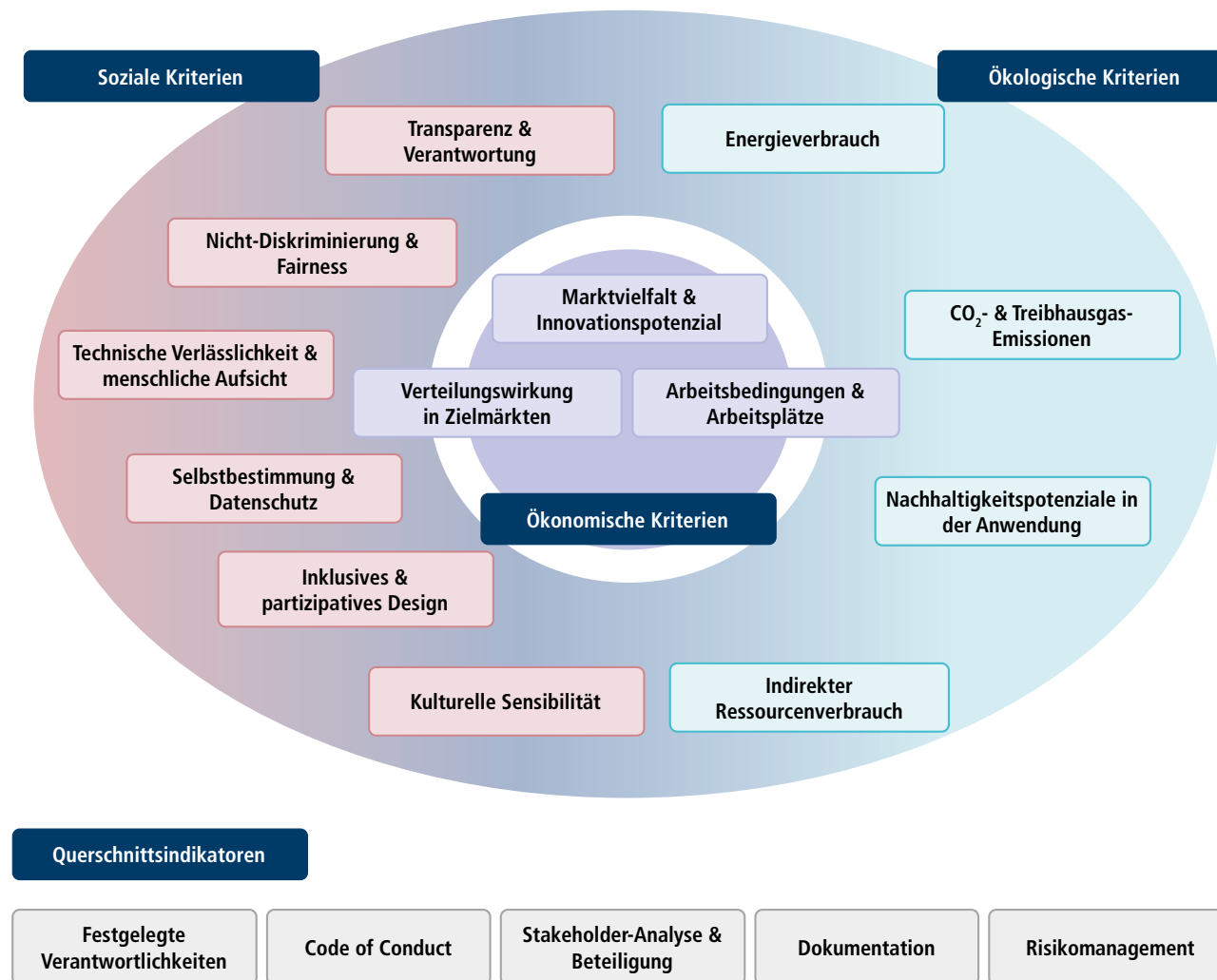
Damit ML- und KI-Anwendungen nachhaltiger eingesetzt werden können, braucht es Forschungs- und praxisnahe Anwendungsprojekte, um die dafür notwendigen Lernverfahren ressourcenschonender zu gestalten. Im [Sonderforschungsbereich \(SFB\) 876 „Verfügbarkeit von Information durch Analyse unter Ressourcenbeschränkung“](#) wird an der Technischen Universität Dortmund seit 2011 Maschinelles Lernen unter Beschränkung von Rechen- und Speicherkapazität, Energie und Kommunikation erforscht. Der für alle drei möglichen Projektphasen durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderte Sonderforschungsbereich entwickelt in aktuell 12 Teilprojekten und mit mehr als 50 Doktorandinnen und Doktoranden ressourcenschonende Analysealgorithmen für sehr große Datenmengen (Big Data) und kleine Geräte (Embedded Systems). Durch die enge und übergreifende Zusammenarbeit von Expertinnen und Experten aus unterschiedlichen Fachdisziplinen und Anwendungsgebieten wurden die in den verschiedenen Forschungsprojekten entwickelten Methoden vielfach erfolgreich in der Praxis eingesetzt. So implementierten Forschende etwa einen Ansatz zur echtzeitlichen Prozessvorhersage in Stahlwerken, der die Zahl der nachgelagerten energie- und ressourcenintensiven Prozesse erheblich reduzieren konnte. Weitere Anwendungsprojekte für die nachhaltige Gestaltung maschineller Lernverfahren sind unter anderem die realpraktische Anwendung binarisierter Faltungsnetze, eine besonders ressourcenschonende Variante des Deep Learning, sowie die Anomalie-Erkennung in Spritzguss-Prozessdaten. Die Forschungsergebnisse des SFB 876 fließen wegbereitend in das durch den Bund und das Land Nordrhein-Westfalen langfristig geförderte [Lamarr-Institut für Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz](#) ein und werden in diesem fortgeführt.

Nachhaltige KI: Künstliche Intelligenz ist dann nachhaltig, wenn Entwicklung und Einsatz dieser Systeme die planetaren Grenzen respektiert, keine problematischen ökonomischen Dynamiken verstärkt und den gesellschaftlichen Zusammenhalt nicht gefährdet.¹⁴

Bei all den Potenzialen von KI und möglichen Lösungsansätzen für mehr Energieeffizienz muss das Ausgangsproblem adressiert werden: KI-Systeme können zwar für die Umsetzung von Nachhaltigkeitszielen eingesetzt werden, solche Zielsetzungen bilden aber nur selten den Ausgangspunkt bei der Entwicklung der Systeme. Zudem muss kritisch reflektiert werden, welche Trainingsdaten für die Entwicklung von KI-Modellen für die Umgestaltung bestehender Produktions- und Konsummuster in Richtung Nachhaltigkeit geeignet sind. Die Herausforderung besteht darin, dass die vorhandenen Datensätze vielfältige Informationen über die Vergangenheit, aber kaum Informationen über die gewünschte Zukunft liefern und KI-Modelle nicht uneingeschränkt auf Grundlage historischer Datensätze trainiert werden sollten, um der Gefahr vorzubeugen, den nicht nachhaltigen Status quo zu reproduzieren.¹⁵

Das Konzept für nachhaltige Künstliche Intelligenz zielt in diesem Zusammenhang darauf ab, soziale, ökologische und ökonomische Dimensionen im Rahmen des gesamten Lebenszyklus zu betrachten und mittels konkreter Kriterien und Indikatoren die Entwicklung nachhaltiger KI zu fördern.¹⁶ Von Datenmodell und Systemdesign über Modellentwicklung und -nutzung bis hin zur Entsorgung der Hardware – das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) hat gemeinsam mit AlgorithmWatch und dem Distributed Artificial Intelligence Laboratory der TU Berlin eine umfassenden Bestandsaufnahme von Konzepten, Bewertungsverfahren und Analysen im Bereich der gesellschaftlichen, ökologischen und ökonomischen Auswirkungen von KI-Systemen vorgenommen. Im Forschungsprojekt [„SustAI – Nachhaltigkeits-Index für Künstliche Intelligenz“](#) wurde auf dieser Basis ein Kriterien- und Indikatorenset zur Nachhaltigkeitsbewertung von KI-Systemen entlang des KI-Lebenszyklus entwickelt. Diese Nachhaltigkeitskriterien sollen mögliche Auswirkungen von KI-Systemen in einer übergreifenden Nachhaltigkeitsperspektive bewertbar machen und gleichzeitig in der Praxis mögliche Gestaltungsspielräume für verschiedene Akteure aufzeigen (Abbildung 1).

Abbildung 1: Nachhaltigkeitskriterien entlang des KI-Lebenszyklus



Quelle: Darstellung nach Rohde et al., 2021, S. 32.

Nachhaltigkeit und KI – Integration in Strategie- und Innovationsprozesse

Die operative Verknüpfung von digitalen Technologien und Nachhaltigkeitszielen in Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft mit dem Fokus auf den Potenzialen von KI ermöglicht als strategische Kombination zweier Handlungsfelder, Nachhaltigkeitsziele besser zu erreichen. Im Kern geht es darum, dass KI mehr Nachhaltigkeit ermöglichen kann, sowie, dass der Einsatz von KI mittels innovativer technologischer und betriebswirtschaftlicher Lösungen selbst nachhaltiger wird. In der Umsetzung von Nachhaltigkeitszielen kann KI einerseits unterstützend eingesetzt werden, andererseits muss auch der KI-Einsatz in Unternehmen vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeitsziele sorgfältig abgestimmt werden.

Laut aktuellen Studienergebnissen strebt bereits jedes zweite Unternehmen in Deutschland an, klimaneutral zu wirtschaften.* Viele Unternehmen berücksichtigen auch bereits, dass sie nur dann weiterhin erfolgreich wirtschaften können, wenn sie Nachhaltigkeitsziele in ihre Unternehmensstrategie integrieren; synonym dazu wird auch der Begriff der Corporate Social Responsibility (CSR) verwendet und mit verschiedenen Nachhaltigkeitsthemen verknüpft. In zahlreichen Unternehmen sind das Innovationsmanagement und das Nachhaltigkeitsmanagement noch immer in unterschiedlichen Organisationseinheiten angesiedelt, dabei birgt die strategische Verknüpfung von Nachhaltigkeits- und Technologie-Innovationsmanagement auf organisatorischer wie prozessualer Ebene nicht nur für die Wissenschaft und Gesellschaft, sondern auch für viele Unternehmen große Potenziale.

* Repräsentative Befragung unter mehr als 750 Unternehmen ab 20 Beschäftigten, die im September und Oktober 2020 im Auftrag des Digitalverbands Bitkom durchgeführt wurde. Zu den untersuchten Anwendungsbereichen digitaler Technologien zählten industrielle Fertigung, Mobilität, Energie, Gebäude, Arbeit & Business, Landwirtschaft sowie Gesundheit.

Wirkpotenziale von KI für einen nachhaltigen Wandel

Ressourcenschonung, Effizienzgewinne, Emissionsreduzierung – KI-Technologien können Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft wesentlich dabei unterstützen, ökologisch verträglich, sozial gerecht und wirtschaftlich erfolgreich zu handeln. Zu den zentralen Wirkpotenzialen von KI für einen nachhaltigen Wandel zählen:

- **KI-basiertes Monitoring:** KI-Systeme bilden vergangene und aktuelle Vorgänge ab (z. B. Verkehrsnutzungsmuster, Kundenverhalten, Artenvielfalt)
- **KI-basierte Vorhersagen:** KI-Systeme prognostizieren/modellieren künftige Entwicklungen/Vorgänge (z. B. Wetter, Marktnachfrage, Verkehrsnutzung)
- **KI-basierte Empfehlungen:** KI-Systeme geben Empfehlungen basierend auf Monitoring-/Vorhersagedaten (z. B. Maschinennutzung, Kundenangebote, öffentliche Infrastrukturangebote)
- **KI-assistierte Entscheidungs- und Steuerungsverfahren:** KI-Systeme assistieren automatisiert bei Entscheidungen (z. B. Logistik, Preisentwicklung, Anlagenwartung, Produktion, intelligente Verkehrssysteme, Stromnetz)

So kann KI heute nicht nur Ärztinnen und Ärzten bei der schnelleren Diagnostik assistieren, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bei der Forschung (z. B. Wirkstoffforschung, Berechnung von Klimamodellen) unterstützen und in der Landwirtschaft Ernteerträge verbessern. KI hat zudem das Potenzial, den nachhaltigen Umgang mit der Umwelt und Gesellschaft zu unterstützen, indem die Technologie zur Verringerung des Ressourcenverbrauchs sowie zur Eindämmung der Auswirkungen des Klimawandels eingesetzt wird (vgl. Kapitel 3).

Einige Unternehmen setzen bereits auf Cloud und Edge Computing, nutzen digitale Zwillinge und automatisieren ihre Anwendungen. Damit füllen sich große Datenpools, die auch den Einsatz von KI ermöglichen. Die KI-basierte Datenauswertung kann dann eingesetzt werden, um aus den vielfältigen Daten, erzeugt aus unterschiedlichsten Quellen, strukturierte Informationen zu generieren. Je nach Branche und Anwendungskontext kann KI damit Entwicklungs- und Produktionsprozesse beschleunigen, diese effizienter gestalten, um energie- und ressourcenschonender zu produzieren und so zu Nachhaltigkeit und Klimaschutz beitragen. So kann der digitale Zwilling eines Produkts in Verbindung mit innovativen Fertigungsverfahren wie 3D-Druck zu Materialeinsparungen von bis zu 60 Prozent führen, während in der Produktion Energie- und CO₂-Einsparungen von bis zu 40 Prozent möglich sind.¹⁷

Weitere, exemplarische KI-Einsatzmöglichkeiten und Potenziale in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft lassen sich dabei verschiedenen Nachhaltigkeits-Dimensionen zuordnen (Tabelle 1).

Tabelle 1: KI-Einsatzmöglichkeiten und Potenziale nach Nachhaltigkeits-Dimensionen

Ökologische Nachhaltigkeit
– Präzisionslandwirtschaft – Energie- und Ressourceneffizienz (CO₂-Einsparungen) – Verteilte Energienetze – Zirkuläres Wirtschaften: Kreislaufwirtschaft, Recycling, nachhaltiger Produktlebenszyklus – Umweltüberwachung und -durchsetzung; Präzisionsüberwachung von Ökosystemen – Vorhersage von Lebensräumen, Migrationsmustern und Überwachung von Habitatverlusten (Flora/Fauna) – Vorhersage und Verfolgung von Schadstoffausbreitung (Luft/Gewässer) – Überwachung von Meeresströmungen und Ökosystemen – Vorhersage von Unwettern, Dürre – Echtzeit-Überwachung und Management der Wasserversorgung – Modellierung von Extremwetterereignissen und Vorhersage
Ökonomische Nachhaltigkeit
– Entscheidungsunterstützung, Materialeinsparung und Qualitätsverbesserung – Nutzung smarter Produktionsverfahren und Auswertung von Produktionsdaten – Verbesserte Informationsverarbeitung und Zeiteinsparung – Anpassung von Produktdesigns, Prozess- und Produktionsabläufen – Innovative Sharing- und Kooperationsmodelle – Datenbasierte Geschäfts- und Servicemodelle – Vorausschauende Instandhaltung und Wartung von Anlagen
Soziale Nachhaltigkeit
– Soziale Teilhabe und Inklusion (z. B. med. Versorgung) – Prävention, Diagnose und Erforschung von Krankheiten, Therapien und Wirkstoffen – Verbesserte Arbeitsbedingungen und nachhaltige Lieferketten – Überwachung von Lieferketten und Rückverfolgung der Herkunft – Frühwarnsysteme und Echtzeit-Koordination der Katastrophenhilfe und Entwicklungszusammenarbeit/humanitäre Hilfe (z. B. bei Naturkatastrophen Überschwemmungen, Krankheitsausbrüchen)

Quelle: Eigene Darstellung (vgl. BMWK, 2020; Boll & Schnell et al., 2022; World Economic Forum, 2018).

Digitale Zukunft, nachhaltiger Wohlstand – Vorteile für Unternehmen

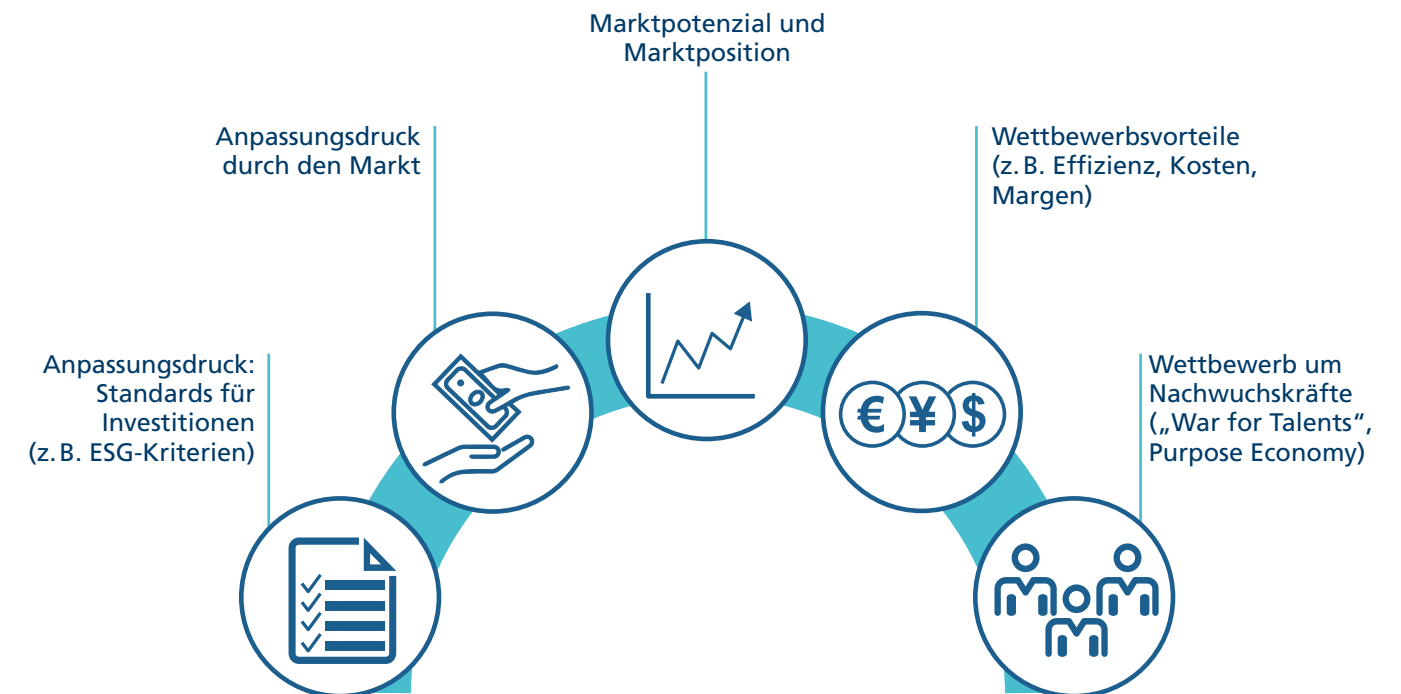
Die Potenziale, warum Unternehmen Nachhaltigkeitsziele mit digitalen Technologien und speziell KI-Anwendungen verknüpfen sollten, sind sehr vielfältig. Gleichzeitig erwächst für Marktteilnehmer ein zweiseitiger Anpassungsdruck, wenn notwendige Transformationsschritte ausbleiben, erstens aufgrund der Bedeutung von Nachhaltigkeits- und Technologieinnovationen für den Unternehmenswert sowie im Hinblick auf neue Standards für Investitionen und regulatorische Vorgaben. Eine große Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang auch den Environment-, Social- und Governance-Kriterien (ESG) zu, mit deren Hilfe Investoren die Nachhaltigkeit eines Unternehmens evaluieren können. Im Zentrum der ESG-Kriterien stehen der Schutz der Umwelt (Environment) vor Verschmutzung oder Gefährdung, Aspekte wie Arbeitssicherheit, Gesundheitsschutz, Vielfalt oder gesellschaftliches Engagement (Social) sowie eine nachhaltige Unternehmensführung (Good Governance).¹⁸ Diese nichtfinanziellen Kriterien, die in einem engen Bezugsrahmen zu den UN-Nachhaltigkeitszielen stehen, legen offen, welche Standards guter Unternehmensführung berücksichtigt werden und damit auch, welche Unternehmen langfristig eine bessere Werteentwicklung versprechen. Die ESG-Kriterien werden zunehmend wichtiger für Stakeholder und zahlreiche Ratings auch für institutionelle Investoren, zudem haben die Kriterien Einfluss auf die Unternehmen und deren Reputation.¹⁹

Ein Anpassungsdruck ergibt sich außerdem auch durch den Marktwettbewerb, da auch Verbraucherinnen und Verbraucher sowie Kundinnen und Kunden (im B2B/B2C-Bereich) zunehmend stärker auf die Nachhaltigkeit von Produkten und Services von Unternehmen und deren Zulieferern achten. Weitere Wettbewerbsvorteile können für Unternehmen dann entstehen, wenn eine intelligente Infrastruktur ermöglicht, das Kundenerlebnis zu verbessern.

Auch im Wettbewerb um begehrte Fach- und Nachwuchskräfte wird Nachhaltigkeit für Unternehmen immer wichtiger: Vor dem Hintergrund des „War of Talents“, der sich vor allem hinsichtlich gut ausgebildeter IT-Fachkräfte immer weiter verschärft, gewinnen berufliche Tätigkeiten mit Sinnstiftung (Purpose Economy) sowie Nachhaltigkeit als kommunizierter Unternehmenssinn und die gesellschaftliche Verantwortung von Unternehmen zunehmend an Relevanz.²⁰ Auch der verantwortungsvolle Einsatz digitaler oder KI-basierter Anwendungen für soziale, ökonomische oder ökologische Nachhaltigkeit kann hier für Unternehmen Wettbewerbsvorteile im Kampf um die besten Nachwuchskräfte bedeuten. So sind und werden Unternehmen, die sich dazu klar positionieren und Tätigkeiten in Schnittstellenbereichen anbieten (z. B. Data Science/

KI und Nachhaltigkeitsmanagement), für Talente attraktiver, da sich viele Nachwuchsfachkräfte auch beruflich zunehmend Nachhaltigkeitsthemen widmen möchten.

Abbildung 2: Bedeutung von KI- und Nachhaltigkeitsinnovationen für Unternehmen



Energie-, Prozess- und Ressourceneffizienz – Potenziale für den Mittelstand

Kleine und mittlere Unternehmen stellen nicht nur einen Großteil der Arbeitsplätze in Deutschland, sie sind auch Treiber für Innovationen: Denn KMU besitzen mit ihren kurzen Entscheidungswegen und ihrer überschaubaren Größe auch gute Voraussetzungen, um schnell auf technische Innovationen und Marktpotenzi-

ale reagieren zu können. Häufig können inhaber- oder familiengeführte Unternehmen ihre Beschäftigten bei Veränderungsprozessen besser einbinden und es gibt häufig weniger Umsetzungsbarrieren als in Großkonzernen. Digitalisierung und Nachhaltigkeit gewinnen auch im Mittelstand zunehmend an Relevanz: Viele Mittelständler stehen erst am Anfang der digitalen Transformation und fehlendes fachliches Know-how, eine unzureichende Datenbasis bzw. -infrastruktur sowie enge finanzielle Spielräume (z. B. Kosten für Wissensaufbau und Infrastruktur) hemmen die KI-Transformation im Mittelstand, und damit auch die Nutzung der Synergien von KI im Nachhaltigkeitsmanagement. Wichtig bei der KI-Transformation im Mittelstand ist der bedarfsorientierte Technologieeinsatz im jeweiligen Unternehmen. Die Bewertung möglicher Nutzenpotenziale kann auch dazu führen, vorerst keine KI-Technologien einzuführen, weil Nachhaltigkeitsziele (z. B. weitere Prozessautomatisierung) auch ohne KI erreicht werden kann. Für viele KMU ist bei KI-Projekten im Vorfeld der zu erwartende Return on Investment (ROI) nicht klar bezifferbar. Große Unternehmen können es sich oft eher leisten, ein Pilotprojekt zu starten, das gegebenenfalls nicht den erhofften Erfolg liefert, während dieser Spielraum für viele kleinere Unternehmen oftmals nicht tragbar oder zu risikobehaftet ist. Zentrale Hemmnisse der KI-Transformation im Mittelstand sowie erfolgreiche KI-Anwendungen in KMU und praktische Umsetzungstipps hat die Plattform Lernende Systeme in einem [Praxisbooklet](#) zusammengefasst.

Viele Mittelständler investieren eher in nachhaltige Innovationen und Maßnahmen, wenn diese klare wirtschaftliche Vorteile versprechen, etwa energie- und ressourceneffizienzsteigernde Lösungen oder ein nachhaltiger Produktlebenszyklus. Gleichzeitig bestehen in vielen KMU noch Unklarheiten zum Nutzen digitaler Technologien für mehr Nachhaltigkeit und Resilienz des eigenen Unternehmens.²¹

Je nach Branche und Service-/Produktschwerpunkt könnten für manche KMU, die nicht selbst im Bereich der Technologieentwicklung tätig sind, in diesem Zusammenhang auch standardisierte KI-Lösungen inklusive standardisierter Labeling-Verfahren nützlich sein. Solche Lösungen können cloudbasiert auf Plattformen zur Verfügung gestellt werden und setzen weniger interne Entwicklungsarbeit und Know-how voraus (AI-as-a-Service). Wenn dagegen intern dynamische und innovative Digitalisierungskompetenzen und -konzepte aufgebaut und entwickelt werden, können Mittelständler gleichzeitig häufig auch an Attraktivität für junge Fachkräfte und IT-Talente gewinnen, was Vorteile im Wettbewerb mit Großkonzernen bedeuten kann.



3. KI-Potenziale für ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit

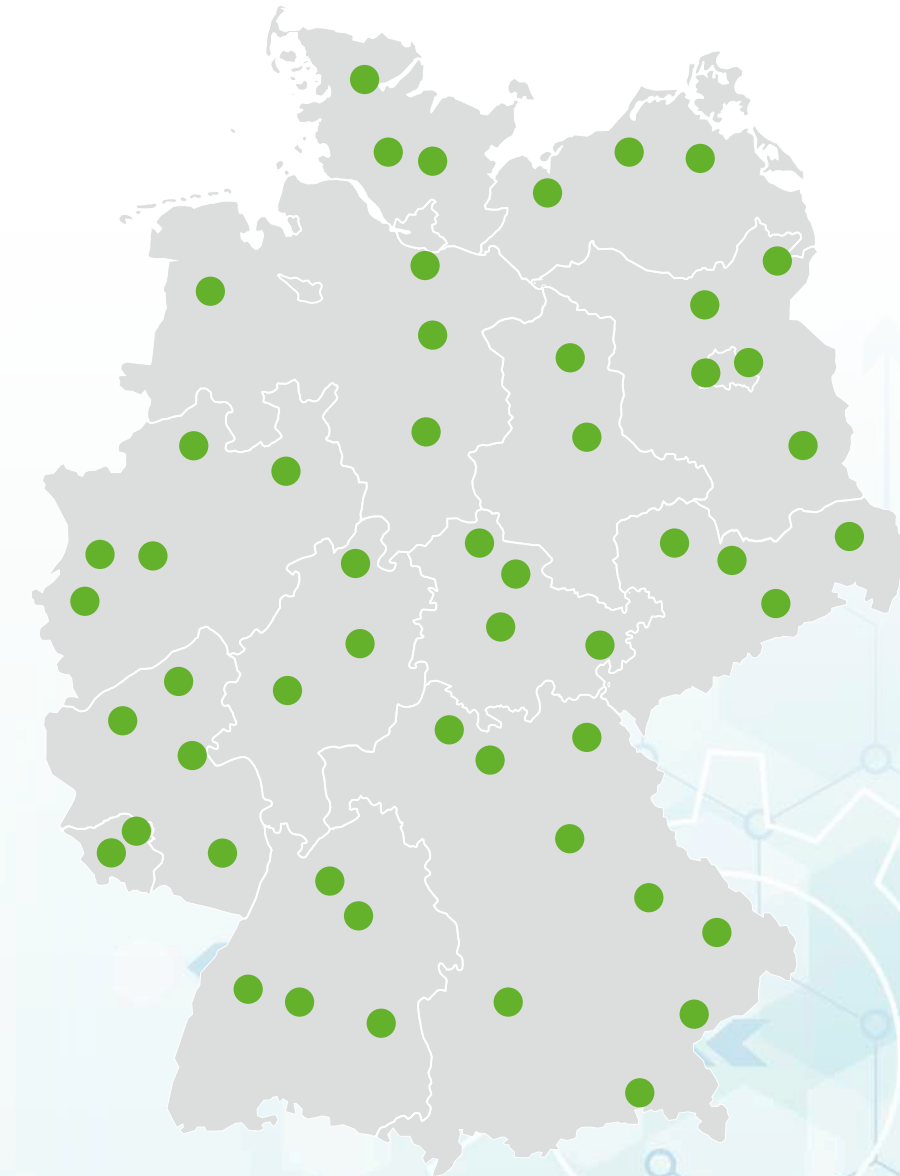
Forschungseinrichtungen, Hochschulen, Start-ups, Mittelständler und Großunternehmen in ganz Deutschland entwickeln innovative Projekte, Produkte und Lösungen mit KI, die einen konkreten Beitrag zu einem nachhaltigen Wandel leisten – sei es auf ökologischer Ebene (z. B. Klimaschutz, Artenvielfalt), ökonomischer Ebene (z. B. ressourcenerhaltende Produktionsweisen, nachhaltiger Konsum) oder sozialer Ebene (z. B. Stärkung gesellschaftlicher Partizipation, wertorientierte Technikentwicklung). In diesem Kapitel werden einige Projekte sowie Potenziale und Herausforderungen exemplarisch vorgestellt.

KI und ökologische Nachhaltigkeit

Ziel ökologischer Nachhaltigkeit ist es, die Lebensgrundlage des Menschen zu bewahren, die durch planetare Grenzen definiert wird: Aus ökologischer Perspektive bedeutet das konkret, nicht mehr Ressourcen zu nutzen, als ein System in der Lage ist zu reproduzieren, und sicherzustellen, dass künftige Generationen die gleichen Chancen und eine gute Lebensgrundlage haben.²² Dies wurde 2021 so auch im Beschluss des Bundesverfassungsgerichts zur Verfassungsbeschwerde gegen das Klimaschutzgesetz bestätigt. Kritisch diskutiert werden muss daher, dass die Ressourcen, die für den Einsatz digitaler Technologien nötig sind, bereits heute bestimmte planetare Grenzen überschreiten, etwa beim Abbau Seltener Erden. Auch die Nutzung ressourcenintensiver KI-Technologien oder der energieintensive Betrieb von Rechenzentren kann die Stabilität des Ökosystems zwar einerseits belasten, richtig eingesetzt können uns KI-Technologien andererseits aber auch dabei helfen, eine Art Frühwarnsystem für den Schutz von Biodiversität und unserer Natur aufzubauen sowie unsere Energieversorgung und unser Mobilitätsverhalten zu transformieren. So besitzt KI laut Studienergebnissen im Umweltbereich das größte Potenzial, die Erreichung der UN-Nachhaltigkeitsziele positiv zu unterstützen.²³ KI kann in diesem Zusammenhang helfen, Entwicklungs- und Produktionsprozesse zu beschleunigen, diese effizienter zu gestalten und energie- und ressourcenschonender zu produzieren. Damit leistet sie einen wichtigen Beitrag zu mehr Nachhaltigkeit und Klimaschutz.

Umwelt- und Naturschutz

Ob zerstörerische Überflutungen, lange Dürreperioden oder steigende Temperaturen – menschengemachte Klimaveränderungen sind schon jetzt weltweit spürbar. Wirkungsvolle Maßnahmen gegen den Klimawandel umfassen die Eindämmung (z. B. Reduzierung von Emissionen) sowie die Anpassung daran (z. B. Vorbe-



Die Plattform Lernende Systeme bündelt auf ihrer [KI-Landkarte](#) neben KI-Forschungseinrichtungen, KI-Transferzentren, relevanten Studiengängen auch nachhaltige KI-Anwendungen.

reitung auf Folgen).²⁴ Eine der größten Chancen für den Klimaschutz durch KI besteht darin, dass komplexe Zusammenhänge erst durch die Auswertung großer Datenmengen erkannt und daraus neue Schlussfolgerungen zu Ursachen und Wechselwirkungen bei klimatischen Veränderungen gezogen werden können. Um zudem schädliche Treibhausgase zu reduzieren, braucht es möglichst akkurate Prognosen: KI-basierte Auswertungs- und Prognosealgorithmen können dabei helfen, Daten zu Ursachen und Wirkungen des Klimawandels detaillierter zu analysieren.²⁵ So können heute klimarelevante Daten in noch nie dagewesenem Umfang erhoben werden, insbesondere durch Satelliten, Drohnen und Sensoren; die besondere Stärke von

Altlastenbeseitigung mit KI-unterstützten Unterwasserdrohnen

Die Verteilung und der Zustand der Munition in deutschen Gewässern sind nicht hinreichend bekannt. Im Rahmen der Forschungsmission „Schutz und nachhaltige Nutzung mariner Räume“ im Rahmen der Bund-Länder-Vereinbarung zur Deutschen Allianz Meeresforschung (DAM) werden im Projekt CONMAR durch KI-gestützte Bildanalysen umfassende Meeresbodenkarten inklusive flächendeckender Artenverteilungskarten erstellt. Damit sollen die umsetzenden Einrichtungen und Entscheidungsträger in die Lage versetzt werden, die ökologische Belastung der Meere durch Munition sicher zu bewerten und geeignete Maßnahmen zu ergreifen.

thyssenkrupp Marine Systems und ATLAS ELEKTRONIK wollen zusammen KI-basierte Lösungskonzepte entwickeln, um konventionelle Kampfmittel zu detektieren, zu bergen und zu entsorgen – rund 1,6 Millionen Tonnen liegen allein in deutschen Meeresgebieten. Dafür wurde ein industrielles Konzept für eine in Teilen automatisierte Entsorgungsplattform entwickelt, die auf robotergestützte und ferngesteuerte Prozessbearbeitung setzt. Für die Detektion der Altlasten ist beispielweise der Einsatz autonomer Unterwasserfahrzeuge geplant. Die Altlastenbeseitigung wird immer wichtiger, da zunehmend krebserregende, chemische Substanzen aus den Sprengstoffen ins Meerwasser gelangen und von Fischen und Muscheln aufgenommen werden. Die Kampfmittel stellen daher nicht nur ein Risiko bei Unterwasserarbeiten und für die Biodiversität der betroffenen Gebiete dar, sondern sind auch eine Gefahr für die Bevölkerung, wenn die giftigen Stoffe in die Nahrungskette, die Umwelt und das Ökosystem gelangen. Die KI soll zukünftig die Bewertung der Sensordaten und die Koordination der beteiligten autonomen Agenten unterstützen und damit den optimalen Ablauf der Altlastenbeseitigung sicherstellen.

KI-Technologien im Bereich Klimaschutz besteht zudem darin, dass Daten aus ganz verschiedenen Quellen zusammengeführt und basierend darauf Bewertungen und Prognosen über das äußerst komplexe System „Klima“ erstellt werden können. In ähnlicher Weise lassen sich mit KI-Ansätzen dringende Fragestellungen oder Problemlösungen für weitere komplexe Systeme, etwa in der Ökosystemforschung, adressieren. Dies erlaubt Rückschlüsse, wo klimaschädliche Substanzen in hoher Konzentration vorhanden sind oder die Verschmutzung durch anthropogene Schadstoffe besonders hoch ist oder wie sich physikalische oder biogeochemische Faktoren auf die Artenzusammensetzung und das Nahrungsnetz auswirken.

Für Regierungen, Forschende und NGOs sind das wichtige Informationen, um frühzeitig Warnungen herauszugeben, wirksame Umwelt- und Naturschutzmaßnahmen koordinieren und überprüfen zu können sowie gezielte Handlungsempfehlungen zu konzipieren. Gleichzeitig können auch Wirtschaftsunternehmen auf Basis von Informationen darüber, wie sich Klimaveränderungen auf ihre Unternehmen auswirken, bessere Entscheidungen für nachhaltige Unternehmensprozesse treffen. Im Rahmen der Fördermaßnahme „Digital GreenTech – Umwelttechnik trifft Digitalisierung“ fördert das BMBF vielfältige Ansätze, den Umwelt- und Ressourcenschutz durch KI voranzubringen. Auch die Landwirtschaft kann durch die KI-basierte Auswertung von Daten zu Wetter, Klima, Bodenbeschaffenheit oder Artenvielfalt nachhaltiger gestaltet werden:

”

Die Fraunhofer-Gesellschaft leistet mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit zu sicheren und ressourceneffizienten KI-Technologien einen wichtigen Beitrag zu den 17 Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen. Im Rahmen unserer Smart-Farming-Initiative unterstützen wir unter anderem das Ziel einer Welt ohne Hunger. Auf Basis eines Datenpools, der sich aus der Aggregation von Bestands- mit Sensor- und Maschinendaten zusammensetzt, können landwirtschaftliche Prozesse durch lernende KI-Methoden optimiert werden. Dies ermöglicht die Identifikation standortangepasster und widerstandsfähiger Pflanzen, die Optimierung der Nährstoffzusammensetzung und die Reduzierung des Wasser- und Energieeinsatzes – für eine nachhaltige Agrarwirtschaft sowie gesunde und bezahlbare Nahrungsmittel für alle.

Prof. Dr.-Ing. Reimund Neugebauer, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft und Mitglied im Lenkungskreis der Plattform Lernende Systeme

”

Deep Learning in der Polarforschung

In den Polarregionen zeigt sich der Klimawandel besonders deutlich. Wenn Gletscher an ihrer Oberfläche schmelzen, bilden sich dort Schmelzwasserseen und Abflusskanäle. Das BMBF-geförderte Verbundprojekt GROCE II erforscht die Entwicklung von Schmelzwasserseen in Grönland. Zur Auswertung der umfangreichen Satellitendaten werden auch KI-Technologien eingesetzt. Mithilfe neuronaler Netze, von Trainingsdatensätzen und Deep-Learning-Algorithmen sollen Wolken automatisch erkannt sowie die Flächenausdehnung und Schmelzwassermengen der Seen präziser erfasst werden. Perspektivisch soll diese Methode auch auf die Analyse anderer Gletscher übertragen werden.

Mit Smart Farming zur hocheffizienten und nachhaltigen Landwirtschaft der Zukunft

Im Rahmen der Smart-Farming-Initiative werden im Fraunhofer-Leitprojekt Cognitive Agriculture (COGNAC) und im Fraunhofer-Zentrum für Biogene Wertschöpfung und Smart Farming neue Technologien zur Unterstützung der digitalen Transformation in der Landwirtschaft untersucht und erprobt. Ein wichtiger Baustein ist die Umsetzung von Datennutzungskontrollen im Bereich der Landwirtschaft. Im Einklang mit der International Data Spaces-Initiative (IDS) soll ein sicherer Datenraum – ein Agricultural Data Space – geschaffen werden, in dem Landwirte „ihre“ agronomischen Daten bewirtschaften können. Dazu sollen entsprechende Automatisierungskonzepte, Monitoringlösungen und kognitive Dienste entwickelt werden. Ziel ist es, Wege aufzuzeigen, die zahlreichen Insellösungen anzubinden und als Ganzes durchgängig nutzbar zu machen, um höchste Produktivität und Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft der Zukunft zu erreichen.

Biodiversität

Der voranschreitende Verlust der Artenvielfalt stellt eine ebenso große Bedrohung dar wie der Klimawandel, da eine intakte Umwelt von einem vielschichtigen Gefüge an Ökosystemleistungen abhängig ist. Damit unsere Ökosysteme weiterhin funktionieren, ist die Erhaltung der biologischen Vielfalt zentral: Sie bildet

das Fundament für Nahrung und sauberes Wasser; sie reguliert das Klima sowie die Luft- und Wasserqualität; sie spendet Energierohstoffe und medizinische Produkte; sie dient aber auch unserer Erholung und Lebensqualität.²⁶ Daher fördert das Bundesforschungsministerium Projekte, die darauf abzielen, Wissenslücken über den Artenverlust zu schließen und Maßnahmen zum Erhalt, der Verbesserung und nachhaltigen Nutzung der Biodiversität zu entwickeln. Zusätzlich wurden mit der Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt (FEaA) Schritte unternommen, um die Forschung zur biologischen Vielfalt nachhaltig zu vertiefen, das Thema in wichtigen Politik- und Handlungsfeldern zu verankern und der breit gefächerten

KI-basierte Überflutungsprognosen zum Schutz bei Extremwetterereignissen

Das Jahrhunderthochwasser vom Juli 2021 zählt zu den größten Flutkatastrophen in der Geschichte Deutschlands. Prognosen gehen davon aus, dass solche extremen Wetterereignisse, aufgrund des Klimawandels, zunehmen werden. Für wirksame Schutzkonzepte ist es wichtig, genaue Prognosen für bestimmte Gebiete erstellen zu können. Die Auswirkungen von Starkregen auf Gebiete mithilfe Künstlicher Intelligenz präziser vorhersagen zu können, wird im Forschungsprojekt 3D-HYDRA erforscht. Das öffentlich geförderte Projekt wird vom Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik (IPM), der svGeosolutions GmbH sowie der BIT Ingenieure AG umgesetzt. Fördermittelgeber ist das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg. Schutzkonzepte für die Gefahrenabschätzung bei Extremwetterlagen basieren auf Daten, die in der Regel mithilfe von Laserscannern bei Befliegungen in großer Höhe aufgenommen werden. Die Auswertung der sehr umfangreichen Datenmengen erfolgt bis heute in einem zeitaufwändigen Verfahren durch visuelle Sichtung und Interpretation. Zudem ist oftmals eine zusätzliche aufwändige Datenaufnahme vor Ort erforderlich – immer dort, wo die Auflösung oder Qualität der vorhandenen Daten nicht ausreichend ist. Im Projekt werden mit einer KI aus hochauflösenden Drohnendaten hochpräzise dreidimensionale Modelle von strömungsrelevanten Sachverhalten eines Gebietes wie Zu- und Abflüsse, Mauern und andere Hindernisse erstellt. Mit diesen werden dann die vorhandenen Daten angereichert, um die Strömung des abfließenden Regenwassers genauer simulieren zu können. Das ermöglicht die Erstellung besserer Prognosen in Form von Überflutungsgefahrenkarten und soll so Kommunen helfen, bei geringen Kosten den Schutz vor Starkregen maßgeblich zu verbessern.

Wissenschaftslandschaft Strategieimpulse und Perspektiven zur Bündelung ihrer Anstrengungen zu bieten. Damit Biodiversität und Ökosysteme effektiv bewahrt werden können, braucht es Informationen zum Lebensraum und Bestand von Tieren und Pflanzen. So lassen sich etwa durch die Analyse großer Audio- und Bilddaten komplexe Zusammenhänge und Muster erkennen und daraus Schlussfolgerungen für Schutzräume und Schutzmaßnahmen ableiten. Durch KI-basiertes Monitoring können Forschende und NGOs zudem unmittelbar und flexibel auf akute Bedrohungen reagieren. Die aktuell größte Herausforderung besteht darin, dass KI-Systeme große Mengen an Trainingsdaten benötigen, um Bild- und Audiodaten akkurat zu klassifizieren. Gerade bei seltenen und gefährdeten Arten kann es daher schwierig sein, ausreichend Daten zu sammeln, um akkurate Analysen zu ermöglichen.²⁷

KI-unterstützte Müll-Detektion für Kreislaufprozesse

Plastikmüll in Gewässern ist ein großes gesellschaftliches und globales Problem. Zum Schutz von Flüssen und Meeren können hierzu auch KI-Technologien eingesetzt werden. Staatliche und nicht-staatliche Umwelt- und Entwicklungsorganisationen wie The Ocean Cleanup, everwave, UN Environment Program und die Weltbank nutzen KI-Analysen von Drohnendaten bei der Detektion von Plastikmüll in Flüssen und an Stränden in Asien und Europa. Das unter anderem von der Weltbank finanzierte Vorhaben APLASTIC-Q zählt zu jenen Forschungsprojekten des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz (DFKI), in denen Lösungen für mehr Umweltschutz und Nachhaltigkeit entwickelt werden, und erstreckt sich – neben jüngsten Einsätzen in Deutschland, der Slowakei sowie Bosnien und Herzegowina – mittlerweile auf Kambodscha, Myanmar, Vietnam, die Philippinen und Indonesien. In diesen Ländern werden fest installierte Kameras an Brücken bzw. an Flugdrohnen eingesetzt, um Müll auf Flüssen und an Ufern zu detektieren und mithilfe von KI-Methoden zu analysieren. Detaillierte Angaben über einzelne Müllbestandteile helfen den lokalen Behörden, die Quellen des Plastikmülls zu identifizieren und Gegenmaßnahmen einzuleiten. Weiterhin werden Schritte zum Schließen der Materialkreisläufe unterstützt, weil die KI-Analysen in die Recycling- und Wertschöpfungskette eingespeist werden. Die gewonnenen Bilddaten werden wiederum genutzt, um APLASTIC-Q weiterzuentwickeln und dessen Präzision bei der Erkennung und Bestimmung von Plastikmüll zu erhöhen.

KI-Modelle zur Kartierung von Wildnisgebieten

Im Forschungsprojekt „MapInWild“ wird mithilfe von Satellitenbildern errechnet, wie naturbelassen bestimmte Gebiete sind. Dies könnte etwa bei der Auswahl von Schutzgebieten oder der Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen helfen. Eingesetzt werden dazu KI-basierte Auswertungsverfahren. Im Projekt sollen mithilfe von Satellitenbildern genaue, aktuelle Karten über die Naturbelassenheit der Erde erstellt werden. Auf dieser Basis könnte dann besser bewertet werden, wo etwa ein weiterer Nationalpark sinnvoll wäre. Im Rahmen des Kooperationsprojekts der Bundeswehr-Universität in München (Institut für Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung) und der Universität Bonn soll hierzu ein Verfahren entwickelt werden, womit direkt aus Satellitendaten ein Natürlichkeitsindex erstellt werden kann. Der Index weist jedem Kartenpixel (Zielgröße 10m x 10m) einen Wert zwischen 0 und 100 zu, wobei 0 absolute Naturferne darstellt (wie man sie etwa in dicht bebauten Innenstädten erwartet) und 100 absolut unberührte Wildnis markiert. Als Datenquelle sollen im Projekt, gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, frei verfügbare Satellitenbilder aus dem EU-Programm Copernicus verwendet werden. Dadurch wird nur noch ein einziges aktuelles Bild benötigt, um Aussagen über die Naturbelassenheit eines bestimmten Ortes zu treffen. Die innerhalb des Projekts entwickelte Methode liefert dadurch im Vergleich zu bisherigen Kartierungsansätzen schnellere und zuverlässigere Ergebnisse, da bisherige Verfahren, die die Naturbelassenheit oder den menschlichen Eingriff in die Natur in Landschaftsbestandteilen zu kartieren versuchten, verschiedene Kartenmaterialien kombinieren (z.B. Karten der Bevölkerungsdichte, Landbedeckungskarten, Satellitenbilder nächtlicher Beleuchtung, Straßenkarten). Diese verschiedenen Karten werden aber nur unregelmäßig aktualisiert. Die Ableitung von Naturbelassenheit bzw. menschlichem Einfluss auf bestimmte Gebiete basierte daher vor allem auf vorher definierten Schwellenwerten. Diese Bestimmung von Schwellenwerten soll nun durch KI-Verfahren ersetzt werden, wodurch sie durch aktuelle Input-Daten verlässlicher und genauer werden kann. Mit den KI-basiert erstellten Karten können Bilder mit sehr hoher Auflösung analysiert werden, womit man auch in kleinteiligeren Bereichen und kleineren Ländern naturschutzrelevante Entscheidungen bewerten könnte. Auch Risiken durch den Klimawandel lassen sich dadurch möglicherweise früher erkennen, da sich etwa Veränderungen der Bebauung im Bereich von Flüssen und daraus resultierende Folgen für Hochwasser-Schutzmaßnahmen besser bewerten lassen. Neben der eigentlichen Anwendung, der Kartierung von Wildnisgebieten und der Naturbelassenheit der Erdoberfläche aus Satellitenbildern, liegt der zweite Schwerpunkt des Projekts auf der sogenannten erklärbaren KI: Dazu soll innerhalb des Projekts nachvollziehbar gemacht werden, wie die entwickelten tiefen neuronalen Netzwerke zu ihren Entscheidungen gelangen. Die Projektverantwortlichen erhoffen sich davon weitere Erkenntnisse über die Funktionsweise solcher Netzwerke sowie darüber, was Natur zur Wildnis macht.

Künstliche Intelligenz in der Biodiversitätsforschung

Im Rahmen der interdisziplinären KI-Forschungsgruppe „KI4Biodiv – Künstliche Intelligenz in der Biodiversitätsforschung“ werden am Max-Planck-Institut für Biogeochemie und an der Technischen Universität Ilmenau KI-Methoden entwickelt, um die Biodiversität in verschiedenen Lebensräumen effizient, schnell und automatisiert zu überwachen. Im Bereich des Arten- und Populationsmonitorings werden dazu Lernalgorithmen sowie Netzwerkarchitekturen speziell für Biodiversitätsdaten angewendet und weiterentwickelt. Zudem erarbeitet die Forschungsgruppe Methoden und Software, um die Anwendung von KI in der Biologie und Ökologie auszuweiten. Ein Projekt ist die Flora-Incognita-App, mit der Nutzerinnen und Nutzer mittels Smartphone Fotos von Pflanzen aufnehmen können. Anschließend wird die unbekannte Pflanze automatisch bestimmt. Zusätzlich bekommen Nutzende weitere Informationen zur bestimmten Pflanze wie Merkmale, Verbreitung oder den Schutzstatus angezeigt. Die Entwicklerinnen und Entwickler der App können mithilfe dieses Citizen-Science-Ansatzes, der die aktive Bürgerbeteiligung ermöglicht, sehr viel mehr Bilddateien zusammentragen, mit deren Hilfe KI-Algorithmen weiter trainiert werden. Durch die automatisierte Identifizierung von Arten können zudem Veränderungen von Pflanzenbeständen in nahezu Echtzeit überwacht und wichtige Schlussfolgerungen zu bedrohten und invasiven Arten abgeleitet werden (z. B. Verbreitungsgebiete, Verschiebung von Blütezeiträumen, mögliche Schutzmaßnahmen). Perspektivisch können diese Daten mit anderen Datensätzen (z. B. Wetter- oder Satellitendaten) abgeglichen und Zusammenhänge zu Klimaveränderungen untersucht werden. Die entwickelten KI-Technologien für die automatische Pflanzenbestimmung können zukünftig auch für andere Artengruppen wie Insekten, Algen oder Pilze übertragen werden. Die Flora-Incognita-App ist im Rahmen einer Projektförderung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), das Bundesamt für Naturschutz (BfN), das Bundesumweltministerium (BMUV), die Stiftung Naturschutz Thüringen und das Thüringer Umweltministerium entwickelt worden.

KI-unterstützte Landwirtschaft zum Schutz von Biodiversität und Ökosystemleistungen

Die Bewältigung der Auswirkungen des Klimawandels, die Sicherstellung der Lebensmittelversorgung und die Knappheit unserer Ressourcen sowie der fortschreitende Biodiversitätsverlust bewirken Konflikte und verursachen widersprüchliche Ziele in der Landnutzung. Im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme Agrarsysteme der Zukunft erforscht das Verbundvorhaben „DAKIS –

Digitales Wissens- und Informationssystem für die Landwirtschaft“ modernste Technologien im Bereich von Digitalisierung, selbstlernenden KI-Systemen und Feldrobotik. Ziel des Projekts, das vom Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V. in Müncheberg (ZALF) koordiniert wird, ist es, räumlich sowie funktional diversifizierte Produktionssysteme zu entwickeln, die in der Lage sind, Zielkonflikte der Landnutzung zu harmonisieren. Neue Entscheidungssysteme sollen dabei nicht marktfähige Güter, wie Ökosystemleistungen (ÖSL) und Biodiversität als Bewirtschaftungsziel, in Fokus setzen und ihnen einen ökonomischen Wert verleihen. DAKIS realisiert diese Vision durch automatisierte, kleinskalige Produktionssysteme, die landschaftsspezifisch auf die Bedürfnisse der Gesellschaft zugeschnitten sind. Dies wird ermöglicht durch die Nutzung neuer, innovativer Informations- und Management-Methoden, sodass digitale Technologien genutzt werden, um Ökosystemleistungen und Biodiversität in moderne Planungsprozesse, Produktion sowie Vermarktung zu integrieren. DAKIS will so eine neue ressourceneffiziente Arbeitsorganisation ermöglichen, Kooperationen von Landwirten durch eine digitale Plattform und vernetzte Roboter fördern und ihnen Informationen und Entscheidungshilfen liefern. Im Rahmen des Projekts sollen in zwei Testregionen in Brandenburg und Bayern die Machbarkeit und positiven Auswirkungen der diversifizierten und kleinskaligen Landnutzung demonstriert werden. Das Forschungsprojekt soll so die ökologischen Leistungen der Agrarsysteme sichtbar machen und Biodiversität gezielt unterstützen.

Automatische Erkennung von Lebenszyklen arktischen Zooplanktons

Im Rahmen der „MOSAIC“-Expedition mit dem Forschungsschiff POLARSTERN sind über 4 Mio. Bilder von arktischem Zooplankton gesammelt worden. Die Analyse dieser Bildmenge kann nur in einem automatisierten Arbeitsprozess und durch Integration moderner digitaler Methoden zeitnah erfolgen. Das BMBF-geförderte Verbundprojekt MAZE entwickelt dafür ein automatisiertes Bildanalyseverfahren, welches die Zuordnung von Organismen zu taxonomischen Kategorien sowie deren Vermessung effizienter gestalten soll. Dafür soll auch die Erkennung und Vermessung einzelner Organe, welche beispielsweise der Reproduktion oder Überwinterung dienen, mittels Deep-Learning-Modellen trainiert werden. Übergreifendes Ziel ist es, ein Softwaresystem mit speziellen Bildverarbeitungs- und Deep-Learning-Komponenten für die effiziente Analyse von Planktonbildern zu erstellen. Dieses soll auch externen Forschenden zugänglich gemacht werden, indem es open-source veröffentlicht wird.

KI-Echtzeit-Frühwarnsystem für Offshore-Öl- und -Gas-Unfälle

Im Rahmen der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit mit Israel wird im BMBF-geförderten Verbundprojekt DARTIS ein automatisches, intelligentes Echtzeit-Informationssystem entwickelt. Das System wird vom israelischen Partner unmittelbar zur Frühwarnung und Notfallbereitschaft von Öl- und Gasoperationen verwendet und unterstützt die israelische Küstenbehörde bei der Detektion und Risikominderung von Leckagen und Unfällen mit Öl und Gaskondensaten im Meer. Dazu werden fortgeschrittene Datenassimilations- und Satelliten-Fernerkundung mit künstlichen neuronalen Netzwerken kombiniert. Das Untersuchungsgebiet liegt im östlichen Mittelmeer vor der Küste Israels. Ziel der Forschungsarbeiten im deutsch-israelischen Verbund sind Fortschritte auf dem Gebiet der angewandten Ozeanographie. Erzielte technologische und wissenschaftliche Fortschritte sind auf andere Meeresgebiete und Offshore-Aktivitäten anwendbar (z.B. Küstenschutz und Küstenzonenmanagement, Management von Offshore-Aquakultur, sowie Schifffahrts- und Hafenmanagement).

Mit KI zum umweltschonenden Monitoring von CO₂-Speichern

Neben der Reduktion des Kohlendioxidausstoßes werden auch Strategien der langfristigen und umweltschonenden Speicherung von Kohlendioxid erforscht. Vor diesem Hintergrund zielt das Projekt GEOSTOR im Rahmen der BMBF-geförderten Forschungsmission „Marine Kohlenstoffspeicher als Weg zur Dekarbonisierung“ darauf ab, untersuchungswürdige Speicherformationen zu identifizieren und eine Roadmap für die Umsetzung der CO₂-Speicherung in der deutschen Nordsee zu entwickeln. Dazu gehört auch die Entwicklung umweltverträglicher Verfahren zur Überwachung von Speicherstätten. Für ein industriell skalierbares und gesellschaftlich akzeptables Überwachungssystem, d.h. Monitoring, Messung und Verifizierung der CO₂-Sequestrierung, ist eine automatisierte und optimierte Interpretation der Daten eine grundlegende Voraussetzung. Im Rahmen des Projekts GEOSTOR will das Technologie-Start-up-Unternehmen TrueOcean GmbH neue Instrumente entwickeln, um die großen Datenmengen, die bei der vorgesehenen passiv-seismischen Monitoring-Methode anfallen, effizient auszuwerten. Dabei werden KI-Ansätze genutzt, um die Analyse seismischer Ereignisse zu automatisieren und qualitativ zu verbessern. Seismische Events sollen durch Maschinelles Lernen klassifiziert und in einer Ereignisdatenbank gespeichert werden. Ziel ist, ein innovatives und effizientes KI-Verarbeitungssystem zu entwickeln, das die Einrichtung einer sicheren und kosteneffizienten Überwachungsstruktur erlaubt.

Mit Deep Learning die Qualitätskontrolle von ozeanographischen Daten unterstützen

Mithilfe des Deep-Learning-Algorithmus SalaciaML soll die Qualitätskontrolle von Ozeantemperaturprofilen algorithmisch unterstützt und teilweise automatisiert werden, wodurch Fehler in gesammelten Daten besser aufgespürt werden können. Fehlerfreie Messdaten sind enorm wichtig, um den Zustand der Ozeane zu monitoren, den Wärmehaushalt besser zu verstehen und z.B. korrekte Berechnungen zum Meeresspiegelanstieg durchzuführen sowie Modelle zu initialisieren und zu evaluieren.

Das Training und die Auswertung des vom Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI) und Partnern entwickelten Deep-Learning-Ansatzes SalaciaML basiert auf Meerestemperaturprofilen, die von der SeaDataNet-Dateninfrastruktur bereitgestellt werden, die Meeresdaten aus mehr als 100 Datenzentren in Europa verwaltet. Trotz existierender klassischer Algorithmen (z.B. Grenzwert-Filter) werden die besten Ergebnisse bei der Qualitätskontrolle durch zeitaufwändige visuelle Expertenüberprüfung durch Ozeanographinnen und Ozeanographen erzielt. Das Expertenwissen und die menschliche Erfahrung, die letztlich zu einer Entscheidung bzgl. der Qualität der Daten führen, lassen sich mit klassischen Algorithmen nicht abbilden. Im Gegensatz dazu sind KI-Systeme in der Lage, derartige komplexe Prozesse zu „lernen“, um menschliches Verhalten – hier das Erkennen von Fehlern – zu imitieren. KI kann so den menschlichen Aufwand verringern und die Qualität der Daten verbessern und vereinheitlichen.

In einem ersten Ansatz wurde der Algorithmus auf einen großen Datensatz mit mehr als zwei Millionen Messpunkten aus dem Mittelmeer angewendet. SalaciaML war in der Lage, mehr als 90 Prozent aller guten und/oder schlechten Daten in 11 von 16 Mittelmeerregionen korrekt zu erkennen. Die Entwicklung von SalaciaML stellt eine der ersten Anwendungen von KI und Deep Learning für eine umfassende Qualitätskontrolle von Ozeandaten dar. Im BMBF-geförderten Verbundprojekt „Online Services zur Erkundung, Analyse und Visualisierung von MOSAiC Daten (M-VRE)“ kommt der Deep-Learning-Algorithmus ebenfalls zum Einsatz. Im Rahmen des Projekts wird derzeit eine webbasierte Online-Plattform, ein sogenanntes „Virtual Research Environment (VRE)“, entwickelt, um die gewonnenen und ausgewerteten Daten der MOSAiC-Expedition zu visualisieren und über Open Access allen Forscherinnen und Forschern weltweit zur Verfügung zu stellen. Im Rahmen der einjährigen, internationalen MOSAiC-Expedition in die zentrale Arktis wurden angeleitet vom deutschen Alfred-Wegener-Institut zwischen 2019 und 2020 mehrere tausend Proben und Terabyte Klimadaten erhoben.

KI-gestützte Analyse potenziell toxischer Algenblüten

Toxische Algenblüten stellen ein natürliches Risiko für Ökosysteme der Binnen- und Meeresgewässer dar und haben weitreichende sozioökonomische Auswirkungen, etwa auf das Gesundheitswesen, den Tourismus und die Fischerei. Das europäische Verbundprojekt AIHABs wird im Rahmen des ERANet Cofund AquaticPollutants dazu beitragen, eine verbesserte Vorhersage toxischer Algenblüten in Form eines Frühwarnsystems zu generieren. So wird ein rechtzeitiges Ergreifen notwendiger Maßnahmen möglich. Dazu werden am Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ) optische Merkmale von Algenblüten in Labor- und Feldversuchen erfasst. Diese Ergebnisse werden im europäischen Verbund mit Fernerkundungsdaten, der Entwicklung von Nanosensoren und einer umfangreichen genetischen Bestimmung der Algenpopulationen verknüpft. Mit Werkzeugen der Künstlichen Intelligenz entstehen auf Basis verschiedener Datensätze semi-empirische Vorhersagemodelle.

Mit KI zur Landwirtschaft ohne chemisch-synthetischen Pflanzenschutz

Landwirtschaft ohne chemisch-synthetischen Pflanzenschutz und trotzdem ein ausreichendes und qualitativ hochwertiges Lebensmittelangebot: Dies ist eine wichtige gesellschaftspolitische Zielsetzung für einen nachhaltigen Wandel. Darin liegt das Ziel von NOcsPS (LaNdwirtschaft 4.0 Ohne chemisch-synthetischen PflanzenSchutz): die Erzeugung landwirtschaftlicher Produkte, die noch stärker umwelt- und naturschonend produziert werden. In diesem Verbundprojekt wird eine Alternative zu konventioneller und ökologischer Landwirtschaft erforscht. Der Einsatz chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel muss reduziert werden, um eine ökonomische und ökologische Landwirtschaft zu ermöglichen, welche die Biodiversität bewahrt. An der Universität Hohenheim, der Georg-August-Universität Göttingen sowie dem Julius Kühn-Institut werden dazu im Forschungsverbund NOcsPS unter anderem KI-Methoden für eine technologiegestützte Weiterentwicklung im integrierten Pflanzenschutz erforscht. Dazu wird z.B. in einem Teilvorhaben des BMBF-geförderten Verbundprojekts eine KI-Pipeline zur automatischen Erkennung eines Befalls von Pflanzenbeständen mit Krankheitserregern (sog. Pathogene) mithilfe von Drohnenscans entwickelt. Die Entwicklung erfolgt mithilfe moderner Maschinelles Lernverfahren

(Deep Learning) und soll eine kontinuierliche Verbesserung des Detektionsalgorithmus ermöglichen. Angewandt auf drohnenbasierte (Hyper-)Spektralaufnahmen soll so ein automatisiertes und gleichzeitig effizienteres sowie hochaufgelöstes Pathogenmonitoring ermöglicht werden. Dadurch können chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel eingespart und biologische Alternativen dazu besser eingesetzt werden, was in Folge zu einer ökologischeren und gleichzeitig ökonomischen Landwirtschaft beitragen wird. Dazu werden im Projektverbund auch weitere technologische Innovationen untersucht, insbesondere im Bereich des Smart Farmings: neben der Optosensorik zur 3D-Pflanzenmodellierung etwa auch automatisierte und digitalisierte Hack- und Düngerapplikations- sowie Saattechniken sowie optimierte Verarbeitungsverfahren für NOcsPS-Foodprodukte. Darüber hinaus werden Innovationen bei weiteren Dienstleistungen im Bereich von Schaderregerprognosen bzw. des Resistenzmanagements sowie bei Modellentwicklungen für Methoden- und Prozessverbesserungen erforscht.

Energieversorgung

Für einen nachhaltigen Wandel muss unsere Energieversorgung auf erneuerbare Energien umgestellt werden – auch hier können digitale Schlüsseltechnologien einen wichtigen Beitrag leisten. In der Energiewirtschaft und -versorgung gilt KI als wichtiger Baustein für mehr Energieeffizienz und eine höhere Versorgungssicherheit in der Energiewende. KI bietet zudem vielfältige Potenziale, um den Energieverbrauch zu reduzieren und eine saubere Energiegewinnung zu fördern. Vor allem im Bereich der Instandhaltung und Wartung von Anlagen versprechen KI-Systeme große Potenziale, da sie zeitnah Verschleiß, Systemfehler und daraus resultierende Ertragsverluste erkennen können.²⁸ So können etwa mit Sensoren ausgestattete Windkraftanlagen Daten zum Zustand der Anlage analysieren.

Der Energiemarkt wird durch den zunehmenden Ausbau erneuerbarer Energiequellen aus verschiedenen Erzeugeranlagen voraussichtlich komplexer, Schwankungen im Stromnetz durch Wetterunterschiede bei der Stromgewinnung aus Wind- und Sonnenkraft müssen daher künftig stärker ausbalanciert werden. Intelligente Stromnetze könnten den Bedarf an Elektrizität mit der Verfügbarkeit verschiedener erneuerbarer Energiequellen abgleichen und die Dezentralisierung von Netzen und Steuerungsmechanismen unterstützen. Auch könnte in

smarten Netzen der Rohstoffverbrauch (z.B. Gas) und andere Energieträger durch KI-Systeme optimiert werden. So soll der Einsatz von KI in Smart Grids ermöglichen, die Netze optimal zu steuern, etwa durch unterstützte Entscheidungen dazu, wann Strom gespeichert und wann gespeicherter Strom genutzt werden soll.

Durch Grundlagenforschung tragen KI-Systeme zum technologischen Fortschritt im Energiesektor bei. Mit dem Aktionsplan „ErUM-Data“ plant das BMBF die Förderung der Digitalisierung der Grundlagenforschung an großen Forschungsinfrastrukturen. Ein vielversprechender Teil davon ist die Weiterentwicklung von Bildgebungsverfahren, wie sie in der Batterieforschung verwendet werden, um die Prozesse beim Betrieb von Batterien zu optimieren.

KI für eine nachhaltige Bauwirtschaft

Moderne Bauvorhaben sind komplex und aufwändig – die hohe Fragmentierung der Bauwirtschaft und die Beteiligung vieler verschiedener Akteure führen zu Wissens- und Schnittstellenverlusten innerhalb der Wertschöpfungskette und zwischen Softwareprodukten. Ein Problem stellen häufig auch heterogene und schwer zugängliche Daten dar. Um Planungs- und Produktionsprozesse zu optimieren und die fragmentierte Bauwirtschaft zusammenzuführen, entwickelt das Forschungsprojekt Smart Design and Construction (SDaC) eine digitale Plattform für die Vernetzung der gesamten Bauwirtschaft – Effizienz, Sicherheit und Nachhaltigkeit stehen dabei im Vordergrund. Auf der SDaC-Plattform werden die Daten aller am Bauprozess beteiligten Unternehmen durch KI-Methoden maschinell lesbar gemacht und zusammengeführt. Mithilfe der Datenaufbereitung können dann etwa Objekte in Bildern oder Grundrissen einfach gelabelt und erkannt oder auch Inhalte von Texten klassifiziert werden. Auf dieser aggregierten Grundlage entstehen neue KI-Anwendungen von der Bauwerksplanung bis zur Baurealisierung, die sich besonders an KMU der Bauwirtschaft richten. Diese Anwendungen sollen kontinuierlich um weitere Anwendungen von Bausoftwareunternehmen erweitert werden. Hinter SDaC steht ein Netzwerk aus mehr als 40 Projektpartnern aus Wissenschaft und Praxis. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert und vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) koordiniert.

Maschinelles Lernen für nachhaltige IoT- und 5G-Systeme

Internet-of-Things (IoT)-Geräte finden heute in vielen Alltagssituationen weitreichende Anwendung. Für ihren nachhaltigen Betrieb bedarf es spezieller Energiemodelle und Monitoring-Subsysteme, die fehlerhaftes Verhalten sowie ineffiziente Ressourcennutzung frühzeitig erkennen. Mithilfe Künstlicher Intelligenz können IoT- und 5G-Geräte befähigt werden, Energiemodelle automatisiert aus ihren eigenen Ressourcennutzungsdaten abzuleiten. Diese Modelle werden dann zur Vorhersage des Ressourcenverbrauchs und zur Erkennung von abweichendem Systemverhalten verwendet. Forschende des Verbundprojekts TRAICT aus dem Fraunhofer-Innovationsprogramm und des Kompetenzzentrums ML2R (nun Lamarr-Institut für Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz) untersuchten, wie Integer Markov Random Fields zur Modellierung des Ressourcenverbrauchs und des Systemverhaltens eines IoT-Geräts und einer 5G-Kernnetzkomponente unter verschiedenen Arbeitsbelastungen eingesetzt werden können. Die probabilistischen grafischen KI-Modelle sind so konzipiert, dass sie so wenig Ressourcen wie möglich verbrauchen und auf Kleinsteingäten mit wenigen Milliwatt Solarstrom eingesetzt werden können. Die Ergebnisse zeigten, dass das entwickelte maschinelle Lernmodell wichtige Charakteristika der Testsysteme abbildet und gute Vorhersagen zum Stromverbrauch liefert.

KI-basierte Verkehrsroutenplanung für die Smart City

Viele Straßennetze in Großstädten und Ballungsräumen sind von permanenten Verkehrsstaus betroffen. Die Folge: Zeitverlust, unnötiger Energieverbrauch sowie erhöhte Emissionswerte und vermeidbare Unfallgefahren. Die intelligente Verkehrslenkung ist folglich von großem Interesse für die nachhaltige Smart City von morgen. Forschende im Sonderforschungsbereich 876 an der Technischen Universität Dortmund und im EU-geförderten Projekt INSIGHT entwickelten hierfür neuartige Verkehrsmodelle, welche zukünftige sowie vergangene Verkehrsbedingungen einbeziehen und so eine individuelle und situationsbedingte Routenplanung ermöglichen. Das maschinelle Lernmodell wertet hierzu Sensordaten aus dem Stadtgebiet in Echtzeit aus und gibt die kalkulierte Route über eine webbasierte Nutzeroberfläche an die Verkehrsteilnehmenden weiter. Die Nutzenden können so durch alternative Routen dynamisch auf Behinderungen im Straßenverkehr reagieren. Das Forschungsteam testete das entwickelte System erfolgreich im Rahmen eines realistischen Anwendungsfalls in der Stadt Dublin (Irland).

Mobilität und Bauwirtschaft

Damit die Energiewende gelingt, braucht es nicht nur den Wechsel auf erneuerbare Energien, sondern auch die effizientere Nutzung von Energien, etwa in Gebäuden durch Smart-Home-Systeme und nachhaltige Neubau- und Renovierungskonzepte: In diesem Zusammenhang werden bereits heute zahlreiche KI-Lösungen im Rahmen von Prognose-, Diagnose- und Steuerungssystemen eingesetzt, um etwa IoT-Daten (Internet of Things), Strompreise und Wetterdaten miteinander zu verknüpfen und Gebäude energieeffizient und klimafreundlich zu betreiben.²⁹ Dabei muss beachtet werden, dass energieintensive IoT-Technologien sinnvollerweise ausschließlich für Geräte mit Energieeinsparpotenzial genutzt werden sollten, um den Nettoenergieverbrauch so insgesamt senken zu können.

Künstliche Intelligenz kann zudem einen wichtigen Beitrag dazu leisten, eine sichere, flexible und kostengünstige Mobilität auf der Straße oder der Schiene, zu Wasser oder in der Luft zu ermöglichen. Möglich wird dies durch das Zusammenspiel von Sensoren, Kameras sowie intelligenten Infrastrukturen und Plattformen, die Verkehrsdaten aufnehmen, verwalten und teilen. Mit immer leistungsfähigeren Verfahren des Maschinellen Lernens werden die gesammelten Daten verarbeitet und daraus Aktionen abgeleitet, die entweder vom Menschen oder von den Systemen selbst umgesetzt werden.

KI kann vor allem durch Effizienzsteigerung, durch die Optimierung der Fahrzeuginstandhaltung und der Steuerung von Verkehrsströmen zu nachhaltigeren Mobilitätskonzepten beitragen.³⁰ Dazu ist es wichtig, Einsatzszenarien für hoch- und vollautomatisierte Fahrzeuge zu entwickeln, welche aus Nachhaltigkeitssicht sinnvoll sind. Denn eine große Herausforderung im Mobilitätsbereich besteht in digitalen Gesellschaften darin, den Verkehr insgesamt zu reduzieren, ohne die individuelle Mobilität einzuschränken: Dies kann durch innovative digitale Plattformen, über die Verkehrskapazitäten kanalisiert werden, oder über die gemeinschaftliche Kapazitätsnutzung erreicht werden. Innovative Technologien müssen daher mit neuen Geschäftsmodellen dafür sorgen, dass kommerzielle Ziele mit Nachhaltigkeit vereinbart werden können. Gleichzeitig müssen auch Angebote der öffentlichen Verkehrsmittel erweitert, modernisiert und schließlich auch intelligenter gestaltet werden.³¹ Diese Angebote müssen mit Blick auf die Ziele der strategischen Stadt- und Verkehrsentwicklungsplanung abgestimmt werden. KI kann auch die Effizienz städtischer Verkehrsnetze verbessern, indem Bewegungsmuster, die Nachfrage bestimmter Mobilitätsoptionen und variierende Muster dieser Nachfrage für intelligente Lösungskonzepte analysiert werden. Ein KI-optimiertes Transportnetzwerk kann zudem nicht nur den Ressourcenverbrauch redu-

zieren (z. B. durch weniger Staus), sondern auch die Lieferkettenlogistik durch autonome Flotten verbessern. Eine weitere Herausforderung für eine nachhaltigere Mobilität mithilfe von KI besteht einerseits darin, dass Bürgerinnen und Bürger sich auf neue Mobilitätsformen und -angebote einlassen: Dazu braucht es Vertrauen und Verbraucherwünsche, und Mobilitätsbedürfnisse sollten je nach Bevölkerungsgruppe bei der Gestaltung der Mobilitätswende berücksichtigt werden, was Reallabor-Settings ermöglichen. KI-Systeme werden gleichzeitig meist

KI-basierte resiliente Planung und Design von Renovationsprojekten

Der Klimawandel und sich verändernde Umweltbedingungen beeinflussen auch Anforderungen an die Renovierungsmaßnahmen von Gebäuden, etwa im Bereich verbesserter Isolation und neuer Heizungskonzepte, um den Energiebedarf zu senken. Renovationen, die in Konstruktion, Materialwahl und Ausführung im Spannungsfeld zwischen der besten technischen und einer ökonomischen Lösung vor wenigen Jahren noch als für lange Zeit ausreichend betrachtet wurden, müssen nun durch den rapiden Klimawandel schnell überdacht werden. Die teilweise rapide Abfolge der Extreme Sturm, Fluten und Hitzewellen macht nicht nur vergangene Renovierungen obsolet, sondern greift vielerorts die Substanz der Gebäude an sich an. Die Corona-Pandemie hat zudem gezeigt, dass unvorhergesehene Ereignisse einen großen Einfluss auf alle Bereiche des Lebens haben – und auch Bauvorhaben ins Stocken bringen können. Deshalb sollten Renovationsvorhaben sowohl im Design als auch in der Durchführung so geplant werden, dass sie resilient gegenüber solchen Veränderungen sind. Ziel des deutsch-französischen Forschungsprojekts RenovAlte ist die KI-basierte resiliente Planung und das Design von Renovationsprojekten für Häuser sowie die Planung von Renovierungsmaßnahmen und Überwachung von Straßen mithilfe von Sensordaten und KI-Unterstützung. Im Rahmen des Projekts wird am OFFIS in Oldenburg eine Simulationsumgebung erstellt, um Simulationsmodelle für solche Renovierungsprojekte abzuleiten. Diese Simulationsmodelle ermöglichen es, Renovierungsprojekte mithilfe von Adversarial Resilience Learning auf ihre Resilienz zu untersuchen und zu optimieren. Das System soll es Entscheidungsträgern ermöglichen, Renovierungsprojekte so zu planen, dass Verzögerungen bei Bauvorhaben und frühzeitige erneute Renovierungen aufgrund veränderter Umweltbedingungen vermieden werden können.

auf der Grundlage historischer Daten trainiert (vgl. Kapitel 2): Um das Verkehrssystem als Ganzes nachhaltig zu verändern, müssen die Nachhaltigkeitsziele daher auch in die Nutzenfunktion der jeweiligen Algorithmen implementiert und Wechselwirkungen zwischen Mobilität und anderen Sektoren beachtet werden.³²

KI und ökonomische Nachhaltigkeit

In vielen Unternehmen ermöglicht KI, Prozesse effizienter zu gestalten, den Ressourcenverbrauch zu optimieren und dadurch Emissionen zu verringern. Viele ökologische Optimierungsmaßnahmen zahlen daher auch konkret auf ökonomische Nutzenpotenziale ein, etwa im Bereich von Rationalisierungsgewinnen oder Recyclingprozessen. Beim Einsatz von KI entstehen in Unternehmen daher oft Synergieeffekte zwischen ökonomischen und ökologischen Potenzialen. Gleichzeitig gilt es zu beachten, dass ökonomische Vorteile (z. B. Kosteneinsparungen) durch den Einsatz von KI auch potenziell zu einer erhöhten Nachfrage nach Gütern oder Services führen können und ressourcenschonende Nachhaltigkeitseffekte damit konterkariert werden könnten. Im Sinne eines nachhaltigen Wandels stehen ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit dann im Einklang, wenn die durch den KI-Einsatz zusätzlich geschaffenen Konsummöglichkeiten für Verbraucher größer sind als die hierfür aufgewendeten Kosten unter Berücksichtigung der gesellschaftlich geforderten ökologischen Standards. Für Unternehmen bedeutet nachhaltigeres Wirtschaften, bei ökonomischen Entscheidungen über Produktion, Verteilung und Verwendung von Ressourcen und Gütern das Gemeinwohl zu berücksichtigen und

Mit effizienter industrieller KI zur nachhaltigen Energieversorgung, Produktion und Mobilität

Einen Beitrag zum nachhaltigen Wandel können Unternehmen auch leisten, indem Wirtschaftlichkeitsziele angepasst und mithilfe von KI-Technologie nachhaltige Key-Performance-Indikatoren (KPI, Leistungskennzahlen) integriert sowie Geschäftsprozesse nachhaltiger optimiert werden. Das Softwareunternehmen PSI entwickelt dazu industrielle KI-Lösungen, um Kunden bei der nachhaltigen Gestaltung ihrer Geschäftsprozesse zu unterstützen. Bereits seit zwei Jahrzehnten nutzt das Unternehmen KI für die Optimierung des Energie- und Materialflusses in

industriellen Prozessen. Aktuell werden weitere Produktlösungen erforscht, um Nachhaltigkeits-KPIs zu Nachhaltigkeitszielen in bestehende Optimierungsverfahren zu integrieren.

Auf Grundlage der hochverfügbaren PSI-Software-Plattform werden über fünfzig verschiedene KI-Anwendungen in Kundenprojekten produktiv eingesetzt. Neben klassischen betriebswirtschaftlichen Effizienzzielen rücken dabei vermehrt Nachhaltigkeitsziele in den Mittelpunkt. Mittels integrierter KI-Verfahren unterstützen PSI-Softwareprodukte schon heute die nachhaltigere Energieversorgung und Produktion. Dabei sind die PSI-eigenen KI-Optimierungssoftware-Tools Qualicision und Deep Qualicision im Einsatz, die mit Blick auf reduzierte Rechen- und Trainingszeiten auch die Vermeidung von Rebound-Effekten berücksichtigen (siehe Kapitel 2). Dabei führt die darin integrierte Zielkonfliktanalyse selbst zur Reduktion von Rechenzeit durch die sogenannte polynomielle Komplexität der zugrunde liegenden Rechenheuristiken.

Bei der Optimierung der Montagesequenzen in der Automobilindustrie mittels Qualicision (Entscheidungsunterstützung in der Geschäftsprozessoptimierung) lassen sich durchschnittlich 15 Prozent der Ressourcen einsparen, was für eine Fahrzeugfabrik einer jährlichen CO₂-Vermeidung von mehreren tausend Tonnen entspricht. In der Metallindustrie helfen KI-Lösungen des Softwareherstellers, den Energie- und Ressourceneinsatz zu optimieren, zudem begleiten sie den Strukturwandel zu CO₂-armer Stahlproduktion. Denkbar wäre auch die Kombination des KI-gestützten Energiehandels, der Energieeffizienz mit Produktionseffizienz und mit Energiepreiseffizienz koppelt. Bei der Wartung elektrischer Netze und anderer kritischer Infrastrukturen konnten die Geschäftsprozesse durch Qualicision so verbessert werden, dass die gleiche Arbeitslast mit 15 Prozent geringerem Ressourceneinsatz und CO₂-Ausstoß bewältigt wurde. Durch die Vermeidung unnötiger Belastungsspitzen verbesserte sich zugleich die Zufriedenheit der Beschäftigten.

KI-Softwarelösungen können auch den Umstieg auf emissionsfreien Personennahverkehr durch die Nutzung von Elektrobussen unterstützen: Mit dem ganzheitlichen Depot- und Lademanagementsystem des Softwareherstellers (PSIlebus) werden die dafür wichtigen Einflussfaktoren, etwa die begrenzte Reichweite, die Ladeinfrastruktur auf der Strecke und im Betriebshof, die Anzahl der Fahrgäste und die Außentemperatur, berücksichtigt und mit Qualicision optimiert. Die entscheidungsunterstützende Optimierungssoftware wird bereits bei mehr als 15 Verkehrsunternehmen in Belgien, Deutschland, Frankreich und Polen eingesetzt.

Verantwortung für den Erhalt sowie die Regeneration von Ökosystemen zu übernehmen.³³ Das gelingt, wenn ein regulativer Rahmen aufgespannt wird, der transparente und faire Wettbewerbschancen auf nationalen und internationalen Märkten schafft. Industrieunternehmen können durch den Einsatz digitaler Technologien und KI so etwa bei niedrigeren Kosten und höherer Qualität die Produktivität und Flexibilität steigern, Ausschussraten im Produktionsprozess reduzieren und gleichzeitig Kundenforderungen nach mehr Umwelteffizienz und Klimafreundlichkeit von Produktion und Produkten begegnen.³⁴ Indem produkt- und produktionsbezogene Daten innerhalb des gesamten Wertschöpfungs-systems gesammelt werden, verbessern sich dabei gleichzeitig die Voraussetzungen für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft. KI kann damit beim Aufbau und der

KI-optimierte Lebensmittelproduktion bei schwankender Rohstoffqualität

Die Klimaerwärmung und extremer werdende Wetterbedingungen führen in bestimmten Branchen zu schwankenden Rohstoffqualitäten. So setzen extreme Hitzewellen, Wassermangel und starke Regenfälle etwa bestimmten Getreidesorten sehr zu, was Herausforderungen für die verarbeitende Lebensmittel- und Getränkeindustrie bedeutet. Die Brauerei Bitburger setzt hierzu KI ein, um mithilfe datengetriebener Prozessoptimierung die Ressourcen effizienter in der Produktion einzusetzen. Beim Brauvorgang werden natürliche Rohstoffe wie Malz, Hopfen, Hefe und Brauwasser benötigt, insbesondere Malz (als Ursprungsrohstoff die Gerste) und Hopfen sind im Anbau und im Ertrag stark wetterabhängig. Dazu werden verschiedene Malzchargen gemischt, um gleichbleibend Qualität und Geschmack gewährleisten zu können. Ein wichtiger Faktor dabei ist die Kaltwürzeausbeute, die Kennzahl beschreibt den Anteil des Malzextrakts, der im Sudhaus aus dem Malz gewonnen werden kann. Mithilfe eines KI-basierten Vorhersagemodells der Kaltwürzeausbeute, basierend auf Prozessparametern und insbesondere den Laborwerten des verwendeten Malzes, ließen sich in Zukunft passgenaue Empfehlungen an die Schüttung sowie Anpassung genutzter Prozessparameter ableiten. Damit kann auch bei jahrgangsabhängigen und saisonalen Schwankungen der Rohstoffqualität eine konstante Prozessqualität gewährleistet werden. Die enge Kooperation zwischen Anwenderinnen und Anwendern, Maschinen- und Anlagenbauern ermöglicht so einerseits die Entwicklung innovativer, datengetriebener Prozessoptimierungen. Andererseits lassen sich durch solche Lösungsansätze auch die Energie- und Ressourceneffizienz in der Getränkeindustrie insgesamt steigern.

Verbesserung der Infrastruktur für die „Rückwärtslogistik“ helfen, um den Kreislauf für Produkte und Materialien zu schließen, indem die Prozesse zur Sortierung und Zerlegung von Produkten, zur Wiederaufbereitung von Komponenten und zum Recycling von Materialien optimiert werden.³⁵ Durch KI ergeben sich systematisch Gewinnchancen im Bereich der Kreislaufwirtschaft, deren Potenzial es vor allem für ein rohstoffarmes Land wie Deutschland in Zukunft zu heben gilt.

KI-basierte, ressourcenschonende Qualitätssicherung in der Massenproduktion

Selbst mit modernsten Fertigungstechnologien lassen sich Defekte auf funktionalen Oberflächen und Dekorteilen nicht zuverlässig ausschließen, der Einsatz von KI bietet hier großes Potenzial: Im Pilotprojekt HOLO-KI, das vom Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM, der Werner Gießler GmbH und der Scitis.io GmbH umgesetzt wird, wird das aktuell schnellste und genaueste optische 3D-Inline-Messsystem der Welt um eine KI-basierte Bauteilklassifikation erweitert. Umgesetzt wird das Projekt, das vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg gefördert wird, unter realen Fertigungsbedingungen bei der automatisierten Qualitätssicherung von Präzisionsdrehteilen. Da manuelles Labeln von Gut- und Schlechteilen für das Anlernen der KI unter Produktionsbedingungen (Zeitdruck, kein geschultes Personal) häufig nicht praktikabel ist, wird im Projekt eine Strategie zum autonomen Lernen umgesetzt. Dabei wird auch automatisch der Pseudoausschuss beim erneuten Durchlaufen der Prüfung erkannt; beim zweiten Durchlauf werden als Gutteile klassifizierte Bauteile für das Training der KI verwendet. Die KI lernt auf diese Weise, selbstständig Pseudofehlermerkmale zu definieren – ohne manuelles Labeln. Ziel ist die Umsetzung der hybriden, selbstlernenden Bildverarbeitung der vom holographischen 3D-Messsystem generierten Daten. Langfristig soll so eine fehlerfreie und effektive Qualitätssicherung hochwertiger Bauteile in der Massenproduktion ermöglicht werden. Die Gießler GmbH, ein mittelständischer Familienbetrieb, der auf die Produktion von Dreh- und Frästeilen für Automotive und Medizintechnik spezialisiert ist, profitiert im Erfolgsfall direkt durch die Steigerung der Produktivität um bis zu zehn Prozent und einen reduzierten CO₂-Fußabdruck von 100 Tonnen CO₂ pro Jahr.

KI und soziale Nachhaltigkeit

Die zunehmende KI-Nutzung erfordert auch die ethische Diskussion über den verantwortungsvollen Einsatz von Technologien zur Unterstützung der Umsetzung der Ziele für eine nachhaltige Entwicklung (SDGs). Eine sozial nachhaltige Entwicklung hat eine auf Dauer zukunftsfähige, global gerechte und lebenswerte Gesellschaft für alle sozialen Gruppen zum Ziel und umfasst die Erfüllung grundlegender Bedürfnisse von Menschen (z. B. Nahrung, Wohnung), gute Lebensbedingungen (z. B. Bildung) sowie gleiche Verwirklichungschancen und soziale Teilhabe.³⁶ Obwohl KI bei diesen nachhaltigkeitsbezogenen Anwendungen in der Praxis bislang meist nur eine Nebenrolle spielt, bieten KI-Technologien auch in diesem Zusammenhang viele Chancen, wenn sie zielgerichtet zu diesem Zweck eingesetzt werden (z. B. Armutsbekämpfung, Bildung, gute Arbeitsbedingungen). So kann KI auch im Bereich der Entwicklungszusammenarbeit und humanitären Hilfe eingesetzt werden, etwa bei der Vorhersage von Naturkatastrophen und Krankheitsausbrüchen, bei der Aufdeckung von Menschenrechtsverletzungen oder als maschinelles Übersetzungswerkzeug zur Überwindung von Sprachbarrieren.³⁷



KI erhöht nicht nur den Produkt-Mehrwert. Sie zahlt auch auf einen sozioökonomischen Nutzen ein. Bei intelligenten Prothesen befähigt die Künstliche Intelligenz, Bewegungsmuster von Anwenderinnen und Anwendern zu erlernen. Das sorgt für natürlichere Bewegungen und damit für mehr Lebensqualität, Teilhabe und Selbstbestimmung. Hier wird der volle Nutzen von KI plötzlich greifbar – wir helfen damit Menschen mit Handicap nach einer Amputation, ein erfüllteres Leben zu führen.

Güngör Kara, Chief Digital Officer (CDO) bei Ottobock und Mitglied der Plattform Lernende Systeme



KI-Technologien können uns auf dem Weg zu sozialer Nachhaltigkeit beispielsweise auch durch technologische Innovationen und Fortschritte in der medizinischen Versorgung unterstützen, etwa durch schnellere und effizientere Forschungsprozesse, bei der Früherkennung von Krankheiten (z. B. in der [Krebsdiagnostik](#)) oder durch die [Unterstützung in der Pflege](#). KI kann uns auch helfen, die soziale Inklusion weiter zu fördern und Menschen mit Beeinträchtigungen, Personen mit geringen Sprachkenntnissen oder mit eingeschränk-

ter Mobilität eine gleichwertige Teilhabe an der Arbeitswelt und am gesellschaftlichen Leben zu eröffnen. Auch in der Arzneimittel- und Wirkstoffforschung kann KI verschiedene Anwendungsbereiche unterstützen: So können KI-Algorithmen zur Vorauswahl vielversprechender Wirkstoffmoleküle, zur Identifizierung neuer Wirkstoffkandidaten sowie zur Beschleunigung klinischer Studien eingesetzt werden. Durch diese Effizienzgewinne in der KI-basierten Wirkstoffforschung könnten effektivere Therapieansätze und eine kostengünstigere Entwicklung von Therapiemöglichkeiten auch zu sozialer Nachhaltigkeit beitragen.

Anforderungen an einen ethisch verantwortungsvollen KI-Einsatz

Ein umfassendes Verständnis von sozialer Nachhaltigkeit hat zudem weitreichende Konsequenzen für die Gestaltung und Entwicklung von KI-Systemen und impliziert, dass keine Bevölkerungsgruppen ausgeschlossen, benachteiligt oder diskriminiert werden und die menschliche Autonomie und Handlungsfreiheit durch KI-Systeme nicht eingeschränkt werden.³⁸ Vor dem Hintergrund der gesellschaftlichen Folgen des KI-Einsatzes wird daher auch zunehmend über den verantwortungsvollen und ethischen Einsatz von KI diskutiert: Dies betrifft unter anderem Aspekte wie Transparenz, Vertrauenswürdigkeit, Autonomie, Zuordnung von Semantik zu Daten (Labeling) und Datenschutz. So sollten KI-Systeme nur so eingesetzt werden, dass Schaden für Einzelpersonen, die Gemeinschaft und die Umwelt vermieden wird, die Rechtskonformität von KI-Systemen in der Praxis von Entwickelnden, Anbietenden und Nutzenden gewährleistet ist und das eingesetzte KI-System die notwendige technische Robustheit erfüllt, sodass es zu keinem Zeitpunkt ein unannehmbares Sicherheitsrisiko darstellt. Wie der Missbrauch von KI-Systemen technologisch verhindert werden kann, haben Expertinnen und Experten der Plattform Lernende Systeme in einem [Whitepaper](#) untersucht.

Diskutiert werden muss in diesem Zusammenhang auch die algorithmische Fairness von KI-Entscheidungssystemen im Unternehmenskontext, die zu ungleichen Ergebnissen oder anderen Formen der Ungerechtigkeit für Bevölkerungsgruppen führen können. Fairness ist aus Gründen der Rechtskonformität, der sozialen Verantwortung und des Nutzens von zentraler Bedeutung – so können unfaire oder verzerrte KI-Systeme der Wettbewerbsfähigkeit oder der Gesamtleistung von Unternehmen und insgesamt auch der gesamten Gesellschaft schaden. Die Einführung von Business Analytics (BA) in Unternehmen hat einerseits zu finanziellen Gewinnen und Effizienzsteigerungen geführt, gleichzeitig aber auch die Aufmerksamkeit auf wachsende rechtliche und ethische Herausforderungen gelenkt, wenn dadurch Entscheidungen mit Auswirkungen auf

die Fairness getroffen wurden. KI-Technologien müssen diskriminierungsfrei funktionieren: Wenn ein entwickeltes KI-System nur zu 80 Prozent für die Gesamtbevölkerung funktioniert, besteht die Gefahr, dass eine Minderheit, die nur 15 Prozent der Bevölkerung ausmacht, grundsätzlich falsch eingeordnet wird.⁴⁰ Beim Einsatz von KI in Recruiting-Verfahren sollte daher durch Bias-Prüfungen sichergestellt werden, dass die eingesetzten Systeme nicht aufgrund der Datenbasis, mit der sie trainiert wurden, die Bewerberinnen und

Mehr Lebensqualität und Teilhabe durch KI-gesteuerte Orthopädietechnik

Nach Amputationen durch Unfälle oder bei Erkrankungen wie Krebs sind viele Menschen auf Prothesen angewiesen. Das Medizintechnikunternehmen Ottobock hat eine Handprothese entwickelt, die auf Künstlicher Intelligenz basiert. Handamputierte können mit der künstlichen Hand intuitiv gestikulieren. Myoelektrische Muskelimpulse entstehen am Stumpf, wenn die Anwenderinnen und Anwender an eine bestimmte Bewegung denken. Sie steuern die Prothese sozusagen mit der Kraft der Gedanken. Durch die Verwendung von KI-Methoden, implementiert auf integrierten Microcontrollern, kann die Prothese Bewegungsmuster von Prothesennutzenden erlernen. Möglich wird dies durch die Handprothesen-Steuerung „Myo Plus“, die Muskel-Signale über Sensoren am Stumpf misst und dabei Muster erkennt. Die Signale und Bewegungsmuster kann die intelligente Prothese klassifizieren und verstärken, um sie schließlich in eine Handbewegung zu übersetzen. Dieses Erlernen basiert auf einer individuellen Datenbasis der/des jeweiligen Prothesennutzenden, welche diese/r individuell mit ihrer/seiner Prothese aufnimmt. Zusätzlich kann die/der Prothesennutzende via App zuhause weitere Datenaufnahmesessions durchführen und so die Steuerung verbessern. Dadurch können Anwenderinnen und Anwender ein aktives, eigenständiges Leben führen. Die Benutzerfreundlichkeit von mechatronischen Handprothesen wird durch die intuitive Steuerung und den Einsatz von KI immens verbessert. Im Vergleich zu anderen KI-Anwendungen sind dafür nur sehr wenige Daten für das Training der KI verfügbar, da von jeder/jedem Prothesennutzenden ein individueller Datensatz neu aufgenommen werden muss. Die KI-gesteuerte Orthopädietechnik verdeutlicht insofern die KI-Potenziale für mehr soziale Nachhaltigkeit, als diese optimierte Prothesenfunktion für die Betroffenen eine höhere Lebensqualität, soziale Teilhabe und eine bessere Integration in das Berufsleben ermöglicht.

Bewerber empfehlen, die am homogensten zur bestehenden Beschäftigtenstruktur passen würden, und niemanden von vornherein aufgrund von Geschlecht oder Herkunft diskriminiert wird. Die Vermeidung von Verzerrungen kann etwa darin bestehen, überrepräsentierte Gruppen gezielt seltener in die Datengrundlage einzuspeisen, auch kann die Berechnung des Werts von Daten ausgewiesen (Labeling), kalkuliert und so gewichtet werden. Demzufolge sind wertvolle Daten für ein System solche, die nicht nur die gesamte Systemqualität steigern, sondern die Treffsicherheit für alle Gruppen einzeln verbessern.

Mit Blick auf die Fairness von KI-Systemen können KI-Verfahren auch selbst eingesetzt werden, um mögliche diskriminierende Effekte zu messen, und durch ein laufendes Monitoring zu Verbesserungen beitragen (z. B. bei der Allokation von Stipendien, Jobs etc.) (siehe Infobox: KARL). Durch Fairness-bewusste Algorithmen lassen sich auch für Unternehmen Daten besser modellieren und dadurch Synergiegewinne erzielen (z. B. Effizienz, Kosten, Margen).

Während sich die Art der Datenverarbeitung, die Nutzung von Technologien sowie sämtliche Verfahren der Automatisierung rapide schnell entwickeln, rücken zunehmend auch die gesellschaftlichen Auswirkungen in den Fokus und die Frage, welche Fähigkeiten ein „gutes“ KI-System hat. In diesem Zusammenhang wird auch diskutiert, nach welchen Prinzipien Unternehmen, Staaten, Behörden KI-Systeme verantwortungsvoll entwickeln und einsetzen sollten, damit ökonomische, ökologische und soziale Potenziale freigesetzt, aber negative Auswirkungen auf die Gesellschaft vermieden werden können. Diese Fragen müssen adressiert werden, um die Kluft zwischen Technologie und Gesellschaft zu schließen und das Vertrauen in intelligente Systeme zu stärken.⁴¹ Diese Diskussion ist dabei im Kontext der Technikfolgenabschätzung verankert, die mittlerweile weitergefasst wird und auch Nachhaltigkeit als Wert berücksichtigt.⁴² Auch die Zusammenarbeit mit KI muss nachhaltig gestaltet werden: Dabei muss diskutiert und erforscht werden, wie sich durch den KI-Einsatz in verschiedenen Branchen auch der Arbeitsalltag und Tätigkeiten sowie berufliche Anforderungs- und Kompetenzprofile verändern werden. Die Plattform Lernende Systeme hat in diesem Zusammenhang auch analysiert, wie sich [Kompetenzanforderungen im Arbeitskontext](#) weiterentwickeln.

KI für das Gemeinwohl (AI for Good) – dabei geht es nicht mehr nur um Ansätze, wie KI das ökonomische Wachstum fördern kann, sondern auch darum, wie KI uns bei der Bewältigung aktueller ökologischer und sozialer Herausforderungen unterstützen kann. Das Ziel dabei ist wirtschaftliche Prosperität, Gemeinwohl und Erhaltung unserer natürlichen Lebensgrundlagen. Im Kontext der Fragestellung, wie KI uns auf dem Weg

zu einem nachhaltigen Leben und Wirtschaften unterstützen kann, wurde auch die UN-Initiative „[AI for Good](#)“ geschaffen, die bis heute weltweit viele wichtige Akteure in Projekten und Konzepten aufgegriffen haben. Zielsetzung dieser und weiterer Initiativen ist es aufzuzeigen, wie KI dazu beitragen kann, traditionelle Sektoren und Systeme zu verändern, um den Klimawandel zu bekämpfen und die Nahrungsmittel- und Wassersicherheit zu gewährleisten, die biologische Vielfalt zu schützen und das menschliche Wohlbefinden zu steigern.⁴³ Einen zentralen Bezugspunkt stellen auch bei diesen Initiativen die UN-Nachhaltigkeitsziele (SDGs) dar.

KI-basiertes Monitoring der globalen Entwicklungshilfe

In einem gemeinsamen Forschungsprojekt haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der LMU München und der ETH Zürich mithilfe von KI Entwicklungshilfe-Projekte analysiert. Die KI-basierten Analysen zeigen thematische Trends und Finanzierungslücken auf und helfen so bei der Optimierung der globalen Entwicklungshilfe.

Die Forschenden haben ein KI-System entwickelt, das Entwicklungshilfe-Projekte umfassender kategorisiert. Bisherige Monitoring-Ansätze erfassen Projekte nicht immer vollumfänglich, erkennen keine neuen thematischen Trends und sind bürokratisch sehr aufwändig. Von Ernährung und Solarenergie zu Biodiversität – das im Projekt eingesetzte KI-System wurde mithilfe von Millionen einzelner Projektbeschreibungen trainiert, um eine umfassende, granulare und zeitgemäße Kategorisierung der globalen Hilfsaktivitäten zu generieren: 3,2 Millionen Projekte konnten damit erfasst werden, die zwischen den Jahren 2000 und 2019 durchgeführt und mit insgesamt 2,8 Billionen US-Dollar finanziert wurden. Das darauf basierende Monitoring kann so thematische oder regionale Finanzierungslücken in der Entwicklungshilfe aufzeigen. Die Ergebnisse des KI-gestützten Monitorings können Institutionen der Entwicklungshilfe und politische Handlungsträger künftig besser dabei unterstützen, evidenzbasierte Entscheidungen im Sinne der von der UN beschlossenen Ziele einer nachhaltigen Entwicklung zu treffen und damit zu Verbesserungen in der globalen Entwicklungshilfe beizutragen.³⁹

Das Forschungsteam hat eine [Webanwendung](#) entwickelt, in der nachverfolgt werden kann, wann und wohin die Entwicklungshilfegelder der erfassten Projekte geflossen sind.

Der verantwortungsvolle Umgang mit KI erfordert ein Wertegerüst von Staaten und Unternehmen, das das ethisch angemessene und korrekte sowie faire Handeln im Sinn aller Stakeholder sicherstellt. Unternehmen sollten sich mit diesen ethischen Fragestellungen auseinandersetzen und Spielregeln zur Anwendung von KI

KI-basierte Unterstützung für Arbeit und Lernen

Im BMBF-geförderten regionalem Kompetenzzentrum der Arbeitsforschung KARL (Künstliche Intelligenz für Arbeit und Lernen in der Region Karlsruhe) sollen durch eine enge Verzahnung von Forschung und betrieblicher Praxis Auswirkungen von KI in den Bereichen Lernen und Arbeit untersucht werden. In interdisziplinären Teams werden in unterschiedlichen Domänen (Bildung, Mobilität, Wissensarbeit und Produktion) verschiedene Anwendungsfälle konzipiert und erprobt. So befindet sich beispielsweise ein adaptiver KI-Grundlagenkurs im Aufbau, der es ermöglichen soll, in einer ansprechenden virtuellen Lernumgebung angepasst an individuelle Lernstile und -ziele grundlegendes Wissen über KI und Maschinelles Lernen zu erwerben. Ein solcher Kurs kann einerseits im universitären Kontext zum Aufbau von Schlüsselkompetenzen genutzt werden. Andererseits ist auch ein Einsatz in der betrieblichen Weiterbildung möglich, beispielsweise um das gemeinsame Verständnis in interdisziplinären Teams durch eine Angleichung von Wissensständen zu unterstützen. Im Kontext Produktion besteht das Vorhaben, in Kooperation mit einem lokal ansässigen mittelständischen Unternehmen, den Prozess der Schichtplanung mittels KI zu teilautomatisieren. Dadurch soll eine optimale und faire Förderung und Forderung der beteiligten Mitarbeitenden ermöglicht werden.

Neben der Erprobung von Anwendungsfällen sollen im Rahmen von KARL auch arbeitswissenschaftlich relevante Erkenntnisse gesichert werden. Dabei steht im Zentrum der Forschung stets der Mensch: Wie können KI-Systeme angemessen in Unternehmen eingeführt werden? Welche Konsequenzen entstehen für die Qualifikationen der Beschäftigten? Wie müssen Systeme gestaltet sein, damit ihnen Vertrauen und Akzeptanz entgegengebracht werden? Welche ethischen, rechtlichen und sozialen Aspekte sind dabei von Relevanz? Fragen dieser Art werden im Rahmen des Projekts aufgegriffen und durch gemeinschaftliche Forschungsaktivitäten der Projektpartner bearbeitet und in einem Kompetenzzentrum der breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Aktuell umfasst das stetig wachsende Netzwerk von KARL insgesamt 33 Institutionen aus Wirtschaft, Forschung und Transfer.

oder dem Umgang mit Daten in Verhaltenskodizes definieren, damit die Maschinenintelligenz im Sinn des Menschen handelt.⁴⁴

Die Plattform Lernende Systeme hat hierzu einen **Leitfaden** verfasst, wie vertrauenswürdige und gerechte KI-Anwendungen entstehen können und welche konkreten Anforderungen in Unternehmen dabei beachtet werden sollten. Der Leitfaden soll KI-Anbietenden und -Entwickelnden sowie Unternehmen als Orientierung dienen und umfasst auch die Dimension Nachhaltigkeit als Bestandteil des Wertes Gerechtigkeit (Tabelle 2).

Mögliche Zielkonflikte, die bei der Entwicklung und dem Einsatz von KI-Systemen in Unternehmen entstehen können, sowie Lösungen, wie KI zu nachhaltigeren Unternehmen beitragen kann, werden im folgenden Kapitel diskutiert.



KI-Anwendungen bergen ein großes Potenzial, um unterschiedliche Formen nachhaltiger Entwicklung zu unterstützen. Eine solche Verbindung von KI und Nachhaltigkeit ist allerdings voraussetzungsreich:

- KI-Systeme selbst sollten auf ihre Nachhaltigkeitsbilanz geprüft werden; um den Ressourcenverbrauch der Systeme zu reduzieren, braucht die entsprechende Forschung grundlegende Unterstützung.
- Der Zusammenhang zwischen ökologischer, ökonomischer und sozialer Nachhaltigkeit sollte in jeder strategischen Verknüpfung mit bedacht werden.
- Und schließlich müssen für die Technikgestaltung Anreize und Rahmenbedingungen geschaffen werden, die demokratisch legitimiert sind; nur dann wird es möglich, die Potenziale von KI für eine nachhaltige Entwicklung der Gesellschaft zu optimieren.

Prof. Dr. Regina Ammicht Quinn, Eberhard Karls Universität Tübingen und Mitglied im Lenkungskreis der Plattform Lernende Systeme



Tabelle 2: Wertsetzung bei der Entwicklung und Anwendung von KI

Wert: Selbstbestimmung

Prinzipien

- Förderung der Autonomie
- Verantwortungswahrnehmung

Notwendige Voraussetzungen

- Erklärbarkeit
- Nachvollziehbarkeit
- Vielfalt des Marktangebots
- Offene Schnittstellen
- Systemoperabilität

Wert: Gerechtigkeit

Prinzipien

- Gleichheit
- Diskriminierungsfreiheit
- Diversität und Vielfalt
- Fairer Zugang zu den Vorteilen von KI
- Nachhaltigkeit

Notwendige Voraussetzungen

- Auskunftspflichten im Entwicklungs- und Anwendungszyklus
- Zurechenbarkeit von Verantwortung und Rechenschaft

Wert: Schutz der Privatheit und der Persönlichkeit

Prinzipien

- Privatsphäre als Rückzug aus der Öffentlichkeit
- Anonymität als Privatheit in der Öffentlichkeit
- Informationelle Selbstbestimmung
- Integrität der persönlichen Identität

Notwendige Voraussetzungen

- Transparenz als zentrale Forderung von Datenschutz
- Minimierung der Datenerhebung und -verarbeitung, insbesondere personenbezogener Daten
- Privacy by Design

Quelle: Heesen et al., 2020, S. 8

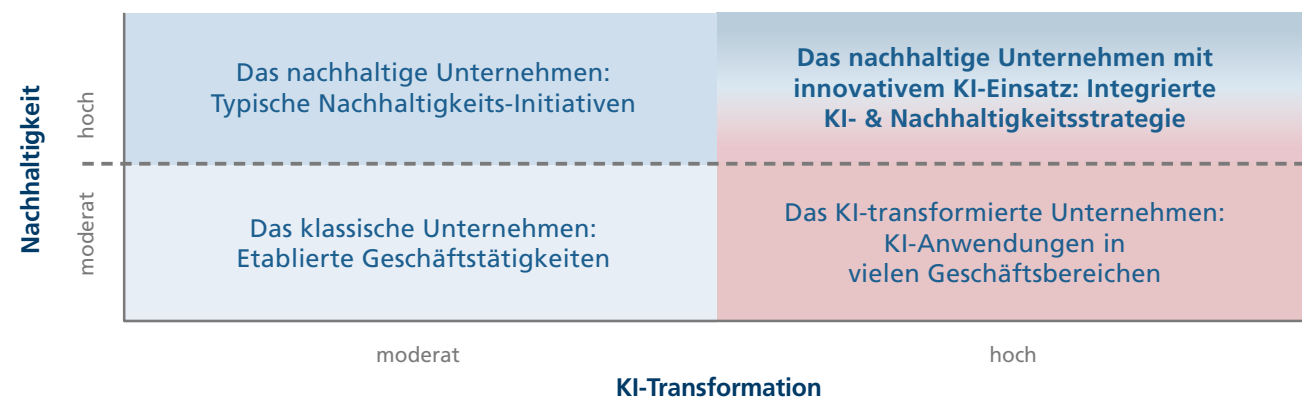
4. KI-Wesentlichkeitsmatrix für nachhaltige Unternehmen

Wie die Diskussion ethischer Fragestellungen zeigt, ist grundsätzlich ein sorgfältiger, reflexiver Diskurs nötig, wenn Technologien bei der Lösung gesellschaftlicher und ökologischer Gerechtigkeits- und Verteilungsfragen eingesetzt werden, die Zielkonflikte nur unzureichend adressieren können und deren Einsatz selbst mit problematischen Auswirkungen verbunden ist.⁴⁵ Aus diesem Grund müssen Herausforderungen und Zielkonflikte beim Einsatz von KI für ökonomische, ökologische und soziale Nachhaltigkeitszielsetzungen transparent und kritisch diskutiert werden. Unternehmen müssen dazu eine eigene Haltung finden, weswegen sich viele Unternehmen bereits intensiv auf strategischer Ebene mit ihrem Beitrag für mehr Nachhaltigkeit und der Umsetzung der KI-Transformation auseinandersetzen.

Zielkonflikte analysieren, Prioritäten definieren und geeignet werten

Nachhaltige digitale Geschäftsmodelle oder Prozesse können den Unternehmenswert steigern, indem sie verdeutlichen, dass Unternehmen Verantwortung für die Gesellschaft übernehmen. Der Druck für nachhaltiges Wirtschaften entsteht zunehmend durch den Consumerbereich, da Kundinnen und Kunden stärker darauf achten, wer hinter einem Produkt oder einer Dienstleistung steht. Dieser Wandel manifestiert sich auch darin, dass bislang der Profit eines Unternehmens meist den Unternehmenswert definierte, was auch als Leitbild gegenüber Anteilseignern und Finanzmärkten kommuniziert wurde. Heute orientieren sich viele Investmentfirmen, aber auch Kundinnen und Kunden, nicht mehr nur am (erwarteten) finanziellen Erfolg eines Unternehmens, sondern auch an dessen Nachhaltigkeitsbeitrag – etwa durch Produkte, Produktions- und Lieferketten.⁴⁶ Gerade im Hinblick auf die unternehmerische Nachhaltigkeit gilt es daher, die komplette Wertschöpfungskette sowie Risiken und Chancen zu berücksichtigen. Abhängig vom jeweiligen Geschäftsmodell umfasst dies vorgelagerte Aktivitäten durch die Ressourcengewinnung und die Zuliefereraktivitäten, die eigenen Produktionsprozesse sowie die Auswirkungen in der Produktnutzungsphase und deren Entsorgung.⁴⁷

Digitalisierung und KI können die Produktivität steigern, Kosten senken, die Ressourcenintensität reduzieren und effiziente Dienstleistungen ermöglichen: Es gibt jedoch auch Herausforderungen, um mögliche kurz- oder langfristige unerwünschte Auswirkungen zu vermeiden. In diesem Sinne müssen Unternehmen einen konzeptionellen Rahmen entwickeln, in dem Digitalisierung (und KI) und Nachhaltigkeit nicht getrennt, sondern miteinander integriert umgesetzt werden können.⁴⁸ Mithilfe dieser konzeptionellen Perspektive können unterschiedliche strategische Schwerpunkte von Unternehmen unterschieden und ein systematischer Rahmen für die Identifizierung neuer Chancen geschaffen werden. Je nach Digitalisierungsgrad und Nachhaltigkeitszielsetzungen lassen sich vier verschiedene Unternehmenstypen unterscheiden:



Quelle: Eigene Darstellung (vgl. Lichtenthaler, 2021, S. 69 Gupta et al., 2020).

KI-Wesentlichkeitsmatrix für die nachhaltige Unternehmensentwicklung

Um KI und Nachhaltigkeit in einer integrierten Strategie umsetzen zu können, sollten Unternehmen Zielkonflikte und Prioritäten vorab definieren. Ein Instrument für die Analyse von Zielkonflikten in Unternehmen stellt eine KI-Wesentlichkeitsmatrix dar, die Unternehmen bei der Evaluation von wesentlichen Chancen und Herausforderungen unterstützen kann. Die Wesentlichkeitsmatrix bzw. Wesentlichkeitsanalyse ist ein strategisches Steuerungsinstrument und wird von einigen Unternehmen bereits im Rahmen der Nachhaltigkeits-Berichterstattung eingesetzt.⁴⁹ Im Rahmen einer KI-Wesentlichkeitsmatrix für nachhaltige Unternehmen kann evaluiert werden, welche Themen für die nachhaltige Unternehmensentwicklung im Hinblick auf den Einsatz von KI besonders relevant sind. Dabei müssen verschiedene Stakeholder(gruppen), zentrale Unternehmenswerte und -zielsetzungen berücksichtigt werden. Außerdem muss beachtet werden, welche digitale Dateninfrastruktur vorliegt, welche KI-Anwendungen bereits eingesetzt werden und damit welchen KI-Reifegrad ein Unternehmen aufweist. Zudem müssen Auswirkungen von Nachhaltigkeitszielsetzungen, die den Unternehmenserfolg oder -wert betreffen, sowie Auswirkungen von Produkten und Services auf diese Zielsetzungen analysiert werden. Auch können die 17 UN-Nachhaltigkeitsziele einen geeigneten konzeptionellen Rahmen bilden.

Einige der zentralen Handlungsfelder werden in einer fiktiven KI-Wesentlichkeitsmatrix für nachhaltige Unternehmen abgebildet (Abbildung 3).^{*} Einerseits sind die Dimensionen nachhaltiges Wirtschaften, Produkte/Services, Umwelt/Energie und Beschäftigte/Gesellschaft wichtig für den langfristigen Unternehmenserfolg, gleichzeitig sichern sie auch die Resilienz und Zukunftsfähigkeit des Unternehmens ab; andere Themen sind wichtig für die Glaubwürdigkeit des Unternehmens. Alle in der Wesentlichkeitsmatrix abgebildeten Aspekte betreffen den nachhaltigen Einsatz von KI in Unternehmen oder aber mögliche Anwendungsfelder von KI für nachhaltige Unternehmen.

Integrierte KI- und Nachhaltigkeitsstrategie

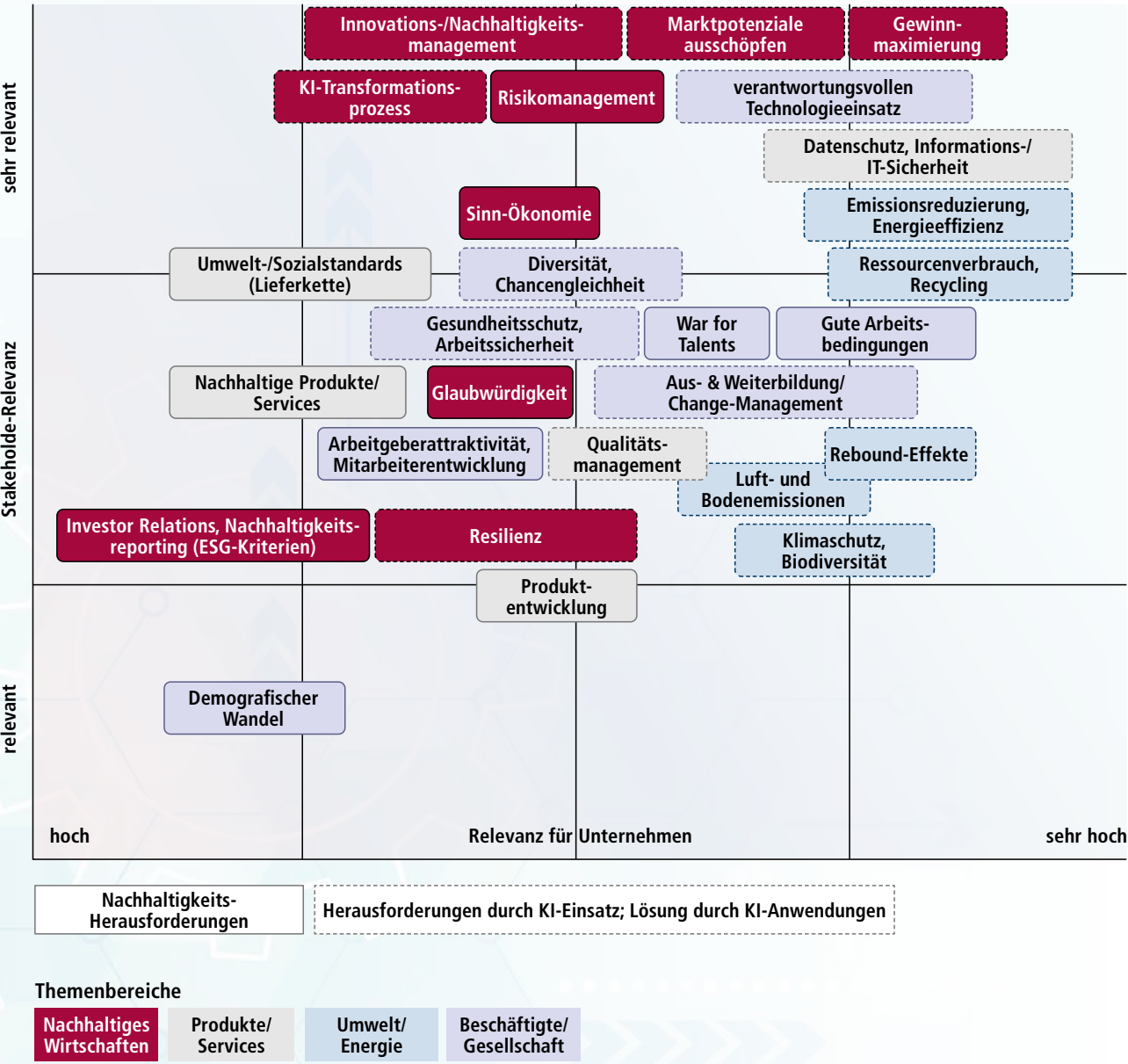
Um Unternehmen fit für eine nachhaltige Zukunft zu machen, können an den Schnittstellen zwischen KI-Strategie, Business Development und Corporate Sustainability integrierte KI-Nachhaltigkeitsstrategien konzipiert werden, damit sich die Potenziale von KI in den nachhaltigen Geschäftserfolg überführen lassen.

Digitalisierung und der Einsatz von KI können helfen, den Ressourcenverbrauch in Unternehmen zu reduzieren. Im Sinne der Nachhaltigkeit dürfen diese Einsparungen aber nicht an anderer Stelle verbraucht werden. Gleichzeitig muss berücksichtigt werden, dass der Einsatz von KI-Lösungen nicht per se wirtschaftlich, ökologisch und sozial nachhaltig ist (vgl. Kapitel 2). So muss der Einsatz von KI-Technologien immer vor dem Hintergrund des hohen Energie- bzw. Ressourcenverbrauchs, der Einsparungspotenziale sowie in Anbetracht von Unterschieden zwischen Trainings- und Einsatzphase eines KI-Systems abgewogen werden.

Eine gelungene integrierte KI- und Nachhaltigkeitsstrategie von Unternehmen zeigt sich in der Optimierung des Energieverbrauchs und der Senkung der Kosten mithilfe intelligenter, digitaler Lösungen wie KI. Der Entwurf einer integrierten KI- und Nachhaltigkeitsstrategie umfasst ein Konzept für die Umsetzung einer KI-Strategie, die zu den Unternehmenszielen und -charakteristika passt, sowie die Verwirklichung von

^{*} Die Darstellung der fiktiven KI-Wesentlichkeitsmatrix erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, da Unternehmen je nach Branche, Produkten/Services und Stakeholder individuelle Priorisierungen bei Zielkonflikten vornehmen müssen.

Abbildung 3: KI-Wesentlichkeitsmatrix für nachhaltige Unternehmen (fiktiv)



Nachhaltigkeitszielen, die entweder durch KI erreicht werden können oder aber durch den Einsatz von KI betroffen sind (z. B. Ressourcen-, Energieverbrauch). Wie beim klassischen Nachhaltigkeitsmanagement sollten Unternehmen eine Roadmap für konkrete Maßnahmen und die Umsetzung von gesetzten Nachhaltigkeitszielen in Verbindung mit ihrer KI-Strategie konzipieren. Zudem muss Nachhaltigkeit in möglichst viele interne Unternehmensprozesse integriert werden. Wichtig ist hier, Entwicklungen innerhalb der Organisation im Blick zu behalten: Neue Produkte, Unternehmenszu- bzw. -verkäufe, neue Produktionsstätten, neue Märkte können neue Stakeholdergruppen bedeuten.

Welche Stolperfallen und Herausforderungen gibt es bei der Verknüpfung von KI- und Nachhaltigkeitsstrategie zu beachten? Einen Überblick dazu gibt der Leitfaden für die praktische Umsetzung der Nachhaltigkeitsstrategie durch Unterstützung von KI sowie die Abstimmung des KI-Einsatzes im Unternehmen vor dem Hintergrund von Nachhaltigkeitszielsetzungen. Der Leitfaden enthält fünf Schritte zur Entwicklung von Unternehmens- und KI-Strategien, um KI im Sinne eines nachhaltigen Wandels einzusetzen.⁵⁰

Integrierte KI- und Nachhaltigkeitsstrategie in 5 Schritten





Status- und Umfeldanalyse | Die Status- und Umfeldanalyse sowie ein detailliertes Branchenprofil bilden die Ausgangslage für die Entwicklung einer integrierten KI- und Nachhaltigkeitsstrategie. Ein erster Ansatzpunkt für die unternehmerische Transformation hin zu einem zukunftsorientierten und nachhaltigen Wirtschaften ist hier, die eigene Wertschöpfungskette zu durchleuchten.⁵¹ Dazu sollte evaluiert werden, was Nachhaltigkeit für das Unternehmen bedeutet und welche Rolle der Einsatz digitaler Technologien, insbesondere KI, in diesem Zusammenhang spielt – im Sinne einer Lösung, aber auch als Herausforderung für das Nachhaltigkeitsmanagement.

Dabei sind auch die eigene Marktposition und Wettbewerber in den Blick zu nehmen, um zu evaluieren, wo und welche Ansatzpunkte bestehen, um durch Digitalisierung und den Einsatz von KI die Nachhaltigkeit des Unternehmens zu erhöhen bzw. wo durch den Einsatz von KI im Unternehmen nachhaltigkeitsrelevante Folgen geprüft werden müssten. Wichtig ist auch, dass alle relevanten internen und externen Stakeholdergruppen und ihre Erwartungen berücksichtigt werden müssen.



Nachhaltigkeitszielsetzungen | In diesem Schritt sollte evaluiert werden, welche Nachhaltigkeitszielsetzungen im Unternehmen fokussiert und welche Schwerpunkte dazu definiert werden sollen. Welche Zielsetzungen haben wesentlichen Einfluss für die Geschäftsmodelle, die Belegschaft, die Gesellschaft und die Umwelt? Nachhaltigkeit sollte hier differenzierter, mit

Blick auf die Dimensionen ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit betrachtet und die ESG-Kriterien berücksichtigt werden. Dadurch können wesentliche Handlungsfelder und konkrete Schwerpunkte und Themen für das Nachhaltigkeitsmanagement im Unternehmen identifiziert werden. Auch sollten bereits Zielvorstellungen (z.B. Benchmarks) und zeitliche Horizonte für konkrete Ziele definiert werden.



Wirkungsprüfung und Labeling: Auswirkungen auf Produkte, Dienste, Prozesse prüfen | Die 17 UN-Nachhaltigkeitsziele können als Referenzrahmen dienen, um zu prüfen, wo Handlungsbedarf bei der Erstellung und Gestaltung von Produkten, Diensten oder Prozessen im Unternehmen besteht und wie Maßnahmen gestaltet sein müssen, damit sie auf diese Ziele

einwirken. Energiemanagement, Ressourcenverbrauch, Einsatz von Rohstoffen – ein detailliertes Unternehmensprofil kann hier aufdecken, wo ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette verbessert werden kann. Zugleich sollte evaluiert werden, wie soziale Nachhaltigkeit im Unternehmen verbessert werden kann, etwa im Bereich von Arbeitsstandards, Chancengleichheit und Zuliefermanagement.



Adaption: KI-Strategie | Je nachdem, über welchen digitalen Reifegrad und welche KI-Einsatzfähigkeit Unternehmen verfügen, sollte eine passende KI-Strategie entworfen bzw. diese vor dem Hintergrund des Nachhaltigkeitsmanagements angepasst werden. Auf prozessualer Ebene sollte dazu zunächst abgewogen werden, wo und in welchem Ausmaß KI und KI-basier-

te Automatisierung sinnvoll eingesetzt werden kann. Besonders im Bereich der Datenaufbereitung und -verarbeitung kann KI auch im Nachhaltigkeitsmanagement unterstützen – sofern entsprechende Daten und Infrastruktur im Unternehmen vorhanden sind.⁵² Manche Unternehmen, sogenannte KI-Vorreiter (häufig Großkonzerne), setzen KI bereits in vielen Geschäftsbereichen ein, während andere Unternehmen, dazu gehören auch die meisten Mittelständler, KI erst in einigen Pilotprojekten oder noch gar nicht einsetzen und erst am Beginn der KI-Transformationsphase stehen. Daraus folgt eine sehr unterschiedliche KI-Einsatzfähigkeit, die anhand technischer Komponenten, vorhandener Infrastrukturen, der strategischen Ausrichtung des Unternehmens und der Beschäftigten bewertet werden kann. Die unternehmenseigene KI-Strategie definiert dazu die übergeordneten Ziele aller KI-Anwendungen, die im Unternehmen entwickelt oder eingesetzt werden. Für den Entwurf einer Strategie sollte konkret bewertet werden, wie sich Produkte oder Prozesse eines Unternehmens mithilfe von KI optimieren, Umsätze oder Gewinne erhöhen, Kosten senken oder innovative Geschäftsmodelle entwickeln lassen. Die KI-Strategie sollte dabei mit der allgemeinen Unternehmens- und der Nachhaltigkeitsstrategie im Einklang stehen. Dazu müssen Ziele im Hinblick auf die Einführung von KI-Technologien und -Methoden definiert werden: Diese Ziele sollten die Organisationsstruktur sowie zeitliche, finanzielle und personelle Ressourcen berücksichtigen. Welche Daten werden bereits im Unternehmen erhoben und welche sollten für die Umsetzung geplanter Projekte und Maßnahmen noch erhoben werden? Gesondert beachtet werden müssen dabei auch ethische Fragestellungen, die KI bislang nur bedingt oder gar nicht abbilden können, was menschliche Intervention und Überwachung erfordert.⁵³



Implementierung und Verstetigung: Verknüpfung von KI-Strategie und Nachhaltigkeitsmanagement | Vor dem Hintergrund spezieller Herausforderungen in der jeweiligen Branche und den Besonderheiten eines Unternehmens sollte analysiert werden, wo Prozesse ökonomisch nachhaltiger gestaltet werden können und wo hierfür KI eingesetzt werden kann

(z. B. Vorausschauende Wartung, Informationsmanagement im Unternehmen). Anwendungsbeispiele für die Einführung von KI-Technologien im Nachhaltigkeitsmanagement dienen als erster Ausgangspunkt für die betriebsinterne integrierte KI- und Nachhaltigkeitsstrategie oder aber für die Adaption der bestehenden KI-Strategie. Bei den Nachhaltigkeitsschwerpunkten sollte die technologische Perspektive nicht vernachlässigt

werden, die bei der Ausgestaltung und Umsetzung der Ziele wichtig ist. Wechselwirkungen, etwa zwischen dem Energieverbrauch durch die Anwendung von KI und dem ganzheitlichen Nachhaltigkeitseffekt, der sich dadurch einstellt, müssen berechnet und abgewogen werden. Sind KI-Lösungen mit dem unternehmensinternen Nachhaltigkeitsmanagement verknüpft, gilt es zu beachten, dass KI-Modelle laufend gepflegt und weiterentwickelt und zudem neue Daten erhoben und beschriftet (Labeling) oder neue Datenquellen erschlossen werden müssen. Auch sich wandelnde Kundenwünsche müssen im Blick behalten und Produkte/Services möglicherweise angepasst werden. Unternehmen müssen zudem stetig prüfen, ob sich verändernde Bedingungen eine Überprüfung und gegebenenfalls die Anpassung von Nachhaltigkeitszielen oder der KI-Strategie notwendig machen. Notwendige mitarbeiterbezogene Maßnahmen im Hinblick auf den Einsatz digitaler Technologien im Unternehmen sowie die unternehmensindividuellen Nachhaltigkeitsziele sollten zudem dauerhaft in die Unternehmensorganisation integriert werden, damit Beschäftigte den digitalen, nachhaltigen Wandel des Unternehmens aktiv mitgestalten können.



5. KI in der Praxis – Integrierte KI- und Nachhaltigkeitsstrategien in Unternehmen

Abbildung 4: Kompass für die nachhaltige Nutzung von KI in Unternehmen

Quelle: Eigene Darstellung (vgl. Vinuesa et al., 2020, S. 8; Robert Bosch GmbH, 2022).

Wie können Unternehmen effektiv mit und durch KI zur Verwirklichung von Nachhaltigkeitszielen beitragen? Im Folgenden werden einige Beispiele dazu vorgestellt, wie Unternehmen den Einsatz von KI-Technologien in ihrem Nachhaltigkeitsmanagement berücksichtigen und KI- und Nachhaltigkeitsziele innovativ miteinander verknüpfen. Die Darstellung der Chancen von KI in diesem Zusammenhang folgt vor dem Hintergrund der UN-Nachhaltigkeitsentwicklungsziele: Ein Nachhaltigkeits-Kompass visualisiert die vielfältigen Chancen für eine nachhaltige Entwicklung in verschiedenen Unternehmensdimensionen (Abbildung 4). Die vorgestellten Beispiele sollen für Unternehmen mit verschiedenen Digitalisierungsgraden Orientierung bei der Konzeption praktischer Umsetzungspläne für verknüpfte KI- und Nachhaltigkeitsstrategie geben.

Innovatives Energiemanagement und virtuelle Qualitätskontrolle – Nachhaltige Halbleiterherstellung mit KI

Die Infineon Technologies AG gehört zu den weltweit größten Halbleiterherstellern und verfolgt ein ganzheitliches Konzept auf dem Weg zu einem CO₂-neutralen Unternehmen. Dazu werden in vielen Prozessen und Projekten in unterschiedlichen Unternehmensbereichen bereits KI-Technologien eingesetzt. Bis 2030 will das Unternehmen CO₂-neutral wirtschaften, bereits bis 2025 sollen die Emissionen um 70 Prozent gegenüber 2019 gesenkt werden. Um dieses Ziel zu erreichen, setzt das Unternehmen auf die Vermeidung direkter Emissionen, die Reduzierung des eigenen Energiebedarfs sowie die Steigerung der Ressourceneffizienz, etwa durch die Erhöhung von Recyclingraten.

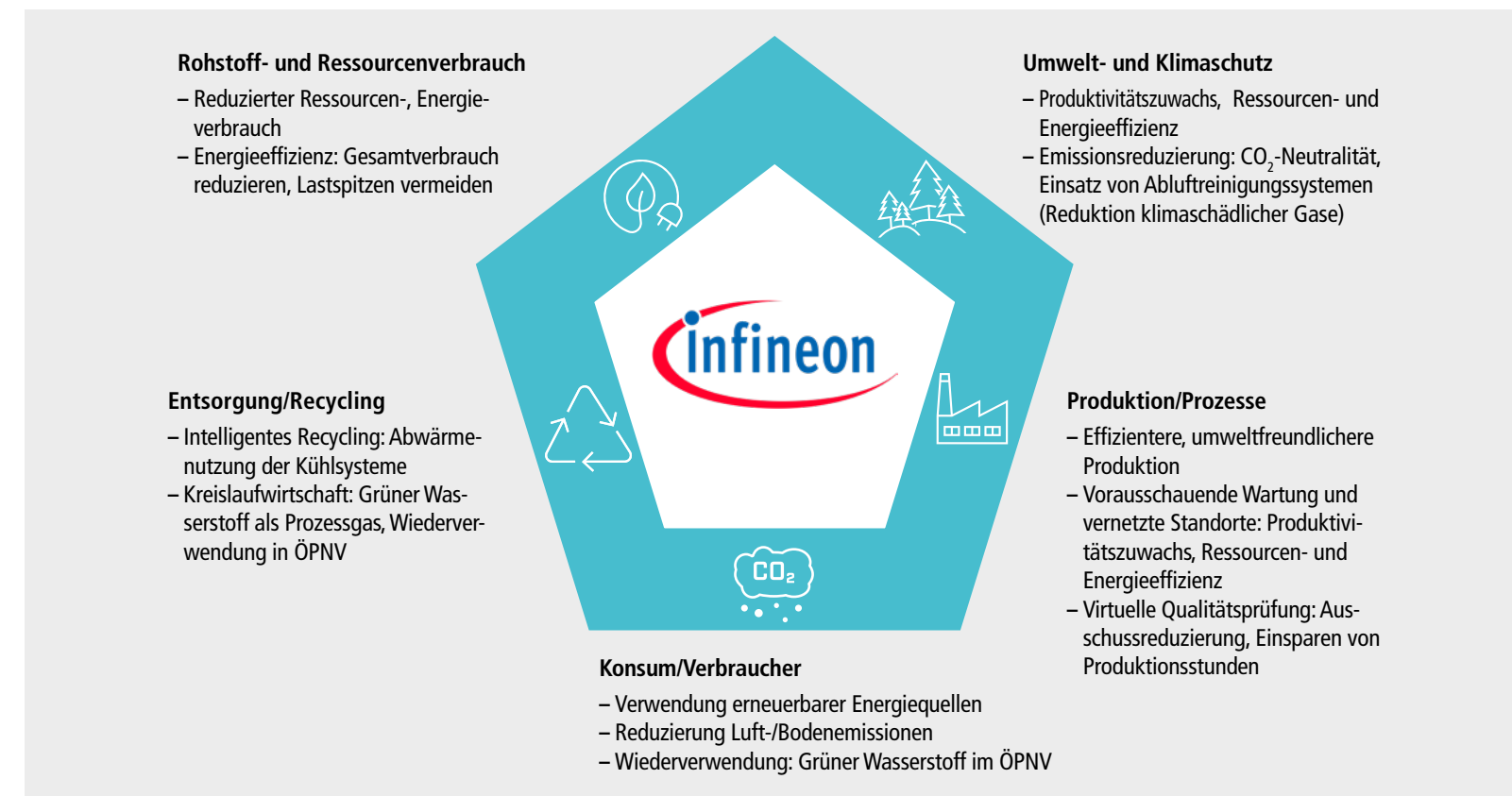
In der neusten Chipfabrik von Infineon im österreichischen Villach werden innerhalb des Konzeptes der „lernenden Fabrik“ KI-Methoden eingesetzt, vor allem im Bereich der Vorausschauenden Instandhaltung: Intelligent vernetzte Anlagen zeigen hier durch Simulationen frühzeitigen Wartungsbedarf an. Auch in den Werken in Dresden und Kulim (Malaysia) werden bei der Chip-Herstellung durch Vorausschauende Wartung Produktionsstunden eingespart, die Lebenszeit von teuren Ionenquellen erhöht (um ca. 15–20 Prozent), der Ressourcenverbrauch gesenkt und Maschinenausfälle vermieden. Zur KI-basierten Vorhersage, die sich grundsätzlich auf jedes Verschleißteil anwenden lässt, werden dazu Sensordaten verwendet – der Prozess soll künftig in weiteren Fabriken weiter ausgerollt werden.

Auch im Qualitätsmanagement wird KI für mehr Nachhaltigkeit eingesetzt: So kann durch eine virtuelle Qualitätsprüfung (Virtual Shear Test) in der Produktion nicht nur der Ausschuss reduziert, sondern auch

vermieden werden, dass bereits produzierte Produkte durch die Qualitätskontrolle zerstört werden. Die verwendete Messtechnik sieht dazu die Erhebung bestimmter Parameter am sogenannten Wafer vor. Als Wafer werden in der Halbleiterfertigung die Scheiben bezeichnet, auf denen die integrierten Schaltkreise (Mikrochips) hergestellt werden. Da dieses Messverfahren nicht durchgängig für alle Wafer durchführbar ist, wird dieser Prozess teilweise virtuell umgesetzt. Das reduziert die Zahl der Tests, in denen die Wafer durch die Qualitätskontrolle zerstört werden, auf nur noch einzelne Stichproben (vormals 0,33 Prozent).

KI-Technologien werden auch im nachhaltigen Energiemanagement der Produktionsstätten angewandt: Im Gebäudemanagement wird häufig nur an wenigen Stellen der Stromverbrauch gemessen, meist nur die Summe vieler Fertigungsanlagen. Welche Maschine braucht wann welchen Strom? – KI-basierte Verfahren werden hier eingesetzt, um zu analysieren, wann eine Anlage welche Prozesse durchführt. Daraus können einzelne Zeitreihen extrahiert und damit Lastspitzen abgefedert oder die Energie-Infrastruktur richtig dimensioniert werden. Der Gesamtverbrauch und das Wissen, welche Maschine wann gebraucht wird, schafft die Datenbasis, damit weniger einzelne Zähler gekauft, installiert und gewartet werden müssen, und erlaubt gleichzeitig die gleichmäßigere Auslastung der Energieversorgung sowie die Reduktion von Spitzenauslastungen. Die Stromeinsparungen bei einem Pilotprojekt betrugen so etwa ein Megawatt Strom.

Auch am Standort in Villach wurde bereits beim Bau eines neuen Werks auf die Verbesserung der Energiebilanz gesetzt: 80 Prozent des Wärmebedarfs am Standort werden durch intelligentes Recycling aus der Abwärme der Kühlsysteme gedeckt. Der flächendeckende Einsatz von Abluftreinigungssystemen reduziert größtenteils die direkte Emission klimaschädlicher Gase, die in der Fertigung nicht ersetzt werden können. Im Sinne der Kreislaufwirtschaft soll der in der Fertigung als Prozessgas benötigte Wasserstoff ab 2022 direkt vor Ort in Villach aus erneuerbaren Energiequellen produziert werden. Dieser grüne Wasserstoff soll nach der Nutzung in der Chipproduktion wiederverwertet und zur Betankung von Bussen im öffentlichen Nahverkehr eingesetzt werden. In einem weiteren Projekt ist vorgesehen, eine virtuelle Megafabrik zu konzipieren, die zwei große Leistungshalbleiter-Fertigungen in Dresden und Villach verbindet. Beide Werke basieren auf den gleichen standardisierten Fertigungs- und Digitalisierungskonzepten. Damit können die Fertigungen der beiden Standorte künftig vernetzt und miteinander integriert gesteuert sowie weitere statistische und KI-Anwendungen angewandt werden. Weil die Datenbasis dadurch enorm erhöht wird, können KI-Methoden für Produktivitätszuwächse sowie mehr Ressourcen- und Energieeffizienz eingesetzt und der ökologische Fußabdruck weiter reduziert werden.



Optimierter Ressourcenverbrauch und intelligente Alltagslösungen – Nachhaltige KI-Anwendungen im vernetzten Mischkonzern

Mit der Zielsetzung, zur nachhaltigen Entwicklung beizutragen, kommen bei der Robert Bosch GmbH bereits heute zahlreiche KI-Anwendungen zum Einsatz, entweder zur Prozessoptimierung im eigenen Unternehmen oder als Kundenprodukte. KI wird auch in der Forschung eingesetzt, um nachhaltigere Produkte und Services zu entwickeln. Gleichzeitig setzt das Unternehmen KI weltweit in zahlreichen Geschäftsbereichen ein, um den Ressourcen- und Materialverbrauch in Produktion und Prozessen zu reduzieren. Der

Einsatz von KI ist fest in der Nachhaltigkeitsstrategie des Unternehmens verankert. Ziel ist es, die gesamte Produktpalette bis 2025 mit KI auszustatten bzw. KI überall in Produktionsprozessen und Herstellung einzusetzen. Die weltweit über 400 Unternehmensstandorte werden bereits seit 2020 alle CO₂-neutral betrieben.

Das Start-up Bosch Climate Solutions nutzt Cloud-basierte Energie-Monitoring-Plattformen, die anhand intelligenter Algorithmen den Energieverbrauch von Maschinen senken können. Bosch setzt die Plattformen selbst an vielen Standorten ein, was das Unternehmen auf dem Weg zur CO₂-Neutralität unterstützte. Auch die Fertigung wird durch den Einsatz von KI effizienter und umweltfreundlicher, weil Material und Ressourcen geschont werden. Im Boschwerk in Hildesheim konnten dank KI-Anwendungen so Störungen in den Prozessabläufen identifiziert und behoben werden. Dadurch konnten die Taktzeiten der Produktionslinien um rund 15 Prozent und somit auch der Energieverbrauch insgesamt gesenkt werden. Bei Bosch wird diese KI-Lösung bereits in rund 50 Werken und über 800 Fertigungslinien eingesetzt, womit Mehrkosten in Millionenhöhe eingespart werden konnten. Zudem fließen die gewonnenen Erfahrungen und das Technologie-Know-how in die Entwicklung neuer KI-Techniken für die Fertigung ein.

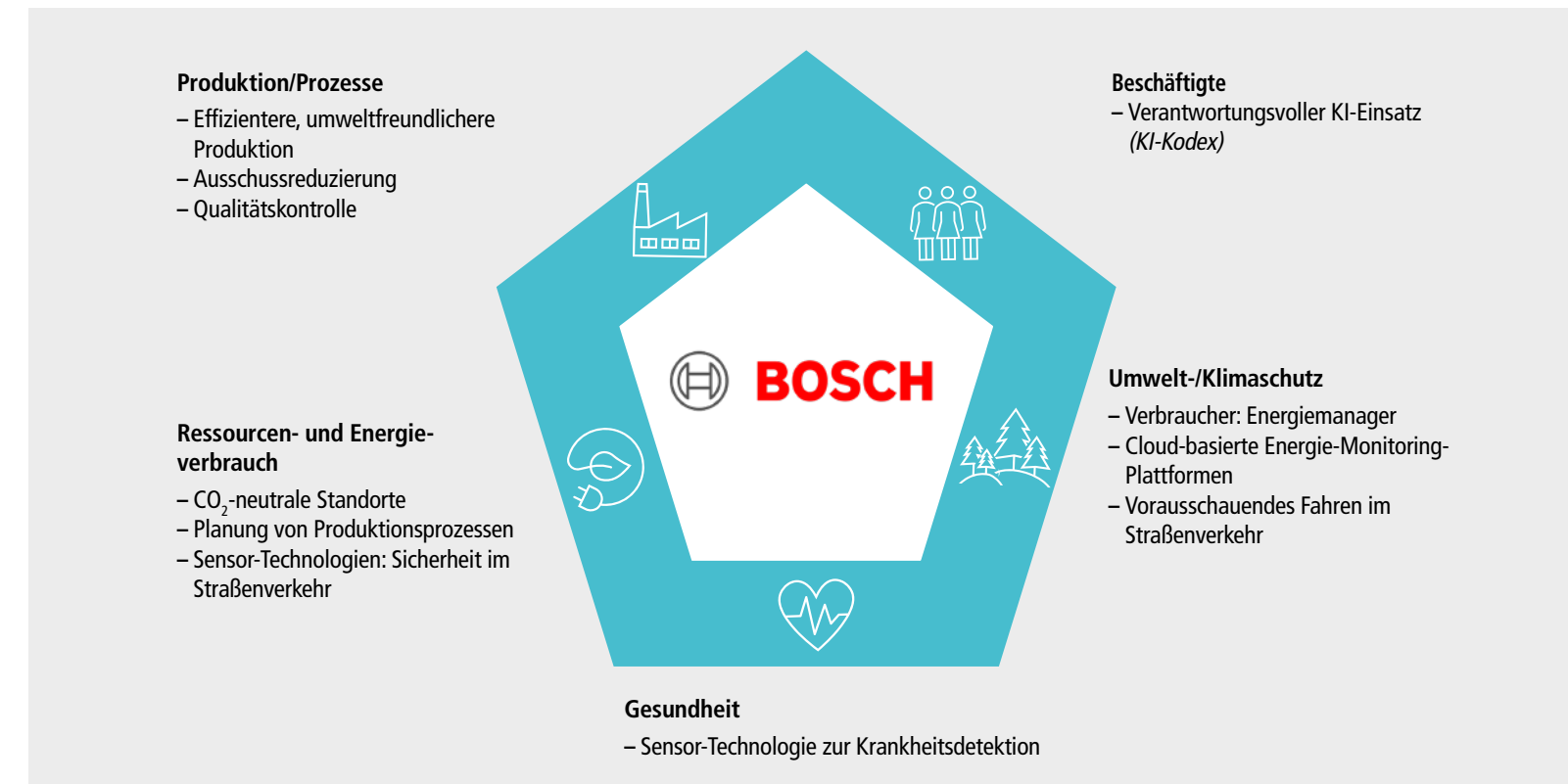
KI wird zudem bei der Planung von Produktionsprozessen in hochautomatisierten Chipfabriken, wie dem Bosch-Halbleiterwerk in Reutlingen, eingesetzt, um die Wafer zeit- und kostensparend durch bis zu 1.000 Bearbeitungsschritte zu steuern. Das steigert den Wafer-Durchsatz um fünf Prozent und die Investition rechnet sich schon nach drei Monaten. So hilft KI, den Ausschuss zu reduzieren und die Auslastung von Maschinen und Anlagen zu erhöhen.

Im Kontext der ökologischen Nachhaltigkeit bietet das Unternehmen für Verbraucherinnen und Verbraucher unter anderem für den häuslichen Gebrauch einen intelligenten Energiemanager an, der durch Softwareverfahren in Kombination mit einer Wärmepumpe und Photovoltaik bis zu 60 Prozent Strom einsparen kann. E-Auto-Nutzende können mithilfe der vom Unternehmen entwickelten Software „Battery in the Cloud“ durch intelligente Software-Analyse den Batterieverschleiß um bis zu 20 Prozent reduzieren.

Das Unternehmen entwickelt zudem weitere sozial nachhaltige Einsatzmöglichkeiten von KI: So werden etwa Sensoren und Algorithmen konzipiert, mit deren Hilfe Lungenkrankheiten (z. B. Asthma) schon in jungen Jahren erkannt werden können, indem Atemmuster angehört und ausgewertet werden (Projekt: Sound-

See). Ebenfalls wird KI im Bereich der Fahrassistenz eingesetzt, um die Sicherheit zu erhöhen und durch Analyse von Umgebungsinformationen durch vorausschauendes Fahren den Ressourcenverbrauch zu reduzieren (Projekt: DASy).

Mit der Zielsetzung, wirtschaftlich, ökologisch und sozial nachhaltig zu handeln, hat das Unternehmen 2020 mit einem eigenen KI-Kodex auch Leitlinien für den Umgang mit KI gesetzt. Beschäftigte werden dabei in die Entwicklung und Anwendung von KI im Unternehmen einbezogen, um sichere, robuste, nachvollziehbare und vertrauenswürdige KI-Produkte zu entwickeln.



Effiziente Computercluster und Optimierung interner Arbeitsprozesse mit KI in der Automobilbranche

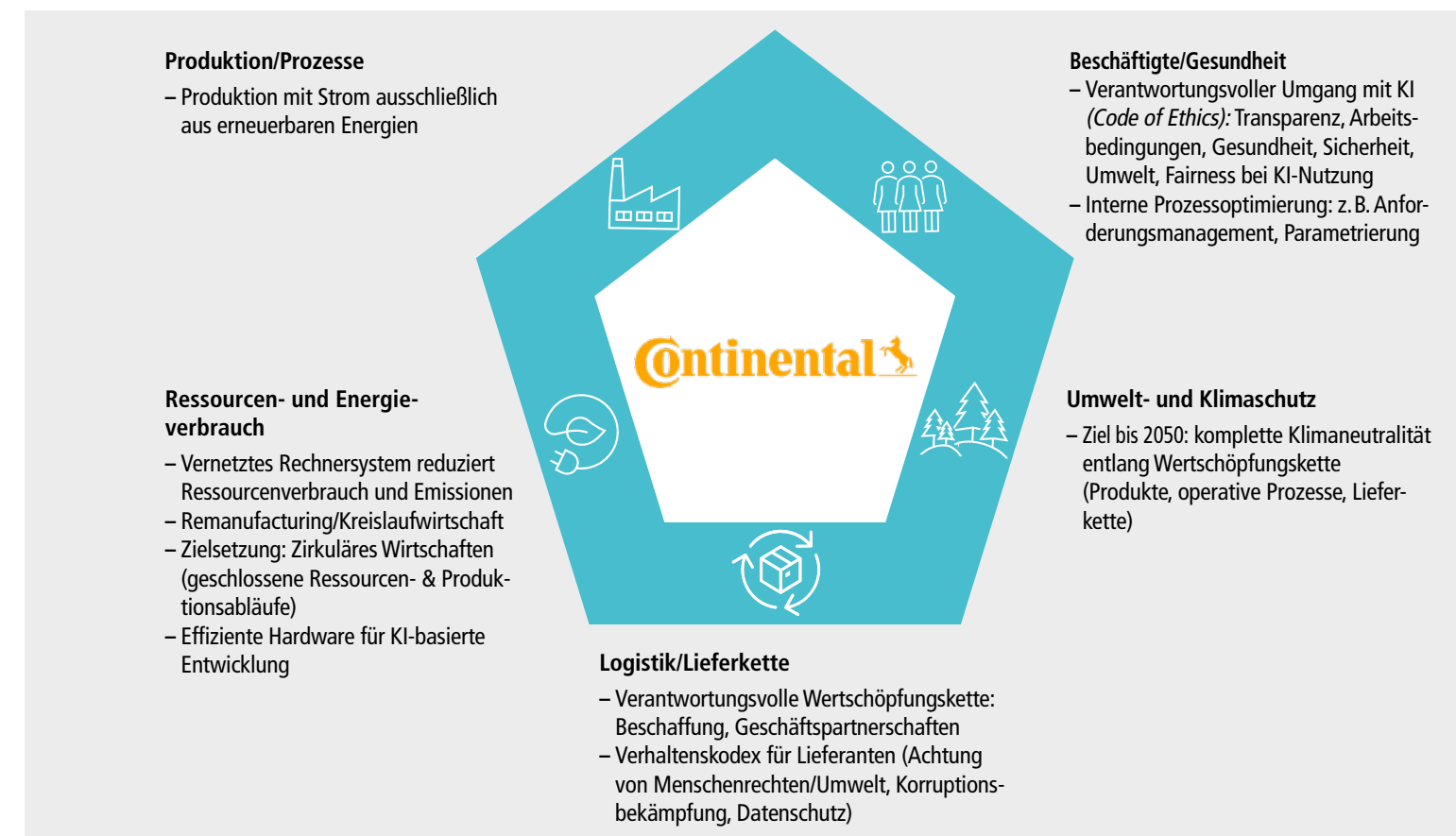
Die Bedeutung von KI wird auch in der Automobilindustrie immer wichtiger, etwa beim automatisierten Fahren. Die Continental AG setzte schon früh in verschiedenen Unternehmensbereichen auf KI – auch mit Blick auf die Nachhaltigkeitszielsetzungen des Unternehmens. Seit 2020 nutzt Continental an Standorten weltweit zu 100 Prozent Strom aus erneuerbaren Energien. Mithilfe innovativer Technologien sollen alle Standorte bis 2040 CO₂-neutral und bis 2050 die gesamte Wertschöpfungskette klimaneutral sein.

Die KI-Entwicklung erfordert enorme Rechenkapazitäten, eine energieeffiziente Hardware kann daher den nachhaltigen Technologieeinsatz unterstützen (Kapitel 2). Seit Anfang 2020 wird bei Continental in Frankfurt ein neues vernetztes Rechnersystem verwendet. Entwickler des Unternehmens beziehen aus diesem Computercluster Rechenleistung und Speicherplatz für datenintensive Entwicklungen. Mit der zusätzlichen Rechenleistung lassen sich KI-Systeme etwa für automatisiertes Fahren deutlich effektiver, schneller, kosteneffizienter und damit auch ökologisch nachhaltiger entwickeln. Dazu werden auf dem Supercomputer etwa Testfahrten simuliert, sodass weniger Fahrten auf der Straße erforderlich sind.⁵⁴ Dadurch wird nicht nur die Programmierung samt dem Training neuronaler Netze erheblich beschleunigt, sondern auch der Ressourcenverbrauch und die Emissionen reduziert.

Für die Automobilindustrie und speziell für Systemzulieferer, wie Continental, verspricht KI auch großes Potenzial für die Optimierung interner Arbeitsprozesse, um eine sozial nachhaltigere Arbeitsorganisation zu schaffen (Kapitel 3). Durch die steigende Komplexität in der Automobilbranche werden aus früheren Einzelprodukten und -systemen zunehmend vernetzte Gesamtsysteme. Zudem erhöht sich der Kosten- und Zeitdruck, da Lösungen, trotz höherer Komplexität, immer schneller ausgeliefert werden müssen. KI kann hier unterstützen, Entwicklungs- und Abstimmungsprozesse technisch, organisatorisch und wirtschaftlich effizienter zu gestalten. Die neu entwickelten KI-Werkzeuge sollen wiederkehrende und monotone (aber belastende) Tätigkeiten für Beschäftigte erleichtern oder Tätigkeiten für einzelne Fachkräfte mit hohem Spezialisierungsgrad vereinfachen.

Ein Anwendungsbeispiel stellt der KI-Einsatz im Zuge des Anforderungsmanagements dar, das am Anfang eines Software-/Systementwicklungsprojekts steht und die wettbewerbsfähige Angebotserstellung zum Ziel

hat. Kundenwünsche (= Lastenhefte) zu angefragten Produkten müssen dazu systematisiert werden. Da der Informationsumfang stark zugenommen hat, besteht die Herausforderung darin, riesige Datenmengen zu verarbeiten und einzelne Anforderungen an Fachabteilungen zuzuordnen. Diese repetitive, monotone Aufgabe erfolgt heute noch fast ausschließlich von Hand. Mithilfe von KI werden Verfahren getestet, wie Anforderungen automatisch und damit sehr viel schneller den Fachabteilungen zugeordnet werden können. Dazu werden Methoden automatischer Sprachverarbeitung für neuronale Netze eingesetzt, etwa um zu unterscheiden, welche Auftragsanforderungen tatsächlich neu sind und wo eine Wiederverwendung möglich ist.



So werden Kapazitäten freigesetzt, damit sich Beschäftigte auf die tatsächlich neuen Anforderungen und sinnstiftenden Tätigkeiten konzentrieren können, wo ihre eigentliche Entwicklungsleistung gefordert ist. Um dabei zu verhindern, dass die dadurch entstehenden, neuen und komplexeren Aufgabenprofile zu einer sukzessiven Überlastung der Beschäftigten führen, ist es für Continental wichtig, im Dialog mit den Beschäftigten eine ausgeglichene und menschenzentrierte Aufgabengestaltung zu finden, die die Beschäftigten zum selbstbestimmten Umgang mit KI befähigt (AI Empowered Employee).

Bei der Verwendung von KI-assistierten internen Prozessen, etwa im Personalwesen, müssen alle Arbeitsvorgänge vorgegebene Standards eines Ethikleitfadens („Code of Ethics“) erfüllen, etwa im Bereich der Gleichstellung.

Datenminimalismus und sparsame KI-Modelle – Wege zu nachhaltiger KI in der Verpackungsindustrie

Die MOSCA GmbH aus dem Odenwald ist spezialisiert auf Umreifungstechnik und Transportgutsicherung. Das Produktspektrum reicht von Umreifungsmaschinen, Palettenpackpressen und Anlagen zur Sicherung von Transportgütern bis hin zu hochwertigen Umreifungsbändern. Das Familienunternehmen verfolgt einen ganzheitlichen Nachhaltigkeitsansatz, der soziale, ökologische und ökonomische Aspekte in allen Geschäftsbereichen beinhaltet und hinterfragt. Dafür wurde MOSCA schon mehrfach ausgezeichnet – zuletzt als besonders nachhaltiger Maschinenbauer. Auch mithilfe innovativer KI-Technologien setzt das Unternehmen seine Nachhaltigkeitsziele um – im eigenen Unternehmen, aber auch im Rahmen von Wartungs- und Dienstleistungskonzepten für Kunden.

Die Bandproduktion im Odenwälder Werk des Unternehmens wird bereits komplett auf Basis der eigenen Solaranlage und erneuerbarer Energien betrieben. Zudem strebt MOSCA die systematische Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft an, in die Kunden und Zulieferer eingebunden werden. Um für verwendete Materialien (z. B. Polyester) einen geschlossenen Wertstoffkreislauf sicherzustellen und nachhaltige Rohstoffe zu verwenden, wird für die Umreifung unter anderem ein PET-Umreifungsband aus zerkleinerten PET-Flaschen eingesetzt. Neben der Verwendung recycelter Materialien will das Unternehmen auch die Rückführung der verwendeten Bänder in den Wertstoffkreislauf stetig erhöhen und setzt dabei auf die sortenreine Trennung seiner Verpackungsprodukte.

Unter dem Konzept der *Responsible Production* prüft das Unternehmen die eigene Produktion kontinuierlich auf Umweltverträglichkeit und strebt durch innovatives Energiemanagement an, Ressourcen weiter zu schonen. In diese Optimierungsprozesse sind auch die Kunden involviert, mit dem Ziel, etwa intralogistische Prozesse nachhaltiger zu gestalten. In diesem Rahmen findet eine umfassende Datenerfassung etwa der genutzten Energieträger statt, wodurch alle Prozesse analysiert und Einsparungspotenziale identifiziert werden können. Zudem wird das Energiemanagementsystem regelmäßig bewertet: Umweltauswirkungen und Energiebedarf werden vor der Einführung neuer Produktionsverfahren, bei der Anlagenplanung sowie im Entwicklungsprozess von Produkten evaluiert. Bei der jährlichen Management-Revision wird dann geprüft, ob die Energieziele des Unternehmens wirksam sind.

Durch KI-Technologien will MOSCA die Effektivität der Maschinen, Anlagen und Dienstleistungen noch weiter steigern und Emissionen stärker reduzieren. In Zusammenarbeit mit dem Start-up incontext.technology (INTEC), das Lösungen für Smartes Monitoring anbietet, um Prozesse, Anlagen oder Infrastrukturen datengetrieben zu überwachen, hat MOSCA eine Lösung für KI-gestützte Wartung an der Umreifungsmaschine realisiert. Dabei liegt die Besonderheit der Lösung in der effektiven Nutzung der verfügbaren Maschinendaten und des integrierten Edge-Moduls für den Einsatz der KI-Technologien.

Für die datenzentrierte Softwareentwicklung stellen geringere Datenmengen als Ausgangsbasis oftmals eine Herausforderung dar. Verglichen mit Strategien zur Verkleinerung von bereits bestehenden KI-Systemen ist die gezielte Arbeit mit möglichst kleinen Datengrundlagen seltener. Bei MOSCA war die Sparsamkeit des entwickelten KI-Systems allerdings nicht als Nebeneffekt geplant, sondern die bewusste Entscheidung für einen datenminimalistischen Lösungsansatz – dies passt gut zur Dateninfrastruktur des Unternehmens und der strategischen Ausrichtung. Denn der gewählte datenminimalistische Lösungsansatz führt zu Nachhaltigkeitsgewinnen durch geringere Emissionen, bedingt durch weniger Rechenzeit und schnellere Lernzyklen des KI-Systems. Mithilfe der umgesetzten, KI-gestützten Wartung bei eigenen Anlagen sowie Kundenanlagen können energieeffizient und ressourcensparsam Maschinenzustände besser überwacht, Ausschussraten reduziert und Produktionsausfälle vermieden werden. Durch die zuverlässigere KI-Überwachung der Anlagen können Kunden zudem teure und ökologisch bedenkliche Back-up-Lösungen einsparen, etwa für Produkte mit hohem Termindruck (z. B. in der Pharmaindustrie).

Zusammen mit weiteren Partnern hat das Unternehmen auch vollautomatische End-of-Line-Lösungen inklusive Roboterpalettierung, bestehend aus einer Umreifungsmaschine, einem Palettierroboter und einer Palettenpackpresse, entwickelt. Die vollautomatisierte Palettierung und Ladungssicherung ermöglicht einen höheren Produktionsausstoß und erhebliche Ressourcen- und Energieersparnisse.



6. Ausblick

In Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft müssen ökonomische, ökologische und soziale Aspekte von Nachhaltigkeit gleichermaßen berücksichtigt werden, um Wirtschaft resilient und zukunftsfähig zu machen, gesellschaftlichen Wohlstand zu sichern und gleichzeitig für alle eine natürliche Lebensgrundlage zu bewahren. Dazu braucht es intelligente und innovative Technologien, um Nachhaltigkeitsziele schneller zu erreichen, ohne dabei bestehende Diskriminierungen durch Automatisierung fortzusetzen oder zu vertiefen. KI-Technologien können uns helfen, diesen digitalen, nachhaltigen Wandel aktiv zu gestalten: Zu den zentralen Nutzenpotenzialen gehören Effizienzvorteile (Produktion/Ressourcen), Wettbewerbsvorteile (Kundinnen/Kunden; Beschäftigte), Geschäftsmodellinnovationen und Gewinnsteigerungen. Die dargestellten Forschungs- und Anwendungsbeispiele (Kapitel 3) zeigen in diesem Zusammenhang die große Bandbreite der Nutzenpotenziale von KI-Anwendungen im Nachhaltigkeitskontext auf. Die exemplarisch vorgestellten integrierten KI- und Nachhaltigkeitsstrategien (Kapitel 5) verdeutlichen, wie Unternehmen aus verschiedenen Branchen und mit unterschiedlichen Wertschöpfungsarchitekturen diese Handlungsfelder schon heute innovativ und gewinnbringend miteinander verbinden. Zugleich zeigen die Praxisbeispiele auch, wie eine zielgerichtete, schrittweise KI-Einführung passend zu den Unternehmenszielen umgesetzt werden kann. Wie die Einführung von KI-Systemen in Unternehmen nachhaltig gelingen kann, hat die Plattform Lernende Systeme in einem [Whitepaper](#) zum Thema Change-Management untersucht.

Um nachhaltige Geschäftsmodelle, Lösungen und Prozesse zu entwickeln, müssen alle an einem Strang ziehen – durch ausbalancierte politische Regulierung kann der Grundstein für ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit mithilfe und beim Einsatz von KI gelegt werden; die Wirtschaft muss dafür notwendige Transformationsprozesse umsetzen und mögliche Zielkonflikte umsichtig austarieren (vgl. Kapitel 4). Die Wissenschaft muss diesen nachhaltigen Wandel begleiten und den gesellschaftlichen Diskurs über Herausforderungen durch interdisziplinäre Impulse vorantreiben, zivilgesellschaftliche Akteure können in diesem Diskurs die Position marginalisierter Gruppen stärken und Bedingungen für die Fairness von KI-Systemen definieren.

Handlungsempfehlung für Unternehmen: Potenziale identifizieren, Innovationen wagen

Für Unternehmen versprechen KI-Technologien, ökonomische Vorteile strategisch mit ökologischen und sozialen Nachhaltigkeitszielen verknüpfen zu können. Unternehmen sollten daher Umweltauswirkungen berücksichtigen und KI-Strategien so konzipieren, dass solche **technologischen Innovationen zur Verbesserung des Nachhaltigkeitsmanagements** eingesetzt werden. In diesem Zusammenhang sollten

Unternehmen den nachhaltigen Wandel aktiv mitgestalten, Innovationen wagen und eine Führungsrolle bei der Entwicklung von nachhaltigen und **verantwortungsvollen KI Best-Practice-Anwendungen** anstreben. Zentrale Voraussetzungen dafür sind eine flächendeckende Dateninfrastruktur, ein hoher Digitalisierungsgrad und eine gute Mitbestimmungskultur, die diesen Prozess unterstützt.⁵⁵



Die Potenziale von Künstlicher Intelligenz sind noch nicht annähernd erschlossen. Enorme Entwicklungsmöglichkeiten freigesetzt hat die KI allerdings schon heute, sei es beim automatisierten Fahren, im Auftrag der Null-Fehler-Produktion, bei medizinischen Diagnosen und Hilfestellungen, als Lifestyle-Lebensbegleiter sowie bei der Reduzierung unseres ökologischen Fußabdrucks – als Privatperson oder Industrieunternehmen. Nur eines macht die KI erst komplett: die menschliche Intelligenz. In Teamarbeit – und mit dem Mensch als letzte Kontrollinstanz – ist die KI eine Schlüsseltechnologie der Zukunft.“

Dr. Tanja Rückert, Chief Digital Officer Robert Bosch GmbH und Mitglied im Lenkungskreis der Plattform Lernende Systeme



Auch in Unternehmen muss zudem zu jedem Zeitpunkt die **Verhältnismäßigkeit des Einsatzes von Technologien wie KI** im Vordergrund stehen sowie die Frage, was die beste Lösung für ein bestimmtes Problem ist. Im konkreten Anwendungsfall bedeutet das, zunächst zu prüfen, ob wirklich eine ressourcenaufwändige KI-Anwendungen nötig ist oder auch etwa ein einfacher Algorithmus ausreicht bzw. sogar besser geeignet ist. Außerdem sollten Entwicklerinnen und Entwickler immer abwägen, ob das energieintensive Training eines KI-Tools durch eine hochskalierte Nutzung am Ende tatsächlich auf eine **positive Ökobilanz** einahlt.⁵⁶ Denkbar wären in diesem Zusammenhang etwa die Einführung branchenübergreifender und internationaler Standards oder die Schaffung von Marktplätzen und Plattformen zwischen Unternehmen, um Daten sowie daraus errechnete Modelle miteinander auszutauschen, so zu mehr Wiederverwertung beizutragen und den Energieverbrauch von KI-Anwendungen zu verringern.

Für den **sozial nachhaltigen und verantwortungsvollen Einsatz von KI** muss in Unternehmen zudem sichergestellt werden, dass gesellschaftliche und ökologische Auswirkungen berücksichtigt werden. So müssen zentrale Nachhaltigkeitsprinzipien neben umfassenderen Überlegungen zu **KI-Sicherheit, Ethik,**

Werten und Governance in die KI-Strategie integriert werden. Zentral ist zudem, dass **Beschäftigte frühzeitig und partizipativ in die KI-Transformation** eingebunden werden, nur dann können soziale Aspekte im Arbeitsalltag von Anfang an mitgedacht werden und neue Lösungen Akzeptanz finden. Dazu gehört auch, Beschäftigte durch kontinuierliche Fortbildung, Qualifizierung und Umschulungen in digitalen Fähigkeiten weiterzubilden und mit den Rahmenbedingungen für den Einsatz von Maschinellern Lernen und dem Auswerten gelieferter Ergebnisse entlang der Wertschöpfungskette des Unternehmens vertraut zu machen.

Lösungsansätze aus der Wissenschaft: Technologietransfer im Mittelstand ausweiten und technologische Lösungsansätze erforschen

Die **interdisziplinäre und multiperspektivische Erforschung und Entwicklung von KI-Technologien**, die zu einem skalierbaren, kommerziellen Einsatz von KI im Nachhaltigkeitsmanagement von Unternehmen beitragen können, sollte weiter ausgebaut werden, um den Beitrag von KI-Technologien zum Minderungspotenzial klimaschädlicher Emissionen zu untersuchen. Schwerpunkt muss dabei die **Vernetzung von Akteuren mit verschiedenen Perspektiven und Expertise** (industrielle, akademische und staatliche Forschungseinrichtungen) sowie Robotik- und KI-Forschender mit Forschenden aus Disziplinen sein, die sich mit dem Klimawandel beschäftigen.⁵⁷ Forschende müssen zudem Zugang zu realistischen Daten und Ausnahmefällen erhalten, damit praxisnahe Simulationen erstellt werden können.

Damit KI zu einer nachhaltigeren Entwicklung von Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft beitragen kann, braucht es – neben dem breiten Datenaustausch zwischen Unternehmen, NGOs, Forschungsinstitutionen und Behörden – auch die **verstärkte Zusammenarbeit** zwischen den Entwicklerinnen und Entwicklern von KI und den Nutzenden der Technologie in Industrie und Wissenschaft, damit Probleme identifiziert und gelöst werden können. Auch in der Gestaltung kommunaler Dateninfrastrukturen und von Geo-Masterportalen zum Austausch zwischen Unternehmen und staatlichen Behörden besteht Forschungsbedarf (z. B. Datenverfügbarkeit, Daten-Architekturen, Datenstandards und datenrechtliche Fragestellungen). Zudem müssen innovative Lösungsmöglichkeiten für einen nachhaltigen KI-Einsatz wissenschaftlich weiter erforscht werden: Eine Lösungsmöglichkeit stellen datenminimalistische KI-Ansätze dar, dadurch können etwa Kosten durch weniger Rechenzeit und indirekt auch durch schnellere Lernzyklen der KI-Systeme eingespart werden. Gleichzeitig versprechen datenminimalistische KI-Lösungen Nachhaltigkeitsgewinne durch Emissionsreduktion; zudem entsteht mehr Transparenz durch erklärbare KI, die nicht nur bei der generellen Optimierung

der Systeme hilft, sondern auch bei der Vermeidung von Verzerrungen in KI-Systemen (Bias) und bei der Auskunftspflicht gegenüber Kundinnen und Kunden, deren Daten Teil von automatischen Entscheidungen sind. Besonders für KMU könnten datenminimalistische KI-Ansätze zu ökonomischen und ökologischen Gewinnen führen, da sie durch weniger Rechenzeit und schnellere Lernzyklen helfen, Emissionen zu reduzieren, Ressourcen einzusparen und Datensicherheit aufgrund weniger Datenbewegung zu wahren.⁵⁸

KI kann auch helfen, Umweltbelastungen im Sinne von „Dirt Detection“-Ansätzen aufzuspüren und zu optimieren. Allerdings sind Ansätze noch selten, die speziell auf die Nachhaltigkeitsanalyse des maschinellen Dialogs (Daten, Applikationen und Infrastruktur) entlang von Produktions- und Logistikketten ausgerichtet sind: Bei der kritischen Analyse des KI-Einsatzes müssen auch ökologische Externalitäten sowie Nachhaltigkeitsimplikationen von KI-Systemen untersucht werden. **Erklärbare KI-Ansätze** könnten die Entscheidungswege der KI ans Licht bringen und Umweltbelastungen in der Funktionsweise der Technologie selbst aufspüren.⁵⁹

Methodologisch wird sich der KI-Einsatz im Nachhaltigkeitskontext in den nächsten Jahren voraussichtlich stärker von der automatisierten Überwachung und Prognoseerstellung zur KI-assistierten Entscheidungsfindung (prescriptive analytics) weiterentwickeln. Forschungseinrichtungen und Unternehmen müssen die dafür erforderlichen **technologischen Kompetenzen** für die Implementierung dieser KI-Anwendungen (Causal und Fair ML) sowie für die Umsetzung in Form von Geschäftsmodellen und Plattformtechnologien entsprechend fördern und aufbauen.

Im Mittelstand besteht angesichts des Digitalisierungsgrads der meisten Unternehmen und der Knappheit von KI-Talenten Aufholbedarf bei der KI-Transformation und der Verknüpfung von KI-Strategie und Nachhaltigkeitsmanagement. Für den Transfer Richtung Mittelstand ist es daher wichtig, dass Studierende in allen Disziplinen **Data-Science- und KI-Kompetenzen** sammeln können. Dem Thema algorithmische Fairness sollte in den Informatik- und Data-Science-Studiengängen mehr Aufmerksamkeit eingeräumt werden.

Politische Gestaltungsoptionen: Gesellschaftliche Digitalkompetenz fördern und wirtschaftliche Anreize setzen

Damit der nachhaltige Wandel gelingt, müssen die Potenziale und Herausforderungen von KI für Nachhaltigkeitszielsetzungen in nationalen Entwicklungsplänen sowie von Nachhaltigkeitsaspekten in der Konzeption und Weiterentwicklung von **KI-Strategien** adressiert werden. In diesem Sinne wird die Erforschung und Entwicklung einer auf Nachhaltigkeit abzielenden KI von der Politik bereits unterstützt, etwa durch Förderinstrumente, wie dem Aktionsplan *Natürlich. Digital. Nachhaltig* des Bundesministeriums für Bildung und Forschung sowie durch die BMBF-Fördermaßnahme für den *KI-Anwendungshub Kunststoffverpackungen – nachhaltige Kreislaufwirtschaft durch Künstliche Intelligenz*. Solche Förderprogramme können Forschungseinrichtungen, Unternehmen, Organisationen und Behörden helfen, ein wachsendes KI-Ökosystem mit ökologisch-nachhaltiger Ausrichtung zu etablieren.⁶⁰ Auch die Initiative *KI-Leuchttürme für Umwelt, Klima, Natur und Ressourcen*, die durch das Bundesumweltministerium (BMUV) gefördert wird, zählt auf diese Zielsetzung ein. Die Förderung von Start-ups, die gemeinwohlorientierte Geschäftsmodelle für den öffentlichen Sektor konzipieren, könnte die Zielsetzung „KI für das Gemeinwohl“ unterstützen.

Der Druck, dass Unternehmen nachhaltiger werden müssen, manifestiert sich wirtschaftlich heute bereits in der stärker regulierten Innovations- und Nachhaltigkeitspolitik der EU, während in den USA eher Innovationsanreize durch die Wertsteigerung gesetzt werden – was womöglich den internationalen Wettbewerb an manchen Stellen langfristig verzerren könnte. Das muss bei der Förderung von Innovations- und Nachhaltigkeitspolitik im Blick behalten werden. Eine eng **abgestimmte EU-Förderpolitik** kann die Forschung und Implementierung von nachhaltiger KI hier in der Praxis gezielt unterstützen.

Neben der gezielten Förderung der weiteren wissenschaftlichen Erforschung dazu, wie KI zu mehr Nachhaltigkeit beitragen kann, können Unternehmen auch durch steuerliche Anreize, die Investitionen ankurbeln können, sowie durch neue Geschäftsmodelle, bei denen Wertschöpfung und Ressourcenverbrauch weitgehend entkoppelt sind (z. B. „As-a-Service“-Modelle), finanziell gefördert werden.⁶¹ Dies kann auch die breitere Anwendung von KI mit Nachhaltigkeitsbezug im Mittelstand unterstützen, da viele KMU auf solche externen Lösungen zurückgreifen, ohne dafür eigenes KI-Know-how im Unternehmen aufbauen zu müssen (vgl. Kapitel 2).

Rebound-Effekte und der bislang noch sehr hohe Energieverbrauch zur Berechnung neuer KI-Modelle stellen eine große Herausforderung dar: Klare Rahmenbedingungen können helfen, dass nachhaltige Innovationen gefördert und Rebound-Effekte in Zukunft reduziert werden können. Dazu sollte auch bei KI-Entwicklerinnen und -Entwicklern ein **Bewusstsein über die Emissionen des KI-Trainings** geschaffen und Möglichkeiten zur Reduktion diskutiert und gefördert werden.

Um einen sozial nachhaltigen KI-Einsatz zu erreichen, bedarf es zudem umfassender Richtlinien. Diese sollten einen sinnvollen und zweckmäßigen Einsatz von KI im Hinblick auf die angestrebten Ziele sicherstellen, **ökologisch nachhaltig, transparent und frei von Ausgrenzung und Diskriminierung**.⁶² Wichtig ist dabei, dass die Rahmenbedingungen den Unternehmen Planungssicherheit geben, damit sie die Investition in zeitintensive und kostspielige Entwicklungen oder die Optimierung nachhaltiger Geschäftsmodelle besser abschätzen können.⁶³ Ziel **nachhaltiger Arbeitspolitik** muss eine Arbeitswelt sein, in der die planetaren ökologischen Grenzen eingehalten und Beschäftigte weder über- noch unterfordert werden, ihren Lebensstandard finanzieren und einer **sinnstiftenden Tätigkeit** nachgehen können.⁶⁴ Für den sozial nachhaltigen Einsatz digitaler Technologien müssen zudem **Digital- und Datenkompetenzen** (AI Literacy) weiter gefördert und im Bildungsprozess verankert werden, um einen mündigen Umgang der Gesellschaft und einen breiten Dialog über Potenziale und Herausforderungen von KI im Nachhaltigkeitskontext zu ermöglichen.

Literatur

- 1 vgl. Wörner & Schmidt, 2022.
- 2 vgl. IW und IW Consult GmbH & WIK-Consult GmbH, 2022.
- 3 vgl. Plattform Lernende Systeme, 2020.
- 4 vgl. acatech, 2020; Thoma, 2014.
- 5 vgl. Rohde et al., 2021a, S. 2.
- 6 vgl. Wurm et al., 2021, S. 5; Müller-Quade et al., 2019, S. 5.
- 7 vgl. United Nations, 1987.
- 8 vgl. Die Bundesregierung, 2021, S. 8.
- 9 vgl. BUND, 2020; Schirmer-Kaegebein & Reinheimer, 2021.
- 10 vgl. Vinuesa et al., 2020.
- 11 vgl. Kaack et al., 2022.
- 12 vgl. Forum Wirtschaftsethik, 2020.
- 13 vgl. Boll & Schnell et al., 2022.
- 14 vgl. Rohde et al., 2021a, S.30.
- 15 vgl. ebenda, S. 30; Rohde et al., 2021b, S. 37.
- 16 vgl. Rohde et al., 2021a, S. 30; AW AlgorithmWatch gGmbH, 2022.
- 17 vgl. Helmrich, 2021, S. 190.
- 18 vgl. Haberstock, 2019.
- 19 vgl. KI-Bundesverband, 2021, S. 17; IHK, 2021, S. 23.
- 20 vgl. Plattform Industrie 4.0., 2021, S. 5.
- 21 vgl. Lundborg et al., 2021, S. 256-258; Scholz et al., 2021.
- 22 vgl. Rohde et al., 2021a, S. 29.
- 23 vgl. Vinuesa et al., 2020.
- 24 vgl. IPCC, 2021.
- 25 vgl. Reset, 2020, S. 30-40.
- 26 vgl. BMBF, 2019, S. 2-3.
- 27 vgl. Reset, 2020, S. 16-27.
- 28 vgl. Forum Wirtschaftsethik, 2020; Reset, 2020.
- 29 vgl. Reset, 2020, S. 58.
- 30 vgl. Kocagöz, 2020, S. 323.
- 31 vgl. ebenda, S. 323; Kagermann, 2021.
- 32 vgl. Rohde et al., 2021b, S. 37.
- 33 vgl. Rohde et al., 2021a, S. 30.
- 34 vgl. Helmrich 2021, S. 175.
- 35 vgl. Reset, 2020, S. 73, 119.
- 36 vgl. Rohde et al., 2021a, S. 28-29.
- 37 vgl. ebenda, S. 70; Reset, 2020, S. 86.
- 38 vgl. Rohde et al., 2021a, S. 29; Scholz et al., 2021.
- 39 vgl. Toetzke et al., 2022.
- 40 vgl. Regneri, 2021, S. 192.
- 41 vgl. Vocolka et al., 2021, S. 36-37.
- 42 vgl. Mockenhaupt, 2021, S. 103.
- 43 vgl. World Economic Forum, 2018, S. 6.
- 44 vgl. Vocolka et al., 2021, S. 36-37.
- 45 vgl. Heesen et al., 2020; Rohde et al., 2021a, S. 70.
- 46 vgl. Plattform Industrie 4.0., 2021, S. 5.
- 47 vgl. IHK, 2021.
- 48 vgl. Lichtenthaler, 2021, S. 69.
- 49 vgl. Dawicon, 2021.
- 50 vgl. HypoVereinsbank, 2022; IHK, 2021; Plattform Lernende Systeme, 2021.
- 51 vgl. Gawellek, 2020.
- 52 vgl. Lundborg et al., 2021, S. 258.
- 53 vgl. ebenda, S. 258.
- 54 vgl. Apachite & Voget, 2021.
- 55 vgl. Stowasser & Suchy, 2020.
- 56 vgl. Reset, 2020, S. 124.
- 57 vgl. Scheutz et al., 2021.
- 58 vgl. Regneri, 2021, S. 205; AW AlgorithmWatch gGmbH 2022, S. 27-29.
- 59 vgl. Wurm et al., 2021, S. 16; Rohde et al., 2021a, S. 70.
- 60 vgl. Zielinski, 2021.
- 61 vgl. Plattform Industrie 4.0., 2021, S. 9.
- 62 vgl. Rohde et al., 2021b, S. 40.
- 63 vgl. Plattform Industrie 4.0., 2021, S. 9.
- 64 vgl. Diefenbacher et al., 2016, S. 24; Schröder, 2018.
- acatech (2020): Corona-Krise: Volkswirtschaft am Laufen halten, Grundversorgung sichern, Innovationsfähigkeit erhalten. Online abrufbar unter: <https://www.acatech.de/publikation/coronakrise-volkswirtschaft-am-laufen-halten-grundversorgung-sichern-innovationsfaehigkeit-erhalten/download-pdf?lang=de>
- Apachite, C., Voget S. (2021): Nüchtern gesehen: Künstliche Intelligenz als neues Werkzeug – mit neuen Regeln, in: Altenburger R., Schmidpeter R. (Hrsg.), CSR und Künstliche Intelligenz. Management-Reihe Corporate Social Responsibility (S. 235–249). Berlin/Heidelberg: Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-662-63223-9_12
- AW AlgorithmWatch gGmbH (2022): sustain. Nachhaltige KI in der Praxis. Online verfügbar unter: <https://algorithmwatch.org/de/sustain-magazin-2022>
- Bitkom e. V. (2021, 18. März): Klimaeffekte der Digitalisierung. Online unter: https://www.bitkom.org/sites/main/files/2021-11/210318_chartsklimastudie_akt.pdf
- Boll, S. & Schnell, M. et al. (2022): Mit Künstlicher Intelligenz zu nachhaltigen Geschäftsmodellen – Nachhaltigkeit von, durch und mit KI. Whitepaper aus der Plattform Lernende Systeme. Online unter: https://doi.org/10.48669/pls_2022-1
- BUND (o. D.): Nachhaltige Entwicklung. Online unter: <https://www.bund-bawue.de/themen/mensch-umwelt/nachhaltigkeit/begriff-nachhaltige-entwicklung/>
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2019): Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt. Eine FONA-Leitinitiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Online unter: https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/7/22648_Forschungsinitiative_zum_Erhalt_der_Artenvielfalt.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- DAWICON (2021): Nachhaltigkeit: Was ist eigentlich eine Wesentlichkeitsmatrix und wie hilft diese bei der strategischen Steuerung? Online unter: <https://www.dawicon.de/nachhaltigkeit-wesentlichkeitsmatrix-materiality-matrix-wesentlichkeits-analyse/>
- Die Bundesregierung (2021): Gemeinsam den Wandel gestalten. Die UN-Nachhaltigkeitsziele. Online unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/die-un-nachhaltigkeitsziele-1553514>
- Diefenbacher, H., Foltin, O. & Held, B. et al. (2016): Zwischen den Arbeitswelten: Der Übergang in die Postwachstumsgesellschaft. Fischer Verlag.
- Forum Wirtschaftsethik (2020, 16. Januar): Kann künstliche Intelligenz zur Umsetzung der UN-Nachhaltigkeitsziele beitragen? Online unter: <https://www.forum-wirtschaftsethik.de/kann-kuenstliche-intelligenz-zur-umsetzung-der-un-nachhaltigkeitsziele-beitragen/>
- Gawellek, M. (2020): Digitale Vernetzung für nachhaltige Geschäftsmodelle, in: Hildebrandt, A. (Hrsg.), Klimawandel in der Wirtschaft (S. 189–208). Berlin/Heidelberg: Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-662-60395-6_17
- Haberstock, P. (2019): ESG-Kriterien, in: Gabler Wirtschaftslexikon. Online unter: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/esg-kriterien-120056>

Heesen, J. et al. (Hrsg.) (2020): Ethik-Briefing. Leitfaden für eine verantwortungsvolle Entwicklung und Anwendung von KI-Systemen. Whitepaper aus der Plattform Lernende Systeme, München. Online unter: https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG3_Whitepaper_EB_200831.pdf

Helmrich, K. (2021): Wie die Cloud, Edge Computing und Künstliche Intelligenz zur Nachhaltigkeit in der Industrie beitragen, in: Hildebrandt, A. & Landhäußer, W. (Hrsg.), CSR und Digitalisierung (S. 175–192). Berlin/Heidelberg: Springer Gabler.

HypoVereinsbank (2022): Nachhaltigkeit – wo steht Ihr Unternehmen? Online unter: https://www.hypovereinsbank.de/hvb/nachhaltigkeit/insights/sustainable-finance-experts/esg-branchenbarometer?hvbcid=KNC-301-HVB-8035&pub-llid=20101&gclid=EAlaIQobChMIh8ulmOvF9AIVFpBoCR2gJg7DEAAYASAAEgIOsvD_BwE

IHK für München und Oberbayern (2021): In 5 Schritten zum Erfolg: Nachhaltigkeitsberichterstattung für KMUs. Sustainability und Sustainable Finance Anforderungen für die Realwirtschaft. Online unter: https://www.ihk-muenchen.de/ihk/Finanzwirtschaft/301121_IHK_VBA_Deloitte_Brosch%C3%BCre_NFR_gQ.pdf

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2021): Climate Change 2021 – The Physical Science Basis. Online unter: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf

IW und IW Consult GmbH & WIK-Consult GmbH (2022): Mehr Ressourceneffizienz durch Digitalisierung. Handlungsempfehlungen für kleine und mittlere Unternehmen. Online unter: https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2021/Ressourceneffizienz_4.0_Broschuere_Handlungsempfehlungen.pdf

Kaack, L. H. et al. (2022): Aligning artificial intelligence with climate change mitigation. Nat. Clim. Chang. 12, 518–527. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01377-7>

Kagermann, H. (2021): Die Zukunft der Mobilität ganzheitlich gestalten, in: Hildebrandt, A. & Landhäußer, W. (Hrsg.), CSR und Digitalisierung (S. 291–302). Management-Reihe Corporate Social Responsibility. Berlin/Heidelberg: Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61836-3_19

KI-Bundesverband (2021): Wie Künstliche Intelligenz Klimaschutz und Nachhaltigkeit fördern kann. Online unter: <https://ki-verband.de/wp-content/uploads/2021/02/KIBV-Klima-Positionspapier.pdf>

Kocagöz, O. (2020): Smart Mobility – Beitrag der KI zur Nachhaltigkeit, in: Buchkremer, R., Heupel, T. & Koch, O. (Hrsg.), Künstliche Intelligenz in Wirtschaft & Gesellschaft. Auswirkungen, Herausforderungen & Handlungsempfehlungen (S. 311–325). Wiesbaden: Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-29550-9_17

Lichtenthaler, U.C. (2021): Digitainability: The Combined Effects of the Megatrends Digitalization and Sustainability, in: Journal of Innovation Management, 9(2), 64–80.

Lundborg, M., Schrade-Grytsenko, L. & Märkel, C. (2021): CSR und künstliche Intelligenz im Mittelstand – Chancen für innovativere und nachhaltigere kleine und mittlere Unternehmen?, in: Altenburger, R. & Schmidpeter, R. (Hrsg.), CSR und Künstliche Intelligenz. Management-Reihe Corporate Social Responsibility (S. 251–260). Berlin/Heidelberg: Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-662-63223-9_13

Mockenhaupt, A. (2021): Digitalisierung und Künstliche Intelligenz in der Produktion. Grundlagen und Anwendung. Springer Vieweg, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-32773-6>

Müller-Quade, J. et al. (2019): Künstliche Intelligenz und IT-Sicherheit. Whitepaper aus der Plattform Lernende Systeme. Online unter: https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/20190403_Whitepaper_AG3_final.pdf

Plattform Industrie 4.0. (2021): Industrie 4.0 und Nachhaltigkeit – Zehn Thesen, wie digitale Geschäftsmodelle Nachhaltigkeit in der Industrie 4.0 fördern. Online unter: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/The-sen-Nachhaltigkeit-Geschaeftsmodelle.pdf?__blob=publicationFile&v=5

Plattform Lernende Systeme (2020): Zukunftsfähigkeit mit KI sichern – Ansätze für mehr Resilienz und digitale Souveränität. Positionspapier des Lenkungskreises aus der Plattform Lernende Systeme, München. Online abrufbar: https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/PLS_Positionspapier_LK.pdf

Plattform Lernende Systeme (2021): KI im Mittelstand – Potenziale erkennen, Voraussetzungen schaffen, Transformation meistern. Online unter: https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/PLS_Booklet_KMU.pdf

Regneri, M. (2021): Datenwert und Datenminimalismus: Wege zu nachhaltiger künstlicher Intelligenz, in: Altenburger, R. & Schmidpeter R. (Hrsg.), CSR und Künstliche Intelligenz. Management-Reihe Corporate Social Responsibility (S. 189–207). Berlin/Heidelberg: Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-662-63223-9_10

Reset (2020): Greenbook: Künstliche Intelligenz – Können wir mit Rechenleistung unseren Planeten retten? Online unter: https://reset.org/app/uploads/2020/09/RESET_KI_Greenbook_01-1.pdf

Robert Bosch GmbH (2022): Umfassende Nachhaltigkeitsstrategie und konsequente Compliance. Online unter: <https://www.bosch.com/de/nachhaltigkeit/verantwortung/>

Rohde, F., Gossen, M. & Wagner, J. et al. (2021a): Sustainability challenges of Artificial Intelligence and Policy Implications. Ökologisches Wirtschaften – Fachzeitschrift, 36(01), 36–40. Online unter: <https://www.oekologisches-wirtschaften.de/index.php/oew/article/view/1792/1728>; <https://doi.org/10.14512/OEWO360136>

Rohde, F., Wagner, J. & Reinhard, P. et al. (2021b): Nachhaltigkeitskriterien für künstliche Intelligenz, in: Schriftenreihe des IÖW, 220, 21. Online unter: https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/2021/OEW_SR_220_Nachhaltigkeitskriterien_fuer_Kuenstliche_Intelligenz.pdf

Scheutz, M., Köszegi, S. & Coeckelbergh, M. et al. (2021): Möglichkeiten für Robotik und KI zur Bekämpfung des Klimawandels. OCG Journal, Jg. 46, 19–21. Online unter: https://www.ocg.at/sites/ocg.at/files/medien/pdfs/OCG_Journal2021-03-04.pdf#page=19

Schirmer-Kaegebein & U., Reinheimer, S. (2021): Künstliche Intelligenz zur Abbildung und Sicherung von Wissen – Nachhaltigkeit für das wichtigste Unternehmens-Asset. HMD 58, 116–133. <https://doi.org/10.1365/s40702-020-00699-4>

Scholz, R. W., Beckendahl, M., Noller, S. & Renn, O. (2021): DiDaT Weißbuch. Verantwortungsvoller Umgang mit digitalen Daten – Orientierung eines transdisziplinären Prozesses. Online unter: https://publications.iass-potsdam.de/rest/items/item_6000749_7/component/file_6000750/content.

Schröder, L. (2018): Die Ökofaktoren der Arbeit: Zeit und Leistung steuern, in: Schröder, L. & Urban, H.-J. (Hrsg.), Ökologie der Arbeit. Impulse für einen nachhaltigen Umbau (Ausgabe 2018, S. 195–208). Bund Verlag.

Stowasser, S. & Suchy, O. et al. (Hrsg.) (2020): Einführung von KI-Systemen in Unternehmen. Gestaltungsansätze für das Change-Management. Whitepaper aus der Plattform Lernende Systeme. Online unter: https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG2_Whitepaper_Change_Management.pdf

Thoma, K. (Hrsg.) (2014): Resilien-Tech. 'Resilience-by-Design': Strategie für die technologischen Zukunftsthemen (acatech STUDIE). Online abrufbar unter: <https://www.acatech.de/publikation/resilien-tech-resilience-by-design-strategie-fuer-die-technologischenzukunftsthemen2/download-pdf?lang=de>

Toetzke, M., Banholzer, N. & Feuerriegel, S. (2022): Monitoring global development aid with machine learning, in: Nature Sustainability. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00874-z>

United Nations (1987): Our Common Future. Report of the World Commission on Environment and Development. Online unter: https://www.netzwerk-n.org/wp-content/uploads/2017/04/0_Brundtland_Report-1987-Our_Common_Future.pdf

Vinuesa, R. et al. (2020): The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals, in: Nature communications 11(1), S. 1-10.

Vocelka, A., Langensiepen, F. & Beismann, S. (2021): Digital Governance als CSR-Kompass für künstliche Intelligenz, in: Altenburger, R. & Schmidpeter, R. (Hrsg.), CSR und Künstliche Intelligenz. Management-Reihe Corporate Social Responsibility (S. 17–60). Berlin/Heidelberg: Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-662-63223-9_2

World Economic Forum (2018): Harnessing Artificial Intelligence for the Earth. Online unter: https://www3.weforum.org/docs/Harnessing_Artificial_Intelligence_for_the_Earth_report_2018.pdf

Wörner, J.-D./Schmidt, C. M. (Hrsg.) (2022): Sicherheit, Resilienz und Nachhaltigkeit (acatech IMPULS), München. Online unter: <https://www.acatech.de/publikation/sicherheit-resilienz-und-nachhaltigkeit/download-pdf/?lang=de>

Wurm, D. et al. (2021): Wege in eine ökologische Machine Economy. CO:DINA Positionspapier (4). Online unter: https://codina-transformation.de/wp-content/uploads/Positionspapier_WEGE-IN-EINE-OC%88KOLOGISCHE-MACHINE-ECO-NOMY-1.pdf

Zielinski, O. (2021): Grüne Künstliche Intelligenz, in: The Pioneer. Online unter: <https://www.thepioneer.de/originals/thepioneer-expert/articles/gruene-kuenstliche-intelligenz>

Über diesen Bericht

Die vorliegende Publikation wurde auf der Basis von Experteninterviews mit Kooperationspartnern aus Forschungseinrichtungen und Unternehmen erstellt und beratend durch Mitglieder der Plattform Lernende Systeme unterstützt.

Autorinnen und Autoren der Plattform Lernende Systeme

Prof. Dr. Regina Ammicht Quinn, Eberhard Karls Universität Tübingen

Dr. Corina Apachite, Continental AG

Prof. Dr. Susanne Boll, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Prof. Dr. Michael Decker, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Prof. Dr. Barbara Deml, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Prof. Dr. Michael Dowling, Universität Regensburg

Dr. Rudolf Felix, PSI FLS Fuzzy Logik & Neuro Systeme GmbH

PD. Dr. Jessica Heesen, Eberhard Karls Universität Tübingen

Prof. Dr. Klaus Heine, Erasmus University Rotterdam

Güngör Kara, Ottobock SE & Co. KGaA

Dr. Wulf Loh, Eberhard Karls Universität Tübingen

Olga Mordvinova, incontext.technology GmbH

Prof. Dr. Katharina Morik, TU Dortmund, SFB 876, Lamarr-Institut für Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz

Dr. Nadine Müller, Vereinte Dienstleistungsgewerkschaft (ver.di)

Dr. Martin Sauer, Bosch Sicherheitssysteme GmbH

Philipp Schlunder, daibe UG

Dr. Markus Schnell, Infineon Technologies AG

Andrea Stich, Infineon Technologies AG

Prof. Dr. Orestis Terzidis, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Dr.-Ing. Eric Veith, OFFIS – Institut für Informatik

Gastautorinnen und -autoren

Prof. Dr. Stefan Feuerriegel, Ludwig-Maximilians-Universität München

Malte Toetzke, ETH Zürich

Josephin Wagner, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) GmbH, gemeinnützig

Prof. Dr. Oliver Zielinski, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI), Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Interviewte Expertinnen und Experten

Prof. Dr. Sonoko Dorothea Bellingrath-Kimura, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.

Dr. Daniel Carl, Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM

Dr.-Ing. Jeronimo Dzaack, ATLAS ELEKTRONIK GmbH

Francesca Doglioni, Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung

Raphael Fischer, TU Dortmund, Lamarr-Institut für Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz

Dr. Lydia Gustavs, Projektträger Jülich | Forschungszentrum Jülich GmbH

Dr. Sibylle Itzerott, Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ

Prof. Dr. Torsten Kanzow, Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Universität Bremen

Pascal Kätzel, PSI FLS Fuzzy Logik & Neuro Systeme GmbH

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Koch, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Dr. Helena Kotthaus, TU Dortmund, Kompetenzzentrum Maschinelles Lernen Rhein-Ruhr (ML2R)

Svenja Lauble, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Christoph Leppla, MOSCA GmbH

Jun.-Prof. Dr. Thomas Liebig, TU Dortmund, SFB 876

Dr. Sebastian Mieruch, Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung

Prof. Dr. Christoph Müller, Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM

PD Dr. Barbara Niehoff, Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven

Ann-Kathrin Oster, TU Dortmund, Lamarr-Institut für Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz

Dr. Nico Piatkowski, Fraunhofer IAIS, Lamarr-Institut für Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz

Klaus Reus, TrueOcean GmbH

Prof. Dr.-Ing. Michael Schmitt, Universität der Bundeswehr München

Jun.-Prof. Dr. Anthony Stein, Universität Hohenheim

Dr. Jana Wäldchen, Max-Planck-Institut für Biogeochemie

Redaktion

Dr. Ursula Ohliger, Geschäftsstelle der Plattform Lernende Systeme

Dr. Thomas Schmidt, Geschäftsstelle der Plattform Lernende Systeme

Dr. Johannes Winter, Geschäftsstelle der Plattform Lernende Systeme

Beratende Mitglieder der Plattform Lernende Systeme

Dr. Corina Apachite, Continental AG

Dr. Andreas Braun, Accenture GmbH

Prof. Dr. Michael Decker, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Dr. Tim Gutheit, Infineon Technologies AG

Güngör Kara, Ottobock SE & Co. KGaA

Dr. Hannah Köpcke, Webdata Solutions GmbH

Dr. Wulf Loh, Eberhard Karls Universität Tübingen

Dr. Juliane Lutz, Fraunhofer-Gesellschaft e. V.

Dr. Martin Sauer, Bosch Sicherheitssysteme GmbH

Alexandra Seemann, SAP SE

Dr.-Ing. Jack Thoms, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI)

Dr. Johannes Winter, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

Lenkungskreis der Plattform Lernende Systeme

Der Lenkungskreis der Plattform Lernende Systeme steuert als Leitungsebene die inhaltliche und strategische Ausrichtung der Plattform und setzt neue Impulse für ihre Arbeit. Seine Mitglieder aus Wissenschaft und Wirtschaft repräsentieren wichtige Themen, Disziplinen, Branchen und Unternehmen unterschiedlicher Größe im Feld der Künstlichen Intelligenz. Alle Mitglieder wurden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) berufen.

Vorsitzende des Lenkungskreises der Plattform Lernende Systeme

Bettina Stark-Watzinger, Bundesministerin für Bildung und Forschung
Dr.-Ing. Reinhard Ploss, Präsident von acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

Mitglieder des Lenkungskreises der Plattform Lernende Systeme

Prof. Dr. Regina Ammicht Quinn, Eberhard Karls Universität Tübingen
Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Constanze Hufenbecher, Infineon Technologies AG
Ralf Klinkenberg, RapidMiner GmbH
Dr. Hanna Köpcke, Vistex Inc.
Gilles Mabire, Continental AG
Dr. Jürgen Müller, SAP SE
Prof. Dr.-Ing. Reimund Neugebauer, Fraunhofer-Gesellschaft e. V.
Frank Riemensperger, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Dr. Tanja Rückert, Bosch Sicherheitssysteme GmbH
Prof. Dr. Wolfgang Wahlster, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI)

Herausgeber

Lernende Systeme –
 Die Plattform für Künstliche Intelligenz
 Geschäftsstelle | c/o acatech
 Karolinenplatz 4 | 80333 München
www.plattform-lernende-systeme.de

Gestaltung und Produktion

PRpetuum GmbH, München

Stand

August 2022

Bildnachweise

metamorworks/Adobe Stock (Titel), DNY59/iStock (S. 4), peterschreiber.media/iStock (S. 7), Brinja Schmidt/iStock (S. 23), Oculo/Adobe Stock (S. 54), onurdongel/iStock (S. 63), xijian/iStock (S. 75)

Empfohlene Zitierweise

Plattform Lernende Systeme (2022): Mit KI den nachhaltigen Wandel gestalten – Zur strategischen Verknüpfung von Künstlicher Intelligenz und Nachhaltigkeitszielen. https://doi.org/10.48669/pls_2022-5

Kontakt

Leiter der Geschäftsstelle
 Dr. Johannes Winter
 Plattform Lernende Systeme – Die Plattform für Künstliche Intelligenz
 Karolinenplatz 4 | 80333 München
 +49 89 520309-14
winter@acatech.de



Über die Plattform Lernende Systeme

Die Plattform Lernende Systeme ist ein Netzwerk von Expertinnen und Experten zum Thema Künstliche Intelligenz (KI). Sie bündelt vorhandenes Fachwissen und fördert als unabhängiger Makler den interdisziplinären Austausch und gesellschaftlichen Dialog. Die knapp 200 Mitglieder aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft entwickeln in Arbeitsgruppen Positionen zu Chancen und Herausforderungen von KI und benennen Handlungsoptionen für ihre verantwortliche Gestaltung. Damit unterstützen sie den Weg Deutschlands zu einem führenden Anbieter von vertrauenswürdiger KI sowie den Einsatz der Schlüsseltechnologie in Wirtschaft und Gesellschaft. Die Plattform Lernende Systeme wurde 2017 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) auf Anregung des Hightech-Forums und acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften gegründet und wird von einem Lenkungskreis gesteuert.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Diese und weitere Publikationen stehen in der Online-Bibliothek der Plattform Lernende Systeme zum Download zur Verfügung.

