ECO AUSTRIA
INSTITUT FÜR
WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

Wien, im August 2024

ENDBERICHT

Die KI-Revolution: Auswirkungen und Potenziale für Österreich

Studie im Auftrag
des Bundeskanzleramts

ENDBERICHT

Die KI-Revolution: Auswirkungen und Potenziale für Österreich
August 2024

Nikolaus Graf, Philipp Koch und Monika Köppl-Turyna

Studie im Auftrag des Bundeskanzleramts

ABSTRACT

Künstliche Intelligenz (KI) und KI-unterstützte Technologien transformieren eine Vielzahl an wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Prozessen. Gleichzeitig schafft der vor Kurzem verabschiedete AI Act der Europäischen Union einen EU-weiten Regelungsrahmen für die Entwicklung, das Inverkehrbringen, die Inbetriebnahme und die Verwendung von KI. Im Rahmen der Studie werden auf Basis von wissenschaftlicher Literatur, empirischen Daten und ExpertInnen-Interviews derzeitige und zukünftige betriebliche KI-Anwendungen, ökonomische und ökologische Wirkungen der KI-Nutzung, Effekte des AI Acts sowie die KI-Betroffenheit in österreichischen Branchen diskutiert (Abbildung 1).

Betriebliche Anwendungen von KI finden sich über alle Wirtschaftsbereiche hinweg. Insbesondere mit dem Aufkommen von Large Language Models ist es zuletzt laut ExpertInnen zu einer gesteigerten Dynamik und spürbar breiteren Adoption gekommen. KI-basierte Anwendungen können die Tätigkeits- und Beschäftigungsstruktur verändern, zu signifikanten Produktivitätssteigerungen führen, die Innovationsdynamik ankurbeln und die Produktivitätslücke zwischen jüngeren und erfahreneren Beschäftigten verringern. Auf Basis der österreichischen Beschäftigtenstruktur zeigt sich, dass einige Branchen, in denen Österreich spezialisiert ist, stark von KI-Anwendungen transformiert werden: Dies gilt beispielsweise für die Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen und elektronischen und optischen Produkten, für den Maschinenbau, aber auch für Finanzdienstleistungen und für Werbung und Marktforschung.

Der AI Act wird von den ExpertInnen prinzipiell als adäquat eingeschätzt. Die Schaffung EU-weiter Standards könnte die Adoption befördern, aus Sicht der Innovation könnten sich aber auch Nachteile gegenüber den großen Anbietern aus den USA ergeben. Im Hinblick auf die in Österreich relevanten Branchen mit hoher KI-Betroffenheit gilt grundsätzlich, dass ein über die bestehende Rechtslage spürbar hinausgehender Grad der Restriktion nur selten gegeben ist. Es entsteht zusätzlicher Erfüllungsaufwand, der in Teilen der stärker vom AI Act betroffenen Fokusbranchen zu Mehrkosten führen wird. Zur Hebung der wirtschaftlichen Potenziale von KI sind effiziente Unterstützungsmaßnahmen, insbesondere für KMU, die Hebelung privaten Risikokapitals für Forschung, Entwicklung und Innovation, sowie mehr europäische Zusammenarbeit zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit im Vergleich zu den USA oder China angezeigt.

EXECUTIVE SUMMARY

Künstliche Intelligenz (KI) und KI-unterstützte Technologien transformieren eine Vielzahl an wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Prozessen. Das Aufkommen von generativen KI-Modellen wie ChatGPT hat diese Entwicklung weiter beschleunigt. Gleichzeitig hat die Europäische Union mit dem AI Act vor Kurzem einen Rechtsrahmen für die Entwicklung und Adoption von KI-System erlassen. Vor dem Hintergrund der rasanten Weiterentwicklung von KI-Technologien und dem beschlossenen Rechtsrahmen auf europäischer Ebene stellt sich die Frage, welche Auswirkungen auf die österreichische Wirtschaft beobachtbar und erwartbar sind. Ziel dieser Studie ist es, auf Basis von betrieblichen Anwendungsbeispielen, der wissenschaftlichen Literatur, Daten zur österreichischen KI-Betroffenheit auf Berufs- und Branchenebene und qualitativen Leitfaden-Interviews mit KI-ExpertInnen ein möglichst umfassendes Bild zu den Auswirkungen und Potenzialen der KI-Revolution in Österreich zu präsentieren.

Betriebliche KI-Anwendungen. Auf betrieblicher Ebene zeigen sich bereits heute vielseitige Anwendungsbeispiele in verschiedensten Branchen. Im Rahmen dieser Studie beschreiben wir Beispiele von betrieblichen KI-Anwendungen in ausgewählten Fokusbranchen, u. a. Landwirtschaft, Finanzdienstleistungen, Medizin und Energieversorgung. Die Funktionen der betrieblichen Anwendungen von KI-Systemen reichen vom automatischen Erkennen von Situationen (*assess*) zum Ziehen von Schlussfolgerungen (*infer*) und dem Setzen von angemessenen Reaktionen (*respond*). Zu den betrieblichen KI-Anwendungen zählen unter anderem Predictive Maintenance im herstellenden Bereich, der Einsatz von Machine-Learning-Modellen und neuronalen Netzwerken zur Prognose von Preisen oder Auslastungen, automatisierte und mit der Umwelt interagierende Robotik in der Landwirtschaft und der Industrie sowie generative KI-Modelle zur Unterstützung etwa der Softwareentwicklung.

AI Act der Europäischen Union. Dieser schafft einen EU-weiten Regelungsrahmen für die Entwicklung, das Inverkehrbringen, die Inbetriebnahme und die Verwendung von KI-Modellen und KI-Systemen. Ziel ist die Schaffung eines gemeinsamen Regelungsrahmens für vertrauenswürdige KI-Systeme und KI-Modelle mit allgemeinem Verwendungszweck. Dies soll durch die Regulierung der Entwicklung und Nutzung von KI in Form einer abgestuften Risikobewertung erreicht werden. Die Abstufung verläuft von der Prohibition von Praktiken mit inakzeptablem Risiko über die Regulierung von Hochrisiko-Anwendungen, die Sicherstellung von Transparenz bei Systemen mit geringem Risiko bis zur Ermöglichung ohne zusätzliche Regulierung bei minimalem Risiko. Ein zweiter wesentlicher Zweck des AI Act ist die Beförderung der Innovation. Dies soll zum einen durch die Beförderung eines EU-weiten KI-Ökosystems mit gemeinsamen Regeln erreicht werden, zum anderen durch innovationsfördernde Maßnahmen, auch mit speziellem Fokus auf KMU und Startups.

Zur Einordnung des AI Act werden Stellungnahmen herangezogen. Wirtschaft und Unternehmen nehmen insbesondere die wirtschaftliche Nutzung von KI in den Blick. Die EU-weite Regulierung zur Beförderung des Binnenmarktes wird durchwegs positiv bewertet. Kritische Anmerkungen ergeben sich im Kontext von Compliance- und Verfahrenskosten. VertreterInnen des Innovationssystems bewerten die EU-weite Normierung positiv für die Entwicklung eines gesamteuropäischen KI-Ökosystems. Rechtssicherheit kann die Adoption von KI in den Unternehmen befördern. Es wird jedoch befürchtet, dass vom Regelungsrahmen insbesondere große außereuropäische

Technologiefirmen profitieren könnten, da sich aus Erfüllungspflichten Markteintrittsbarrieren ergeben könnten, die große Anbieter und Unternehmen skalenbedingt bevorteilen könnten.

Auswirkungen der betrieblichen Nutzung von KI. Betriebliche Anwendungen von KI-Systemen können signifikante Auswirkungen auf die Tätigkeits- und Beschäftigungsstruktur, makroökonomische Indikatoren wie Produktivität und Innovation, aber auch die Ökologie aufweisen. Auf Ebene der Tätigkeiten und Berufe zeigt die wissenschaftliche Literatur, dass betriebliche Anwendungen von KI tiefgreifende Veränderungen zur Folge haben. Während physische und sogar kognitive Tätigkeiten durch KI automatisiert werden können, liegen die größten Potenziale von KI-Systemen, insbesondere generativen KI-Modellen am aktuellen Rand, in der Augmentation menschlicher Arbeitskraft. Auf mikroökonomischer Ebene sind massive Produktivitätszugewinne von bis zu 40 Prozent zu sehen. Gleichzeitig sinkt der Wert von Berufserfahrung, da jüngere, durch die Nutzung von KI-Systemen augmentierte Beschäftigte die Produktivitätslücke zu erfahreneren Beschäftigten schließen können.

Dass sich diese mikroökonomischen Effekte auf der makroökonomischen Ebene zeigen werden, ist zu erwarten. Wie stark dies aber der Fall sein wird, ist aus Sicht der wissenschaftlichen Literatur noch uneindeutig. Zum einen führt KI aufgrund ihrer optimierenden und augmentierenden Charakteristik zu einer Steigerung der Effizienz und kann dadurch die gesamtwirtschaftliche Produktivität erhöhen. Zum anderen kann KI auch die Innovationsdynamik ankurbeln, da einige Fähigkeiten, die KI-Systeme mittlerweile mitbringen, zur Entwicklung neuer Produkte und Geschäftsmodelle führen können. Auch die Forschung & Entwicklung kann durch den Einsatz von KI-Systemen an Dynamik gewinnen. Gleichzeitig geschieht die Entwicklung von fortschrittlichen KI-Systemen vor allem in anderen Wirtschaftsräumen wie den USA und China. Österreich und Europa profitieren damit mehr über die Adoption von KI-Technologien, die wohl kleinere ökonomische Effekte als die Entwicklung mit sich bringt. Die ökologischen Wirkungen von KI-Systemen sind schwierig zu bilanzieren, nachdem es einerseits durch Effizienzsteigerungen zu einem niedrigeren Ressourceneinsatz kommen kann, andererseits durch die Nutzung von KI-Systemen aber der Energiebedarf im Vergleich zu anderen digitalen Technologien steigt. Zudem sind hier Rebound-Effekte zu berücksichtigen.

Vor dem Hintergrund der vielfältigen Auswirkungen von KI-Systemen werden im Rahmen dieser Studie Daten zur berufsbezogenen KI-Betroffenheit aus der wissenschaftlichen Literatur (Felten et al. 2021, 2023) verwendet, um eine Schätzung der Betroffenheit einzelner Berufe und Branchen in Österreich durchzuführen. Dabei spiegelt sich deutlich wider, dass KI-Anwendungen im Unterschied zu früheren Wellen der Technologisierung nicht manuelle Routine-Aufgaben, sondern vielmehr kognitive Routine-Aufgaben erfüllen können. Dies hat zur Folge, dass insbesondere Fach- und Führungskräfte im Dienstleistungsbereich stark von KI betroffen sein werden, während Arbeiter oder Hilfskräfte dies kaum sind. Es zeigt sich auch, dass weibliche Beschäftigte aufgrund der strukturellen Branchenverteilung mehr Transformation durch KI-Technologien erfahren werden als männliche Beschäftigte. Zudem korreliert die KI-Betroffenheit positiv mit dem Ausbildungsgrad. Die am stärksten durch KI transformierten Branchen sind Dienstleistungsbranchen (Rechtsberatung, Finanzdienstleistungen, etc.), während die Bauwirtschaft und touristische Branchen weniger von KI betroffen sein werden. Fokusbranchen, die stark von KI betroffen sein werden und in denen Österreich sowohl auf Basis der Beschäftigung als auch im internationalen Exportwettbewerb als spezialisiert gilt, sind insbesondere die Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen und elektronischen und optischen Produkten, sowie der Maschinenbau, aber auch Finanzdienstleistungen, Werbung und Marktforschung, Rechts- und Unternehmensberatung, und der Groß- und Einzelhandel.

Betroffenheit gegenüber dem AI Act: Für Fokusbranchen, die sowohl hohe KI-Betroffenheit als auch hohe Spezialisierung aufweisen, wird eine Abschätzung der Betroffenheit in Bezug auf die Regularien des AI Act vorgenommen. Es zeigt sich, dass verschiedene Branchen unterschiedlich stark von Regularien des AI Act betroffen sind. Für alle Branchen ist zunächst eine allgemeine Betroffenheit aus dem AI Act gegeben. Dieser etabliert zusätzliche Erfüllungs- und Compliance-Ebenen und erhöht die damit verbundenen Kosten. Ein substanziell über die bestehende Rechtslage hinausgehender Grad der Restriktion und Prohibition ist grundsätzlich für keine der in Österreich relevanten Fokusbranchen festzustellen. Dabei ist relevant, dass manche der Fokusbranchen, etwa Finanzdienstleistungen, Maschinenbau oder Rechtsberatung, bereits derzeit umfassend reguliert sind und die Unternehmen weitreichende Normen erfüllen. Einzelne der Fokusbranchen könnten jedoch überdurchschnittlich stark oder häufig von Hochrisiko-Regulierung und den sich daraus ergebenden Anforderungen betroffen sein. Dies könnte etwa für den Maschinenbau, für Finanzdienstleistungen oder für die Herstellung von elektronischen bzw. optischen Produkten relevant sein. Dabei gilt es, die Rechtssicherheit und eine effiziente Handhabung des Rechtsrahmens auch durch präzise und praxistaugliche Verfahrensrichtlinien und Formen der Auslegung zu befördern.

Ergebnisse des ExpertInnen-Surveys. Ein weiterer zentraler Baustein dieser Studie sind qualitative Interviews mit KI-ExpertInnen aus der Wirtschaft und Wissenschaft. Zu Wort kamen dabei zum einen ExpertInnen aus einzelnen Branchen wie der Energieversorgung, der Landwirtschaft und LegalTech, sowie ExpertInnen aus dem privaten Sektor mit branchenübergreifender Expertise zu KI. Zum anderen standen Technologie-ExpertInnen aus dem akademischen Bereich im Fokus. Die ExpertInnen bestätigen dabei zum Großteil die Eindrücke, die aus der Darstellung der betrieblichen Anwendungsbeispiele und der wissenschaftlichen Literatur entstehen:

- Es kam laut den ExpertInnen insbesondere mit dem Aufkommen von Large Language Models (LLMs) Ende 2022 zu einer deutlich spürbaren Zäsur. Während KI-Anwendungen zuvor auf wenige innovative Branchen und Funktionen beschränkt waren (Industrie 4.0, Energieversorgung, Finanzwesen), kam es mit LLMs zu einer Zeitenwende, der jede einzelne Branche betrifft.
- Zukünftige Entwicklungspotenziale sehen die ExpertInnen vor allem in funktionsübergreifenden und multimodalen KI-Systemen sowie in der Erklärbarkeit von neuronalen Netzwerken und generativen KI-Modellen.
- Die von den ExpertInnen beobachteten Effekte stimmen im Allgemeinen mit den Erkenntnissen der wissenschaftlichen Literatur überein. Neben hohen Effizienzsteigerungen und Produktivitätsgewinnen wird auch betont, dass Tätigkeits- und Berufsprofile einem deutlichen Wandel unterworfen sein werden. Außerdem betonen viele ExpertInnen die hohe Marktkonzentration auf Entwicklerseite und die damit einhergehende Abhängigkeit von anderen Wirtschaftsräumen.
- Die Mehrheit der interviewten ExpertInnen betrachtet den AI Act der EU prinzipiell als einen adäquaten Schritt in die richtige Richtung. Gleichzeitig werden ein fehlender Fokus auf ökonomische Nachhaltigkeit, potenziell hohe Compliance Costs für KMU und eine unzureichende Beachtung des Themas Datenrechte kritisiert. Aufgrund der Schnelllebigkeit der Technologie sei es angezeigt, den Rechtsrahmen regelmäßig zu evaluieren und anzupassen.

- Effektive Hebel, um die wirtschaftlichen Potenziale bestmöglich zu nutzen, sind laut den ExpertInnen vor allem ein stärkerer Fokus auf technische und digitale Skills in der Bildungspolitik, das Schaffen eines kohärenten KI-Ökosystems, um Skalierungseffekte zu ermöglichen, und die Förderung von Innovation und Adoption durch einen leichteren Zugang zu Risikokapital und strategische Unterstützung für KMU.

Wirtschaftspolitische Handlungsempfehlungen. Aus den analytischen Teilabschnitten der Studie ergeben sich Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen der StudienautorInnen. Dabei fließen Ergebnisse der ExpertInnen-Interviews ebenso ein, wie die Ergebnisse der Literaturanalyse, der empirischen Analyse oder der Betrachtung betrieblicher Anwendungsfelder. Zusammenfassend zeigt sich eindeutig, dass KI und darauf aufbauende betriebliche Anwendungen bereits allgegenwärtig sind und massive Auswirkungen auf die österreichische Wirtschaft haben werden. Das wird sowohl in der wissenschaftlichen Literatur deutlich, als auch in der Analyse der Beschäftigungsstruktur in Österreich und wird auch im Rahmen der ExpertInnen-Interviews bestätigt. Welche wirtschaftspolitischen Maßnahmen sind notwendig, um die Potenziale von KI möglichst optimal zu heben?

Konkret sehen wir hier folgende Ansatzpunkte:

- *Effiziente Unterstützungsmaßnahmen*. In der Adoption von KI können Anleitung („Guidance") und Beratung eine wichtige Funktion übernehmen. Im AI Act der EU sind Sensibilisierungs- und Schulungsmaßnahmen, u. a. mit Fokus auf KMU und Startups, vorgesehen. Sie sollen die Nutzung und den Einsatz von KI im Rechtsrahmen des AI Act aus Sicht der Unternehmen erleichtern und die Rechtssicherheit der Unternehmen befördern. In Österreich wurde eine KI-Servicestelle in der RTR eingerichtet, um diese Aufgabe zu übernehmen. Diese Servicestelle ist eine Chance, eine möglichst breite Anlaufstelle für Unternehmen, insbesondere KMU, zu schaffen, die nicht nur bei der Umsetzung des Rechtsrahmens unterstützt, sondern auch als strategische Anlaufstelle dient. Hier gilt es vor allem jene Branchen zu unterstützen, die auf Basis ihrer Beschäftigungsstruktur stark von KI betroffen sind. Zugleich umfassen effiziente Unterstützungsmaßnahmen die Berücksichtigung der spezifischen Bedürfnisse und Erfordernisse von KMU, etwa bei der Entwicklung von Standards, die Entwicklung von Qualifikationen auf allen Ebenen und unter Einbeziehung aller gesellschaftlichen Gruppen und die Schaffung von Sensibilisierung und Bewusstsein im Umgang mit KI, auch im Zusammenhang mit ihren ökologischen, gesellschaftspolitischen und ethischen Implikationen.
- *Hebelung privaten Risikokapitals für Forschung, Entwicklung und Innovation*. Sowohl für die Innovation von neuen Technologien als auch für die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle, die auf KI-Technologien aufbauen, kann die Hebelung von privatem Risikokapital positiv wirken. Angesichts der Aufholpotenziale zu den USA werden radikale Innovationen nur durch die Involvierung privater Investitionen erzielbar sein. Steuerliche Anreize, wie eine günstigere Besteuerung von Unternehmensgewinnen und Mitarbeiterbeteiligungen, aber auch das Schaffen eines allgemein positiveren unternehmerischen Umfelds sind hier zentral. Thematisch ergeben sich wesentliche Forschungsfelder auch im Hinblick auf die Entwicklung ökologisch nachhaltiger KI. Es zeigen sich zwischen KI-Systemen große Unterschiede im Hinblick auf Energieeffizienz, Ressourceneffizienz und ökologische Nachhaltigkeit.
- *Europäische Zusammenarbeit*. Wettbewerbsvorteile im digitalen Bereich entstehen vor allem aus Skalierungseffekten. Um als europäischer Wirtschaftsraum im internationalen digitalen Wettbewerb mit den USA oder China eine Chance zu haben, braucht es mehr europäische

Zusammenarbeit in der technologischen Innovation und strategischen Adoption. Nachdem die Transformation durch KI bereits voll in Gange ist, scheint es angezeigt, bereits auf noch in der Entwicklungsphase befindliche Technologien mit Innovationspotenzial, wie beispielsweise Quantum Computing, zu blicken. Es sollten gesamteuropäische Verhandlungspotenziale für Strategien zur Entwicklung internationaler Standards angestrebt werden.

INHALT

1. Hintergrund und Motivation 1

2. Betriebliche Anwendungen und wirtschaftliche Auswirkungen von KI 4

2.1 Funktionselemente von KI im Anwendungskontext 4

2.2 Betriebliche Anwendungsformen in Fokusbranchen 8

3. Der Rechtsrahmen des AI Act der Europäischen Union 26

4. Auswirkungen der betrieblichen Nutzung von KI 35

4.1 Tätigkeits- und Beschäftigungsstrukturen 35

4.2 Makroökonomische Wirkungen und Kanäle 41

4.3 Ökologische Effekte von KI 55

4.4 Abschätzung der Auswirkungen von KI für Österreich 59

5. ExpertInnen-Interviews 80

5.1 Aktuelle betriebliche KI-Anwendungen 80

5.2 Von ExpertInnen erwartete Entwicklungen 81

5.3 Von ExpertInnen beobachtete ökonomische Effekte 83

5.4 Bewertung des AI Act 86

5.5 Bewertung der Zukunftschancen und notwendige Politikmaßnahmen 87

5.6 Methodik und ExpertInnen 93

6. Handlungsempfehlungen zur Beförderung von KI 95

Literaturverzeichnis 102

Anhang A: Anwendungsformen nach Wirtschaftsbereichen 112

Anhang A.1. Anwendungsformen in der Landwirtschaft 115

Anhang A.2. Anwendungsformen im Produktionssektor 116

Anhang A.3. Anwendungsformen im gewerblichen Sektor 118

Anhang A.4. Anwendungsformen in der Energieversorgung 119

Anhang A.5. Anwendungsformen im Groß- und Einzelhandel 121

Anhang A.6. Anwendungsformen in der Hotellerie 125

Anhang A.7. Anwendungsformen bei Verkehrsdienstleistungen 129

Anhang A.8. Anwendungsformen bei Finanzdienstleistungen 131
Anhang A.9. Anwendungsformen bei professionellen Dienstleistungen und in freien Berufen 133
Anhang A.10. Anwendungsformen bei Informations- und Kommunikationsdienstleistungen 137
Anhang A.11. Anwendungsformen in Sport, Kunst und Kultur 141
Anhang A.12. Anwendungsformen bei öffentlichen Dienstleistungen 145
Anhang A.13. Anwendungsformen in Medizin und Pharmazie 149

ABBILDUNGEN UND TABELLEN

Abbildung 1: Struktur der Forschungsfragen und Methodik 1

Abbildung 2: Darstellung der Definition von KI-Systemen durch die OECD 2

Abbildung 3: Funktionselemente betrieblicher KI-Anwendungen im KI-Periodensystem 5

Abbildung 4: Betriebliche Anwendungsformen im Periodensystem der KI 7

Abbildung 5: Abgestufte Risikobewertung von KI-Systemen 27

Abbildung 6: Fähigkeiten nach KI-Betroffenheit, O*NET Klassifikation 41

Abbildung 7: Ökonomisches Wirkungsmodell der Digitalisierung 51

Abbildung 8: KI-Betroffenheit nach Beruf (ISCO-Viersteller) 63

Abbildung 9: KI-Betroffenheit nach Geschlecht, in % der Beschäftigten 64

Abbildung 10: KI-Betroffenheit nach Altersgruppe, in % der Beschäftigten 64

Abbildung 11: KI-Betroffenheit nach höchster abgeschlossener Bildung, in % der Beschäftigten 65

Abbildung 12: KI-Betroffenheit nach Migrationshintergrund, in % der Beschäftigten 66

Abbildung 13: KI-Betroffenheit nach Branche, in % der Beschäftigten 68

Abbildung 14: KI-Betroffenheit nach Branche (in % der Beschäftigten) und Spezialisierungsgrad 70

Abbildung 15: Waren- und Dienstleistungsexportspezialisierungen Österreichs 72

Tabelle 1: Ergebnisse der Literaturanalyse (Briglauer et al. 2022 zu Effekten von IKT auf CO_2-Emissionen 57

1. HINTERGRUND UND MOTIVATION

Digitale Technologien prägen unseren Alltag. In den letzten Jahren hat vor allem Künstliche Intelligenz (KI) die Welt im Sturm erobert. Eine Vielzahl an wirtschaftlichen, betrieblichen und gesellschaftlichen Abläufen und Prozessen in den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen basieren auf KI-unterstützten Technologien, wobei generative KI-Systeme wie Large Language Models (LLMs) diese Entwicklung seit Ende 2022 spürbar weiter befeuert haben. Es scheint nicht weit hergeholt zu sein, von einer „KI-Revolution" zu sprechen. Der weitreichende Charakter von KI-Technologie wirft die Frage auf, welche Effekte durch diese Entwicklung erwartbar sind. Unzweifelhaft haben KI und daraus abgeleitete betriebliche Anwendungen das Potenzial, die österreichische, europäische und globale Wirtschaft tiefgreifend zu verändern. Das betrifft die Beschäftigungsstrukturen und Tätigkeitsstrukturen einzelner Berufe, die Produktivität und Ungleichheit, den globalen Wettbewerb, aber auch die Ökologie.

Mit dem AI Act wurde im Mai 2024 ein Rechtsrahmen für die Entwicklung und Nutzung von KI-Technologien auf EU-Ebene verabschiedet. Es stellt sich die Frage, inwieweit der AI Act positive Folgen (etwa Vermeidung von Risiko) oder negative Folgen (etwa Minderung von wirtschaftlichen Potenzialen) haben kann. Gegenstand dieser Studie ist vor diesem Hintergrund eine Abschätzung der Auswirkungen von KI und von betrieblichen KI-Anwendungen auf die österreichische Wirtschaft, sowie eine Darstellung möglicher Auswirkungen des AI Acts auf die Innovation und Adoption von KI-Anwendungen.

Abbildung 1: Struktur der Forschungsfragen und Methodik

Die Studie ist wie folgt aufgebaut: In Abschnitt 2 werden aufbauend auf der folgenden Definition von KI Anwendungsformen in Fokusbranchen beschrieben. In Abschnitt 3 wird der AI Act der Europäischen

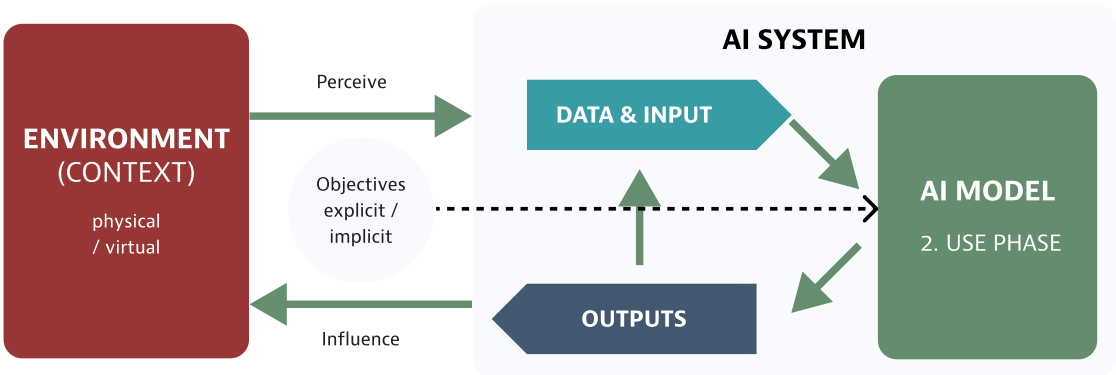
Union dargestellt und auf Grundlage veröffentlichter Stellungnahmen aus unterschiedlichen Perspektiven diskutiert.

In Abschnitt 4 werden potenzielle Wirkungsdimensionen der Durchdringung der Ökonomie durch KI erfasst. Dabei stehen strukturelle Effekte auf Tätigkeits- und Beschäftigungsstrukturen, makroökonomische Wirkungszusammenhänge und potenzielle ökologische Effekte im Vordergrund. Aufbauend auf der wissenschaftlichen Literatur wird in Abschnitt 4.4 eine empirische Analyse der in Österreich von KI betroffenen Berufe und Branchen vorgenommen. Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Literatur zu Wirkungskanälen von KI werden zusammengefasst und ein makroökonomisches Wirkungsmodell eingebettet.

Zur Einordnung der wirtschaftlichen Effekte von KI und des Regelungsrahmens wurden qualitative Interviews mit KI-ExpertInnen aus verschiedenen Branchen und aus dem Wissenschafts- und Technologiebereich geführt. Die Ergebnisse der Interviews werden in Abschnitt 5 als Synthese dargelegt. Im Abschnitt 6 werden auf Grundlage sämtlicher Studienteile Handlungsempfehlungen getroffen, wie die Politik im Regulierungsrahmen des AI Act möglichst förderliche Rahmenbedingungen für die Innovation und Adoption von KI in der Wirtschaft bereitstellen kann.

Die vorliegende Studie greift auf die etablierte KI-Definition der OECD zurück. Abstrakt betrachtet, entspricht ein KI-System einem maschinengestützten System, das so konzipiert ist, dass es mit unterschiedlichem Grad an Autonomie arbeiten soll und nach der Einführung Anpassungsfähigkeit zeigen kann sowie explizite oder implizite Ziele aus den Eingaben, die es erhält, ableitet, und Ergebnisse wie Vorhersagen, Inhalte, Empfehlungen oder Entscheidungen erzeugen kann, die physische oder virtuelle Umgebungen beeinflussen können.

Abbildung 2: Darstellung der Definition von KI-Systemen durch die OECD



Nach dem Autonomiegrad und Anwendungsfeld des KI-Systems wird schwache oder enge KI (*narrow AI*) unterschieden von starker oder genereller KI (*strong AI* bzw. *Artificial General Intelligence*). Schwache

KI zielt auf die Nachahmung einzelner von Menschen ausgeführter Handlungen ab. Beispiele hierfür sind die Spracherkennung, das Erkennen und Wahrnehmen von Gegenständen, oder das Lösen einfacher und komplexer Probleme. Dabei kann die KI in einem engen Teilbereich auch der menschlichen Intelligenz überlegen sein. Ein Beispiel hierfür ist das von Google entwickelte Programm AlphaGo, das 2017 erstmals einen Menschen im Brettspiel Go geschlagen hat.

Im Gegensatz dazu entwickelt die starke KI eine generelle Intelligenz, die mit jener von Menschen vergleichbar ist. Die Entwicklung einer solchen KI ist bis dato noch nicht Realität geworden, wenngleich aktuelle Innovationen wie LLMs durchaus auf dem Kontinuum zwischen schwacher und starker KI liegen. Kurz gesagt: Schwache KI führt aus, wozu sie trainiert wurde. Beispiele sind Spracherkennung, Bildverarbeitung oder -generierung, Chatbots etc. Demgegenüber lässt sich starke KI als künstliche allgemeine Intelligenz mit einer ausgeprägten Anpassungsfähigkeit an neue Situationen beschreiben.

2. BETRIEBLICHE ANWENDUNGEN UND WIRTSCHAFTLICHE AUSWIRKUNGEN VON KI

KI hat eine längere Geschichte, als die jüngste dynamische Entwicklung vermuten lässt. Frühe wissenschaftliche Ausarbeitungen (McCarthy et al.) datieren aus dem Jahr 1955. Im Rahmen des Dartmouth Project on Artificial Intelligence unternahmen die Autoren einen Versuch herauszufinden „[…] how to make machines use language, form abstractions and concepts, solve kinds of problems now reserved for humans, and improve themselves." Dieser Zugang entspricht bereits der aktuell von Seiten der OECD und der EU verwendeten Definition von KI. Zuletzt ist eine hohe Entwicklungs- und Innovationsdynamik beobachtbar. Diese Entwicklung ist in erster Linie durch eine beschleunigte Einbettung von KI-Systemen im betrieblichen Anwendungskontext, durch die dynamische Entwicklung innovativer und praxistauglicher Anwendungen, durch die Verfügbarkeit und Generierung von Daten getrieben und die Verfügbarkeit von Rechenleistung zur Verarbeitung dieser Informationen getrieben. Demnach ergibt sich die in der jüngeren Vergangenheit beobachtbare Dynamik weniger aus der eigentlichen Technologieform als aus dem Anwendungskontext der Technologie. Im folgenden Abschnitt werden Funktionselemente von KI in der Praxis, d. h. im betrieblichen Anwendungskontext, betrachtet.

2.1 Funktionselemente von KI im Anwendungskontext

KI findet sich in unterschiedlichen und vielfältigen Anwendungsformen und Anwendungskontexten wieder. Diese Anwendungsformen lassen sich im Periodensystem von KI schematisch darstellen und strukturieren.[1] Das Periodensystem von KI geht auf Hammond (2016) zurück. Hammond zerlegte KI in funktionale Bausteine, sogenannte Funktionselemente. Jedes Kästchen – oder, um in der Diktion des Periodensystems chemischer Elemente zu bleiben, jedes Funktionselement – repräsentiert eine bestimmte Funktion. Es werden 28 Elemente, also funktionale Bausteine, von KI definiert (siehe auch Vocke et al. 2019). Eine weiterführende Darstellung von Anwendungsformen in Fokusbranchen im Aufbau des KI-Periodensystems findet sich im Anhang A der Studie. Für konkrete Fokusbranchen sind Anwendungen in Abschnitt 2.2 dargestellt.

Im Periodensystem (Abbildung 3) werden die Funktionselemente als Bausteine nach dem Kompetenz- und Reifegrad in drei Gruppen geordnet. Die Definitionen von Elementen sind in Abbildung 4 enthalten. Die AutorInnen beschreiben jedes „Kästchen" als KI-Element, das eine Teilfunktion als abgeschlossene

[1] Informationen finden sich auf der Website von Bitkom unter dem Weblink. Informationen zum Periodensystem von KI finden sich unter dem Weblink.

Funktionalität repräsentiert[2]. Das Periodensystem enthält selbst keine KI-Anwendungen. Auf Grundlage der Funktionselemente lassen sich aber in den Branchen bestimmte Anwendungsformen identifizieren. Vollständige Anwendungen integrieren in der Regel mehrere Funktionselemente. Eine voll entfaltete KI-Anwendung – von der Datengenerierung, über die Verarbeitung von Information und die Schlussfolgerung bis zur Handlung – breitet sich im Periodensystem von links nach rechts aus. Eine vollständige Anwendung umfasst zumindest ein KI-Tripel, bestehend aus den typischen Verarbeitungsschritten, nämlich „Assess" bzw. „Assessment" (links in dunkel- bzw. hellgrüner Farbe), „Infer" bzw. „Inference" (mittig in gelber bzw. oranger Farbe) und „Respond" bzw. „Respondence" (rechts in lila Farbe).[3]

Abbildung 3: Funktionselemente betrieblicher KI-Anwendungen im KI-Periodensystem

Sr	Si							
Ar	Ai	Pi	Pl					
Fr	Fi	Ei	Ps		Lr			
Ir	Ii	Sy	Dm	Lg	Lc	Ml		Cm
Gr	Gi	Da	Te	Lu	Lt	Ms	Ma	Cn

Hammond stellte die Logik einer voll entfalteten Anwendung am Beispiel des autonomen Fahrens dar: Im Kontext von Erfassen/Erkennen/Einschätzen („Assess") analysieren und erkennen KI-Modelle die Verkehrssituation, etwa physische Hindernisse, Fußgänger und Fahrzeuge im toten Winkel, geltende Tempolimits oder Wetterbedingungen. Dabei werden, etwa in Form von Bilderkennung, optische Informationen erfasst und verarbeitet. Im Kontext der Bewertung/Schlussfolgerung/Reflexion („Infer") werden die Verkehrssituationen bewertet und beurteilt. Dabei werden, etwa in Form von Predictive Inference oder Synthetic Reasoning, Wahrscheinlichkeiten kalkuliert, dass sich beispielsweise ein Fußgänger im toten Winkel befindet, eine Verkehrswidrigkeit begangen wird, aus einer Wetterlage Gefahren entstehen oder sich ein Unfallrisiko ergibt. Aus dieser Analyse werden Schlussfolgerungen gezogen. Im Kontext der Handlung/Aktion/Reaktion („Respond") leiten KI-Modelle Aktionen ein, etwa

[2] Siehe hierzu die Beschreibung des KI-Periodensystems bei Bitkom unter dem Weblink.
[3] In den Quellen werden zur Bezeichnung der Funktionselemente sowohl die Verbformen als auch die Substantivformen verwendet. Im gegenständlichen Bericht werden ebenso beide Formate verwendet. Dabei entspricht die Substantivform „Assessment" der Verbform „Assess", „Inference" entspricht „Infer", und „Respondence" entspricht „Respond".

das Einsetzen eines Tempomaten, ein Bremsmanöver oder akustische bzw. optische Signale, die auf Gefahren und Verkehrssituationen hinweisen.

Im folgenden Abschnitt 2.2 werden Anwendungsfelder und Anwendungsbeispiele für Fokusbranchen betrachtet. Auf dieser Grundlage lassen sich Anwendungen im Schema des KI-Periodensystems beschreiben. Beispielhaft kann Predictive Maintenance herausgegriffen werden, das in vielen Branchen verwendet wird, etwa im Rahmen der KI-basierten Wartung von Maschinen, Anlagen oder Fahrzeugen. Grundlage ist die Erkennung von Anomalien. Auf der Ebene von „Assess" analysieren und erkennen KI-Modelle Situationen, etwa durch Image Recognition, Audio Recognition oder General Recognition. Es können dabei optische oder akustische Signale aufgenommen und zugeordnet werden. Auf Ebene von „Infer" werden die Informationen verarbeitet und analysiert. Im Rahmen von Funktionselementen wie Predictive Inference, Explanatory Inference oder Synthetic Reasoning wird analysiert, ob Situationen als typisch, ungewöhnlich oder sogar gefährlich zu werten sind. Auf der Ebene von „Respond" werden Handlungen gesetzt. Dabei können im Rahmen des Funktionselements Communication Verständigungen übermittelt werden, oder es werden akustische oder optische Signale an die MitarbeiterInnen gesendet. Im Rahmen von Robotik und Drohnentechnologien, etwa durch die Elemente Mobility Small oder Manipulation, könnten prinzipiell auch physische Handlungen gesetzt werden. Ein Beispiel ist der Roboterhund Zerberus, der im Kraftwerk Mellach der Verbund-AG eingesetzt wird. Der Roboterhund bewegt sich autonom durch das Kraftwerk und erfasst Daten und Informationen. Diese werden mittels KI analysiert und visualisiert. Ungewöhnliche Fakten werden an das zuständige Mitarbeiterteam kommuniziert. Das Drohnensystem agiert nicht losgelöst von den bestehenden Sicherheitssystemen, sondern ist in diese als ergänzende Schleife integriert. Bestehende Systeme der Anlagensicherheit und Wartung werden mit einer zusätzlichen Funktion erweitert.

Eine weitere typische Anwendung sind interaktive Empfehlungssysteme, die KundInnen etwa im Rahmen von FinTech beraten und personalisierte Empfehlungen etwa zu möglichen Veranlagungen abgeben. Im Rahmen von erkennenden Elementen – etwa General Recognition, Image Recognition und OCR (Optical Character Recognition) – können etwa Börsenkurse, Marktinformationen, Börsennotizen, Fondsinformationen, Finanzberichte, aber auch personalisierte Informationen zu Präferenzen und Wünschen von KundInnen, gesammelt, erfasst und verarbeitet werden. Identifizierende Elemente, etwa Face Identification oder Audio Identification, könnten auch zur Authentifizierung genutzt werden. Elemente von Text Extraction dienen der Einarbeitung von textlicher Informationen. Auf der Ebene von Infer können Analysetools zur Anwendung kommen, um Markt- oder Kursprognosen zu entwickeln oder Präferenzen von KundInnen zu analysieren. Dabei können Data Analytics, Predictive Inference, Synthetic Reasoning oder Planning zur Anwendung kommen. Das Empfehlungssystem kann mit einer

Kommunikationsschnittstelle versehen werden, im Rahmen derer eine direkte Kommunikation mit KundInnen erfolgen kann. Hier könnten Elemente von Language Understanding zur Anwendung kommen. Auf der Handlungsebene werden Empfehlungen und Vorschläge entwickelt. Dabei könnte das Funktionselement Communication eingesetzt werden. Dieses Element wird allgemein im Kundendienst, etwa in Chatbots, eingesetzt, um große Mengen individueller oder wiederkehrender Fragen automatisiert zu beantworten.

Abbildung 4: Betriebliche Anwendungsformen im Periodensystem der KI

Gruppe	Element	Abk.	Kurzbeschreibung
Assess	Speech Recognition	Sr	Das Erkennen von gesprochener Sprache und/oder Gefühlszuständen allgemein in einem Audiosignal.
	Audio Recognition	Ar	Das Erkennen bestimmter Arten von Geräuschen (Alarme, Gerätestress, Automotor) in einem Audiosignal.
	Face Recognition	Fr	Das Erkennen von Gesichtern und emotionalen Zuständen in Bildern oder Videosignalen.
	Image Recognition	Ir	Das Erkennen bestimmter Objekttypen in Bildern oder Videosignalen.
	General Recognition	Gr	Das Analysieren von Sensordaten zum Erkennen von Objekttypen und/oder Situationen allein aus dem Signal heraus.
Assess	Image Identification	Ii	Das Erkennen eines konkreten Objekts in einem Bild oder Video.
	General Identification	Gi	Das Analysieren von Sensordaten, um Objekte und/oder Situationen allein aus dem Signal heraus zu erkennen.
	Data Analytics	Da	Das Analysieren von Daten, um bestimmte Tatsachen und/oder Ereignisse zu erkennen, die diese Daten repräsentieren.
	Text Extraction	Te	Das Analysieren von Texten, um Informationen über Entitäten, Zeit, Orte und Fakten extrahieren, die ausschließlich im Text enthalten sind.
	Speech Identification	Si	Das Erkennen einer individuellen Stimme in einem Audiosignal.
	Audio Identification	Ai	Das Erkennen von Audiosignaturen (ein bestimmter Motor oder eine bestimmte Türklingel) aus Audiosignalen.
	Face Identification	Fi	Das Erkennen konkreter Personen in Bildern oder Videosignalen.
Inference	Language Understanding	Lu	Das Erstellen einer semantischen Repräsentation der Bedeutung eines Textes, der den Kontext und ein gewisses Verständnis über das Funktionieren der Welt zeigt.
	Predictive Inference	Pi	Das Vorhersagen von Ereignissen oder Zuständen in der Zukunft auf der Grundlage eines Verständnisses eines aktuellen Zustandes der Welt und der Funktionsweise der Welt.
	Explanatory Inference	Ei	Das Erklären von Ereignissen oder Zuständen in der realen Welt, basierend auf dem Verständnis früherer Zustände.
	Synthetic Reasoning	Sy	Das Verwenden von Beweisen, um Rückschlüsse auf den realen Zustand der Welt, eine Vorhersage oder eine Erklärung zu unterstützen.
	Planning	Pl	Das Erstellen eines Aktionsplans auf der Grundlage einer Reihe von Zielen, eines Verständnisses des realen Zustands der Welt und des Wissens über Handlungen und deren Konsequenzen.
	Problem Solving	Ps	Das Erstellen einer Lösung für ein Problem, das mit oder ohne den Einsatz von Aktionen verbunden sein kann (siehe Planning [Pl]).
	Decision Making	Dm	Das Auswählen eines bestimmten Plans oder einer Lösung auf der Grundlage vorliegender Fakten, alternativer Lösungen und einer Reihe von Zielen.
	Language Generation	Lg	Das Erstellen natürlicher Sprachtexte und/oder Erklärungen basierend auf einem gewissen Verständnis der Welt.
Inference	Relationship Learning	Lr	Das Erkennen von Beziehungen zwischen Merkmalen, die dazu verwendet werden können, das Vorhandensein eines Satzes von versteckten Merkmalen vorherzusagen, wenn andere sichtbar sind (z.B. Korrelation zwischen abgewiesenen Anrufen und Kundenabwanderung).
	Category Learning	Lc	Das Erkennen neuer Kategorien von semantischen Werten auf der Grundlage von Merkmalssammlungen.
	Knowledge Refinement	Lt	Das Überarbeiten von Wissen oder Regeln, die bereits existieren als Reaktion darauf, dass sie zur Unterstützung von Handlungen oder Schlussfolgerungen verwendet werden.
Respond	Mobility Large	Ml	Das Steuern autonomer Fahrzeuge, die zuallererst mit anderen Fahrzeugen interagieren.
	Mobility Small	Ms	Das Steuern von Robotern, die sich durch Innenräume bewegen, arbeiten und mit Menschen interagieren.
	Manipulation	Ma	Das Manipulieren derselben Objekte, mit denen Menschen regelmäßig arbeiten.
	Communication	Cm	Mechanismen, die das Ausführen verschiedener Formen der Kommunikation zwischen Mensch und Maschine unterstützen.
	Control	Cn	Das intelligente Steuern anderer Maschinen, wenn keine Manipulation oder Handlung in der physischen Welt erforderlich ist (z. B. automatisierter Handel).

2.2 Betriebliche Anwendungsformen in Fokusbranchen

Im Folgenden wird die Anwendung von KI in bestimmten Fokusbranchen betrachtet. Vorweg stellt sich die Frage, wie sich der Stand der Durchdringung und Adoption von KI in Ökonomien insgesamt und in Österreich „messen" lässt. Vergleichende Indexbetrachtungen indizieren im Kontext von KI im Allgemeinen erhebliche Vorsprünge der USA. Dies betrifft sowohl die Innovation, Forschung und Entwicklung, aber auch die Adoption in den Unternehmen.

Der Artificial Intelligence Index der Stanford University[4] (Maslej et al. 2024) zeigt Vorsprünge der USA im Kontext der Entwicklung von KI, etwa anhand der Anzahl von „nennenswerten" Modellen maschinellen Lernens. Dabei werden für die USA im Jahr 2023 61 Modelle registriert, für China 15. Frankreich liegt mit acht Modellen als bestes europäisches Land auf Rang 3, gefolgt von Deutschland mit fünf Modellen. Für die EU plus dem Vereinigten Königreich werden insgesamt 25 relevante Machine-Learning-Modelle registriert. Der Vorsprung der USA zeigt sich auch bei Foundation-Modellen nach Maßgabe der Affiliation der maßgeblichen ForscherInnen im Jahr 2023. Für die USA werden dabei (Maslej et al. 2024) 109 Foundation-Modelle registriert. Es folgen China mit 20 Modellen, das Vereinigte Königreich mit acht Modellen. Als bestes Land der EU kommen Deutschland und Finnland auf zwei Modelle. Eine andere Betrachtung im Rahmen des AI Index der Stanford University, die den Vorsprung der USA bei der Entwicklung von KI unterstreicht, sind private Investitionen in KI (Maslej et al. 2024, 247). Sie betrugen 2024 in den USA 67,2 Mrd. US-Dollar. An zweiter Stelle folgt China mit 7,8 Mrd. US-Dollar sowie das Vereinigte Königreich mit 3,8 Mrd. US-Dollar. Als bestgereihte Mitgliedsstaaten der EU folgen Deutschland und Schweden mit einem Volumen von 1,9 Mrd. US-Dollar. Das Investitionsvolumen in den USA übertrifft den Vergleichswert von Deutschland um mehr als das 35-fache.

Der Vorsprung der USA zeigt sich auch beim Global AI Index von Tortoise (2024).[5] Der Index bemisst den „Fortschrittsgrad" von KI entlang von drei Hauptdimensionen, nämlich Implementation, Innovation und Investition. Anhand von Indexwerten (Scores) werden Vergleichsländer zum jeweiligen Bestwert gereiht. Dabei erreicht das jeweils bestplatzierte Land die volle Punktezahl von 100. Insgesamt werden im AI-Index 111 Einzelindikatoren über sieben Unter- und drei Hauptdimensionen verarbeitet. Die USA erzielen den Bestwert in fünf der sieben Unterdimensionen, teils mit sehr deutlichem Vorsprung. Österreich sticht in der Unterdimension des operativen Umfelds (Operating Environment)[6] mit einem Score von 94,3 und Rang 5 von 62 positiv hervor. Aufholbedarf zeigt sich für Österreich insbesondere in den

[4] Der Artificial Intelligence Index Report für 2024 (Maslej et al. 2024) ist abrufbar über die Website der Stanford University unter dem Weblink.
[5] Informationen zum Global-AI-Index finden sich auf der Website von Tortoise unter dem Weblink.
[6] In der Unterdimension des operativen Umfelds berücksichtigen die AutorInnen von Tortoise den institutionell regulatorischen Kontext und Umfrageergebnisse zur Bewertung der Nützlichkeit und zum Vertrauen gegenüber KI.

Unterdimensionen Humankapital (Talent), Infrastruktur (Infrastructure), Entwicklung (Development) sowie betriebliche KI-Aktivität (Commercial).[7] Für das hier relevante Untersuchungsfeld betrieblicher Anwendungen lassen sich für Österreich Aufholpotenziale erkennen.

Der AI Index von Tortoise schätzt den Vorsprung der USA und die daraus resultierenden Aufholpotenziale der anderen Vergleichsländer sehr hoch ein. Die ist zum Teil auf die Methodik des Index zurückzuführen. Österreich etwa erreicht über alle Dimensionen einen Gesamtscore von 27,7 relativ zum Bestwert 100 der USA. Damit ergibt sich unter mehr als 60 Ländern für Österreich Rang 20, also ein Rang im oberen Mittelfeld. Österreich befindet sich auf vergleichbarer Position wie Dänemark, Schweden oder Irland und noch vor Belgien, Spanien oder Italien, erreicht aber nur etwas mehr als ein Viertel des Indexwerts der USA. Methodisch ist zunächst anzumerken, dass in allen vier Unterdimensionen, die für quantitative Aufholpotenziale in Österreich maßgeblich sind – dies sind Humankapital, Infrastruktur, Entwicklung sowie betriebliche KI-Aktivität – der Vergleichsrahmen von den USA „dominiert" wird, mit teils erheblichen Vorsprüngen zu nachgereihten Ländern. Die Distanzen zu den USA sind zum Teil Ergebnis der gewählten Indikatorik; etwa werden im Index auch absolute Größen berücksichtigt.[8] Größere Länder wie die USA oder China haben dabei schon strukturelle Vorteile.

Mit dem Government AI Readiness Index von Oxford Insights steht ein weiterer international vergleichender Index zur Verfügung (Hankins et al. 2023). Es werden 193 Länder betrachtet. Die Indikatorik des Index unterscheidet sich, wie schon der Name nahelegt, durch einen speziellen Fokus auf öffentliche Dienstleistungen. Insgesamt werden drei Säulen berücksichtigt. In der ersten Säule „Government" werden die Regulierung und das Bewusstsein gegenüber ethischen Risiken bewertet, zudem die Kapazitäten digitaler Strukturen, Qualifikationen und Praktiken. In der Säule „Technology Sector" werden Informationen zum KI-spezifischen Innovationssystem bzw. zum KI-Ökosystem berücksichtigt.[9] In der Säule „Data and Infrastructure" werden die Verfügbarkeit und Regulierung von Daten sowie Infrastrukturen und technische Kapazitäten bewertet.[10] Über alle drei Säulen des Index zeigt sich auch hier der Vorsprung der USA. Dabei sind aber Distanzen gegenüber den USA deutlich kleiner.

[7] Die Unterdimension „Humankapital" ist auf die Verfügbarkeit qualifizierter KI-Praktiker fokussiert. In der Unterdimension Infrastruktur werden die Verfügbarkeit und Verlässlichkeit von KI-relevanten Infrastrukturen betrachtet, etwa Elektrizität, Internetkapazität oder Kapazität an Hochleistungsrechnern. „Entwicklung" berücksichtigt Aktivitäten der Entwicklung von Plattformen und Algorithmen, auf denen innovative Projekte im Bereich der künstlichen Intelligenz basieren, sowie Patentaktivitäten. „Betriebliche KI-Aktivität" betrachtet Investitionen in KI, die Einbettung von KI in Prozesse und Geschäftsmodelle von Unternehmen oder die Investitionen der Unternehmen in KI.

[8] Beispiele sind die Anzahl von KI-relevanten Patenten, die Anzahl der AbsolventInnen von IT-Ausbildungen oder die Anzahl von Unternehmen, die KI als Kernbestandteil ihres Geschäftsmodells betrachten.

[9] Beispielhaft sind die Verfügbarkeit von Risikokapital, die Anzahl der Unicorn-Startups mit KI-Bezug, akademische Publikationen zum Thema KI, Unternehmensinvestitionen in innovative Technologien oder die Zahl der AbsolventInnen naturwissenschaftlicher, ingenieurwissenschaftlicher, mathematischer oder technischer Ausbildungen zu nennen.

[10] Zum Beispiel werden die Qualität der Telekommunikationsinfrastrukturen, Breitbandinfrastrukturen, Verfügbarkeit von Hochleistungsrechnern und statistische Kapazitäten berücksichtigt.

Die USA erreichen einen globalen Indexwert von 84,8. Österreich belegt mit einem Indexwert von 72,4 Rang 15 unter 192 Ländern. Um eine bessere methodische Vergleichbarkeit mit dem Index von Tortoise herzuleiten, wurde die Dimension Government aus dem Index herausgerechnet und ein ähnliches Scoring[11] angewendet. Dabei belegt Österreich Rang 13 unter den Vergleichsländern. Österreich erreicht einen Indexwert von 82,8. Relativ zu den USA indizieren die Indexergebnisse ein Aufholpotenzial von etwa einem Fünftel.

Einen weiteren Vergleichswert zur betrieblichen Nutzung von KI – allerdings ohne USA als führende Nation – steht im Rahmen des Digital Economy and Society Index der Europäischen Union (DESI) zur Verfügung. Hier wird der Anteil der Unternehmen, die KI-Technologien nutzen, bemessen[12]. Österreich erreicht einen Vergleichswert von 10,8%. Dies entspricht unter den 27 EU-Mitgliedsstaaten dem neunten Rang. Auch hier liegt Österreich wieder im oberen Mittelfeld der Vergleichsländer. Gegenüber Dänemark oder Finnland als führenden Ländern ergibt sich ein Aufholpotenzial von mehr als vier Prozentpunkten bzw. von etwa 40% des erzielten Indexwerts. Auch die Betrachtung des DESI indiziert Aufholpotenziale in Bezug auf die Adoption und Nutzung von KI in Österreich.

2.2.1 Landwirtschaft

Die Landwirtschaft steht vor spezifischen Herausforderungen. Der Wettbewerbsdruck ist hoch, es besteht eine große Abhängigkeit gegenüber Faktorinputs (Adve et al. 2023, 84) sowie Rohstoff- und Energiekosten. Klimawandel und Umweltrisiken setzen die Produktion unter Druck. Die landwirtschaftliche Produktion ist weitreichend reguliert und unterliegt zudem freiwilligen Normen. In Österreich ist man von Arbeitskräfteknappheit betroffen[13]. Innovationen können die wirtschaftliche Effizienz und die Nachhaltigkeit befördern. Dabei finden sich Anwendungsbeispiele für KI, beispielsweise Präzisionsanbau und Viehzucht, Hochdurchsatz-Phänotypisierung für schnellere Saatgutzüchtung, der Einsatz von Überwachung und Beobachtung zur Verbesserung der Gesundheit und des Wohlergehens von Tieren, KI zur Verringerung von Umweltauswirkungen und zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit oder zur Qualitätssicherung (Adve et al. 2023). KI kommt in Verbindung mit einer Vielzahl von digitalen Technologien zur Anwendung, beispielsweise Internet of Things (IoT), Autonomous Farming, Computer Vision, fortgeschrittene Robotik oder datenbasierte Empfehlungssysteme. Durch die Analyse von gesammelten Daten, das Erkennen von Mustern und die Kombination mit Robotertechnik können selbstlernende Systeme gezielte Eingriffe vornehmen. Das findet vor allem Anwendung im Bereich des

[11] Im Scoring werden die Werte der Indikatoren und Unterdimensionen zwischen dem jeweiligen Bestwert und einem absoluten Minimum 0 skaliert.
[12] Es werden Unternehmen mit mindestens 10 Beschäftigten in den marktwirtschaftlichen Branchen des Produktions- und Dienstleistungssektors (exklusive Finanzdienstleistungen) berücksichtigt.
[13] Siehe hierzu Informationen der Landwirtschaftskammer vom 8. 2. 2024 unter dem Weblink.

Pflanzenschutzes. Dabei können Kosten reduziert und Umweltauswirkungen durch erhöhte Präzision verringert werden[14].

Box 1: Strukturbeispiele zur Beförderung von KI in der Landwirtschaft

Die Innovation und Adoption von KI-basierten Anwendungen und Modellen ist durch Netzwerk- und Wissensexternalitäten geprägt. Die Entwicklung überbetrieblicher und systemübergreifender Strukturen und Wissenszentren kann Innovation und Adoption befördern. Es finden sich Strukturbeispiele solcher Strukturen zur Beförderung von KI in der Landwirtschaft: AIRFARMS (AI for Future Agricultural Resilience, Management and Sustainability) ist ein US-amerikanisches KI-Institut, das als Forschungszentrum eingerichtet ist und an der Schnittstelle zwischen universitärer Forschung und betrieblicher Praxis ExpertInnen aus Landwirtschaft, Ingenieurwissenschaft und KI zusammenbringt. AIRFARMS wird vom Zentrum für digitale Landwirtschaft an der University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC) zusammen mit zahlreichen weiteren Universitäten getragen. Ein Ergebnis von AIFARMS war die Schaffung gemeinsamer Projekte mit enger Zusammenarbeit rund um KI-Techniken für die Landwirtschaft.

In ähnlicher Weise hat in Deutschland das Projekt „Nachhaltige Landwirtschaft mittels KI" (NaLamKI) das Ziel, landwirtschaftliche Prozesse durch den Einsatz von Cloud- und KI-Technologien effizienter und nachhaltiger zu gestalten. Anwendungsfelder finden sich in der Fehlererkennung und Qualitätssicherung, der Identifikation von Pilzerkrankungen und Schädlingsbefall, der Ertragsschätzung und Prognose oder in der autonomen Steuerung von Landmaschinen. Hierzu wird eine Software- und Daten-Plattform aufgebaut, auf der Sensor- und Maschinendaten gesammelt werden. Über die Plattform werden KI-Anwendungen bereitgestellt. Sie unterstützen Landwirte bei der Analyse von Pflanzen- und Bodenzuständen und unterstützen Prozesse wie Bewässerung, Düngung und Schädlingsbekämpfung.

AgrifoodTEF ist ein Netzwerk von Testzentren in Europa, das Unternehmen und Startups aus dem Agrar- und Lebensmittelproduktionssektor bei der Entwicklung von KI- und Robotik-Lösungen unterstützt. Das Netzwerk wird von der EU im Rahmen des Programms DIGITAL Europe gefördert und in Österreich aus Mitteln des Fonds Zukunft Österreich durch die FFG kofinanziert. Auf Ressortebene sind das Bundeskanzleramt und das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft maßgeblich. Insgesamt sind acht Länder beteiligt: Projektpartner sind Josephinum Research, die FH Wiener Neustadt und Raumberg-Gumpenstein Research and Development. Zur Förderung einer nachhaltigen und effizienten Lebensmittelproduktion bietet AgrifoodTEF den Unternehmen unterschiedlicher Services an. Sie sollen helfen, Produktentwicklungen im Bereich KI & Robotik unter realen Bedingungen zu testen.

Quelle: Adve, V. S.; Wedow, J. S.; Ainsworth, E. A.; Chowdhary, G.; Green-Miller, A.; Tucker, C. (2023). AIFARMS: Artificial intelligence for future agricultural resilience, management, and sustainability. AI Magazine, 2024, 45: 83-88. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. „NaLamKI - Nachhaltige Landwirtschaft mittels KI" (Weblink). HBLAFA Francisco Josephinum Wieselburg zu AgrifoodTEF unter dem Weblink. FFG Testing and Experimentation Facility for Agri-Food 2022 (agriFoodTEF) – Nationale Ko-Finanzierung. (Weblink)

Die Verarbeitung von Sensordaten im IoT-Kontext ist ein wichtiger Anwendungsbereich etwa für Image Recognition (KI-Periodensystem in Anhang A.1.). Wahrnehmende und erkennende Funktionen bilden eine Grundlage für Predictive Maintenance oder für die Überwachung der Tiergesundheit. Im Rahmen von Präzisionslandwirtschaft ist die Verarbeitung von Bildern und visuellen Mustern etwa auf Basis von Satellitendaten oder Drohnentechnologien relevant. Kameras, Infrarot- oder Röntgengeräte liefern Daten, die zur Objekterkennung dienen und analysiert werden. KI kann die Prozessabfolgen, die Planung und Integration von Arbeitsschritten sowie die Berücksichtigung von topografischen oder witterungsbedingten Rahmenbedingungen und von natürlichen Einflüssen unterstützen. Es können

[14] Informationen finden sich auch auf der Website der niederösterreichischen Landwirtschaftskammer unter dem Weblink.

datenbasierte Prognosemodelle etabliert werden, die zum Ressourcenmanagement, zur Anbauplanung, aber auch zur Entwicklung von Marktstrategien und Marktanalysen beitragen.

Box 2: Anwendungsbeispiele von KI in der Landwirtschaft

KI-Anwendungen in der Landwirtschaft betreffen die Bestimmung optimaler Zeitpunkte für Aussaat, Pflanzenschutz und Ernte. Dabei werden beispielsweise Erntedaten mit Klima-, Boden- und Schadschwellenanalysen verknüpft. Weitere Anwendungsfelder ergeben sich im Kontext der Analyse der Bodenbeschaffenheit, der Ableitung von klimarelevanten Informationen sowie des Monitoring der Qualität von Nahrungsmitteln, von Anforderungen der nachhaltigen Landwirtschaft sowie der Gewährleistung von regulatorischen Anforderungen, Normen und Auflagen. Potenziale haben KI-Anwendungen in der Landwirtschaft insbesondere in Kombination mit anderen Technologien, etwa Big Data, Robotik, IoT sowie Sensoren, Kameras und Drohnen. Große Unternehmen, etwa BASF im Rahmen des Geschäftsfelds Agricultural Solutions, unterstützen Landwirte mit smarten Technologien. Ein Beispiel ist der Einsatz intelligenter Drohnen, die etwa die Anbringung von Pflanzenschutzmitteln treffsicherer, wirtschaftlich effizienter und ökologisch nachhaltiger machen können.

Ein Beispiel für den Einsatz von KI in der Landwirtschaft liefert das US-Technologie Unternehmen Blue River Technology. Das Unternehmen hat ein KI-gestütztes Pflanzenmanagementsystem namens See & Spray entwickelt. Es soll Landwirten helfen, ihre Ernteerträge zu optimieren und den Einsatz von Herbiziden zu reduzieren. Das System nutzt Computer-Vision-Technik in Kombination mit Algorithmen des maschinellen Lernens zur Identifikation von Pflanzen. Es unterscheidet zwischen Nutzpflanzen und Unkraut. Dadurch können Pflanzenschutzmittel gezielt angebracht werden, um auf diese Weise den Einsatz etwa von Herbiziden zu verringern. Die Effizienz landwirtschaftlicher Produktion steigt, und in der Folge sinken die Preise. Zugleich gehen von der Verringerung eingesetzter Herbizide positive ökologische Effekte aus.

Für die Landwirtschaft spielen präzise Wettervorhersagen eine große Rolle. Mit GraphCast wurde ein KI-basiertes Prognosemodell entwickelt, das mittelfristige Prognosen (für bis zu zehn Tage) mit hoher Genauigkeit treffen kann. Die Treffsicherheit der Prognosen übertrifft die bestehenden Qualitätsstandards. GraphCast kann auch Warnungen vor extremen Wetterereignissen geben. Es kann die Zugbahnen von Wirbelstürmen mit großer Genauigkeit vorhersagen, atmosphärische Flüsse erkennen, die mit Überschwemmungsrisiken verbunden sind, und das Einsetzen extremer Temperaturen voraussagen. Die Technologie basiert auf maschinellem Lernen und Graph Neural Networks (GNNs), die eine nützliche Architektur für die Verarbeitung räumlich strukturierter Daten darstellen.

FARMDOK ist ein österreichisches Unternehmen, das Smart-Farming-Lösungen in den Bereichen der automatisierten Landwirtschaft und der Präzisionslandwirtschaft anbietet. Die Angebote dienen zur Vereinfachung der Planung und Dokumentation von Arbeitsschritten in der Landwirtschaft. Mit SMARTBOW wurde eine intelligente Ohrmarke für die Tierbeobachtung, die Gesundheitsüberwachung, das Herden- und Gesundheitsmanagement und die Steigerung des Tierwohls entwickelt. Die Entwicklung des oberösterreichischen Startups mit Sitz in Weibern wurde aus Mitteln der FFG gefördert. Die Anwendungen umfassen etwa Aktivitäts- und Wiederkäuüberwachung oder die Tierortung in Echtzeit. SMARTBOW ermöglicht die präzise Brunsterkennung durch die Messung von Veränderungen im Verhalten und in der Aktivität der Tiere. Im Jahr 2018 wurde SMARTBOW vom Zoetis, einem US-amerikanischen Großkonzern für Tiergesundheit, übernommen.

Quellen: Niederösterreichische Landwirtschaftskammer vom 8. 2. 2024 „Wie Künstliche Intelligenz die Landwirtschaft revolutioniert". (Weblink). Website von Blue River Technology unter dem Weblink. Darstellung von Fallbeispielen „AI For Business – 30 Case Studies That Led To Competitive Advantage" im Webportal „digitaltransformationskills" unter dem Weblink. Zum Wetterprognosemodell GraphCast siehe Informationen im Beitrag von R. Lam vom 14. 11. 2021 unter dem Weblink. BASF zum Einsatz smarter Technologien in der Landwirtschaft unter dem Weblink. Informationen zu FARMDOK unter dem Weblink sowie im Beitrag des Brutkasten vom unter dem Weblink. Informationen zu SMARTBOW in der Projektbeschreibung der FFG unter dem Weblink. Informationen zur Übernahme von SMARTBOW durch Zoetis finden sich in den Oberösterreichischen Nachrichten vom 7. 7. 2018 unter dem Weblink.

In Verbindung mit IoT und Robotik sind insbesondere autonomes Navigieren sowie handhabende Aktivitäten im Kontext des Elements Manipulation relevant. Letzteres kann etwa bei der Verarbeitung oder Ernte eingesetzt werden. Durch Bildverarbeitung und Mustererkennung helfen KI-Algorithmen

Agrobots oder intelligenten Drohnensystemen, Früchte zu erkennen, Unkraut zu bekämpfen oder Erntezeitpunkte zu erkennen.

2.2.2 Produzierender Sektor

Anwendungsfelder finden sich auch im produzierenden Sektor, wo sie die gesamte Produktionskette sowie begleitende Aktivitäten umfassen, etwa Management und Verwaltung, Prozessoptimierung und Personalrekrutierung, Beschaffung, Marketing und Organisation von Absatzmärkten sowie Logistik. Anwendungsfelder finden sich insbesondere in Fertigungsprozessen, etwa im Kontext von Industrie 4.0. Hier sind KI-Systeme in Komponenten von Predictive Maintenance, IoT, fortgeschrittener Robotik, Big Data, Erkennung von Mustern und Anomalien auf Basis von Computer Vision etc. eingebettet (Anhang A.2.). Die Informationen, die aus den KI-Modellen abgeleitet werden, können in den Produktionsprozess fließen und die Effizienz der Produktion, die Qualität der Produkte, die Energie- und Ressourceneffizienz oder die Wartung von Maschinen und Anlagen optimieren. Dabei kann die Integration von KI in automatisierte Produktionsprozesse dazu beitragen, Stillstandzeiten und Produktionsausfälle sowie Kosten für Reparatur und Instandhaltung von Maschinen und Anlagen zu reduzieren[15]. KI kann dabei etwa die Bewegungsmuster von Robotern vorhersagen und verbessern, die Wahrscheinlichkeit von Unfällen, Stauung und Überlastung („Congestion") oder Kollisionen reduzieren (Pokorni et al. 2021). Dabei erhöht KI auch die Anlagensicherheit und dient der Vermeidung von Unfällen. KI kann den Materialeinsatz und die Verarbeitungssystematik verbessern, den Ausfall von Systemen und Maschinen voraussagen und die Effizienz der Qualitätskontrolle einzelner Verarbeitungsschritte erhöhen. Diese Ergebnisse werden auch durch die Unternehmensumfrage von IPSOS und ITE (2020, 34) bestätigt.[16] Dabei zählen die Erkennung von Anomalien, die Prozess- oder Anlagenoptimierung, Predictive Maintenance, Lagerautomatisierung oder robotisierte Prozessautomatisierung zu den am weitesten verbreiteten Anwendungen.

Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich nicht nur im unmittelbaren Fertigungsprozess, sondern auch bei begleitenden Prozessen. KI kann das Marketing, die Verwaltung und das Management unterstützen. KI-basierte Informationssysteme zeigen, wie sich Warenströme angesichts veränderlicher Kundennachfragen entwickeln. Auf Grundlage der Analyse von Vorleistungsmärkten können Strategien zur Beschaffung von Vorleistungen, Materialien und Rohstoffen optimiert werden.

[15] Informationen des Fraunhofer-Instituts für kognitive Systeme (IKS) zur Integration von KI in der Produktion sowie in Industrie 4.0 sind unter dem Weblink publiziert.

[16] Im Unternehmenssurvey von IPSOS und ITE finden sich Informationen zur Nutzung und Adoption von KI in Unternehmen. Die Ergebnisse basieren auf einer EU-weiten Umfrage unter 9.640 Unternehmen. Die Studie wurde im Auftrag der Europäischen Kommission durchgeführt.

Box 3: Anwendungsbeispiele von KI in der Industrie

Beispiele für den Einsatz von KI finden sich auch im Produktionssektor. Beim japanischen Elektronikhersteller Fujitsu werden KI-Anwendungen und maschinelles Lernen genutzt, um die Entwicklungsgeschwindigkeit in der Produktentwicklung und die Entwicklungskosten zu senken. Ein Beispiel ist das Produktdesign von Leiterplatten für elektronische Geräte. Bei der Entwicklung elektronischer Produkte bestimmen Entwicklungsabteilungen die Funktionen, Komponenten und Verbindungen auf Leiterplatten. Durch die Komplexität der in der Anwendung notwendigen Funktionen und die daraus resultierende höhere Komplexität von Schaltkreisen sind bei komplexeren Geräten mehrschichtige Leiterplattensysteme erforderlich. Mit der Mehrzahl an Schichten steigen Kosten. Es muss ein Kompromiss zwischen Funktionalität, Benutzerfreundlichkeit, Verlässlichkeit und Produktionskosten gefunden werden. Fujitsu nutzt dabei KI-Technologien, um die kleinstmögliche Zahl von Leiterplattenschichten zu identifizieren.

Ein wichtiges Anwendungsfeld des Einsatzes von KI im Produktionssektor ist die Beschaffung. Im firmeneigenen Data Lab von Volkswagen in München werden selbstlernende Systeme entwickelt. Sie zielen darauf ab, Unternehmensprozesse zu analysieren und zu automatisieren und dabei Effizienzpotenziale zu ermitteln. Ein Anwendungsbereich betrifft die Analyse von Vorleistungs- und Ersatzteilmärkten und die Identifikation der aus Sicht des Unternehmens optimalen Preisfindung von Ersatzteilen. Die Volkswagengruppe hält Ersatzteile, die in rund 150 Märkten zu unterschiedlichen Einkaufs- und Verkaufspreisen gehandelt werden. Es ergeben sich Preisschwankungen, die Einfluss auf die Produktionskosten haben. Auf Grundlagen von KI-Technologien werden Muster der Preisentwicklung identifiziert und Prognosen zur Preisentwicklung systematisiert.

Ein Beispiel für die Weiterentwicklung von Produkten durch Innovation und Implementation von digitalen Technologien findet sich im Bereich der Nutzfahrzeugherstellung: In Partnerschaft mit Accenture hat IVECO eine Digital Factory aufgebaut, im Rahmen derer digitale Anwendungen entwickelt werden, die die Nutzung von Fahrzeugen unterstützen und effizienter machen sollen. Gerade in den Bereichen Logistik, Verkehr und Transport wird die Integration von ökonomischer und ökologischer Effizienz zunehmend wettbewerbsrelevant. Logistiker und Fahrtenmanager brauchen heute nicht nur verlässliche LKW, sondern sie benötigen Informationstechnologien, auch KI-Modelle und Anwendungen, um etwa Kraftstoffverbrauch und CO_2-Emissionen zu minimieren und dadurch Kosten zu sparen. IVECO berücksichtigt die Einbettung digitaler Technologien in seiner Produktentwicklung. In der Digital Factory werden Applikationen und Anwendungen entwickelt, die die FahrerInnen und das Fahrtenmanagement unterstützen sollen. Dabei wurden sehr unterschiedliche Technologien integriert – KI, Cloud Services, IoT-Sensorik und vieles mehr. Beispielsweise wurde ein Analysetool entwickelt, mit dem FahrerInnen den Kraftstoffverbrauch optimieren können. Ein anderes Beispiel sind interaktive Spracherkennungstechnologien.

Ein Beispiel für den Einsatz von KI-unterstützter Predictive Maintenance findet sich beim Flugzeughersteller Airbus. Die Anwendung soll potenzielle Defekte in Flugzeugkomponenten erkennen, bevor sie Probleme verursachen. Das System nutzt Algorithmen des maschinellen Lernens, um Daten von Sensoren und anderen Quellen zu analysieren und Vorhersagen darüber zu treffen, wann Komponenten möglicherweise gewartet oder ausgetauscht werden müssen. Das System ist in der Lage, Muster im Verhalten der Komponenten zu erkennen und auf der Grundlage dieser Daten Empfehlungen für die Wartung abzugeben.

Quellen: Pöchhacker-Tröscher, G.; Scherk, J. & Wagner, K. (2018). Künstliche Intelligenz. Anwendungsfelder und Einsatzpotenziale in der Industrie. IV Oberösterreich. Accenture und IVECO Group (2023). Innovation drives Iveco Group's vehicles. (abrufbar unter dem Weblink). Darstellung von Fallbeispielen „AI For Business – 30 Case Studies That Led To Competitive Advantage" im Webportal „digitaltransformationskills" unter dem Weblink.

Im Aufbau des KI-Periodensystems finden sich Anwendungsfelder in der Prozesssteuerung und Optimierung (Anhang A.2.), in der adaptiven Produktionsplanung oder im Kontext von Business Intelligence (BI). Solche Anwendungsfelder können, wie bereits angedeutet, das Produktionsmanagement, die Produktionsplanung und Steuerung, die Qualitätskontrolle, das Lieferkettenmanagement und allgemein die Logistik, das Finanz- und Kostenmanagement, den Vertrieb

und das Marketing betreffen, aber auch Entscheidungen und Strategien im Kontext von Forschung und Entwicklung, Personalmanagement, Umweltmanagement und Nachhaltigkeit sowie Compliance-Prozesse unterstützen. Agierende Funktionselemente (Respond) finden sich insbesondere im Kontext von Industrie 4.0 und Smart Robotics. KI-basierte Manipulation (Handhabung) findet sich etwa bei der Beladung von Maschinen wie auch am Ende der Produktionsstraße beim Palettieren und im Lager beim Kommissionieren. Das Funktionselement Control kommt zum Einsatz, wo eine dynamische Komposition von Diensten und Geräten stattfindet, so im Kontext von IoT und Industrie 4.0. Dabei übernimmt KI die Funktion der „Orchestrierung" von Geräten, Maschinen und Funktionen. Im Kontext von Industrie 4.0 kann KI ein entscheidendes Element für maßgeschneiderte Massenproduktion (Mass Customization) sein.

2.2.3 Handwerk und Gewerbe

Handwerkliche Klein- und Mittelbetriebe sind schon zahlen- und anteilsmäßig und gerade für Österreich von hoher struktureller Bedeutung. Diese Unternehmen sind von hoher gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Bedeutung. Das gewerbliche Handwerk ist von Struktureigenschaften geprägt, die der Adoption technischer Lösungen und dem Einsatz von KI-Modellen nicht unbedingt förderlich sind (Fraunhofer IAO 2021). Die Ergebnisse einer Unternehmensbefragung des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation unter 2.500 deutschen Handwerksbetrieben indiziert, dass 94% der befragten Betriebe lediglich einen niedrigen bis mittleren Digitalisierungsgrad erreichen. Hier ist zunächst das gewerbliche und handwerkliche Kerngeschäft solcher Betriebe relevant. Dieses Kerngeschäft ist weiterhin von einem hohen Maß an handwerklichen Fähigkeiten, Geschicklichkeit, menschlicher Motorik, projekt- und fallspezifischer Lösungsfindung, Kreativität und Improvisationsfähigkeit geprägt.

Zugleich sind auch in gewerblichen und handwerklichen Betrieben Tätigkeitsmuster und Arbeitsschritte von skalierbaren begleitenden, unterstützenden, verwaltenden und kommunikativen Prozessen geprägt. In diesen Bereichen hat KI hohes Potenzial für Augmentation. Auf diese Weise kann die interne Effizienz auch der kleineren und mittleren gewerblichen und handwerklichen Betriebe gesteigert werden. Die Verfügbarkeit standardisierter KI-Produkte sowie Rechtssicherheit der Nutzung kann die Adoption befördern. KI-Anwendungen können dabei im Zusammenhang mit Materialkalkulation, Administration, Buchhaltung und Rechnungslegung, Einkauf und Beschaffung oder Qualitätskontrolle eingesetzt werden. KI kann auch Strategieprozesse oder Planungsprozesse unterstützen. 3D-Visualisierung und Augmented Reality sind in der Lage, Prozesse der Planung und der Kundenakquise zu unterstützen. KI kann eingesetzt werden, um Kundeninteraktionen zu automatisieren, Arbeitsabläufe zu optimieren und Wartungsbedarf vorherzusagen.

Box 4: Anwendungsbeispiele von KI in Gewerbe und Handwerk

Auch für kleinere Unternehmen, etwa handwerkliche und gewerbliche Betriebe, können typische Anwendungsfelder identifiziert werden. Hier ist insbesondere die Optimierung der Beschaffung und der Lieferketten beispielhaft. Durch den Einsatz von KI können Unternehmen Lieferketten optimieren, indem sie Bestellmuster analysieren, Lagerbestände verwalten und Lieferzeiten vorhersagen, und so Engpässe vermeiden. KI wird verwendet, um repetitive Aufgaben in handwerklichen Betrieben zu automatisieren, wie z. B. die Verwaltung von Bestellungen, die Planung von Produktionsabläufen oder die Kundenkommunikation. Hohes Potenzial ist auch im Bereich der personalisierten Planung zu verorten. In einigen handwerklichen Betrieben wird KI eingesetzt, um individuelle Produkte zu entwerfen und herzustellen. Dies kann von Tischlereibetrieben bei der Entwicklung maßgeschneiderter Möbel genutzt werden, oder in Metallwerkstätten, um kundenspezifische Metallteile produzieren. Predictive Maintenance und Qualitätskontrolle können auch im kleinteiligen handwerklichen Kontext Unterstützung liefern.

Das Unternehmen Bristlecone hat mit Procure Ai eine Supply-Chain-Anwendung entwickelt, die den Einkauf von Unternehmen optimiert. Konkret werden Rohstoffpreisrisikoanalysen, Beschaffungsanalysen, virtuelle Assistenten sowie Guided Contracting bereitgestellt. Im Rahmen von Rohstoffpreisrisikoanalyse analysiert das KI-Modell die Informationen relevanter Websites in Echtzeit. Dabei werden potenzielle Auswirkungen der analysierten Ereignisse auf Preise und Verfügbarkeit modelliert. Basierend auf Marktfaktoren und externen Faktoren empfiehlt das Modell den günstigsten Kaufpreis.

In Deutschland werden automatisierte Bestellsysteme von Friseur- und Kosmetikbetrieben eingesetzt. Auf Grundlage von vorangegangen Aufträgen werden automatisierte Bestellvorschläge bereitgestellt. Ein weiteres Anwendungsbeispiel betrifft Schneideprozesse im metall- und kunststoffverarbeitenden Gewerbe. Ein gängiger Arbeitsschritt betrifft den Zuschnitt von Rohmaterialien zur Modellierung und Fertigung eines Werkstücks. Solche Schneidevorgänge basieren auf Schachtelplänen. Diesem liegen Optimierungsprobleme zugrunde. Die Optimierung wird durch den Einsatz von KI, etwa in Form von Bilderkennung und Computer Vision, beschleunigt. Die Effizienz des Schneideprozesse wird gesteigert, darüber hinaus ergibt sich eine kosten- und ökologieeffiziente Nutzung von Material und Rohstoffen und entsprechende ökonomische Effekte (Jovy-Klein et al. 2023).

Ein weiteres Beispiel aus dem metall- und kunststoffverarbeitenden Gewerbe betrifft die Dokumentation von Fertigungsschritten, etwa auf Grundlage von KI-unterstützter Bilderkennung. Bei Schweiß- oder Klebeprozessen entstehen Nähte und Verbindungen. Diese müssen je nach Anwendungsbereich in der Qualitätssicherung gewissen Anforderungen entsprechen und nach Normen dokumentiert werden. Wenn diese Tätigkeit von Mitarbeitern durchgeführt werden muss, ist der Prozess arbeits- und zeitaufwändig. Durch den Einsatz von Künstlicher Intelligenz werden für die Qualitätsprüfung Fotoaufnahmen oder sogar Ultraschall- und Röntgenbilder genutzt. Die visuelle Qualitätskontrolle führt dazu, dass das Qualitätsmanagement optimiert wird, Qualitätsdefekte schneller und genauer identifiziert werden und sich neben der Qualitätssicherung der Produkte auch die Zufriedenheit der KundInnen erhöht (Jovy-Klein et al. 2023).

Das oberösterreichische Industrieunternehmen Fronius ist in den Feldern Photovoltaik-, Schweiß- und Batterieladetechnologie aktiv. Dabei stellt die Qualitätskontrolle von Schweißverbindungen einen großen Kostenfaktor beim automatisierten Lichtbogenschweißen dar. Bei Fronius wird ein automatisiertes System entwickelt, das eine automatisierte Qualitätsbewertung von Schweißnähten auf Basis der beim Schweißprozess generierten Daten vornimmt. Grundlage des Roboter-Assistenzsystems bei Fronius ist die hochpräzise Steuerung des Schweißdrahts. Im Unterschied zu gängigen optischen Systemen wird der im Prozess eingesetzte Schweißdraht nicht nur als Verarbeitungswerkstoff, sondern unmittelbar als Sensor verwendet.

Durch den Einsatz von KI-getriebener Dokumentenerkennung in administrativen Prozessen werden Eingangsdokumente in Unternehmen, etwa E-Mails und Formulare, automatisch erfasst, analysiert und weiterverarbeitet. Durch die Automatisierung lassen sich Antwortzeiten verkürzen und Fehler reduzieren (Jovy-Klein et al. 2023). Auch die Erstellung von Rechnungen kann durch eine KI-getriebene Dokumentenerkennung automatisiert und vereinfacht werden.

Potenziale für den Einsatz von KI ergeben sich auch in Betrieben mit hohem Energiebedarf, etwa Bäckereien oder in der Metall- bzw. Keramikverarbeitung. Die Erreichung einer effizienten Auslastung von Produktionsöfen ist Gegenstand von Optimierungsproblemen. Optimierungen können zu deutlichen Einsparpotenzialen führen und so Kosten senken und die Klimaeffizienz steigern. Intelligente Öfen und KI-basierte Rechenmodelle für Datenanalyse und Prognose können die Produktionseffizienz erhöhen (Jovy-Klein et al. 2023).

Quellen: Pöchhacker-Tröscher, G.; Scherk, J. & Wagner, K. (2018). Künstliche Intelligenz. Anwendungsfelder und Einsatzpotenziale in der Industrie. BMDW – Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort (2022). Digitalisierung in Gewerbe und Handwerk. Der Praxisleitfaden zu Ihrer Digitalisierungsstrategie! (Weblink). Jovy-Klein, F.; Morad, M.; Enns, C.; Temath, C. (2023). Künstliche Intelligenz im Handwerk (Weblink). Informationen zu Anwendungsfeldern von Fronius in der Presseinformation des Landes Oberösterreich vom 18.4.2024 unter dem Weblink. Informationen zur Präzisionsschweißtechnik bei Fronius finden sich auf der Website von KEM Engineering unter dem Weblink.

Darüber hinaus können KI-Systeme etwa die Produktionsprozesse in Unternehmen durch intelligente Qualitätsüberwachung (z. B. automatische visuelle Fehlererkennung) verbessern. KI-Systeme werden bereits im Marketing für Reporting- und Analysezwecke sowie für die Kommunikation mit Kundeninnen und Kunden (z.B. über Support-Hotlines) oder im Beratungsbereich (z. B. Versicherungen, Rechtsanwälte) eingesetzt (BMDW 2022, 56). Eine exemplarische Darstellung von tatsächlichen und potenziellen Anwendungen im Bereich von Handwerk und Gewerbe finden sich im Anhang A.3.

2.2.4 Versorgungswirtschaft und Energieversorgung

Versorgungswirtschaft umfasst die Gewährleistung der Grundversorgung an lebenswichtigen Grundbedürfnissen, etwa Energie, Wasser, Abwasser- und Abfallentsorgung oder Telekommunikation. Hier finden sich zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten für KI. Beispielgebend ist die Energiewirtschaft. Anwendungsfelder ergeben sich in der Kommunikation und Korrespondenz, etwa mit Kunden und Kundinnen. Wie auch in anderen Wirtschaftsbereichen kommen dabei Chatbots und automationsgestützte Kommunikationsassistenten zum Einsatz. Im Aufbau des KI-Periodensystems sind hier etwa die Funktionselemente Speech Recognition in Kombination u. a. mit Language Understanding, Language Generation und Data Analytics relevant (Anhang A.4). Im Bereich der Energieversorgung kann KI beispielsweise im Rahmen von Smart Grids, Congestion Management, Netzsteuerung und Energiebedarfsmanagement eingesetzt werden. Durch die Analyse von Echtzeitdaten können KI-Algorithmen auch helfen, den Stromverbrauch zu steuern und erneuerbare Energiequellen effizient einzubinden. Dies fördert einerseits die Effizienz von Energiemärkten, zugleich kann dadurch die ökologische Nachhaltigkeit der Versorgung verbessert werden.

Box 5: Anwendungsbeispiele im Bereich der Energiewirtschaft und Energieversorgung

E.ON ist ein international agierendes Energieversorgungsunternehmen aus Deutschland. Das Unternehmen ist u. a. in den Bereichen Energienetze, Energiedienstleistungen und erneuerbare Energien aktiv. Das Unternehmen hat eine cloudbasierte Anwendung zur Anlagen- und Technologieanalyse entwickelt, die auf vorausschauende Analyse und Predictive Maintenance von Windkraftanlagen abzielen. Die Systeme verwenden Techniken des maschinellen Lernens zur Analyse historischer Sensordaten. Daten werden auf Basis von IoT-Sensorik und Cloud-Technologie in Echtzeit übertragen und nachfolgend analysiert und ausgewertet. Dabei wurden Mensch-Maschine-Feedback-Schleifen implementiert. Das System lernt kontinuierlich aus neuen Sensordaten unter Berücksichtigung des Wissens der MitarbeiterInnen.

Wie bereits erwähnt (Box 4), ist das oberösterreichische Industrieunternehmen Fronius in den Feldern Photovoltaik-, Schweiß- und Batterieladetechnologie tätig. Im Geschäftsbereich Solarenergie wurden Softwaresysteme entwickelt, die eine selbstlernende und automatisierte Erkennung von Software-Fehlern am Wechselrichter von Photovoltaikanlagen vornehmen. Ein Wechselrichter wandelt Gleichspannung in Wechselspannung um. Er bildet eine wesentliche Komponente von Photovoltaikanlagen. Wenn eine Fehlfunktion erkannt wird, lernt das System daraus und stellt das Wissen anderen Wechselrichtern zur Verfügung. Wird ein kritischer Schwellwert an Geräten mit diesem speziellen Fehler erkannt, erfolgt eine Benachrichtigung an das Supportteam. Die zuständigen MitarbeiterInnen können das genaue Verhalten der Wechselrichter analysieren und eine Fehlerbehebung einleiten, ohne dass der Endkunde davon etwas merkt.

Im Rahmen seines Förderprogramm SINTEG („Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende") initiiert das deutsche Bundesministerium für Wirtschaft und Energie eine Innovationskooperation aus Wissenschaft und Unternehmen der Energieversorgung. Bestandteil dieser Kooperation ist das Projekt DESINETZ („Designetz: Baukasten für die Energiewende – von Einzellösungen zum effizienten System der Zukunft"). Dabei entwickeln Wissenschaftler des DFKI („Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz") Prognoseverfahren auf Grundlage von maschinellem Lernen, die der Prognose von Solarstromerzeugung dienen. Das Projekt zielt auf den Aufbau intelligenter Netze ab, die eine Einspeisung von zeitweise bis zu 100% an erneuerbaren Energien und zugleich eine sichere und effiziente Energieversorgung gewährleisten sollen.

Das Software-Unternehmen PSI entwickelt Systeme für die Überwachung und Steuerung von Energienetzen, für die Optimierung des Asset Service in Form von Entstör-, Instandhaltungs- und Krisenmanagement sowie Systeme zur Erreichung eines Höchstmaßes an Automatisierung im Energiemarkt. Mit Saso (für „Security Assessment and System Optimisation") stellt PSI den Netzbetreibern ein System für Predictive Maintenance zur Verfügung. Dieses ermöglicht die Beurteilung des Netzzustandes und liefert Vorschläge zur Beseitigung festgestellter kritischer Zustände. Für die Entscheidungsunterstützung werden algorithmische Verfahren wie beispielsweise Fuzzy Logic oder künstliche neuronale Netze (KNN) eingesetzt.

Quellen: BDEW – Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2020). Künstliche Intelligenz für die Energiewirtschaft. (Weblink). Klobassa et al. (2019) für Fraunhofer unter Weblink. Zum Projekt DESINETZ siehe Informationen des Deutschen Forschungsnetzwerks für Künstliche Intelligenz unter dem Weblink. Informationen zu Anwendungen und Lösungen von PSI finden sich auf der Website des Unternehmen unter dem Weblink. Informationen zu Anwendungsfeldern von Fronius in der Presseinformation des Landes Oberösterreich vom 18. 4. 2024 unter dem Weblink.

KI kann außerdem dazu beitragen, den Verbrauch und Bedarf an Strom in Haushalten, Gebäuden oder Anlagen zu drosseln und zu optimieren. Dabei können KI-Systeme auf Grundlage der Analyse von Verbrauchsdaten und unter Berücksichtigung von Verbrauchs- und Umgebungsparametern Empfehlungen zur Energieeffizienz geben.

Großes Potenzial hat KI im Zusammenhang mit Predictive Maintenance. Die Versorgungswirtschaft und insbesondere die Energieversorgung ist ein kapitalintensiver Sektor und stark von Infrastrukturen, Anlagen und Maschinen abhängig. Die Wartung von Anlagen ist mit hohen Kosten verbunden, Ausfälle und Reparaturen können schwerwiegende Folgen haben. Energieversorgung und ihre Infrastrukturen

sind für die Versorgungssicherheit der Bevölkerung von großer Bedeutung. Auf institutioneller Ebene spiegelt sich der hohe Stellenwert von Energieinfrastrukturen etwa in der CER-Richtlinie der EU zur Resilienz bei Kritischen Infrastrukturen wider. KI kann die Planung und den Betrieb von Strom- und Verteilnetzen sowie die Versorgungssicherheit unterstützen.

KI-Technologie kann darüber hinaus in der Analyse von Energiemärkten eingesetzt werden, etwa um Preisentwicklungen vorherzusagen. Auf diese Weise kann die systemische Effizienz von Energiemärkten gesteigert werden.

2.2.5 Verkehrsdienstleistungen

Verkehrsdienstleistungen stehen vor zahlreichen Herausforderungen. Dazu zählen unter anderem der Klimawandel, Kapazitätsengpässe und Infrastrukturauslastung in Folge von Urbanisierung oder die Notwendigkeit, die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Verkehrssystems zu verbessern. KI kann dazu beitragen, diese Herausforderungen zu meistern. Im öffentlichen Verkehr kann KI beispielsweise dazu beitragen, die Effizienz durch Optimierung von Fahrplänen, Routen und Taktfrequenzen zu steigern (zu Anwendungen etwa der ÖBB siehe Box 6 sowie Anhang A.7). In Kombination mit Elementen der autonomen Steuerung kann auch der autonome Betrieb von öffentlichen Verkehrsbetrieben, beispielsweise von U-Bahn-Linien, ermöglicht werden.

Anwendungsfelder ergeben sich bei Verkehrsleitsystemen. Bereits eingesetzte KI-Modelle beziehen sich hier insbesondere auf die intelligente Ampelphasensteuerung. Dabei werden Echtzeitdaten zur Verkehrsbelastung einbezogen. Dies reduziert nicht nur Warte- und Fahrzeiten, sondern kann auch die Umweltbelastung verringern. Positive Umweltauswirkungen können auch durch KI-gestützte Routenplanung auftreten. Dabei können etwa aktuelle Verkehrslagen, Witterungsbedingungen sowie persönliche Präferenzen in die Routenberechnung miteinbezogen werden. Die Anwendung von KI betrifft damit nicht nur autonomes Fahren, sondern auch die netzübergreifende Steuerung durch intelligente Verkehrsleitsysteme. Komponenten dieser Systeme sind Datengenerierung auf Basis von IoT-Sensorik in Kombination mit visuell wahrnehmenden und erkennenden Funktionselementen. KI-basierte Systeme können es ermöglichen, Verkehrsmittel dynamisch nach der aktuellen Nachfrage einzusetzen, was sowohl die Überfüllung verringert als auch die Umweltauswirkungen minimiert.

Box 6: Anwendungsbeispiele von KI im Verkehr

Die PTV Group entwickelt KI-Verkehrssysteme, die eine Vielzahl an verschiedenen Daten in Echtzeit zusammenführen und den multimodalen Verkehr zielgerichtet steuern. Durch die zeitnahe Analyse von über Sensoren wahrgenommenen Daten zur aktuellen Verkehrsdichte kann der Verkehr auf feinkörniger

geografischer Ebene vorhergesagt, die Verkehrssignale entsprechend geschaltet und die Wahrscheinlichkeit eines Staus oder einer Verzögerung reduziert werden. Ein Kunde der PVT Group ist beispielsweise die ITS Vienna Region, die in Wien und Umgebung Verkehrsservices betreibt.

Ein weiteres Beispiel für intelligente Verkehrsleitsysteme findet sich in Pittsburgh. Hier wurde ein System namens Scalable Urban Traffic Control (SURTRAC) entwickelt und implementiert. Mittels der Analyse von Kamera- und Radardaten werden die Ampelphasen autonom gesteuert, indem die Fahrtwege von Fahrzeuggruppen prognostiziert werden. Durch die Implementierung von SURTRAC ließen sich Wartezeiten im Durchschnitt um 40%, Fahrzeiten um bis zu 25% und Emissionen um bis zu 20% reduzieren. Ein ähnliches intelligentes Verkehrsleitsystem findet sich in Singapur, wobei hier auch der öffentliche Verkehr einbezogen wird. Geplant ist ein autonomer Betrieb von öffentlichen Bussen, der die aktuelle Verkehrslage mittels des intelligenten Verkehrsleitsystems integriert.

Neben der Verbesserung des Verkehrsflusses können KI-Systeme auch helfen, die Sicherheit zu erhöhen. Hier findet sich ein Beispiel in Las Vegas. Ein Pilotprojekt der Regional Transportation Commission of Southern Nevada mit dem Technologieunternehmen WAYCARE betrifft zwei stark befahrene Autobahnen in Las Vegas, den Interstate Highway 15, der in unmittelbarer Nähe am Las Vegas Strip vorbeiführt, und den US-95 Highway westlich des Zentrums von Las Vegas. Dabei werden Anwendungen des maschinellen Lernens implementiert, um Verkehrsvorfälle wie Unfälle, Staus etc. vorherzusagen. Dadurch können Präventionsstrategien und Notversorgungskapazitäten besser geplant werden. Die Firma konnte in Israel, dem Sitz des Unternehmens, 70% der Unfälle am stark befahrenen Netivei Ayalon bis zu zwei Stunden vor den Ereignissen vorhersagen. Mithilfe der WayCare-Technologie werden Verkehrssicherheits- und Rettungskräfte auf potenzielle Vorfälle an Problemstellen hingewiesen. Dies dient einerseits der Verhinderung der prognostizierten Ereignisse sowie dazu, die Einsatzkräfte in Gebieten mit hohem Risiko in einen Bereitschaftsmodus zu versetzen und die Reaktionszeit im Akutfall zu verringern. Zudem werden durch die Verhinderung von Folgestaus die Verkehrskapazität gesteigert, Wegzeiten verringert und Emissionen reduziert. In den Prozess der Datenverarbeitung geht eine Vielzahl von Informationen ein: Wetter, Uhrzeit, Ort von liegengebliebenen Fahrzeugen, Bauarbeiten und vieles mehr.

Im Bereich des autonomen Fahrens ist die Technologie von Tesla weiterhin in einer Vorreiterposition. Auch hier geht es um die Erfassung einer Vielzahl an Daten in Echtzeit, die die Umgebung und die Verkehrssituation beschreiben, und die Steuerung des Fahrzeugs anschließend zu bestimmen. Tesla hat hierzu neuronale Netzwerke trainiert, die durch das Zusammentragen verschiedener Kameras und Sensoren ein akkurates Bild der Umwelt zeichnen und den Steuerungselementen kommunizieren, wie auf die jeweilige Situation zu reagieren ist.

Die ÖBB setzen KI für die vorausschauende Wartung von Triebfahrzeugen und Wagons ein. Fahrzeuge liefern Daten, etwa Statusmeldungen oder Fehlerwarnungen. Diese werden für die Railjet- und Cityjet-Flotten aufbereitet und ausgewertet. Die Ergebnisse ermöglichen es, frühzeitig Gegenmaßnahmen zu setzen und die Planung der Instandhaltung zu optimieren. Im Bereich der Fahrplanplanung und Optimierung werden Modelle der agentenbasierten Simulation, Multi-Agent-Modelle, Reinforcement Learning oder Digital-Twin-Modelle entwickelt. Auf Basis eines agentenbasierten Modells sollen Einflussfaktoren wie Baustellen, Langsamfahrstellen und Mindertauglichkeiten in der Fahrplanplanung berücksichtigt werden. Dabei werden Fahrpläne unter Berücksichtigung einfließender Faktoren modelliert und auf mögliche Verspätungen überprüft.

Quellen: „Real-time traffic management software for multimodal networks“ abgerufen unter Weblink. “Pittsburgh cuts travel time by 25% with smart traffic lights“ abgerufen unter Weblink. “Smart Nation: Singapore's Intelligent Transport System (ITS)“ abgerufen unter Weblink. "Las Vegas is preventing traffic accidents with big data“ abgerufen unter Weblink. “How Tesla is using AI and Big Data Analytics in their Self Driving Cars“ abgerufen unter Weblink. Informationen zu Anwendungen der ÖBB finden sich auf der Website des Unternehmens, zu Data Science unter dem Weblink sowie zu KI unter dem Weblink.

Des Weiteren hat KI das Potenzial, den Verkehrsbereich durch autonomes Fahren deutlich zu transformieren. Autonome Fahrzeuge nutzen fortschrittliche KI-Systeme, um ihre Umgebung zu analysieren und rasch und korrekt auf sie zu reagieren. Im Optimalfall lässt sich die Technologie des autonomen Fahrens nahtlos in vorhandene Verkehrsnetze integrieren. Dabei kann KI zur Verringerung

von Stauaufkommen und gleichzeitig zur Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Reduzierung menschlicher Fehler beitragen.

2.2.6 Finanzdienstleistungen

Bei Finanzdienstleistungen ergeben sich prozessübergreifende Einsatzmöglichkeiten von KI. Finanzdienstleistungen werden allgemein als Vorreiter bei der KI-Adoption gesehen. FinTech-Unternehmen nutzen einen breiten Technologiemix, etwa KI, Big Data, Blockchain und mobile Anwendungen (PwC 2020; Daube 2024). Durch die Technologienutzung sollen traditionelle Finanzdienstleistungen verbessert und automatisiert werden sowie neue Lösungen und Angebote, etwa Embedded Finance[17], entwickelt werden. Im Kundendienst, im Rahmen der Kommunikation und Korrespondenz sowie im Marketing kommt KI zunächst in Form von Chatbots und virtuellen Assistenten zur Anwendung. Dabei können Anfragen beantwortet werden und personalisierte Beratung und Unterstützung sichergestellt werden. Im KI-Periodensystem (Anhang A.8) können Funktionselemente wie Speech Recognition, Language Understanding oder Language Generation in Kombination mit nachgelagerten Funktionselementen von Kommunikation (Communication) zum Tragen kommen. Identifizierende Elemente – etwa Image Identification oder Face Identification – können wieder den Prozess der Authentifizierung und Identifizierung unterstützen.

Im Rahmen der Kreditbewertung und des Risikomanagements werden KI-Systeme verwendet, um Kreditanträge zu analysieren und die Kreditwürdigkeit von Kreditnehmern zu bewerten. Dabei entwickeln KI-Systeme auf Basis von Datenanalysen – etwa zu Kreditverläufen, Einkommen und Berufstätigkeit, Familienstatus, Ausgabenprofilen – Vorschläge. Durch den effizienten Einsatz von KI kann das systemische Risiko eines Versicherungs- oder Finanzdienstleistungsunternehmens verringert werden, die Effizienz erhöht und die Wettbewerbsfähigkeit gesteigert werden. Solche Anwendungen treten beispielsweise in Kombination mit vorausschauenden Funktionselementen, etwa Predictive Inference oder Synthetic Reasoning, auf. Beispielsweise können auf Grundlage der Verknüpfung von Meta-, Stamm- und weiteren Prozessdaten Vorhersagemodelle erstellt werden. Hier sind zukünftig auch die Regularien des AI Act der EU zu berücksichtigen (Abschnitt 3). Beim Screening von KreditnehmerInnen und VersicherungsnehmerInnen kann sich nach Anhang 3 des AI Act eine Hochrisiko-Anwendung ergeben.[18] Jedoch können auch im Kontext von regulatorischen Anforderungen

[17] Dabei geht es um die Integration von Finanzdienstleistungen in nicht bzw. nicht ausschließlich finanzwirtschaftliche Dienstleistungen und Wertschöpfungsketten. Anwendungsfelder ergeben sich etwa im E-Commerce.

[18] Anhang 3 Z 5 stellt u. a. auf den Zugang zu privaten und öffentlichen Dienstleistungen ab. Demnach werden KI-Systeme, die dazu bestimmt sind, Kreditwürdigkeiten zu bewerten oder zu ermitteln, als Hochrisiko-Anwendungen klassifiziert. Zudem können

und Compliance KI-Systeme eine wichtige Unterstützung sein. KI kann prozessbegleitend eingesetzt werden, um die Prozesse zu dokumentieren oder die Einhaltung von Regularien sicherzustellen. Die Automatisierung und Begleitung von Geschäfts- und Transaktionsprozessen ist ein wichtiges Anwendungsfeld. KI-basierte Tools der Robotisierung werden verwendet, um repetitive und zeitaufwändige Aufgaben der Datenverarbeitung, Dokumentation, Compliance, Berichterstattung und Kundenverwaltung zu erfüllen.

Box 7: Anwendungsbeispiele von KI in Finanzdienstleistungen und FinTech

JPMorgan Chase hat ein Finanzberatungstool namens IndexGPT entwickelt und patentieren lassen. Die Anwendung hilft KundInnen bei der Entscheidung über die Wahl ihrer Geldanlage[19]. Dabei ist IndexGPT in seiner Anwendung und Funktionsweise ChatGPT vergleichbar. Bei IndexGPT werden die Technologien des Cloud Computing und der KI zur Analyse und Sortierung von Wertpapieren nach den spezifischen Anforderungen der Kunden eingesetzt.

Anwendungsbeispiele lassen sich im Kontext von generativer AI identifizieren: NatWest und IBM arbeiten gemeinsam an Cora, dem virtuellen Assistenten von NatWest. Ziel ist es, dass KundInnen durch den Einsatz von generativer KI über Konversationsinteraktionen auf eine breitere Informationsbasis zugreifen können.

Im Herbst 2023 führte die OCBC Bank in Singapur einen auf generativer KI basierenden Chatbot für ihre 30.000 Mitarbeiter weltweit ein. Damit soll die Produktivität der MitarbeiterInnen gesteigert werden und das Kundenservice verbessert werden. Die Bank implementierte den Chatbot in Kooperation mit Azure OpenAI von Microsoft. Ein Anwendungsfall findet sich im Einsatz von generativer KI bei der Bank of America zur Erkennung betrügerischer Kreditkartentransaktionen. Das KI-System der Bank analysiert täglich Milliarden von Transaktionen, um bestimmte Muster zu erkennen, die auf Betrug hindeuten.

HSBC ist eine international agierende Großbank mit Sitz in London. KI ist ein wichtiges Technologieelement der HSBC. Zweck ist die Bereitstellung personalisierter und transparenter Angebote für KundInnen, etwa personalisiertes Banking, Investment Banking, Vermögensverwaltung und -planung (Wealth Management) und Corporate Banking. Bei AI Markets handelt es sich um eine KI-Anwendung mit Fokus auf institutionelle Anleger. Ziel ist die datengestützte und KI-basierte Unterstützung zur Selektion und Identifikation geeigneter Investitions- und Veranlagungsformen. Ein anderes Tool von HSBC ist AiMAX. Hierbei handelt es sich um einen regelbasierten Service, der Nutzerinnen und Nutzern hilft, geeignete Investment-Strategien zu finden, Wachstumspotenziale und Renditeaussichten zu verbessern und dabei ein risikodiversifiziertes Anlageportfolio aufzubauen. Ein weiteres Beispiel bei HSBC ist der KI-basierte „Pricing chatbot". Er analysiert Markt- und Trading-Informationen und leitet Schlussfolgerungen und Empfehlungen ab.

Quellen: AI-Multiple Research, „100+ AI Use Cases & Applications: In-Depth Guide for 2024", 1. Jänner 2024 unter Weblink. Technologieportal „techopedia" unter „Top 5 Anwendungsfälle generativer KI in FinTech 2024" vom 3. April 2024 unter dem Weblink. „softude.com" vom 21. März 2024 unter dem Weblink.

KI wird auch im Zusammenhang mit Betrugserkennung und Geldwäsche eingesetzt. Dabei werden verdächtige Transaktionsmuster durch Erkennung von Anomalien und Betrugsmuster identifiziert. Die Ergebnisse einer Unternehmensumfrage von IPSOS und ITE (2020, 34)[20] zeigen, dass die Identifikation

KI-Systeme, die eine Risikobewertung vornehmen und die individuelle Preisgestaltung beeinflussen, als Hochrisiko-Anwendungen bewertet werden. Aus der Bewertung als Hochrisiko-Anwendung ergeben sich weitreichende regulatorische Anforderungen und Restriktionen (siehe Abschnitt 3).

[19] Informationen zu IndexGPT finden sich auch im Portal softude.com unter dem Weblink sowie cnbc.com unter dem Weblink.

[20] In der Unternehmensumfrage finden sich Informationen zu Formen der Nutzung in Unternehmen. Die Studie wurde von IPSOS und ITE für die Europäische Kommission durchgeführt. Dabei wurden fast 10.000 Unternehmen befragt.

von Anomalien, etwa im Zusammenhang mit Betrugserkennung, zu den am stärksten verbreiteten Anwendungsformen von KI in Unternehmen zählt. KI-Systeme – etwa auf Grundlage von Relationship Learning – können eingesetzt werden, um netzwerkartige Strukturen und Bezugsmuster zu analysieren.

Ein wesentliches Anwendungsfeld ist das Portfolio-Management und die personalisierte Anlageberatung. KI-Systeme identifizieren attraktive Veranlagungen. Prädiktive Modelle werden im Zusammenhang der Marktanalyse sowie zur Identifikation von Präferenzen verwendet. Dabei können Anlageziele, Risikotoleranz und Präferenzen der AnlegerInnen berücksichtigt werden. Durch die Analyse des KundInnen-Verhaltens, der Transaktionshistorien oder von personenbezogenen Informationen können Fintech-Plattformen maßgeschneiderte Angebote erstellen und die Kundenbindung stärken. Anwendung findet KI auch in autonomen Systemen des algorithmischen Börsenhandels. Hier werden Kurse prognostiziert und automatische Handelsentscheidungen getroffen.

2.2.7 Medizin und Pharmazie

KI hat sich als unverzichtbares Werkzeug in der Medizin und Pharmazie entwickelt. Das betrifft sowohl die Entwicklung von neuen Medikamenten und Wirkstoffen als auch die Diagnostik, die Verwaltung von Gesundheitssystemen oder die Personalisierung von Medizin und Pharmazie. KI hat sich in der Medikamentenentwicklung etabliert, indem es den Prozess der Wirkstoffsuche revolutioniert. KI-Systeme nutzen komplexe Algorithmen, um riesige Datenmengen zu durchforsten und potenzielle Wirkstoffkandidaten zu identifizieren, die für die menschliche Gesundheit von Nutzen sein könnten. Diese Technologie beschleunigt nicht nur die anfängliche Phase der Wirkstofffindung, sondern verbessert auch die Präzision bei der Vorhersage der Wirksamkeit und Sicherheit neuer Medikamente. So können kostspielige und zeitaufwendige Fehlschläge in späteren Entwicklungsphasen vermieden und der Weg von der Konzeptualisierung bis zur Markteinführung erheblich verkürzt werden. KI hat sich im Bereich der medizinischen und pharmazeutischen Forschung als IMI, d. h. als „Invention of a method of invention“, etabliert.

Ein weiterer entscheidender Bereich, in dem KI einen tiefgreifenden Einfluss hat, ist die medizinische Diagnostik. KI und maschinelles Lernen sind besonders effektiv darin, Muster in medizinischen Daten zu erkennen, was sie zu wertvollen Werkzeugen in der Diagnosestellung macht. Von der Bildgebung wie CT-Scans und MRTs bis hin zur Analyse genetischer Informationen können KI-gestützte Systeme Ärzten und Ärztinnen helfen, Krankheiten früher und mit größerer Genauigkeit zu erkennen. Dies führt nicht nur zu besseren Behandlungsergebnissen, sondern auch zu einer effizienteren Nutzung der medizinischen Ressourcen.

Schließlich ermöglicht der Einsatz von KI in der Medizin eine stärkere Personalisierung der Behandlung. Durch die Analyse großer Datenmengen aus verschiedenen Quellen kann KI helfen, maßgeschneiderte Behandlungspläne zu erstellen. Personalisierte Medizin verspricht nicht nur eine effektivere Behandlung von Krankheiten, sondern auch die Minimierung von Nebenwirkungen und die Optimierung der allgemeinen Gesundheitsvorsorge. Hier können insbesondere auch generative KI-Modelle eingesetzt werden.

Box 8: KI in der Medizin und Pharmazie

Google hat mit dem Programm AlphaFold zur detaillierten Beschreibung von Proteinen beigetragen. Diese Informationsbasis bildet eine Grundlage für die Entwicklung von Medikamenten und Wirkstoffen. Detailgetreue 3D-Modelle der Proteinstrukturen erlauben es, genauer abzuschätzen, welche Stoffe in welcher Form auf bestimmte Proteine wirken können. Die biologische Forschung hat in den letzten Jahrzehnten mehrere hunderttausend Proteine beschrieben. AlphaFold hat bereits mehr als 600 Millionen Proteine detailliert erfasst und dargelegt. Dies ermöglicht neue Dimensionen an Wirkstoffentwicklung, die über das aktuelle Maß deutlich hinausgehen.

MedicusAI ist eine KI-basierte Plattform, die Gesundheitsdaten interpretiert und in eine interaktive und personalisierte Patientenerfahrung mit verständlichen Erklärungen, Einblicken und einer fortlaufenden gesundheitlichen Betreuung umwandelt. Ziel ist es, die Verständlichkeit und Interaktivität von medizinischer Kommunikation zu verbessern.

Im Bereich der Diagnostik ist insbesondere REiLI zu erwähnen. REiLI ist eine fortschrittliche KI-basierte Technologieplattform von FUJIFILM, die speziell für die medizinische Bildgebung und Diagnostik entwickelt wurde. Sie verbessert die Bildqualität, unterstützt die automatische Erkennung und Segmentierung pathologischer Merkmale, integriert sich nahtlos in bestehende klinische Arbeitsabläufe und unterstützt das medizinische Fachpersonal bei der Entscheidungsfindung. REiLI zielt darauf ab, die diagnostische Genauigkeit zu steigern und die Patientenversorgung durch kontinuierliches Lernen und Anpassung an neue medizinische Erkenntnisse zu verbessern. In den letzten Jahren kam REiLI insbesondere im Zusammenhang mit COVID-19 und Röntgenscans zum Einsatz, beispielswiese im italienischen Spital Azienda Socio-Sanitaria Territoriale in Vimercate bei Mailand.

Quelle: „Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold" abgerufen unter Weblink. "About REiLI" abgerufen unter Weblink. Informationen zu MedicusAI finden sich im Brutkasten-Beitrag vom 4. 12. 2019 unter dem Weblink.

Im Stufenbau des KI-Periodensystems sind vielfältige Anwendungsfelder in Medizin und Pharmazie denkbar (Anhang A.13). Etwa könnten erkennende Funktionselemente im Zusammenhang mit der Diagnose und der Erkennung krankhafter Zustände im Rahmen der medizinischen Bildgebung angewendet werden (siehe oben). Der Einsatz identifizierender Elemente zur Authentifizierung ist etwa im Kontext von Telemedizin denkbar. Spezielle Anwendungsfelder könnten sich etwa für Face Recognition ergeben. Das Element umfasst Anwendungen zum Erkennen von Gesichtern und emotionalen Zuständen in Bildern oder Videosignalen. Anwendungen sind in der Telemedizin, beim Erkennen und Diagnostizieren emotionaler Zustände oder in der medizinischen Forschung denkbar. Text Extraction könnte in der Verwaltung digitaler Akten von PatientInnen Anwendung finden. KI kann die medizinische und pharmazeutische Forschung, die Identifikation möglicher Krankheiten oder z. B. das

Trainieren und Lernen von Smart Robots in der Pflege oder in der Chirurgie augmentieren. Es können sich Anwendungsmöglichkeiten im Rahmen der Diagnostik und Früherkennung, der Prävention, der medizinischen Forschung – etwa der Krebsforschung und Genomik – oder der Prognose von Therapieverläufen oder Krankheitsverläufen ergeben. Agierende Funktionselemente, etwa autonomes Navigieren und Handhaben (Manipulation), können Funktionselemente von smarten Pflegerobotern und Assistenzsystemen, Versorgungssystemen und Versorgungslogistik in Einrichtungen oder in der Roboterchirurgie sein (Anhang A.13).

3. DER RECHTSRAHMEN DES AI ACT DER EUROPÄISCHEN UNION

Die folgende Darstellung beschreibt den Regelungsrahmen der Europäischen Union. Die KI-Verordnung, im Folgenden kurz AI Act, ist ein Gesetzeswerk der EU zur Regulierung der Entwicklung, des Inverkehrbringens, der Inbetriebnahme und der Verwendung von KI-Systemen. Der folgende Abschnitt richtet den Fokus auf inhaltliche Ziele. Das sind zum einen die Schaffung und Beförderung des Binnenmarktes für vertrauenswürdige KI. Dies soll durch eine abgestufte Risikobewertung und Regulierung erreicht werden. Im Vordergrund des Abschnitts stehen Hochrisiko-Systeme und daraus entstehende allgemeine und spezifische Anforderungen an die involvierten Akteure, insbesondere Anbieter, Betreiber und Einführer (Importeure).

Anwendungs- und Geltungsbereich

Der Anwendungs- und Geltungsbereich sind weit gefasst (Barenkamp 2024). Der AI Act gilt für alle KI-Systeme, die Auswirkungen auf Menschen in der EU haben, unabhängig davon, wo die Systeme entwickelt oder betrieben werden.

Box 9: Persönlicher Anwendungsbereich und betroffene Gruppen im AI Act

Der Schwerpunkt der Regulierung betrifft Anbieter („Provider") und Betreiber („Deployer") von KI-Systemen. Allgemein formuliert werden die System- bzw. Modellentwickler als Anbieter betrachtet. Als Betreiber gelten insbesondere Unternehmen, die ein KI-System anwenden und dieses in Prozessen oder Produkten implementieren. Darüber hinaus unterscheidet die Regulierung weitere Akteure: Einführer („Importer") sind in der EU ansässige Personen oder Organisationen, die ein KI-System eines außerhalb der EU ansässigen Anbieters in der EU in Verkehr bringen. Händler („Distributor") sind Personen oder Organisationen, die KI-Systeme auf Märkten der EU bereitstellen. In der typischen Wertschöpfungskette folgen Händler den Anbietern und Einführern. Diese sind in der Definition von Händlern nicht umfasst. Bevollmächtigte („Authorised Representative") vertreten im Ausland ansässige Anbieter im Zusammenhang mit dem AI Act. Der Regelungsrahmen fasst die betroffenen Gruppen – Anbieter, Produkthersteller, Betreiber, Bevollmächtigte, Einführer oder Händler – unter dem Titel „Akteur" zusammen.

Quelle: Verordnung über künstliche Intelligenz. Europäisches Parlament vom 17. 4. 2024. Plenarsitzungsdokument. (Weblink)

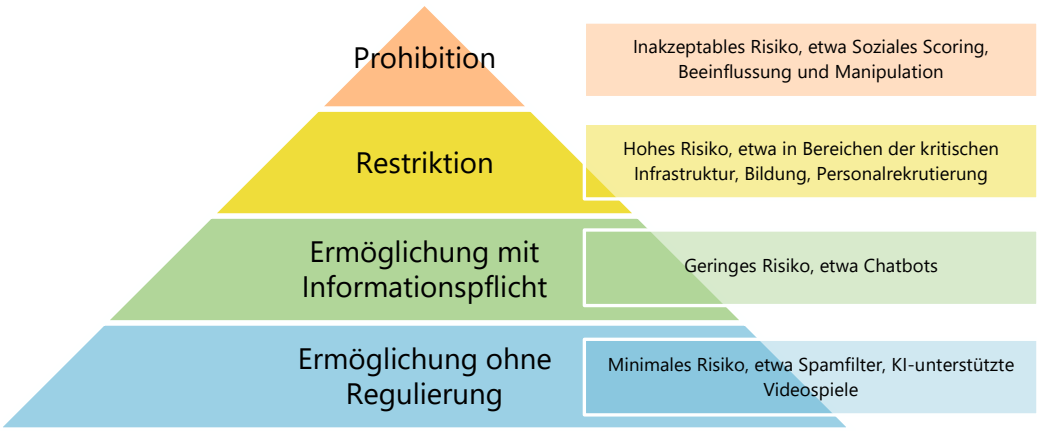
Der AI Act betrifft alle Akteure entlang der Wertschöpfungskette, insbesondere Anbieter und Betreiber (Pabel und Kerschbaummayr 2024), innerhalb und außerhalb der EU, wenn diese KI-Systeme entwickeln

oder betreiben.[21] Der Regelungsrahmen betrifft in erster Linie KI-Systeme, also integrierte KI-Anwendungen. Mit einbezogen in die Regulierung sind auch KI-Modelle mit allgemeinem Verwendungszweck (GPAI-Modelle).

Abgestufte Risikobewertung von KI-Systemen im Anwendungskontext

Der AI Act bewertet das Risiko von KI-Systemen nach Anwendungsbereichen. Der Grad der Restriktion richtet sich nach der Risikoeinstufung. Es sind vier Risikokategorien vorgesehen. Auf der höchsten Risikostufe verbietet der AI Act zunächst Praktiken mit inakzeptablem Risiko. Beispielhaft werden Praktiken verboten, die kognitive Verhaltensmanipulation umfassen, zum Beispiel sprachgesteuertes Spielzeug, das gefährliches Verhalten bei Kindern fördert, Soziales Scoring oder die biometrische Identifizierung und Kategorisierung natürlicher Personen. KI-Anwendungen, die bereichsspezifisch mit hohem Risiko zum Einsatz kommen können, unterwirft der AI Act einer strikten Regulierung. Dieser Teilbereich stellt das regulative „Herzstück" dar. Dabei stellt der AI Act allgemeine Anforderungen an hochriskante KI-Systeme sowie spezifische Anforderungen an Akteursgruppen.

Abbildung 5: Abgestufte Risikobewertung von KI-Systemen



EU-Kommission unter Weblink, ergänzt durch Barenkamp (2024).

Für Anbieter und Betreiber von KI-Systemen mit geringem Risiko gelten Transparenz- und Informationspflichten. Dabei muss etwa im Zusammenhang mit Chatbots und interaktiven Assistenz- und Informationssystemen sichergestellt werden, dass die NutzerInnen darüber informiert sind, dass diese Anwendungen KI verwenden. KI-Systeme, die unter keinen der genannten Punkte fallen, werden mit einem minimalen Risiko bewertet. Mit Ausnahme der allgemeinen Anforderungen zu KI-bezogenen

[21] Ausgenommen vom Anwendungsbereich sind die persönliche und private Nutzung, Forschungs-, Test- und Entwicklungstätigkeiten vor der Inbetriebnahme bzw. vor dem Inverkehrbringen von KI-Systemen und Modellen, und KI-Systeme, die ausschließlich Zwecken der Verteidigung oder nationalen Sicherheit dienen.

Kompetenzen (AI Literacy) trifft der AI Act hier keine spezifischen und über bereits geltende Regelungen hinausgehenden Anforderungen. In diese Kategorie fallen beispielsweise Spamfilter und KI-gestützte Videospiele (Barenkamp 2024).

Regulierung von Hochrisiko-KI-Systemen

Die Regulierung von Hochrisiko-KI-Systemen bildet den Schwerpunkt des AI Act (Deloitte 2024). Als KI-Systeme mit hohem Risiko werden solche definiert, die erhebliche Auswirkungen für die Gesundheit oder Sicherheit oder für die Grundrechte natürlicher Personen haben können. Es können zwei Gruppen unterschieden werden. Die erste Gruppe umfasst KI-Systeme[22], die selbst Produkte oder Sicherheitskomponenten von Produkten sind, die unter die in Anhang 1 aufgeführten Harmonisierungsrechtsvorschriften der EU fallen und als Produkte oder Sicherheitskomponenten eines Produkts nach den Harmonisierungsvorschriften einer Konformitätsbewertung durch Dritte unterzogen werden müssen. Beispiele sind etwa Spielzeuge, Flugzeuge, Fahrzeuge, medizinische Geräte, Eisenbahnsysteme und Aufzüge. Aus den in Anhang 1 genannten Bereichen entsteht eine Produkt- und Marktregulierung, die bestimmte Branchen wie den Fahrzeugbau oder den Maschinenbau speziell betreffen wird.

Die zweite Gruppe umfasst Einsatzbereiche nach Anhang 3 des AI Act. Dies betrifft etwa Anwendungen in Sicherheitskomponenten kritischer Infrastrukturen, in Bildungssystemen, im Kontext der Beschäftigung von MitarbeiterInnen, der Personalrekrutierung und des Personalmanagement, Systeme, die den Zugang zu privaten und öffentlichen Diensten und Leistungen beeinflussen, Systeme der Strafverfolgung sowie im Rahmen der Verwaltung von Migration, Asyl und Grenzkontrollen sowie Systeme im Zusammenhang mit der Auslegung und Anwendung von Gesetzen. Aus den in Anhang 3 genannten Bereichen ergeben sich branchenübergreifende Regularien bestimmter Anwendungsformen und Anwendungsweisen.

Um sicherzustellen, dass nur solche KI-Systeme und ihre Anwendungen, die tatsächlich ein hohes Risiko darstellen, von der Hochrisiko-Regulierung betroffen sind, sind für die in Anhang 3 genannten Bereiche Ausnahmeregelungen eingeführt worden (Deloitte 2024). Demnach sind Anwendungen von der Hochrisiko-Regulierung ausgenommen, wenn das KI-System lediglich eine eng gefasste Verfahrensaufgabe durchführt, eine abgeschlossene „menschliche" Aufgabe verbessert, Entscheidungsmuster und Abweichungen davon erkennt, Entscheidungen aber nicht revidiert, oder wenn das System lediglich eine vorbereitende Aufgabe durchführt. Für die Einschätzung, dass ein

[22] Grundlage ist Art. 6 des AI Act.

Ausschlussgrund vorliegt, ist der Anbieter des KI-Systems verantwortlich. Er unterliegt dabei aber der Registrierungspflicht in der EU-Datenbank für Hochrisiko-KI-Systeme.

Hochrisiko-KI-Systeme werden vor dem Inverkehrbringen und während ihres gesamten Lebenszyklus reguliert und bewertet. BürgerInnen haben das Recht, Beschwerden über KI-Systeme einzureichen. Die Regulierung unterscheidet zwischen allgemeinen Anforderungen an die Systeme sowie Anforderungen für bestimmte Akteursgruppen. Hochrisiko-KI-Systeme müssen während ihres ganzen Lebenszyklus über ein Risikomanagementsystem verfügen. Bestimmte Ereignisse müssen automatisiert protokolliert werden (Pabel und Kerschbaummayr 2024). Die Systeme müssen transparent und für den Betreiber angemessen interpretierbar sein. Trainingsdaten müssen Qualitätsstandards entsprechen. Die Systeme müssen ein angemessenes Maß an Cybersicherheit vorweisen. Hochrisiko-KI-Systeme müssen außerdem so aufgebaut sein, dass sie einer menschlichen Aufsicht zugänglich sind. Es muss eine technische Dokumentation bereitgestellt werden, aus der die Erfüllung der Regularien hervorgeht.

Anbieter müssen die Erfüllung der Anforderungen an Hochrisiko-KI-Systeme durch ein Qualitätsmanagementsystem sicherstellen. Sie müssen die Konformitätsbewertung gewährleisten und garantieren, dass das System in der EU-Datenbank für Hochrisiko-KI-Systeme registriert wird. Sie müssen die wesentlichen technischen Dokumente und Protokolle aufbewahren und mit Behörden zusammenarbeiten. Anbieter ohne Sitz in der EU müssen einen Bevollmächtigten bereitstellen (Pabel und Kerschbaummayr 2024). Der Bevollmächtigte ist für die Übermittlung aller Informationen und Dokumentationen verantwortlich, die erforderlich sind, um die Konformität eines Hochrisiko-KI-Systems und die Erfüllung der allgemeinen Anforderungen an KI-Systeme nachzuweisen.

Betreiber müssen sicherstellen, dass Eingaben zweckentsprechend und repräsentativ sind. Sie müssen die erforderliche und angemessene menschliche Aufsicht und Kontrolle im Betrieb gewährleisten. Sie haben im Bedarfsfall weitreichende Informationspflichten an Anbieter, Händler und zuständige Behörden. Betreiber müssen das System im Bedarfsfall aussetzen. Sie müssen Protokolle aufbewahren und mit Behörden kooperieren. In grundrechtsrelevanten Bereichen müssen Einrichtungen öffentlichen Rechts, öffentliche Dienstleister sowie Banken und Versicherungen, auch Kranken- und Lebensversicherungen, eine Grundrechte-Folgenabschätzung abliefern. Betreiber müssen vor der Inbetriebnahme eines Hochrisiko-KI-Systems am Arbeitsplatz die Vertretung der ArbeitnehmerInnen und die von der Systemnutzung betroffenen Arbeitnehmer informieren.

Einführer von Hochrisiko-Systemen müssen etwa sicherstellen, dass der Anbieter von Hochrisiko-Systemen die vorgesehene Konformitätsbewertung durchgeführt hat, die vorgesehene technische Dokumentation erstellt hat, das KI-System mit der erforderlichen CE-Kennzeichnung versehen ist und die EU-Konformitätserklärung und Betriebsanleitungen beigefügt sind. Der Einführer muss sicherstellen,

dass das Hochrisiko-KI-System in der EU-Datenbank registriert ist. Wenn der Einführer Grund zu der Annahme hat, dass ein von ihm in Verkehr gebrachtes Hochrisiko-KI-System nicht den Anforderungen entspricht, muss er unverzüglich Korrekturmaßnahmen ergreifen, um die Konformität herzustellen, oder das System zurückrufen bzw. vom Markt nehmen.

Händler von Hochrisiko-KI-Systemen müssen überprüfen, dass etwa die Konformitätsbewertung und Betriebsanleitung in der vorgesehenen Form vorhanden sind und dass die allgemeinen Anforderungen an Hochrisiko-KI-Systeme erfüllt sind. Sie dürfen das System erst bereitstellen, wenn die Anforderungen erfüllt sind. Sie müssen Korrekturmaßnahmen treffen, wenn ein System nicht den Anforderungen entspricht, und die zuständigen Behörden informieren, wenn das System eine Gefahr darstellt. Händler müssen den zuständigen Behörden die Informationen und Dokumentationen übermitteln, die erforderlich sind, um die Konformität des Systems nachzuweisen.

KI-Modelle mit allgemeinem Verwendungszweck (GPAI-Modelle)

Eine „Ausnahme" zur anwendungsbezogenen Bewertung von KI-Systemen sind GPAI-Modelle, d. h. einzelne KI-Modelle mit allgemeinem Verwendungszweck. Solche Modelle entziehen sich angesichts der vielseitigen Anwendbarkeit einer Risikobewertung im Anwendungskontext. Ihre Risikobewertung erfolgt auf der Modell-Ebene und betrifft hauptsächlich die Anbieter bzw. im Fall von nicht in der EU ansässigen Anbietern die Bevollmächtigten. Die Regulierung betrifft etwa LLM, die als Komponenten generativer KI von hoher Bedeutung sind. Dabei wird die Regulierung z. T. auch Anbieter von Open-Source-Modellen betreffen. Anbieter von GPAI-Modellen müssen zu ihren Modellen eine aktuelle und ausführliche technische Dokumentation mitliefern. Dazu gehört u. a. der Trainings- und Testprozess sowie Ergebnisse der Evaluierung. Sie müssen diese Informationen den zuständigen Behörden zur Verfügung stellen. Dokumentationen und Informationen müssen allen potenziellen Nutzern zur Verfügung gestellt werden. Open-Source-Anbieter sind von den genannten Anforderungen ausgenommen. Alle Anbieter, auch Anbieter von Open-Source-Modellen, müssen die Vereinbarkeit mit dem Urheberrecht sicherstellen. Sie müssen die Zusammenfassung der Trainingsdaten öffentlich zugänglich machen. Alle Anbieter von GPAI-Modellen, die darüber hinaus mit systemischem Risiko verbunden sind, müssen darüberhinausgehende Anforderungen erfüllen. Bei der Klassifizierung wird etwa ein bestimmter Rechenaufwand zum Training eines Modells angesetzt. Zu den Anforderungen an Anbieter von GPAI-Modellen mit systemischen Risiko zählt die Bewertung mittels standardisierten Protokollen und Instrumenten. Anbieter sind verpflichtet, mögliche systemische Risiken EU-weit zu identifizieren und zu mindern. Im Fall eines schwerwiegenden Vorfalls müssen relevante Informationen und mögliche Abwehrmechanismen unmittelbar den zuständigen Behörden gemeldet werden. Allgemein müssen die betroffenen Modelle ein ausreichendes Niveau an Cybersicherheit gewährleisten.

Maßnahmen zur Förderung von KI

Über die Regulierung von KI-Systemen und GPAI-Modellen hinaus zielt der AI Act auf die Förderung von Innovation ab. Im Vordergrund stehen dabei die Einrichtung von KI-Reallaboren und Unterstützungsmaßnahmen sowie Erleichterungen für KMU und Startups. KI-Reallabore stellen einen kontrollierten Rahmen dar. Entwickler, d. h. Anbieter oder zukünftige Anbieter, können unter regulatorischer Aufsicht ein innovatives KI-System entwickeln. Dies erfolgt nach Maßgabe eines mit dem Anbieter abgestimmten Plans, in dem Ziele, Bedingungen, Zeitrahmen, Methodik und Anforderungen für die im Reallabor durchgeführten Tätigkeiten beschrieben werden. Die institutionelle Ausgestaltung soll die Konformität und Rechtssicherheit von Entwicklungen und Innovationen befördern. Ein Ziel von Reallaboren ist die Unterstützung des Wissens- und Informationstransfers zwischen Entwicklern und der Aufsicht („Regulatory Learning"). Zu unterscheiden sind KI-Reallabore vom Testen unter realen Bedingungen. Dieses ist für Hochrisiko-KI-Systeme außerhalb von KI-Reallaboren vorgesehen.[23] Die Anforderungen für Tests unter Realbedingungen werden von der EU-Kommission festgesetzt.

Zur Förderung der Innovation umfasst der AI Act insbesondere Maßnahmen für KMU, einschließlich Startups[24]. KMU soll ein vorrangiger und kostenloser Zugang zu Reallaboren eingeräumt werden, unbeschadet außergewöhnlicher Kosten. Es sind Sensibilisierungs- und Schulungsmaßnahmen für die Anwendung des AI Act vorgesehen. Sie sollen auf Bedürfnisse von KMU, Startups, Betreibern sowie lokalen Behörden ausgerichtet sein. Bestehende und neue Kommunikationskanäle zu KMU, Betreibern, Innovatoren und auch lokalen Behörden sollen institutionalisiert werden, um die Umsetzung des AI Act, die Erfüllung von Anforderungen oder die Beteiligung an Reallaboren aus Sicht dieser Gruppen zu befördern. Kleinstunternehmen, die nur einen Teil der Anforderungen erfüllen, können in Richtlinien, die von der Kommission vorgegeben werden müssen, Vereinfachungen und Ausnahmeregelungen erhalten.

Diskussion des AI Act aus Perspektive unterschiedlicher Interessensgruppen

Der AI Act stellt einen Kompromiss zwischen unterschiedlichen Interessen und Zielen dar. Er wurde und wird kontrovers diskutiert. Stellungnahmen der Wirtschaft und der Unternehmen[25] nehmen insbesondere die wirtschaftliche Nutzung von KI in den Blick. Die durch den AI Act geschaffene EU-weite Regulierung zur Beförderung des Binnenmarktes wird grundsätzlich positiv bewertet. Dabei haben Unternehmens- und Industrievertretungen im Gesetzgebungsprozess auf eine Einengung der KI-Definition auf Systeme, die Elemente der Autonomie und intelligentes Verhalten zeigen, eingewirkt, um

[23] Grundlage ist Art 60 des AI Act.
[24] Grundlage ist Art 62 des AI Act.
[25] Stellungnahmen und Positionen der Unternehmen finden sich etwa bei BusinessEurope (Weblink), European Digital SME Alliance, etwa im Beitrag vom Dezember 2023 (Weblink) oder in der gemeinsamen Stellungnahme des Bundesverbands der deutschen Industrie mit der Bundesvereinigung der deutschen Arbeitgeberverbände vom Juli 2023 (Weblink).

eine inklusive Betroffenheit von algorithmischen Systemen zu vermeiden[26]. Kritische Anmerkungen ergeben sich im Kontext von Compliance- und Verfahrenskosten, die im Zusammenhang mit der Erfüllung und dem Erfüllungsnachweis entstehen. Die Unternehmen wünschen sich klare und praxistaugliche Auslegungsrichtlinien sowie eine Abwägung der regulatorischen Kosten auf der einen Seite und der durch den AI Act adressierten Risiken in Kombination mit den durch die Regulierung entstehenden positiven Wirkungen für Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt auf der anderen Seite. Der im Zusammenhang mit dem AI Act entstehende Erfüllungs- und Compliance-Aufwand ist zudem im Wechselspiel mit anderen Rechtsmaterien zu bewerten. Dabei ist etwa die Ökodesign-Verordnung für nachhaltige Produkte der EU und der darin vorgesehenen Lebenszyklus-Bewertung für energieintensive Sektoren als Beispiel zu erwähnen[27].

Die durch die EU-weite Regulierung geschaffene Standardisierung wird auch von VertreterInnen des Innovationssystems befürwortet.[28] Die Schaffung eines europaweiten KI-Ökosystems wird positiv kommentiert, ebenso die Einrichtung von Reallaboren. Zugleich befürchten VertreterInnen des Innovationssystems, dass von der Standardisierung und der daraus resultierenden Rechts- und Verfahrenssicherheit insbesondere große Technologieanbieter aus dem US-amerikanischen Raum profitieren könnten. Die kleineren europäischen Anbieter könnten angesichts der regulatorischen Verpflichtungen und der daraus entstehenden Erfüllungs- und Verfahrenskosten mit zusätzlichen Schwierigkeiten und Wettbewerbsnachteilen konfrontiert sein, während große Technologiefirmen über Mengen und Skalen, finanzielle Ressourcen, Wissensvorsprünge und Marketingvorteile verfügen. Eine besondere Rolle kommt dabei aus europäischer Sicht dem Open-Source-Bereich zu. Open-Source-Entwicklungen können eine Quelle von Innovation sein.[29] Die Unternehmen zeigen mittlerweile mehrheitlich Offenheit und Akzeptanz gegenüber Open-Source-Angeboten[30]. Open-Source-Anbieter[31] bewerten den Regelungsrahmen – insbesondere im Kontext von KI-Modellen mit allgemeinem Verwendungszweck (GPAI-Modellen) – als restriktiv.

---

[26] Siehe hierzu die Stellungnahme von CECIMO aus dem Jahr 2022 (European Association of the Machine Tool Industries and Related Manufacturing Technologies unter dem Weblink).

[27] Siehe hierzu die Stellungnahme von Bitkom (2022) „EU Ecodesign for Sustainable Products Regulation Proposal" unter dem Weblink.

[28] Entsprechende Positionen finden sich etwa in der Stellungnahmen der European Digital SME Alliance (Weblink).

[29] Siehe hierzu etwa die Beiträge zu Open Source des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik (Weblink). Der Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0 (2022) in Deutschland betrachtet Open Source als Produzent von Softwarelösungen im Produktionszusammenhang von Industrie 4.0 (Weblink). Die Ergebnisse der Unternehmensbefragung von Bitkom (2023) im Open-Source-Monitor 2023 zeigen, dass Unternehmen zunehmend Open-Source-Software vertrauen (Weblink).

[30] Im Rahmen des Open Source Monitor von Bitkom (2023) wurden über 1.000 Unternehmen mit mehr als 20 MitarbeiterInnen zum Thema Open-Source-Software befragt. Auf die Frage, wie Unternehmen generell zu Open-Source-Software stehen, zeigt sich mehr als die Hälfte der befragten Unternehmen aufgeschlossen. Die Aufgeschlossenheit nimmt mit der Unternehmensgröße zu. Die höchsten Zustimmungswerte für Open Source kommen aus Unternehmen mit mehr als 200 MitarbeiterInnen.

[31] Stellungnahmen und Positionen aus dem Open-Source-Bereich finden sich etwa im Beitrag von Castro (2024) im Beitrag des Center for Data Innovation vom März 2024 (Weblink).

ArbeitnehmervertreterInnen[32] betrachten die Regulierung insbesondere im Zusammenhang mit der Verwendung von KI am Arbeitsplatz. Sie sehen in einer unregulierten Nutzung Gefahren der Überwachung und Kontrolle von MitarbeiterInnen sowie von daraus resultierenden Einschränkungen von Grund- und Arbeitnehmerrechten. Sie stehen der Regulierung von KI grundsätzlich positiv gegenüber. Es wird jedoch angemerkt, dass die durch den AI Act geschaffene Regulierung nicht weit genug gehe. Etwa sollten auf EU-Ebene europäische Mindeststandards für das Design und für den Einsatz von KI im Kontext von Arbeit und Beschäftigung verankert werden. Bei Ausnahmeregelungen für Hochrisiko-Systeme orten ArbeitnehmervertreterInnen Rechtsschutzlücken. Systeme, die nicht verboten sind oder als hochriskant eingestuft werden, seien demnach nur schwach reguliert. Hier befürchten ArbeitnehmervertreterInnen, dass vorhandene Spielräume zu einer Ausbreitung von kontrollierenden, überwachenden und bewertenden KI-Systemen insbesondere bei Anwendungen für algorithmisches Management führen könnten.

Datenschutzorganisationen[33] fordern, dass KI-Systeme und ihre Verwendung transparent, nachvollziehbar und rechenschaftspflichtig sein müssen. Sie bewerten den AI Act als nützliches und taugliches Instrument. Auch von Seiten der Datenschutzorganisationen werden jedoch Rechtslücken und regulatorische Graubereiche genannt. Insbesondere werden Engpässe einer effektiven und durchgängigen Durchsetzbarkeit von Rechten identifiziert. Die Regulierung hochriskanter Systeme könnte auf politischer Ebene mit Verweis auf öffentliche und nationale Sicherheit, Gefahrenabwehr, Terrorismusbekämpfung etc. ausgehebelt werden. Kritisch kommentieren Datenschutzorganisationen die Ausnahmen von Dokumentations- und Transparenzpflichten für Hochrisiko-Anwendungen im Zusammenhang mit Strafverfolgung, öffentlicher Sicherheit sowie Migrations- und Asylverwaltung.

Umweltschutzorganisationen[34] merken positiv an, dass mit dem AI Act erstmals eine institutionelle Grundlage geschaffen wird, um Umweltrisiken, insbesondere den Energieverbrauch, von KI nachvollziehbar und transparent zu machen. Im AI Act findet sich Umweltschutz thematisch wieder, etwa wird Umweltschutz, gemeinsam mit Rechtsstaatlichkeit und Demokratie, den zu schützenden Grundrechten zugeordnet. Auch wurden zum Teil Anforderungen zur Dokumentation des Energieverbrauchs festgeschrieben. Kritisch wird jedoch angemerkt, dass keine Verfahren und Standards zur effektiven Verringerung des Energieverbrauchs festgeschrieben wurden. Es wird kritisch bemerkt,

[32] Hinweise finden sich etwa beim Europäischen Gewerkschaftsbund EGB/ETUC in der Stellungnahme vom Dezember 2022 (Weblink) oder in der Stellungnahme der österreichischen Arbeitskammer vom Mai 2024 (Weblink).

[33] Positionen finden sich bei AlgorithmWatch (Weblink), in einer gemeinsamen Stellungnahme von 115 zivilgesellschaftlichen Organisationen, darunter Amnesty International, AlgorithmWatch, Access Now oder Alogriths (Weblink), oder in einer Stellungnahme von Access Now (Weblink).

[34] Positionen finden sich etwa im Beitrag von Kojola vom November 2023 auf der Website von Greenpeace (Weblink), im Beitrag von Greenpeace (Weblink)

dass ökologische Aspekte und regulatorische Vorgaben in der ursprünglichen Version des AI Act stärker verankert waren und im Gesetzgebungsprozess verlorengegangen sind[35].

[35] Eine entsprechende Argumentation findet sich etwa bei Laranjeira de Pereira (2024) im Beitrag für die Heinrich Böll Stiftung (Weblink).

4. AUSWIRKUNGEN DER BETRIEBLICHEN NUTZUNG VON KI

Betriebliche Anwendungen von Künstlicher Intelligenz sind weitverbreitet, wie die Diskussion einiger Fokusbranchen in Abschnitt 2 gezeigt hat. Kürzlich hat die Europäische Union mit dem AI Act einen Regelungsrahmen für KI-Anwendungen festgeschrieben, der deren Adoption und Innovation auf verschiedene Weisen betreffen wird (siehe Abschnitt 3). Nun bleibt aber die Frage, welche ökonomischen Auswirkungen die betriebliche Nutzung von KI hat. In diesem Abschnitt wird die wissenschaftliche Literatur zu diesem Thema aufgearbeitet. In Abschnitt 4.1 werden die veränderten Tätigkeits- und Beschäftigungsstrukturen beleuchtet, bevor Abschnitt 4.2 die makroökonomischen Wirkungen und Kanäle diskutiert. Abschnitt 4.3 beschreibt die ökologischen Effekte von KI. Zudem wird in Abschnitt 4.4 eine erste empirische Abschätzung zu in Österreich von KI betroffenen Beschäftigungsgruppen und Branchen vorgenommen.

4.1 Tätigkeits- und Beschäftigungsstrukturen

Die Implementierung von Künstlicher Intelligenz (KI) in verschiedene Bereiche der Arbeitswelt bewirkt eine tiefgreifende Veränderung der Tätigkeiten und Berufsbilder. Tätigkeiten und Berufsbilder sind dabei eng mit technologischem Wandel verbunden und entwickeln sich stets weiter. So ist der Großteil der heutigen Beschäftigung in Berufen und Tätigkeitsbildern verortet, die erst in den letzten 80 Jahren entstanden sind (Autor et al., 2022).

Betriebliche Anwendungen von künstlicher Intelligenz werden **tiefgreifende Veränderungen in den Tätigkeits- und Beschäftigungsstrukturen** zur Folge haben. Während physische und sogar kognitive Tätigkeiten durch KI automatisiert werden können, liegen die größten Potenziale von KI-Systemen, insbesondere generativen KI-Modellen am aktuellen Rand, in der **Augmentation menschlicher Arbeitskraft**.

Erste Studien zeigen, dass der Einsatz von generativen KI-Modellen auf Mikro-Ebene **massive Produktivitätsgewinne von bis zu 40 Prozent** bedeuten kann. Insbesondere weniger erfahrene Mitarbeiter profitieren vom Einsatz der Technologie. **Der Wert von Berufserfahrung sinkt** somit.

Frühere Technologisierungswellen im Allgemeinen und Digitalisierungswellen im Speziellen zielten insbesondere auf die Automatisierung von physischen Aufgaben, d. h. von Robotern durchführbare manuelle und handwerkliche Handlungen, ab. Dieser Trend begann bereits mit der Industriellen Revolution und setzte sich mit der Elektrifizierung sowie den ersten Fortschritten in der Digitalisierung fort. KI wird zwar auch zu einer weiteren Automatisierung von physischen Tätigkeiten führen, die signifikante Stärke von KI-Systemen am aktuellen Rand liegt aber in der Automatisierung und Augmentation von kognitiven Tätigkeiten (Ernst et al. 2019), die von früheren Technologien vergleichsweise unberührt blieben.

4.1.1 Effekte von Automatisierung

Die Automatisierung von physischen oder kognitiven Tätigkeiten, die von Menschen ausgeführt wurden, bedeutet aber nicht direkt, dass die Nachfrage nach menschlicher Arbeit sinkt. In der Literatur wird hier zwischen verschiedenen Kanälen unterschieden (vgl. Acemoglu & Restrepo 2019b), die teils gegensätzlich auf die Arbeitsnachfrage wirken:

- *Verdrängungseffekt*: KI kann menschliche Arbeitskraft in bestimmten Aufgabenbereichen ersetzen. Dies trifft insbesondere auf routinemäßige Aufgaben zu und führt zu einer geringeren Nachfrage nach menschlicher Arbeitskraft.
- *Wiedereinsetzungseffekt*: Durch die Technologisierung und den Einsatz von KI können neue Berufsbilder und Tätigkeiten geschaffen werden, in denen der Faktor Arbeit einen komparativen Vorteil hat. Dies erhöht die Nachfrage nach menschlicher Arbeitskraft. Zudem kann dies auch die Arbeitsmarkteffizienz und das Matching am Arbeitsmarkt, sprich die Passfähigkeit zwischen Arbeitsplätzen und Beschäftigten, verbessern (Köppl-Turyna et al. 2024).
- *Produktivitätseffekt*: Technologisierung und KI kann durch Automatisierung eine effizientere Faktorallokation und damit eine höhere Produktivität erzielen. Diese Produktivitätszuwächse wirken positiv auf das Wirtschaftswachstum und erhöhen damit auch die Arbeitsnachfrage.
- *Kompositionseffekt*: Der Einsatz von KI kann zu Verschiebungen in der sektoralen Zusammensetzung einer Ökonomie führen. Hier ist der Effekt auf die Arbeitsnachfrage unklar, da dies von den konkreten Verschiebungen abhängt. Wird der Anteil von arbeitsintensiven Industrien durch den Einsatz von KI größer, so wirkt KI positiv auf die Nachfrage nach menschlicher Arbeitskraft – und umgekehrt.

Acemoglu & Restrepo (2019b) fanden, dass insbesondere in den letzten 40 Jahren der Verdrängungseffekt stärker ausgeprägt war als der Wiedereinsetzungseffekt. Insgesamt hat dies zu einer Reduktion der Arbeitsnachfrage geführt, die vor allem in den letzten zwei Jahrzehnten im

produzierenden Sektor stark ausgeprägt war. Auch Autor et al. (2022) fanden, dass sich die negativen Effekte der Automatisierung in den letzten zwei Jahrzehnten verstärkt haben.

In einer weiteren Studie betrachteten Acemoglu & Restrepo (2020) die Rolle von Industrierobotern in der Erklärung der Arbeitsnachfrageveränderung. Sie finden, dass der vermehrte Einsatz von Industrierobotern in den USA zu einem Rückgang der Beschäftigung geführt hat. Auch Bordot (2022) zeigte in einer Untersuchung von 33 OECD-Ländern, dass Industrieroboter und Patente im KI-Bereich einen negativen Effekt auf das Arbeitsvolumen hatten. Im Gegensatz dazu argumentierten Graetz & Michaels (2018) auf Basis einer Untersuchung der Verbreitung von Industrierobotern in 17 Ländern, dass die Automatisierung positiv auf die insgesamte Faktorproduktivität und auch positiv auf die Arbeitsproduktivität gewirkt hat. Sie fanden insgesamt keine negativen Beschäftigungseffekte, wenngleich der Anteil an niedrig qualifizierten Arbeitskräften gesunken ist.

Der Effekt der Automatisierung auf die Arbeitsnachfrage ist somit laut der einschlägigen Literatur nicht ganz eindeutig, wenngleich die Mehrzahl der Studien einen negativen Effekt auf die Arbeitsnachfrage findet. Darüber hinaus betrachtet die bestehende Literatur vor allem die Automatisierungseffekte durch Robotisierung. Die Automatisierungseffekte durch Large Language Models, die seit Ende 2022 eine hohe Dynamik aufweisen, sind in der Literatur hingegen noch nicht untersucht worden. Gleichzeitig wird in experimentellen Settings deutlich, dass Large Language Models durchaus augmentierend auf menschliche Arbeitskraft wirken können.

4.1.2 KI als augmentierende Technologie

Eine Stärke von KI, die insbesondere am aktuellen Rand durch Large Language Models deutlich wird, liegt darin, menschliche Arbeitskraft zu augmentieren und zu komplementieren. KI ist nicht nur eine destruktive Kraft, die Arbeitsplätze bedroht, sondern auch eine kreative Kraft, die neue Berufsfelder und Tätigkeiten schafft (Su et al., 2021). Dies hängt aber stark von der Komplementarität zwischen den Fähigkeiten von Mensch und Maschine ab. Beispielsweise zeigten Georgieff & Hyee (2022), dass der Zusammenhang zwischen KI-Technologisierung und Beschäftigung insbesondere vom Nutzungsgrad von Computern im Beruf abhängt. Je häufiger Computer im Beruf verwendet werden, desto positiver ist die Korrelation zwischen KI-Technologisierung und Beschäftigung. Dies deutet darauf hin, dass KI positive Effekte auf Beschäftigung haben kann, sofern sie augmentierend wirkt.

Eine der mentalen Fähigkeiten, in der KI besonders kompetent ist, ist das Treffen von Vorhersagen (Agrawal et al. 2019d). KI ist effektiv darin, Muster in großen Datenmengen zu erkennen und Vorhersagen zu treffen, die früher menschliches Urteilsvermögen erfordert hätten. Diese Fähigkeit führt dazu, dass viele Aufgaben, die zuvor als komplex und unersetzlich galten, nun effizienter und genauer durch

Maschinen erledigt werden können. Beim Treffen von Entscheidungen hingegen ist die Automatisierung weniger eindeutig, da diese oft menschliches Urteilsvermögen und Kontextverständnis erfordern, das Maschinen noch nicht vollständig replizieren können. In vielen Fällen ergänzt KI daher menschliche Arbeit, indem sie Vorhersagen liefert, die dann von Menschen in Entscheidungen umgesetzt werden.

Wie KI als Vorhersagetool damit auf die menschliche Arbeitsnachfrage wirkt, hängt insbesondere davon ab, inwieweit das Treffen von Vorhersagen die entscheidende Tätigkeit in diesem Beruf ist. Agrawal et al. (2019d) erwähnten das Beispiel Human Resources. Die Vorhersage der Eignung eines Bewerbers für einen bestimmten Beruf ist eine Tätigkeit, die KI ähnlich akkurat wie ein Mensch durchführen kann.[36] Dies ersetzt dennoch nicht die Tätigkeit des Treffens von Entscheidungen. Hier liegt die Verantwortung weiter bei der menschlichen Arbeitskraft. KI kann die Entscheidung aber durch akkurate Empfehlungen und Vorhersagen unterstützen.

Dies hat auch Autor (2024) in seiner Abschätzung zu KI als transformativer Technologie betont. Durch die Fähigkeit von KI, menschliche Arbeitskraft beim Treffen von Entscheidungen mit Vorhersagen und Information zu unterstützen, kann sie einer größeren Menge an Beschäftigten Zugang zu Berufen mit der Verantwortung, Entscheidungen zu treffen, ermöglichen. Die Unterstützung der Entscheidungsfindung durch das Treffen von Vorhersagen war bis dato eine Fähigkeit, die mit Berufserfahrung ausgebaut wurde. Nachdem KI hier augmentierend wirken kann, sinkt der Wert von Berufserfahrung durch den Einsatz von KI. Dies ist bereits in experimentellen Studien zu sehen. So zeigten Dell'Acqua et al. (2024), dass der Einsatz von ChatGPT durch BeraterInnen nicht nur die Produktivität massiv erhöht. Sie fanden dabei positive Produktivitätseffekte von bis zu 40%. Zudem wird auch der Unterschied zwischen erfahrenen und weniger erfahrenen Beschäftigten durch den Einsatz von KI deutlich geringer. Der Wert von Berufserfahrung bezieht sich künftig weniger auf die Unterstützung der Entscheidungsfindung, sondern das verantwortungsbewusste Treffen von Entscheidungen.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Brynjolfsson, Li & Raymond (2023). In einem experimentellen Setting statteten sie MitarbeiterInnen im KundInnen-Service mit generativen KI-Modellen als Unterstützungstool aus. Sie fanden, dass der Einsatz von generativen KI-Systemen zu einer Produktivitätssteigerung von durchschnittlich 14% führt. Dabei profitieren aber insbesondere jene MitarbeiterInnen mit geringerer Erfahrung oder Qualifikation. Während die Produktivität von weniger erfahrenen Mitarbeitern um 34% steigt, bleibt jene der am höchsten qualifizierten beinahe unverändert.

Gleichzeitig betonten Dell'Acqua et al. (2024) und Brynjolfsson, Li & Raymond (2023), dass der Einsatz von KI nicht ausschließlich positiv ist. Zum einen wirkt KI als „Booster" der Produktivität. BeraterInnen,

[36] Es sei darauf hingewiesen, dass Anwendungen von KI-Systemen zum Screening und zur Empfehlung von BewerberInnen aller Voraussicht nach dem Regularium des AI Act als Hochrisikoanwendung nach Anhang III Z 4 unterliegen werden.

die KI in Form von Large Language Models verwendeten, führten Aufgaben 25% schneller und mit 40% höherer Qualität durch (Dell'Acqua et al., 2024). In manchen Bereichen ist KI aber weniger kompetent als eine menschliche Arbeitskraft. Wenn dies der Fall ist, so zeigen die Ergebnisse, sinkt die Genauigkeit der erfüllten Aufgaben bei jenen TeilnehmerInnen, die KI benutzt haben. Dell'Acqua et al. (2024) bezeichnen dies als eine „jagged technological frontier", die KI schafft. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, die Grenzen der Fähigkeiten von KI als Nutzer zu verstehen. Dies betrifft beispielsweise die Bereiche der emotionalen Intelligenz und Empathie, der ethischen Urteilsfindung oder des kreativen Denkens. Ähnliche Ergebnisse fanden auch Brynjolfsson, Li & Raymond (2023). Die am höchsten qualifizierten MitarbeiterInnen in ihrer experimentellen Studie führten mit Unterstützung von generativen KI-Modellen Kundenunterhaltungen mit leicht niedrigerer Qualität als ohne KI-Unterstützung.

4.1.3 Von KI betroffene Berufe

Eine Besonderheit von KI-Systemen, insbesondere generativen KI-Systemen, ist, dass im Unterschied zu früheren Technologisierungs- und Digitalisierungswellen vor allem Beschäftigte in kognitiven Berufen, und damit tendenziell höher qualifizierte Personen, eine deutliche Transformation ihrer Tätigkeitsprofile und Berufe erfahren werden. Während Automatisierungen bis dato vor allem geringer qualifizierte Beschäftigte mit manuellen Routinetätigkeiten betroffen haben, sind generative KI-Modelle in der Lage, auch mentale und teils kreative Tätigkeiten zu automatisieren und damit mittel- bis hochqualifizierte Berufsprofile zu transformieren.

Eine Studie von Eloundou et al. (2023) hat die potenziellen Auswirkungen von LLMs auf den US-amerikanischen Arbeitsmarkt betrachtet. Der Bericht zeigt, dass etwa 80% der US-Bevölkerung mindestens 10% ihrer Arbeitsaufgaben durch den Einsatz von LLMs beeinflusst sehen könnten, während etwa 19% der Beschäftigten möglicherweise mehr als die Hälfte ihrer Aufgaben betroffen sind. Diese Auswirkungen betreffen Berufe über alle Einkommensstufen hinweg, wobei höher qualifizierte Tätigkeiten besonders anfällig sind. Eloundou et al. (2023) fanden in einer empirischen Studie mit US-amerikanischen Daten außerdem erhebliche Produktivitätseffekte auf mikroökonomischer Ebene. So könnten etwa 15% der Arbeitsaufgaben in den USA durch den Einsatz von LLMs schneller und in gleichbleibender Qualität erledigt werden, während dieser Anteil durch die Einbeziehung von Software und Werkzeugen, die auf LLMs basieren, auf 47% bis 56% steigen könnte. Die Studie deutet darauf hin, dass LLMs Merkmale von Allzwecktechnologien aufweisen, was weitreichende wirtschaftliche und soziale Konsequenzen haben könnte.

Ähnliche Ergebnisse fanden Teutloff et al. (2024) in ihrer Studie der Effekte von LLMs auf den dänischen Arbeitsmarkt. Die Studie zeigt, dass insbesondere Berufe, die kognitive Routinetätigkeiten enthalten, das größte Potenzial haben, durch LLMs verändert zu werden. Dazu zählen insbesondere juristische Berufe und Hochschullehrer, die hohe LLM-Scores aufweisen, während Berufe wie Maler und Bauarbeiter, die stark von physischen Aufgaben abhängen, geringe LLM-Scores haben. Damit einhergeht auch, dass höher qualifizierte Berufe stärker von LLMs betroffen sind und dass die KI-Betroffenheit positiv mit dem Jahreseinkommen zusammenhängt.

4.1.4 Von KI betroffene Tätigkeiten

Felten et al. (2021, 2023) beschrieben eine umfassende Methodologie zur Messung der Exponiertheit von Tätigkeiten (und darauf aufbauend Berufen und Branchen) gegenüber Fortschritten in der künstlichen Intelligenz (KI) und speziell bei Large Language Models. Zunächst identifizierten sie zehn weitverbreitete KI-Anwendungen, darunter Bild- und Spracherkennung, Sprachübersetzung und Sprachmodellierung. Diese Anwendungen wurden anhand von Kategorien definiert, die von der Electronic Frontier Foundation (EFF) entwickelt wurden. Um die Exponiertheit gegenüber KI auf beruflicher Ebene zu messen, verknüpften die Autoren diese Anwendungen mit spezifischen Arbeitsfähigkeiten aus der O*NET-Datenbank, die umfassende Informationen über Fähigkeiten und Aufgaben in verschiedenen Berufen in den USA enthält. Die Verknüpfung erfolgte durch eine Crowdsourcing-Umfrage, bei der die Relevanz der Anwendungen für bestimmte Fähigkeiten bewertet wurde.

Abbildung 6 zeigt die jeweils 15 am stärksten und am wenigsten durch KI betroffenen Fähigkeiten (gemäß US-amerikanischer O*NET Klassifikation[37]). Dabei wird deutlich, dass Fähigkeiten wie das Ordnen von Informationen (Information Ordering), Erinnern (Memorization), oder schnelle und flexible Mustererkennung (Speed and Flexibility of Closure) am stärksten durch KI betroffen sind. Manuelle Fingerfertigkeit, physische Stärke oder Koordinationsfähigkeit sind hingegen am geringsten von KI betroffen.

Hier ist aber zu betonen, dass die Analyse von Felten et al. (2021, 2023) nicht zwischen Automatisierung und Augmentation unterschied. Vielmehr beschreiben die Daten von Felten et al. (2021, 2023), wie stark bestimmte Fähigkeiten, und darauf aufbauende Berufsbilder, durch den Einsatz von KI transformiert werden.

[37] Erklärung der einzelnen Fähigkeiten gemäß O*NET Klassifikation hier abrufbar: Weblink.

In Abschnitt 4.4 ziehen wir die Daten von Felten et al. (2021, 2023) heran, um die Transformation auf dem österreichischen Arbeitsmarkt zu beleuchten.

*Abbildung 6: Fähigkeiten nach KI-Betroffenheit, O*NET Klassifikation*

O*NET Fähigkeiten mit höchster KI-Betroffenheit	KI-Betroffenheit	O*NET Fähigkeiten mit geringster KI-Betroffenheit	KI-Betroffenheit
Information Ordering	100	Finger Dexterity	22
Memorization	94	Wrist-Finger Speed	18
Speed of Closure	85	Manual Dexterity	18
Flexibility of Closure	85	Arm-Hand Steadiness	16
Category Flexibility	83	Multilimb Coordination	16
Perceptual Speed	82	Speed of Limb Movement	12
Selective Attention	79	Gross Body Coordination	10
Deductive Reasoning	76	Gross Body Equilibrium	8
Speech Recognition	74	Dynamic Flexibility	7
Inductive Reasoning	74	Stamina	6
Oral Comprehension	67	Extent Flexibility	4
Time Sharing	66	Static Strength	4
Auditory Attention	66	Dynamic Strength	4
Speech Clarity	63	Explosive Strength	3
Written Comprehension	63	Trunk Strength	0

KI-Betroffenheit ist zwischen 0 und 100 normiert.

Tabelle: EcoAustria • Quelle: Felten et al. (2021) • Erstellt mit Datawrapper

4.2 Makroökonomische Wirkungen und Kanäle

Die Adoption KI-basierter Modelle und Systeme in den Unternehmen und in wirtschaftlichen Prozessen der Unternehmen und Haushalte ist aktuell im Gang. Unternehmen implementieren solche Anwendungen mit der Intention, zunächst kurzfristige „inkrementelle" Effizienzsteigerungen zu lukrieren. Nicht immer erfolgt dies im Rahmen und Kontext längerfristiger betrieblicher Strategien. Fraglich ist, mit welchen mikro- und makroökonomischen, sozialen, politischen und ökologischen Folgen und Effekten dieser Prozess verbunden sein wird. Es herrscht Unsicherheit, wie sich die Durchdringung der Wirtschaft durch KI-basierte Modelle gegenwärtig und in mittlerer Zukunft sowie in einer bestimmten Volkswirtschaft wie Österreich auswirken wird. Insbesondere stellt sich die Frage, wie sich Effizienzgewinne und Produktivitätssteigerungen, die auf der prozessualen und mikroökomischen Ebene nachweisbar sind (siehe Abschnitt 4.1), auf der makroökonomischen Ebene niederschlagen. Die

Abschätzung ist mit einem erheblichen Maß an Unsicherheit verbunden – Brynjolfsson und Unger etwa lieferten in ihrem Beitrag für den IMF (2023) einen Ausblick zu „Macroeconomics of Artificial Intelligence" unter der Prämisse: „Economists have a poor track record of predicting the future."

Gegenwärtig findet in der Ökonomie ein Prozess der **Adoption von KI** und der **technologischen Durchdringung** statt. Damit sind auch die maßgeblichen Wirkungskanäle **makroökonomischer Wirkungen bereits in Gang** gesetzt.

In der wissenschaftlichen Literatur werden Produktivität, Innovation, Wettbewerb, Arbeitsmarktstrukturen, Marktkonzentration sowie die Regulierung und der politisch-institutionelle Rahmen als **maßgebliche Determinanten makroökonomischer Wirkungen** hervorgehoben. Die positiven makroökonomischen Effekte von KI könnten durch die beobachtbare Marktkonzentration auf der Angebotsseite von Technologiemärkten gehemmt werden.

Die makroökonomischen Wirkungen von KI werden in der wissenschaftlichen Literatur umfassend untersucht. Für diese Wirkungen können vor allem die Kanäle der internen und externen Effizienz und Produktivität, der Innovationsdynamik, Wettbewerbsdynamik, der Arbeitsmarktstrukturen und Faktoreffizienz sowie der Marktstrukturen relevant sein. Eine ausgewogene Regulierung, die Ausgestaltung eines möglichst förderlichen politisch-institutionellen Rahmens und gezielte Bildungs- und Weiterbildungsmaßnahmen oder die Schaffung von Anreizen für privates Investitionskapital zur Hebelung von Innovation sind notwendig, um die positiven Effekte von KI zu maximieren und mögliche negative Folgen zu minimieren.

4.2.1 Interne Effizienz und Produktivität

Der Einsatz von KI und die Adoption von KI-basierten Systemen und Technologien erfolgt zunächst mit dem Ziel der Erhöhung der internen Effizienzsteigerung: Unternehmen erwarten sich vom Einsatz Optimierung. Im Fall einer erfolgreichen Implementierung kann dies zu einer Steigerung der inneren Effizienz von Organisationen und zu einer Reduzierung von Kosten und eingesetzten Ressourcen führen. Es werden Ressourcen für andere und möglicherweise effizientere Verwendungsbereiche frei. Die Unternehmen werden durch die erfolgreiche Einbindung wettbewerbsfähiger. Automatisierung durch KI kann Fehler reduzieren, Informationsasymmetrien, Unsicherheiten und Risiken verringern, die Qualität

und Verlässlichkeit von Prozessen und Produktionsschritten können erhöht und Prozesse beschleunigt werden (Brynjolfsson & McAfee 2017, Agrawal et al. 2019a, 2019b, 2019c, Cockburn et al. 2019, Brynjolfsson et al. 2019, Dell'Acqua et al. 2023, Eloundou et al. 2023). Technologien im Allgemeinen und KI im Besonderen erleichtern die Skalierbarkeit: KI ermöglicht es Unternehmen, skalierbare Lösungen zu entwickeln, die schnell und kostengünstig auf größere Produktionsvolumina ausgeweitet werden können. Dabei kann es Unternehmen gelingen, Skalenvorteile zu lukrieren und dadurch die Wettbewerbsdynamik voranzutreiben.

Im Wettbewerbssystem ergeben sich durch Innovationen zunächst auf der mikroökonomischen Ebene Effizienzvorteile (Damioli et al. 2021). In der Literatur wird KI zum Teil als Allzwecktechnologie betrachtet (Agrawal et al. 2019c, Brynjolfsson et al. 2019). Wie auch die Literaturanalyse zu betrieblichen Anwendungsbeispielen sowie auch die Ergebnisse des ExpertInnen-Survey (Abschnitt 5) zeigen, besteht ein wesentlicher Wirkungsaspekt von KI darin, dass sich sowohl sehr breite und auch sehr spezifische Anwendungsfelder in allen Wirtschaftsbereichen und Branchen finden. Beispielsweise sind sprachgesteuerte Chatbots sehr breit in interaktiven Prozessen faktisch aller Wirtschaftsbereiche anwendbar, umgekehrt finden sich in den verschiedenen Branchen wiederum auch sehr spezifische und kontextabhängige Anwendungen, etwa Predictive Maintenance in der Industrie, Netzsteuerung und Congestion Management in der Energieversorgung oder Betrugserkennung in der Finanzwirtschaft. Faktisch ist KI aber als Allzwecktechnologie generell in allen Branchen und Anwendungsbereichen quer durch Prozesse der Wertschöpfungsebenen denkbar und anwendbar.

Wenn Unternehmen, die Anwendungen erfolgreich implementieren, daraus einen kompetitiven Vorteil ziehen, dann löst die entstehende Wettbewerbsdynamik externe Spillovers und Anreizeffekte aus, die sich wieder positiv auf die gesamtwirtschaftliche Produktivität auswirken können. Dabei wird von Seiten wissenschaftlicher Analysen argumentiert, dass sich effizienzbedingte Produktivitätssteigerungen häufig erst verzögert einstellen. Aufgrund von hohen Investitionen, Wissens- und Qualifikationsdefiziten sowie Erfordernissen der organisatorischen und prozessualen Anpassung können gerade solche Technologien, für die sich breite und sowohl horizontale als auch vertikale Anwendungsfelder ergeben, ihre volle Wirksamkeit erst zeitlich verzögert entfalten. Maßgeblich ist dabei, dass disruptive Technologien in breiten Einsatzgebieten ihre Vorteile erst voll entfalten können, wenn sich die erforderlichen organisatorisch-strukturellen Lernprozesse in einer Reorganisation von Prozessen und Strukturen niedergeschlagen haben. Wissenschaftliche Autoren (Brynjolfsson, Rock & Syverson 2019) sprechen von Zeitverzögerungen der Restrukturierung („Restructuring Lags"), die sich gerade im Kontext von vielfältig einsetzbaren Allzwecktechnologien zeigen. Die Zeitverzögerung ist auf zwei strukturelle Ursachen zurückzuführen: Zum Ersten müssen die Anwendungen und Infrastrukturen zur Nutzung einer

Technologie erst weitreichend genug aufgebaut werden, um auf der makroökonomischen Ebene Wirkung zu entfalten. Zum Zweiten bedarf es komplementärer Investitionen (Humankapital und Wissen, technische Infrastruktur, Data Centers und Dateninfrastrukturen, komplementäre IT-Technologien und Infrastrukturen etwa für Cloud-Technologien oder Big Data etc.), damit der volle Nutzen entfaltet werden kann.

4.2.2 Innovationsdynamik

Der Einsatz von KI verändert nicht nur Prozesse und Prozessfolgen und macht diese effizienter, besser und stabiler. KI-gestützte Maschinen sind bereits heute in der Lage, Aufgaben zu bewältigen, die vor nicht allzu langer Zeit noch als "menschliche" Aufgaben galten, weil sie menschliche Kognition erforderten. So können KI-basierte Anwendungen komplexe Muster erkennen, Informationen zusammenfassen, das Informationsmanagement unterstützen, Schlussfolgerungen ziehen, Vorhersagen treffen oder Problemlösungsaufgaben erfüllen (Füller et al. 2022). KI kann auf diese Weise die Innovationsdynamik selbst unterstützen und damit die Innovation neuer Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle fördern (Cockburn et al. 2019, Agrawal et al. 2019c, Brynjolfsson et al. 2019, Aghion et al. 2017). Die zitierten AutorInnen betrachten KI auch als Inputfaktor für Innovation, als Methode für Innovation im Sinne einer „Invention of a method of invention" (IMI). Anwendung findet dies beispielsweise bereits in der Biotechnologie bei der Suche nach und Entwicklung von neuen Wirkstoffen und Medikamenten (Holzinger et al. 2023, Economist 2024). Neuere Literatur beschreibt dabei insbesondere die Möglichkeiten, wie die Entwicklungen im Bereich der generativen KI den Prozess der Innovation und das Innovationsmanagement verändern und dadurch den Output von Innovationsprozessen erhöhen können (Deloitte 2023, Davenport & Mittal 2023, Tekic und Füller 2023, Häfner et al. 2021).

4.2.3 Wettbewerb und Wettbewerbsdynamik

Ein wichtiger Hebel für technologiegetriebene Spillover-Effekte und etwaige daraus resultierende makroökonomische Produktivitätseffekte ist eine durch disruptive technologische Innovationen ausgelöste und erhöhte Wettbewerbsdynamik. Firmen, die technologische Innovationen erfolgreich integrieren, erlangen durch erhöhte Effizienz, Kostensenkungen und die Entwicklung innovativer Produkte und Geschäftsmodelle einen Wettbewerbsvorteil (z. B. Aghion et al. 2005). Mitbewerber versuchen, ihrerseits effizienter und kompetitiver zu werden. Auf diese Weise hebt die Wettbewerbsdynamik die Produktivität des Wettbewerbssystems insgesamt: Erfolgreiche Unternehmen erzielen Wettbewerbsvorteile. Mitbewerber versuchen mitzuhalten und führen ihrerseits Anwendungen von künstlicher Intelligenz ein. Nicht erfolgreiche Unternehmen gehen vom Markt. Durch diese externen

Effekte kann die effiziente und innovative Nutzung von Technologien die systemische Produktivität über die einzelbetriebliche Ebene hinaus erhöhen.

Das Rennen um innovative Einbettung von Technologien und um innovative Geschäftsmodelle im Allgemeinen kann schon vor der beschleunigten Phase der KI-Adoption an der Systematik von „Red Queen Competition" illustriert werden (Derfus et al. 2008; Barnett & Hansen 1996; Porter 2010). Dies ist gegeben, wenn Anbieter in disruptiven Wettbewerbssystemen trotz laufender Innovation ihre Wettbewerbsposition nicht verbessern, sondern lediglich behaupten können, weil Mitbewerber ihrerseits adaptiv ihre Innovationsdynamik erhöhen. Technologiegetriebene Innovation im Allgemeinen sowie die erfolgreiche Implementierung von KI kann im Kontext von Produkt- und Prozessinnovation bestehende Marktstrukturen „stören". Innovationen ermöglichen neue und effizientere Geschäftsmodelle. Dadurch werden traditionelle Wettbewerber herausgefordert (Schumpeter 1942; Pridat 2017) durch.

Bei asymmetrischer Verteilung von Marktmacht und monopolartigen Ausgangssituationen könnte Marktmacht durch die Disruption investitionsintensiver Technologien auch „bestätigt" werden. Die Angebotsseite der Technologiemärkte ist von einer erheblichen globalen Marktkonzentration geprägt. Die Einbettung von KI in Prozesse der nachfragenden Unternehmen erfordert erhebliche Investitionen in Technologie und Know-how. Empirische Analysen zeigen, dass die Adoption von KI gerade in kleineren Unternehmen häufig langsamer erfolgt. Marktkonzentration kann den positiven Effekten von Innovation entgegenwirken. So zeigen wissenschaftliche Ergebnisse (Brynjolfsson & McElheran 2016), dass der Prozess der Adoption und Diffusion ungleichmäßig erfolgt und wesentlich von Rahmenfaktoren und Determinanten wie der Unternehmensgröße, Komplementaritäten zwischen bestehender IT-Nutzung und den im Unternehmen verfügbaren Fähigkeiten sowie der Lern- und Anpassungsfähigkeit in Unternehmen abhängen kann. Kleinere und weniger technologieaffine Unternehmen benötigen bei der Adoption von Technologien Unterstützung, die sowohl finanzielle Risiken als auch Wissensdefizite anspricht.

Ein Risiko für den Wirtschaftsstandort besteht darin, wenn sich durch die Nutzung von KI das Wettbewerbssystem verändert. Forschungsergebnisse weisen darauf hin, dass die Komplementarität zwischen Humankapital und KI-unterstützten Fertigungsprozessen dazu beitragen kann, Defizite bei Humankapital und Erfahrung der MitarbeiterInnen teilweise zu kompensieren (Brynjolfsson et al. 2023 und dell'Acqua 2024). Das könnte umgekehrt bedeuten, dass in international kompetitiven Produktionssegmenten die Verfügbarkeit gut ausgebildeter und erfahrener MitarbeiterInnen allein nicht ausreichen wird, um qualitativ hochwertige Güter in einer preislich wettbewerbsfähigen Weise produzieren zu können. Im Wettbewerb mit niedrigpreisigen Produktionsstandorten können heimische Produzenten Kostennachteile durch Qualitäts- und Technologievorsprünge kompensieren. Durch die

effiziente Nutzung von KI-Technologien könnte es niedrigpreisigen Produktionssystemen aber gelingen, solche Wissens- und Qualitätsnachteile zu kompensieren. Auf diese Weise könnten sich für europäische Produktionsstandorte große Herausforderungen für die Wettbewerbsfähigkeit ergeben.

4.2.4 Arbeitsmarktstrukturen und Faktoreffizienz

Mit der technologischen Durchdringung verändert sich die Struktur von Tätigkeiten und Berufen (siehe Abschnitt 4.1). Dabei können über den Wirkungskanal der Beschäftigung und der Beschäftigungsstruktur makroökonomische Effekte ausgelöst werden.

Wenn im Aggregat der Gesamtbeschäftigung weniger produktive Tätigkeiten wegfallen, die durch Technologie effizienter erfüllt werden können, dadurch Arbeitskräftepotenzial und Humankapital frei wird, dass für zumindest gleich produktive Tätigkeiten eingesetzt werden kann und ein bestehendes Set an beruflichen Tätigkeiten schon durch die technologische Augmentation „produktiver" wird, so steigt mittelfristig in Summe die Arbeitsproduktivität. In Kombination mit einer ökonomieweit verbesserten Faktorallokation zieht dies ceteris paribus positive makroökonomische Wirkungen nach sich.

Der Wirkungskanal der Beschäftigungs- und Faktorstruktur steht im Vordergrund der Arbeit von Briggs et al. (2023). Sie schätzen makroökonomische Produktivitätseffekte, die von der Nutzung generativer KI ausgehen. Im Vordergrund steht hier die Prozessautomatisierung sowie daraus resultierende Verringerung von Arbeitskosten und die verbesserte Faktorallokation, die sich insgesamt in einem erhöhten Produktivitätswachstum niederschlagen wird. Die Kombination aus Einsparungen bei den Arbeitskosten, der Schaffung neuer Arbeitsplätze und einer höheren Produktivität bei den nicht vertriebenen Arbeitnehmern eröffnet die Möglichkeit für Produktivitätssteigerungen in Form eines „productivity boom", der das Wirtschaftswachstum erheblich steigert. Maßgeblich für das Wirkungsmodell der Autoren ist die Arbeitsproduktivität. Bezogen auf die Bedingungen der USA schätzen Briggs et al. (2023), dass die breite Einführung und Nutzung von generativer KI das jährliche Wachstum der Arbeitsproduktivität in den USA über einen Zeitraum von 10 Jahren um knapp 1,5 Prozentpunkte steigern könnten. Die Nutzung von generativer KI wird ihrer Analyse nach zwei Drittel der Arbeitsplätze betreffen und etwa ein Viertel der Arbeitsplätze ersetzen können. Weltweit wären demnach 300 Millionen Vollzeitarbeitsplätze betroffen. Die Steigerung der Arbeitsproduktivität könnte sich weltweit positiv auf das Wachstum auswirken. Die Autoren schätzen, dass die Verbreitung von generativer KI das weltweite BIP letztlich um 7% pro Jahr steigern könnte.[38]

[38] Es sei erwähnt, dass Briggs et al. (2023) keine Diskussion der ökologischen Auswirkungen anführten.

Ebenfalls unter Anwendung eines tätigkeitsbezogenen „skill-based" Modells hat Acemoglu (2024) makroökonomische Effekte von KI zu schätzen versucht – nicht nur generativer KI wie Briggs et al. (2023), sondern sämtlicher KI-Anwendungen. Ausgangspunkt sind Kostensenkungspotenziale und die Aussicht auf Steigerungen von Effizienz und Produktivität auf der Ebene konkreter Prozesse und Tätigkeiten. Dabei erfolgt die Abschätzung quantitativer Effekte auf der Annahme, dass makroökonomische Effekte letztlich eine Folge von Kostensenkung und Effizienzsteigerung für einzelne Tätigkeiten sind. Damit sinken die durchschnittlichen Kosten für Tätigkeiten und Prozesse und es steigt die gesamtwirtschaftliche Effizienz nach Maßgabe der Total Factor Productivity (TFP). Acemoglu hat positive makroökonomische Produktivitätseffekte identifiziert und ist dabei zu deutlich pessimistischeren Ergebnissen als etwa Briggs et al. (2023) gekommen. Auf Grundlage bestehender Schätzungen zur KI-Betroffenheit von Tätigkeiten und Annahmen zu Kostensenkungspotenzialen auf Ebene der Tätigkeiten sei der Effekt von KI auf TFP mit 0,55% bis 0,71% über einen Zeitraum von 10 Jahren eindeutig positiv. Dabei hängt das Ausmaß der Effekte auch von Lernerfordernissen und vom erforderlichen Aufbau von Know-how im Umgang mit KI ab. Da es sich um eine junge Technologie handelt, sind die bisher beobachtbaren Kostensenkungspotenziale von leichter erlernbaren Anwendungen abhängig. Je höher der Aufwand zum Erlernen der adäquaten und effizienten Nutzung von KI ist, desto niedriger sind die Kostensenkungspotenziale und, hiervon abgeleitet, die positiven Effekte von TFP.

4.2.5 Marktstrukturen und Marktkonzentration

Die Markt- und Unternehmensstruktur ist eine maßgebliche Determinante makroökonomischer Effekte. Auf der Angebotsseite des Technologiemarktes agieren die Technologieanbieter, Entwickler und Innovatoren, aber auch Intermediäre. Letztere implementieren und integrieren KI-Modelle in ihre Produkte. Auf der Nachfrageseite stehen die nutzenden Unternehmen, Organisationen und Haushalte. Vereinfacht ausgedrückt: Auf der Angebotsseite entsteht die mit der Entwicklung, Bereitstellung und Kommerzialisierung von Software sowie erforderlichen Gütern und Dienstleistungen (Input) entstehende Wirtschaftsleistung. Auf der Nutzerseite entstehen indirekte Effekte, etwa interne und externe Effizienzgewinne, sowie Wohlfahrtseffekte.

Faktisch weist die Angebotsseite auf Technologiemärkten im Bereich digitaler Produkte eine hohe Wachstumsdynamik, zugleich aber auch hohe Marktkonzentration auf. Das zeigt sich sehr deutlich in den von Stojkoski et al. (2024) geschätzten Daten zum weltweiten Außenhandel in digitalen Produkten. Balland (2022) attestiert der Angebotsseite von Technologiemärkten eine hohe geografische Konzentration („spatial concentration"), zugleich spielt Geografie und Örtlichkeit auf der Nutzerseite eine immer geringere Rolle. Während der Konsum und die Nutzung von Grenztechnologien wie KI „global" erfolgt, erfolgt die Entwicklung und Innovation „lokal" und konzentriert auf städtische

Innovationszentren. So entfällt etwa ein Großteil der Patente (Balland 2022, Goldfarb & Trefler 2019), der Wertschöpfung oder der Exporte auf Unternehmen mit ihrem Hauptunternehmenssitz in den USA und dabei auf eine kleinere Zahl von sehr großen und marktmächtigen Technologiekonzernen. Dabei besteht die Aussicht, dass die hohe Innovations- und Wachstumsdynamik die bestehenden Marktstrukturen und Marktmachtstrukturen bestätigt, eventuell verstärkt. Teile der positiven makroökonomischen Wirkungskanäle könnten von der Marktmachtposition von Marktführern, ihrer Quasi-Monopole bzw. Monopolerlöse blockiert werden.

Die führenden Technologieunternehmen verfügen über Investitionskapital sowie über Wissensvorsprünge und über die am weitesten fortgeschrittenen und markttauglichsten KI-Technologien. Dabei stellt auch die asymmetrische Verteilung und zumindest teilmonopolisierte Verfügbarkeit von Prozessdaten eine entscheidende Ressource der Innovation und Weiterentwicklung von KI-Anwendungen und daraus resultierenden Geschäftsmodellen dar. Mit anderen Worten: Der Wettbewerbsvorsprung der großen Technologiekonzerne basiert auf Größeneffekten und Skalenvorteilen, Economies of Scope, die in der Vernetzung und Interoperabilität von Anwendungen bestehen können, Wissens- und Netzwerkexternalitäten in der Innovation sowie Wissensvorteilen, wie sie sich etwa aus der Verfügbarkeit und asymmetrischen Verteilung von Daten ergeben können. Positive Netzwerkexternalitäten treten auf, wenn der Nutzen einer Technologie mit der Anzahl der Nutzer steigt. Netzwerkexternalitäten sind in Anbetracht der Skalierbarkeit KI-basierter Anwendungen sowie des allgemeinen Charakters als Allzwecktechnologie gegeben.

Im Kontext der Verwendung und Verteilung von Prozessdaten ergeben sich auch weiterführende systemische, gesellschaftliche und sicherheitspolitische Fragestellungen. Dabei würde zunehmender Bedarf an wettbewerbsregulatorischen Maßnahmen entstehen, um sicherzustellen, dass der Wettbewerb fair bleibt und Monopole vermieden werden. Dies könnte die Regulierung des Datenzugriffs und der Nutzung umfassen. Faktisch ist die Durchsetzung wettbewerbsregulatorischer Maßnahmen erschwert, wenn Unternehmen außerhalb des zu regulierenden Marktes sitzen.

Diese Marktkonzentration auf der Angebotsseite könnte zu einer Verringerung von Wettbewerb führen. Brynjolfson, Rock & Syverson (2019) diskutieren die konzentrierte Marktstruktur als eine mögliche strukturelle Ursache, warum sich Effekte aus der Nutzung von KI bislang nicht in einem erhöhten Produktivitätswachstum niedergeschlagen haben. Demnach wären die Gewinne der neuen Technologien bereits erreichbar, sie würden sich aber durch eine Kombination aus konzentrierter Verteilung von Erlösen und dem Bestreben, sie zu erreichen oder zu erhalten, nicht in der gesamtwirtschaftlichen Produktivität zeigen. Insgesamt ist ihr Effekt auf das durchschnittliche Produktivitätswachstum für den durchschnittlichen Arbeitnehmer weiterhin eher niedrig.

Der Markt umfasst auf der Nachfrageseite sowohl NutzerInnen auf Haushalts- als auch auf Unternehmensebene. Dabei sind die Unternehmen in Österreich und in Europa eher auf der Nutzerseite maßgeblich. Wie oben angeführt, können durch die erfolgreiche Implementation und Adoption von KI unabhängig von der Produktions- und Angebotsseite schon auf der Ebene der Nutzung positive makroökonomische Effekte entstehen. Dabei gilt zu berücksichtigen, dass die nutzenden Unternehmen, die sich im Wettlauf um erfolgreiche Einführung von Technologien ihrerseits in einer dynamischen Wettbewerbssituation befinden, auf Angebote der führenden Technologie-Konzerne angewiesen sind. Sie könnten sich gezwungen sehen, Preise und Konditionen, IT-Infrastrukturen und Systeme der Entwickler und Anbieter zu akzeptieren. Dies kann sich mittelfristig nachteilig auf die systemische Wettbewerbsfähigkeit des heimischen Wirtschaftsstandorts auswirken und könnte mit Risiken der digitalen und technologischen Autonomie, Resilienz und Schutz von immateriellen Vermögenswerten verbunden sein. Zudem ist zu berücksichtigen, dass bei der Einführung KI-basierter Anwendungen und Technologien Markt- und Unternehmensstrukturen relevant sein können. Kleinere und weniger technologieaffine Unternehmen aus ebensolchen Branchen sind, wie Umfrageergebnisse zeigen (etwa IPSOS & ITE 2020), benachteiligt.

Die Kombination der konzentrierten Marktstruktur auf der Angebotsseite mit Struktur- und Größenmerkmal auf der Nachfrageseite kann sich als wirtschaftspolitische Herausforderung darstellen. Wenn in einem kompetitiven Umfeld von „Winner take most"-Märkten (Autor et al. 2017) die führenden Unternehmen Marktanteile zu Lasten der zurückbleibenden Firmen erhöhen und die Einkommen eines Großteils von Beschäftigten in diesen weniger wettbewerbsfähigen Unternehmen an die durchschnittliche Produktivitätsentwicklung gebunden bleiben, so besteht die Gefahr von gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrtsverlusten (Brynjolfsson, Rock & Syverson 2019, McAfee & Brynjolfsson 2008, Autor et al. 2017; Brynjolfsson et al. 2008). Das Problem könnte noch verschärft werden, wenn eine Volkswirtschaft, die zum größeren Teil auf der Nachfrageseite von Technologiemärkten auftritt, strukturelle Probleme bei der Adoption zeigt. Kleineren Unternehmen aus weniger technologieaffinen Bereichen fehlen häufig die Größen und Skalierbarkeiten. Die Adoption ist mit erheblichen Investitionsrisiken verbunden. Zudem fehlt es an Wissen und an geeigneten Organisationsstrukturen und Prozessmustern. Die positiven internen Effekte würden sich in Anbetracht von Netzwerk- und Wissensexternalitäten erst nach einer gewissen Zeit und Erfahrung einstellen. In der Zwischenzeit sind Unternehmen mit Defiziten bei der Wettbewerbsfähigkeit und mit sinkenden Marktanteilen konfrontiert. Eine wachsende Marktkonzentration könnte sich über den Kanal einer stagnierenden durchschnittlichen Produktivitätsentwicklung in den zurückbleibenden Unternehmen in stagnierenden Durchschnittslöhnen und ökonomieweiten Wohlfahrtsverlusten niederschlagen.

Gerade in Anbetracht der hohen Investitionskosten und -risiken, der maßgeblichen Netzwerkexternalitäten und Wissensdefizite sowie der geringeren Skalierbarkeit benötigen solche Unternehmen, allen voran KMU, öffentliche Unterstützungssysteme, die sowohl die finanziellen Risiken als auch Defizite bei Know-how berücksichtigt.

4.2.6 Effekte von KI in einem makroökonomischen Wirkungsmodell

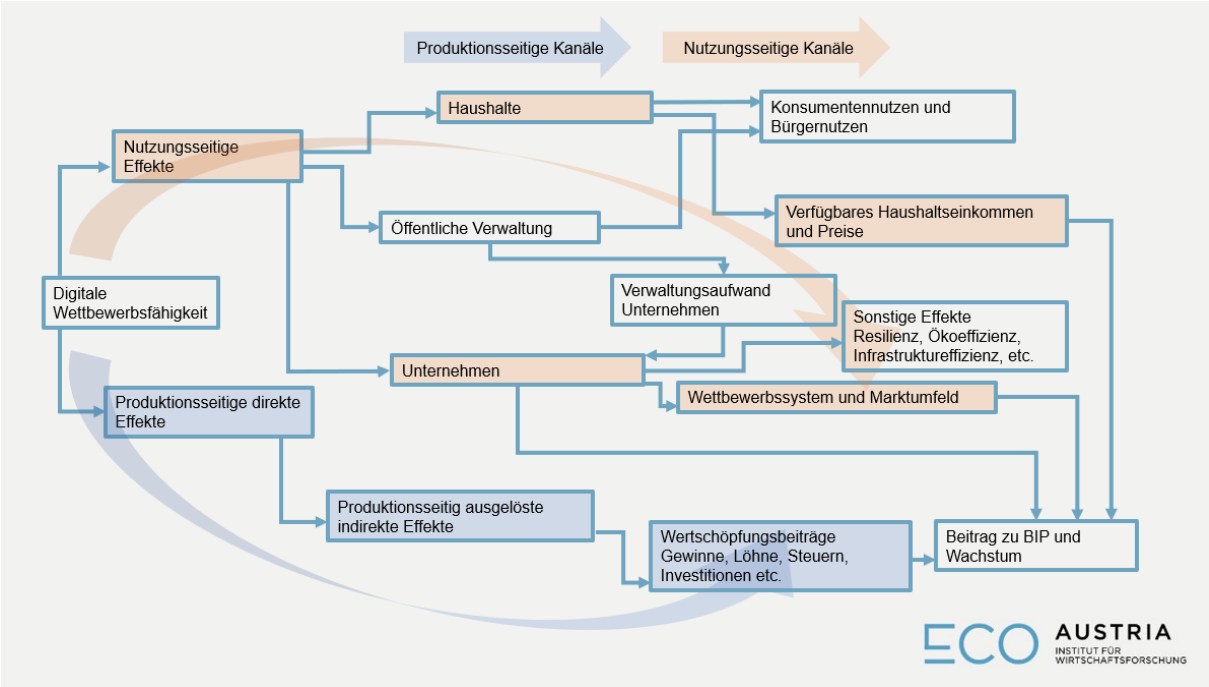
Ebenso wie digitale IKT im Allgemeinen hat auch KI makroökonomisch über unterschiedliche Wirkungskanäle Einfluss auf die wirtschaftliche Entwicklung (vgl. hierzu Abbildung 7). Das dargestellte Wirkungsmodell basiert auf einer Analyse von Graf und Briglauer (2023) zu makroökonomischen Effekten von digitaler Wettbewerbsfähigkeit. Wenn durch den effizienten Einsatz von KI in Prozessen von Unternehmen, durch die Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle mit Hilfe von KI-basierten Modellen und durch ein Aufschließen in der Innovation und Entwicklung von KI die digitale Wettbewerbsfähigkeit der Volkswirtschaft gesteigert werden kann, so können die dargestellten Wirkungskanäle in Gang gesetzt werden. Graf und Briglauer (2023) schätzen, dass die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit durch Digitalisierung mit einem höheren BIP pro Kopf einhergeht. Angesichts des Aufholpotenzials, das für Österreich gegenüber den Ländern mit der am stärksten ausgeprägten digitalen Wettbewerbsfähigkeit besteht, ergeben sich aus einer beschleunigten Digitalisierung substanzielle Effekte. Würde Österreich seinen Rückstand zu den Spitzenreitern bis 2027 wettmachen, würde das österreichische BIP kumuliert um rund 100 Mrd. Euro steigen.

Grundsätzlich kann im Wirkungsmodell zwischen produktionsseitigen Kanälen und nutzungsseitigen Kanälen unterschieden werden. In der Abbildung 7 werden produktionsseitige Kanäle anhand der blauen Unterlegungen im unteren Teil der Grafik dargestellt, die nutzungsseitigen Kanäle im oberen Teil der Abbildung anhand der orangen Unterlegungen.

Auf der Produktionsseite entstehen zunächst direkte Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte. Produktionsseitig werden KI-basierte IKT-Produkte, Software und Dienstleistungen produziert und verkauft, entweder im Inland oder im Ausland. Diese Prozesse erhöhen per se die Wirtschaftsleistung einer Ökonomie. Um die IKT-Produkte bzw. Dienstleistungen herstellen zu können, werden aber auch Vorleistungen benötigt, die den direkten Effekten vorgelagert sind. In diesem Fall handelt es sich um produktionsseitig ausgelöste indirekte Effekte. Der produktionsseitige Wirkungskanal umfasst daher die mit der Produktion von KI-basierten digitalen Produkten direkt und indirekt verbundene sowie ausgelöste Wertschöpfung und Beschäftigung. Im Kontext von KI gilt es zu berücksichtigen, dass der Schwerpunkt der Innovation und Wertschöpfung außerhalb Europas angesiedelt ist (Stojkoski et al. 2024,

Balland 2022). Für Österreich sind die makroökonomischen Effekte, die sich aus produktionsseitigen Kanälen ergeben, als gering einzustufen.

Abbildung 7: Ökonomisches Wirkungsmodell der Digitalisierung



Für die makroökonomischen Effekte ist nicht nur die Produktion von KI-basierter IKT maßgeblich. Der Großteil der makroökonomischen Wirkung von Digitalisierung entsteht auf der Nutzungsseite. Dies betrifft zunächst in direkter Form jene Unternehmen in einer Ökonomie, die KI-Anwendungen nutzen, um ihre Produktion, ihren Verkauf, aber auch ihr Ressourcenmanagement zu bewerkstelligen. Gegenwärtig wird KI in wirtschaftlichen Prozessen der Unternehmen und Haushalte schrittweise eingeführt. Damit sind die Wirkungszusammenhänge der nutzungsseitigen Wirkungskanäle bereits in Gang gesetzt. Die Unternehmen finden breite Anwendungsfelder für die Nutzung von KI vor. Dies unterstreichen die Ergebnisse der Literaturanalyse zu betrieblichen Anwendungsfeldern (Abschnitt 2.2), aber auch die Ergebnisse des ExpertInnen-Survey (Abschnitt 5). Diese Nutzung von KI beeinflusst direkt und indirekt das Marktumfeld, in dem die Unternehmen operieren, sowohl auf Vorleistungs- als auch auf Absatzmärkten. So können etwa durch eine effizientere Nutzung der Informationen auf der Beschaffungsseite Waren- und Materialkosten gesenkt werden. Andererseits kann über digitale Kanäle mitunter ein neues Marktsegment bearbeitet werden, was wiederum die Position im Absatzmarkt und im Wettbewerbssystem verbessert. Zudem können gänzlich neue Dienstleistungen von Unternehmensseite innoviert und angeboten werden.

Der zweite nutzungsseitige Kanal betrifft die privaten Haushalte in einer Ökonomie. Diese stellen einerseits ihre Arbeitskraft auf dem Arbeitsmarkt zur Verfügung, zum anderen treten sie als Konsumenten auf Märkten auf. Durch die Adoption von KI in wirtschaftlichen Prozessen kann sich positiver Nutzen für die Haushalte ergeben. Effizientere Produktionssysteme können Produktionskosten senken. Wenn diese auf Konsumentenmärkte übertragen werden, sinken die Preise, die Haushalte für Güter und Dienstleistungen erzielen. Zugleich werden die Mitglieder privater Haushalte selbst wirtschaftlich aktiv, etwa über den Kanal der Erwerbsarbeit. Wenn die Produktivität steigt, besteht die Aussicht auf höhere Löhne. Da ein Teil des zusätzlichen Haushaltseinkommens in den Konsum fließt, entstehen dadurch wiederum zusätzliche Effekte auf die heimische Wirtschaftsleistung. Der andere Teil, der von den Haushalten gespart wird, fließt in Kapitalmärkte und erhöht das Kapital einer Volkswirtschaft. Dieses Kapital steht wieder den Unternehmen für Investitionen zur Verfügung. Die damit verbundenen Effekte erhöhen wiederum das Wachstum der Volkswirtschaft und die Wirtschaftsleistung. Anzumerken ist, dass bestimmte Berufe von gesamtwirtschaftlichen Produktivitätseffekten unterschiedlich betroffen sein können. Dies kann auch mit Heterogenität und mit Verschiebungen in der Verteilung von Haushaltseinkommen einhergehen.

Abseits vom monetären Nutzen erhöht sich auch der Gesamtnutzen der Haushalte. Im Haushaltsbereich finden sich zahlreiche KI-Anwendungen, die den Komfort und die Bequemlichkeit erhöhen, Prozesse vereinfachen, Gerätesteuerung optimieren oder die Sicherheit verbessern.

Ein weiterer Nutzenaspekt für Haushalte und Unternehmen kann sich durch die Nutzung von KI im öffentlichen Sektor ergeben. Wenn Verfahren und Prozesse durch digitale Services einfacher werden und schneller erledigt werden können, sinkt der mit diesen Tätigkeiten verbundene zeitliche Aufwand. Sofern dieser dazu führt, dass in derselben Zeit produktivere Tätigkeiten vollzogen werden können, ist dieser Nutzen zum Teil bereits monetarisiert. Wenn die Zeitersparnis zu mehr Freizeit für Haushalte führt, ist er ein Teil der Konsumentenrente und noch nicht monetarisiert. Auch hier ergeben sich, ähnlich wie auf Seiten nutzender Unternehmen, Problemstellungen der Marktkonzentration auf der Angebotsseite. Auch öffentliche Anwender sind häufig gezwungen, auf Angebote der großen Technologiekonzerne zurückzugreifen, mit erheblichen Auswirkungen auf technologische Autonomie, Daten- und Wissenstransfer in andere Ökonomien.

Eine Vielzahl von Studien belegt die Wirkungen der Nutzung von KI auf mikroökonomischer Ebene. Maßgeblich sind dabei Hebel und Wirkungskanäle der betrieblichen Effizienz und der Produktivität (siehe Abschnitt 4.2.1). Mittlerweile sind auch quantitative Analysen zu makroökonomischen Effekten verfügbar.

- Studien prognostizieren signifikante Auswirkungen von KI auf das BIP-Wachstum. Eine Studie von PwC schätzt, dass KI bis 2030 das globale BIP um 14% steigern könnte, was etwa 15,7 Billionen US-Dollar entspricht (PwC 2017).
- Analysen deuten darauf hin, dass KI zu erheblichen Produktivitätssteigerungen führen kann. AutorInnen von McKinsey schätzen beispielsweise, dass KI gemeinsam mit anderen Formen der Automatisierung die globale Produktivität jährlich um 0,8% bis 1,4% steigern könnte (McKinsey 2019). Die AutorInnen von McKinsey messen dabei insbesondere der wirtschaftlichen Nutzung von KI hohe makroökonomische Bedeutung zu. Demnach hat KI das Potenzial, das Wachstum des BIP ab 2030 um 1,2% zu erhöhen (Bughin et al. 2018).
- Graf und Briglauer (2023) schätzen auf Basis einer Länder-Panelanalyse makroökonomische Effekte digitaler Wettbewerbsfähigkeit im methodischen Konzept des Digital Competitiveness Index des IMD. Deren Verbesserung um 1% erhöht dabei das BIP pro Kopf um 0,16%. Die Technologiekomponentenbetrachtung unterstreicht, dass digitale Wettbewerbsfähigkeit von einer Vielzahl von unterschiedlichen Technologien mitbestimmt wird. Nach den Cloud-Service-Technologien haben insbesondere Big Data und KI die größte Erklärungsrelevanz. Diese beiden Komponenten erklären zwischen 40% und 55% der Varianz der Länder bei digitaler Wettbewerbsfähigkeit. Gegeben das Aufholpotenzial von einem Fünftel bis zu einem Viertel, das sich für Österreich zu den Ländern mit der höchsten digitalen Wettbewerbsfähigkeit – etwa USA, Dänemark, Finnland – ergibt, wird ein Aufholszenario für Österreich modelliert. Dabei schließt Österreich zwischen 2023 und 2027 in die Ländergruppe mit der höchsten Wettbewerbsfähigkeit auf und kann diese Position bis 2030 weiter behalten. Ab 2027, also nach Erreichung der vollen Wettbewerbsfähigkeit, ergibt sich für Österreich eine Erhöhung des BIP pro Kopf von etwa 3,5%. Dies entspricht einem zusätzlichen BIP pro Jahr von bis zu 17,4 Mrd. Euro[39]. Über den gesamten Zeitraum von 2023 bis 2030 kumuliert ergibt sich eine zusätzliche Wirtschaftsleistung von etwa 100 Mrd. Euro.
- McAfee hat in einer Studie für Google Ergebnisse von generativer KI untersucht (McAfee 2024). Grundlage ist die Feststellung, dass Anwendungen generativer KI in fast 80% der Berufe in den USA berufliche Tätigkeiten umfassen, die auf Grundlage von generativer KI deutlich beschleunigt werden können. Demnach können zumindest 10% der Tätigkeiten in diesen Berufen doppelt so schnell abgeschlossen werden wie ohne Unterstützung durch generative KI. Daraus ergeben sich

[39] Die Ergebnisse werden in Preisen des Jahres 2022 ausgewiesen.

deutliche Potenziale für Produktivitätssteigerungen und die Steigerung der Effizienz beim Einsatz von Personal.

- Bezogen auf die USA schätzten Briggs et al. (2023) für Goldman Sachs, dass generative KI das jährliche Wachstum der Arbeitsproduktivität in den USA über einen Zeitraum von 10 Jahren um knapp 1,5 Prozentpunkte und das weltweite BIP um 7% pro Jahr steigern könnte.
- Im Rahmen einer Studie im Auftrag von Google schätzen AutorInnen von Implement Consulting (Thelle et al. 2024) Effekte für Österreich. Grundlage sind die Methodik und die Ergebnisse von Briggs et al. (2023) sowie Briggs und Kodnani (2023) für Goldman Sachs. Demnach könnte generative KI in etwa zehn Jahren – zum Höhepunkt der Adoption und nach voller Entfaltung der Wirksamkeit – das österreichische BIP um 35 bis 40 Milliarden Euro erhöhen. Dies entspricht einem jährlichen Beitrag zur Wirtschaftsleistung von etwa 8% des Bruttoinlandsprodukts. Die AutorInnen schätzen, dass knapp über 60% der Jobs generative KI im Rahmen der Tätigkeiten effizient und effektiv nutzen und so die Produktivität hebeln.
- Analysen von Accenture (2016 sowie Purdy und Daugherty 2017, 6) schätzen, dass KI das wirtschaftliche Wachstum in entwickelten Ländern erheblich steigern könnte. Bis 2035 könnte KI die jährlichen Wachstumsraten der Bruttowertschöpfung in wirtschaftlich hoch entwickelten Ökonomien der Welt, darunter auch Österreich, verdoppeln. Für Österreich wird im Basisszenario ein durchschnittliches jährliches Wachstum der Wertschöpfung von 1,4% angenommen. Aufgrund von KI schätzen die AutorInnen könnte sich das durchschnittliche jährliche Wachstum auf etwa 3% erhöhen. Dabei nehmen die Autoren an, dass die Arbeitsproduktivität im Jahr 2035 um 30% über dem Basisszenario liegt.

Die mikroökonomischen Effekte von KI sind evident. Es besteht großes Interesse, Abschätzungen zur makroökonomischen Wirksamkeit vorzunehmen. Wesentliche Wirkungskanäle ergeben sich in Form von Effizienzsteigerungen, Produktivitätseffekten und neuen Markt- und Wertschöpfungsprozessen (Abbildung 7). Die angeführten quantitativen Ergebnisse sind Ableitungen aus abstrakten und annahmebasierten Modellberechnungen, die mit Bezug auf konkrete Zeiträume und einzelne konkrete Volkswirtschaften unsicher sind. Maßgeblich sind Unsicherheiten, wie sich mikroökonomische Effekte in realen wirtschaftlichen Strukturen und Gegebenheiten sowie Zeitabläufen in makroökonomische Wirkungskanäle übersetzen und welche makroökonomischen Wirkungen effektiv erwartbar sind. Die makroökonomische Wirksamkeit von Technologien hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab, etwa institutionellen und regulatorischen Fragen, komplementären Investitionen, dem Fortschrittsgrad der Unternehmen, der Geschwindigkeit der Adoption in den Unternehmen sowie von Wirtschaftsstrukturen

und Marktmachtstrukturen, aber auch vom allgemeinen makroökonomischen Umfeld. In Anbetracht der gegebenen Unsicherheiten soll an dieser Stelle keine quantitative Abschätzung und Festlegung erfolgen.

4.3 Ökologische Effekte von KI

Ökologische Effekte der Nutzung von KI sind ein wachsendes Forschungsfeld in der Literatur. Diese Effekte können sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die Umwelt haben. Durch den effizienten Einsatz von Technologien besteht die Aussicht auf eine bessere Ressourcennutzung: KI kann durch präzise Datenanalyse und Vorhersagemodelle Unternehmen helfen, Ressourcen und ökonomische Inputs besser zu planen und zu nutzen (etwa Karduri 2019; Olatunde et al. 2024; Fraunhofer 2023). Dadurch können zunächst positive ökologische Effekte ausgelöst werden, zusätzlich zu primär mikroökonomischen Effizienzgewinnen. Ein wesentlicher Engpass der schrittweisen Optimierung bestehender Prozesse kann in einer Persistenz von Prozessen und Organisationsmustern bestehen. Dadurch kann eine grundlegende Neuausrichtung von Prozessen und Organisationsmustern unterbunden werden (Legacy-Problem).

Zu berücksichtigen ist, dass der Ressourcenbedarf hoch ist, insbesondere für den Betrieb und die Energieversorgung von Infrastrukturen zum Training von Modellen sowie für die Datenverarbeitung (Strubell, Ganesh & McCallum 2020). Dabei ist der Energiebedarf über den gesamten Lebenszyklus zu berücksichtigen, von der Entwicklung über das Training bis zur Nutzung von Modellen. Zudem ist der Ressourcenbedarf ganzheitlich zu bewerten. Dabei muss der direkte Bedarf der Modelle wie auch der indirekte Bedarf, etwa im Zusammenhang mit der Energieproduktion zum Betrieb der Modelle, berücksichtigt werden. Zudem ist der Verbrauch etwa von Wasser zur Kühlung von Infrastrukturen und anderen nicht erneuerbaren Rohstoffen zu berücksichtigen. Der Gesamteffekt ist angesichts gegenläufiger Effekte nur schwer abschätzbar. Selbst wenn sich in Summe ein positiver Effekt ergibt, besteht die Gefahr von dynamischen Rebound-Effekten (Biewendt et al. 2020, Lange et al. 2020), wenn die gesteigerte wirtschaftliche Effizienz zu einer stärkeren Nutzung und Inanspruchnahme führt und Kapazitäten und Infrastrukturen ausgeweitet werden. Dies kann dazu führen, dass die ursprünglich positive Wirkung einer erhöhten Klimaeffizienz über Zweitrundeneffekte wieder ausgehebelt wird. Vor dem Hintergrund dieser kontrastierenden Effekte ist unklar, ob und inwieweit KI eine positive Auswirkung auf die Klimaeffizienz haben kann. Eine insgesamte Abschätzung des Saldos aus positiven und negativen Effekten von KI ist somit schwierig, wie die folgenden Abschnitte zu den verschiedenen Wirkungskanälen zeigen werden.

4.3.1 Ressourcen- und Energieeffizienz

In der Literatur (etwa Karduri 2019) finden sich Hinweise auf positive Effekte, die aus der Anwendung von KI im Bereich der Optimierung der Energieversorgung, Verlässlichkeit und Nachhaltigkeit entstehen. Dabei ist insbesondere die steigende Komplexität der Energiegewinnung, der wachsende Energiebedarf und Problemstellungen des Congestion Management, der Netzsteuerung und Optimierung, der Bedarfsprognose und der Sicherstellung des Energiebedarfs relevant (Fraunhofer IEE 2023). Durch KI kann die Planung der Energieerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen, die Einspeisung und das Netzmanagement (Grid Management) verbessert und die Effizienz des Energieverbrauchs gesteigert werden. KI-Anwendungen werden etwa in Infrastrukturen des Energieverbrauchs implementiert, z. B. Gebäude, Anlagen und Maschinen (Olatunde et al. 2024). KI-Modelle können, etwa im Rahmen von Energiemanagementsystemen, dazu beitragen, die Integration von Energie aus erneuerbaren Quellen zu verbessern, wenn sie Systeme und Prozesse zur Energiekostenverringerung und Optimierung der Energieeffizienz beisteuern. Die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen stellt eine tragende Säule der Energiewende dar. Dabei sind Stromversorgung und Stromnetze mit zusätzlicher Komplexität durch Strom aus unstetig produzierenden Anlagen konfrontiert (Fraunhofer IEE 2023). KI-basierte Anwendungen können dazu beitragen, die Problemstellungen, die sich aus der zusätzlichen Komplexität auf der Seite der Energieproduktion ergeben, zu meistern.

Positive Effekte ergeben sich aber nicht nur im Energiesektor. Das Wesen von KI-Anwendungen in wirtschaftlichen Prozessen ist Optimierung. Quer durch alle Wirtschaftssektoren ist Wertschöpfung von der Verfügbarkeit und Nutzung von Inputs abhängig. Durch Einsatz von KI-basierten Technologien können der Produktionsprozess, der Ressourceneinsatz, der Energieaufwand sowie die Steuerung von Prozessen optimiert werden. Verkehrswege und Logistik können quer durch alle Wirtschaftssektoren optimiert werden.

Die Abschätzung der durch KI bewirkten allgemeinen ökologischen Effizienzgewinne und Einsparpotenziale ist problematisch. Zum Ersten handelt es sich um eine junge Technologie. Zum Zweiten ist die weitere Entwicklung in Anbetracht der hohen technischen, aber auch praktischen Entwicklungsdynamik nicht abschätzbar. Zum dritten ist eine exakte Abgrenzung von KI-Technologien zu anderen digitalen IKT kaum möglich, da die Nutzung zumeist gemeinsam mit anderen Technologien in digitalen Anwendungen erfolgt. Schließlich ist relevant, dass der Energie- und Ressourcenbedarf abhängig von der Art der Anwendung und vom technologischen Setup variiert. Hier können z. B. die Effizienz von Hardwarekomponenten und Prozessoren, die Energieversorgung und Kühlung von Rechen- und Serverzentren, das Setup von Trainingsverfahren, die Softwareoptimierung und die

Entwicklung von effizienten Algorithmen oder die Verteilung von Rechenleistung auf Endgeräte zur Minimierung von Datenübertragung nützlich sein.

Tabelle 1: Ergebnisse der Literaturanalyse (Briglauer et al. 2022 zu Effekten von IKT auf CO_2-Emissionen

Authors	Data	ICT Variables	Method	Results	+/-
Haini (2021)	10 South-East Asian countries 1996-2019	Internet users per 100 persons Mobile-internet users per 100 persons	Fixed Effects	ICT variables exert negative and significant impact on CO2 emissions	-
Godil et al. (2020)	Pakistan 1995–2018 (Quarterly)	Internet users per 100 persons Mobile-internet users per 100 people	Quantile Autoregressive Distributed Lag	The lowest two and the highest three quantiles show a significant negative sign; thus, in Pakistan, regardless of the emission level, CO2 emissions were reduced by an increase in Internet users.	-
Kopp & Lange (2019)	37 OECD countries 1990–2009 (production) 2008-2014 (consumption)	ICT investment People who have used the Internet for purchases (goods and services) in the last three months	Fixed Effects	A 1% increase in ICT investment would, ceteris paribus, reduce CO2 emissions by 0.56%. A 1% increase in online shopping would reduce CO2 emissions by 0.34%.	-
Zhang et al. (2019)	73 countries 1990-2015	Mobile and fixed network connections	Fully Modified & Dynamic Ordinary Least Squares	Both ICT variables show significant negative results in connection with CO2 emissions in high- and middle-income countries. In low-income countries, the results were significant and positive.	- +
Danish et al. (2019)	Different sets of high, middle and low income countries 1990-2015	Fixed telephone and mobile cellular subscriptions	Dynamic & fully modified ordinary least square	ICT variables reduce level of CO2 emissions across high- and middle-income countries; however, contrary to this, ICT variables increase CO2 emissions in low-income countries.	- +
Amri (2018)	Tunisia 1975-2014	Mobile and fixed network connections per 100 people	Autoregressive Distributed lag	Insignificant results in relation to the ICT variable.	~
Khan et al. (2018)	11 developing countries 1990-2014	Internet users per 100 persons Mobile-internet users per 100 persons	(Augmented) Mean Group Estimator	The coefficient of Internet users showed a significant positive relationship with CO2 emissions, which increased CO2 emissions in the developing countries studied when the ICT variable was expanded.	+
Zhang & Liu (2015)	29 provinces in China 2000-2010	Gross output of the electronics and information industry	Fixed Effects, Generalized Least Squares	CO2 emissions in China decreased by 0.024% when the ICT industry grew by 1%.	-

Notes: "+" in connection with red shading refers to a CO2 increasing (statistically significant positive) relationship; "-" in connection with green shading indicates a CO2 lowering (statistically significant negative) relationship; "~" in conjunction with a white background refers to a CO2 neutral (statistically insignificant) relationship.

Eine bekannte Studie von GeSI und Accenture (2015) betrachtet ökologische Effekte von digitalen IKT in Bezug auf CO_2-Emissionen. Hier wird ein Vermeidungspotenzial von bis zu 12 Gigatonnen CO_2 durch IKT ermittelt. Dies würde einer Reduzierung der globalen CO_2-Emissionen um 20% von 2015 bis 2030 entsprechen. Methodisch wurde die Studie kritisiert, da insbesondere dynamische Zweitrundeneffekte und Rebound-Effekte ausgeblendet wurden (Lange et al. 2020).

Briglauer et al. (2022) analysierten gegenläufige positive und negative Effekte zum Stromverbrauch, der aus der Nutzung von breitbandbasierter IKT resultiert. Es stellte sich heraus, dass die positiven indirekten CO_2-reduzierenden Effekte im Durchschnitt größer zu sein scheinen als die negativen CO_2-erhöhenden direkten und indirekten Effekte. Die AutorInnen analysierten die Effekte von IKT auf CO_2-Emissionen auf Basis ihrer Literaturrecherche. Der Großteil der verwendeten Studien basiert auf ökonometrischen Panelschätzungen auf Länderebene. Die meisten Studien identifizierten negative CO_2-reduzierende Effekte von IKT. Umgekehrt wurden auch empirische Analysen identifiziert, die positive, d. h. emissionssteigernde, Effekte identifizieren oder differenzierte Ergebnisse liefern. Die meisten Studien sind methodisch umstritten: Eine tatsächliche Abschätzung von kausalen Effekten unter

Berücksichtigung von Endogenität ist mit den verwendeten Methoden nicht möglich. Damit bleiben auch dynamische sekundäre Wirkungskanäle, etwa Rebound-Effekte, unberücksichtigt.

4.3.2 Energiebedarf zum Training und Betrieb von KI-Modellen

Zugleich weisen wissenschaftliche Quellen (Strubell, Ganesh & McCallum 2020) auch auf negative ökologische Wirkungspotenziale des Einsatzes von KI hin. Insbesondere erfordert das Training großer KI-Modelle, allen voran Deep Learning, erhebliche Rechenressourcen, häufig in Cloud-basierten Rechenzentren, und führt zu hohem Energieverbrauch und CO_2-Ausstoß. Medieninformationen zufolge verbrauchte allein das ursprüngliche Training des KI-Modells GPT-3, das unter anderem Grundlage für den Chatbot ChatGPT war, mehr als 900 Megawattstunden Strom.[40] Amazon Web Services erwarb kürzlich um umgerechnet knapp 600 Millionen Euro ein Rechenzentrum samt angeschlossenem Atomkraftwerk. Mit der zunehmenden Komplexität von Modellen und insbesondere der verarbeiteten Daten steigt der erforderliche Energieverbrauch weiter an (Strubell, Ganesh & McCallum 2020). Relevant sind dabei die Energieversorgung der Rechenzentren sowie die Effizienz der eingesetzten Hardware, Prozessoren oder Chips. Dabei ist insbesondere von Bedeutung, ob Rechenzentren und Infrastrukturen mit erneuerbaren oder mit konventionellen fossilen Energiequellen betrieben werden.

4.3.3 Rebound-Effekte der verstärkten Nutzung von KI

In der wissenschaftlichen Literatur findet eine umfassende Auseinandersetzung mit Rebound-Effekten statt. Die erwarteten ökologischen Effizienzgewinne, Emissionseinsparungen sowie Umweltvorteile könnten durch eine intensive Nutzung von KI, einen daraus resultierenden Aufbau von Kapazitäten und Infrastrukturen und der daraus resultierenden zusätzlich verstärkten Nutzung teilweise oder vollständig ausgehebelt werden. Das wirtschaftswissenschaftliche Fundament für das sogenannte Jevons-Paradox lieferte der britischen Ökonom William Stanley Jevons bereits im 19. Jahrhundert (Jevons 1865). In Bezug auf den gesamtwirtschaftlichen Kohleverbrauch in der englischen Industrie nach Einführung der auf der Mikroebene nachweislich effizienter kohlebefeuerten Dampfmaschine zeigte er auf, dass Effizienzsteigerungen verbrauchsfördernd wirken können und den Einsatz von Rohstoffen erhöhen können. Allgemein gilt: Durch die Steigerung der Effizienz und die damit verbundene verstärkte Nutzung und Erweiterung von Kapazitäten kann der Gesamtenergieverbrauch steigen, was die Umweltbelastung erhöhen kann. Biewendt et al. (2020) illustrierten Rebound-Effekte am Beispiel von LED-basierter Beleuchtung. Im Vergleich zu Energiesparlampen weisen LED-Lampen nur ein Zwanzigstel des Energiebedarfs auf. Auf diese Weise konnten Verbraucher zum selben Preis länger beleuchten, mehr

[40] Siehe hierzu Beiträge im Online-Standard vom 22. April 2024.

Lampen verwenden oder zusätzliche Beleuchtungen einrichten. Kyba et al. (2017) zeigten auf Grundlage der Auswertung von Satellitendaten, dass der Effizienzgewinn, der auf der Mikroebene der einzelnen Anwendung nachweisbar ist, auf einer globalen und häufig auch auf einer nationalen Ebene durch die Ausweitung von Beleuchtung kompensiert wurde.

Im spezifischen Kontext von AI-basierten Technologien sind Rebound-Effekte schwer abschätzbar (siehe oben). Lange et al. (2020) lieferten einen umfassenden Literatursurvey zu möglichen Rebound-Effekten von IKT. Zum Beispiel finden sich Hinweise, dass sich mit der Verfügbarkeit von Videotechnologien die Häufigkeit von wissenschaftlichen Konferenzen bzw. Tagungen erhöht hat. Während die Zahl der gedruckten Bücher nicht gesunken ist, ist der Bestand an E-Books und wissenschaftlichen Online-Beiträgen gestiegen. Videostreaming kann im Vergleich zum Kauf oder Verleih von DVDs in Geschäften Energie sparen, aber der daraus folgende steile Anstieg der gestreamten Stunden und des Datenverkehrs wird derartige Einsparpotenziale bei weitem übertreffen. Die Leistungsfähigkeit von Prozessoren und Komponenten ist deutlich gestiegen. Dabei halbiert sich die Energieintensität von CPUs etwa alle 1,5 Jahre. Das Potenzial für Energieeinsparungen durch Steigerungen der Energieeffizienz wird durch den Anstieg der Verarbeitungsdienstleistungen überkompensiert. Willenbacher et al. (2021) analysierten, wie sehr Rebound-Effekte das Potenzial auf Energieeinsparungen verringern können. Sie führten an, dass der Großteil des Energieverbrauchs nicht so sehr auf das Rechnen von Modellen, sondern vielmehr auf den Zugang zu Daten und die Datenaufbereitung sowie Datengenerierung entfällt. Mit zunehmender Größe der Trainingsdaten steigt der Stromverbrauch allein durch das notwendige Umschreiben („Rewriting") der Daten exorbitant.

4.4 Abschätzung der Auswirkungen von KI für Österreich

Das Ziel dieses Abschnitts ist es, eine empirische Annäherung an die möglichen ökonomischen Effekte von Künstlicher Intelligenz (KI) für Österreich zu bieten. Während der obige Literaturüberblick, die betrieblichen Anwendungsbeispiele in Abschnitt 2.2 sowie die ExpertInnen-Interviews in Abschnitt 5 die weitreichenden Einflüsse von KI auf wirtschaftliche Strukturen beleuchten, konzentriert sich dieser Abschnitt insbesondere auf die möglichen Auswirkungen vor dem Hintergrund der österreichischen Branchen- und Beschäftigungsstruktur.

Konkret wird eine Einschätzung vorgenommen, inwieweit der österreichische Arbeitsmarkt und insbesondere die österreichische Branchenstruktur von KI-Anwendungen betroffen sein werden. Diese Einschätzung basiert auf einer detaillierten Analyse der empirischen Literatur und den Daten von Felten et al. (2021, 2023), welche die Betroffenheit einzelner Berufsgruppen durch KI-Anwendungen

quantifizieren. Diese Ergebnisse werden im Kontext der österreichischen Spezialisierungen im internationalen Vergleich diskutiert.

Der Ausgangspunkt für die sektorale Abschätzung der möglichen Auswirkungen von KI auf die österreichische Wirtschaft ist die Analyse der Betroffenheit einzelner Berufsgruppen durch KI-Anwendungen. Dieser Ansatz orientiert sich an der wissenschaftlichen Literatur, die auf Basis der erforderlichen Fähigkeiten einzelner Berufsgruppen abschätzt, inwieweit diese potenziell von KI betroffen sind, also KI-Betroffenheit (AI exposure) aufweisen. Insbesondere werden die Daten von Felten et al. (2021, 2023) herangezogen, die detaillierte Schätzungen zur KI-Betroffenheit auf Ebene einzelner Berufe bereitstellen.

Diese Studie übersetzt die KI-Betroffenheit gemäß der US-amerikanischen Klassifikation in die europäische Klassifikation und erlaubt somit eine Darstellung der KI-Betroffenheit sowohl auf Berufsebene als auch nach verschiedenen demografischen Merkmalen. Darüber hinaus ermöglicht diese Methodik die Abschätzung der KI-Betroffenheit auf Branchenebene in Österreich. Eine detaillierte Beschreibung der Methodik findet sich in Box 10.

Eine zentrale Limitierung der Daten von Felten et al. (2021, 2023) ist die Tatsache, dass keine Aussagen darüber getroffen werden können, ob KI substituierend oder augmentierend wirkt. Vielmehr sagt eine hohe KI-Betroffenheit aus, dass diese Berufe oder Branchen stark von KI transformiert werden. Dieser Aspekt, der bereits in Abschnitt 4.1 ausführlich diskutiert wurde, muss dementsprechend bei der Interpretation der Ergebnisse mitbedacht werden.

Insgesamt zielt dieser Abschnitt darauf ab, einen ersten deskriptiven Einblick zu geben, welche Branchen und Sektoren in Österreich mit hoher Wahrscheinlichkeit stark von KI transformiert werden, um eine Grundlage für weiterführende Diskussionen und politische Maßnahmen zu schaffen.

Box 10: Methodik zur Abschätzung der sektoralen KI-Betroffenheit

Ausgangspunkt zur Abschätzung der sektoralen KI-Betroffenheit sind die Daten von Felten et al. (2021, 2023). Diese stellen die *AI occupational exposure* (AIOE) für 774 verschiedene Berufe dar. Dabei ziehen die Autoren die US-amerikanische *Standard Occupational Classification* (SOC) des *Occupational Information Network* (O*NET) heran.

Um die statistische Analyse und Aggregation für österreichische Daten zu ermöglichen, müssen die Berufe gemäß O*NET-SOC in die europäische Klassifikation ESCO (*European Skills, Competences, Qualifications and Occupations*) bzw. die ILO-Klassifikation ISCO-08 übersetzt werden. Hierzu verwenden wir die Korrespondenztabelle der Europäischen Kommission. Diese beschreibt die Korrespondenz zwischen den beiden Klassifikationen auf sehr granularer Ebene (rund 8.600 Korrespondenzen, z. B. „sewage systems manager“ [ESCO-/ISCO-08-Code 1321.2.4] und „water resource specialist“ [SOC-Code 11-9121.02]).

Nachdem wir die AIOE-Daten von Felten et al. (2021, 2023) zu SOC-Berufen zugewiesen haben, aggregieren wir die KI-Betroffenheit auf Ebene der ESCO-/ISCO-08-Viersteller. Auf dieser Ebene wird zwischen rund 400 Berufen unterschieden. Zur Aggregation berechnen wir die durchschnittliche AIOE der Berufe innerhalb des entsprechenden ESCO-/ISCO-08-Vierstellers. Die AIOE der Berufsgruppe „Manufacturing managers" (ESCO-/ISCO-08-Code 1321) ist somit der Durchschnitt aller untergeordneten Berufsgruppen (z. B. „sewage systems manager", „chemical production manager", „operations manager" etc.).

Dies kann in Verbindung mit der Anzahl der Beschäftigten in Österreich gebracht werden, nachdem die Mikrozensus-Arbeitskräfteerhebung Beschäftigte gemäß ISCO-08-Viersteller erfasst. Dies ist die Grundlage für die Darstellung der AIOE nach Beruf in Abbildung 8. Wir ziehen hier Beschäftigungszahlen aus dem Jahr 2023 von Statistik Austria heran. Es ist anzumerken, dass nur jene Berufsgruppen statistisch erfasst werden, die in Österreich mehr als 3.000 Beschäftigte aufweisen.

Zur Übersetzung der KI-Betroffenheit in Branchen ziehen wir ebenfalls die Mikrozensus-Arbeitskräfteerhebung heran. Hier wird die Anzahl der Beschäftigten nach Beruf (ISCO-08-Dreisteller) und Wirtschaftsaktivität (NACE-Zweisteller) erfasst. Dies sagt beispielsweise aus, wie viele BiotechnikerInnen (oder verwandte Berufe) in den einzelnen Industrien (Landwirtschaft, chemische Industrie, Forschung & Entwicklung, etc.) tätig sind. Des Weiteren enthält der Mikrozensus Informationen zu verschiedenen demografischen Merkmalen auf Ebene der ISCO-08-Dreisteller (Geschlecht, Alter, Ausbildung, Migrationshintergrund). Wir aggregieren die KI-Betroffenheit nach Beruf auf ISCO-08-Dreisteller Ebene, indem wir den mit der Beschäftigung gewichteten Mittelwert der zugrundeliegenden Viersteller berechnen.

Die folgende schematische Illustration stellt die Methodik grafisch dar.

Zur einfacheren Interpretation kategorisieren wir die Berufe in vier Gruppen: *hoch*, *überdurchschnittlich*, *unterdurchschnittlich* und *niedrig* von KI betroffen. Die Kategorisierung orientiert sich an der Verteilung der KI-Betroffenheit:

- *Hoch*: KI-Betroffenheit größer als das oberste Quartil
- *Überdurchschnittlich*: KI-Betroffenheit größer als der Median, aber kleiner als das oberste Quartil
- *Unterdurchschnittlich*: KI-Betroffenheit kleiner als der Median, aber größer als das unterste Quartil
- *Niedrig*: KI-Betroffenheit kleiner als das unterste Quartil

Quellen: Die Daten von Felten et al. (2021, 2023) sind unter diesem Weblink abrufbar. Die Korrespondenztabelle der Europäischen Kommission zwischen der SOC-Taxonomie und der ESCO-Klassifikation ist unter diesem Weblink abrufbar.

KI-Betroffenheit nach Beruf und Demografie

Abbildung 8 zeigt, dass die KI-Betroffenheit stark zwischen den verschiedenen Berufsgruppen variiert. Berufe mit vergleichsweise hohem Qualifikationsniveau sind signifikant anfälliger für Auswirkungen von KI-Anwendungen. Hierzu zählen unter anderem Berufe im IKT-Bereich wie Web- und

Multimediaentwickler, verschiedene Berufe im Zusammenhang mit der Personal- und Kostenverwaltung, und Berufe im Finanz- und Steuerwesen.

Auch die Größenordnung wird in Abbildung 8 deutlich: Aktuell sind beispielsweise rund 46.000 Personen als nicht-akademische Fachkräfte im Rechnungswesen beschäftigt, einer der Jobs mit der höchsten KI-Betroffenheit. Die am geringsten betroffenen Berufe sind insbesondere Jobs mit einem hohen Grad an manuellen und körperlichen Tätigkeiten. Dies betrifft beispielsweise Küchenhilfen in der Gastronomie oder Berufe im Zusammenhang mit dem Bauwesen (Hilfsarbeiter, Maler, Maurer, etc.). Dabei handelt es sich um Berufe, die einerseits selbst mit KI kaum automatisierbar sind, und in denen andererseits auch keine signifikante Augmentation durch den Einsatz von KI zu erwarten ist.

Aufbauend auf der KI-Betroffenheit nach Beruf kann die Mikrozensus-Arbeitskräfteerhebung herangezogen werden, um die KI-Betroffenheit nach verschiedenen demografischen Merkmalen abzuschätzen. Wir betrachten im Folgenden insbesondere die KI-Betroffenheit nach Geschlecht, Alter, höchster abgeschlossener Bildung und Migrationshintergrund.

Abbildung 9 zeigt die KI-Betroffenheit nach Geschlecht. Dabei wird deutlich, dass Frauen gemäß unseren Ergebnissen stärker von KI betroffen sein werden als Männer. Während rund 48% der männlichen Beschäftigten hoch oder überdurchschnittlich von KI betroffen sind, trifft dies auf 69% der weiblichen Beschäftigten zu. Treiber dieses Unterschieds ist insbesondere ein höherer Anteil an Frauen im Bereich der schulischen Lehrkräfte, der Verkaufsfachkräfte und der Büro- und Sekretariatsfachkräfte. Diese Jobs weisen jeweils eine hohe oder überdurchschnittliche KI-Betroffenheit auf. Gleichzeitig ist der Anteil von männlichen Beschäftigten in manuellen und körperlichen Tätigkeiten, beispielsweise im Bau, deutlich höher.

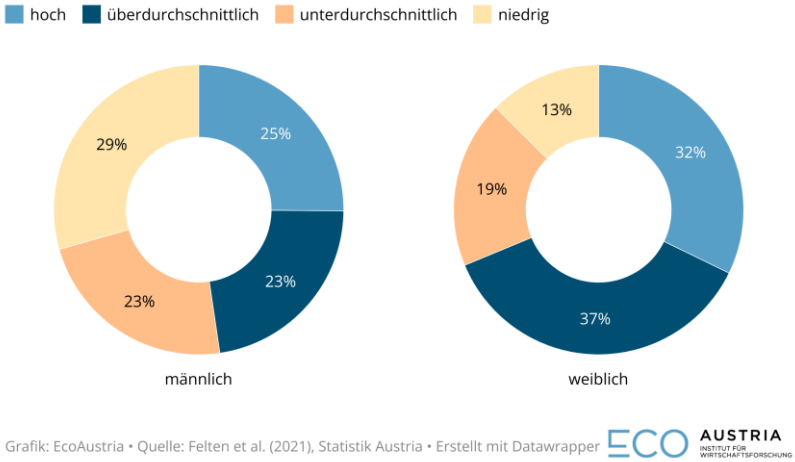
Abbildung 8: KI-Betroffenheit nach Beruf (ISCO-Viersteller)

Rang	Beruf	Beschäftigte	KI-Betroffenheit
1	Web- und Multimediaentwickler	6,4 Tsd.	100,0
2	Akademische und vergleichbare Fachkräfte im Bereich Management- und Organisationsanalyse	28,4 T...	99,1
3	Fachkräfte in der Steuerverwaltung	6,3 Tsd.	97,4
4	Leitende Bedienstete von Interessenorganisationen	10,8 Tsd.	97,0
5	Angehörige gesetzgebender Körperschaften	3 Tsd.	97,0
6	Finanzanalysten	6,2 Tsd.	95,5
7	Wirtschaftsprüfer, Steuerberater und verwandte Berufe	32,7 Tsd.	95,1
8	Kreditsachbearbeiter	10,9 Tsd.	94,6
9	Nicht akademische Fachkräfte im Rechnungswesen	46,1 Tsd.	94,5
10	Finanz- und Anlageberater	13,5 Tsd.	94,3
11	Akademische und vergleichbare Fachkräfte in der Öffentlichkeitsarbeit	7,3 Tsd.	94,0
12	Fachkräfte in Personalschulung und -entwicklung	4,4 Tsd.	94,0
13	Berufsberater und -analytiker und akademische und vergleichbare Personalfachleute	15,8 Tsd.	94,0
14	Führungskräfte im Personalwesen	7,5 Tsd.	93,9
15	Versicherungsvertreter	13,6 Tsd.	93,5
	...		
221	Arbeiter in der Abfall- und Wertstoffsammlung	6,1 Tsd.	10,8
222	Küchenhilfen	33,2 Tsd.	8,8
223	Gabelstaplerfahrer und verwandte Berufe	10,9 Tsd.	8,7
224	Isolierer	3,2 Tsd.	7,5
225	Reinigungspersonal und Hilfskräfte in Privathaushalten	12,1 Tsd.	6,5
226	Verpacker	7,1 Tsd.	5,9
227	Arbeiter in der Abfallsortierung	3,6 Tsd.	5,6
228	Hilfsarbeiter bei der Herstellung von Waren, anderweitig nicht genannt	57 Tsd.	4,6
229	Hilfsarbeiter im Hochbau	13,7 Tsd.	3,9
230	Boden- und Fliesenleger	8,9 Tsd.	3,4
231	Stuckateure	12,4 Tsd.	2,4
232	Betonierer, Betonoberflächenfertiger und verwandte Berufe	5,8 Tsd.	1,2
233	Dachdecker	8,2 Tsd.	1,0
234	Maler und verwandte Berufe	13,2 Tsd.	0,9
235	Maurer und verwandte Berufe	26,2 Ts...	0,0

KI-Exposition ist zwischen 0 und 100 normiert, d.h. jener Beruf mit einer KI-Exposition von 100 ist im Vergleich zu allen anderen Berufen in Österreich der am stärksten von KI transformierte. Die Anzahl der Beschäftigten basiert auf der Arbeitskräfteerhebung 2023 und ist auf Ebene der ISCO 4-Steller dargestellt. Berufe mit weniger als 3000 Beschäftigten sind aus statistischen Gründen nicht erfasst.

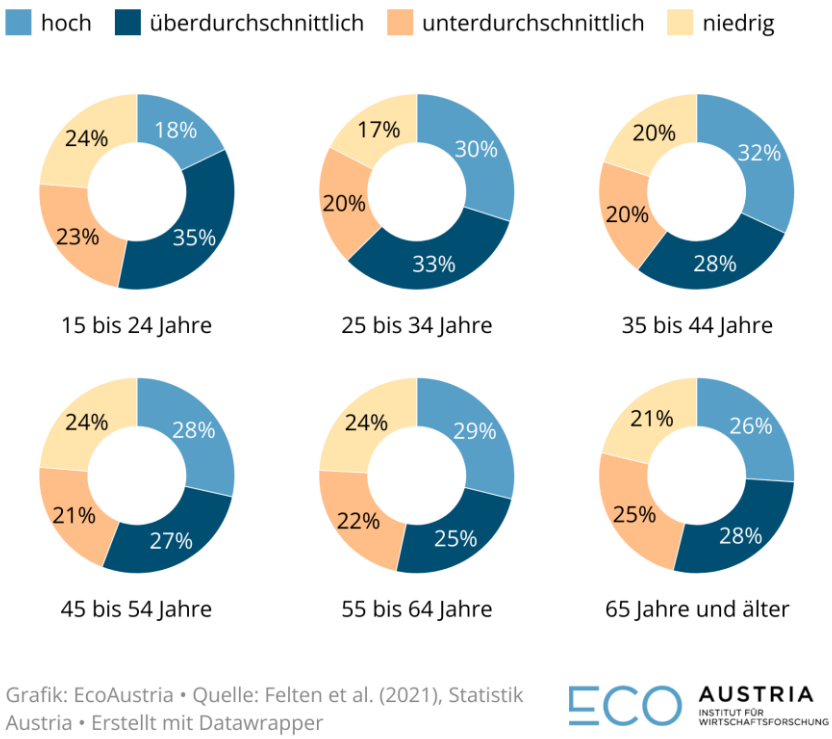
Tabelle: EcoAustria • Quelle: EcoAustria, Felten et al. (2023), Statistik Austria • Erstellt mit Datawrapper

Abbildung 9: KI-Betroffenheit nach Geschlecht, in % der Beschäftigten



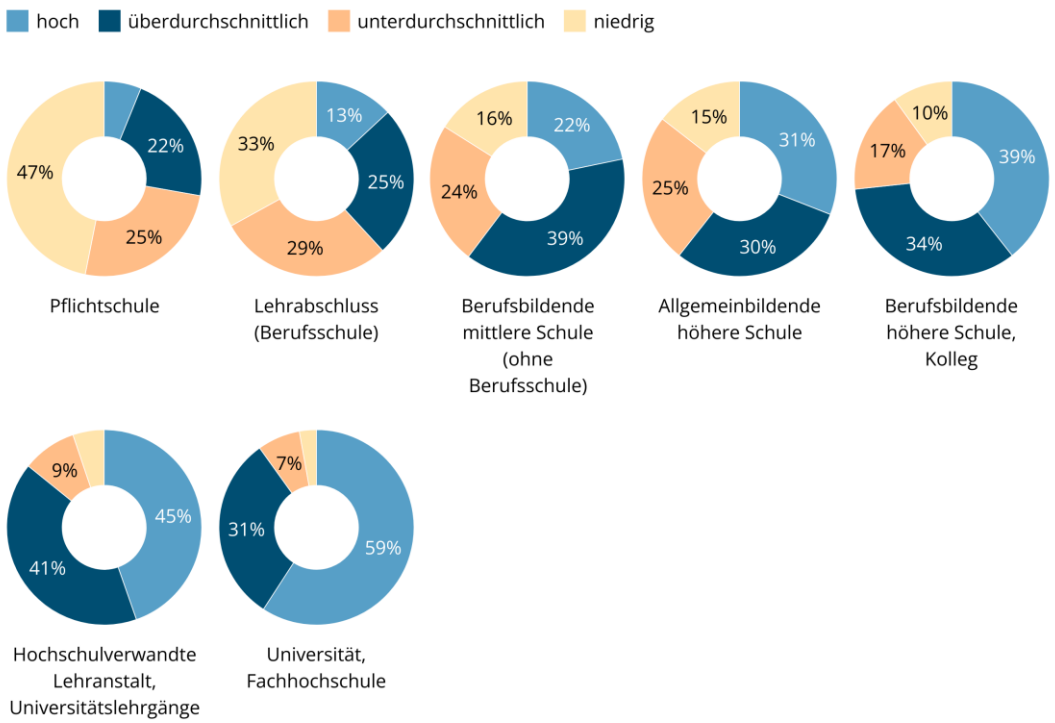
Unterschieden nach Altersgruppen sind hingegen weniger deutliche Differenzen zu sehen, wie Abbildung 10 zeigt. Am stärksten betroffen von KI sind dabei die Beschäftigten zwischen 25 und 34 Jahren (63% sind überdurchschnittlich oder hoch betroffen) sowie jene zwischen 35 und 44 Jahren (60%). In den restlichen Altersgruppen sind zwischen 53% und 55% der Beschäftigten zumindest überdurchschnittlich von KI betroffen.

Abbildung 10: KI-Betroffenheit nach Altersgruppe, in % der Beschäftigten



Bei der Betrachtung der KI-Betroffenheit nach Bildungsgrad fällt auf, dass diese mit höherem Bildungsgrad zunimmt. Abbildung 11 zeigt, dass nur rund ein Viertel der Beschäftigten mit einem Pflichtschulabschluss als höchster Ausbildung hoch oder überdurchschnittlich von KI betroffen ist. Beschäftigte mit einem tertiären Bildungsabschluss sind hingegen zu 90% hoch oder überdurchschnittlich betroffen. Diese Varianz spiegelt wider, dass hochqualifizierte Berufe, die oft analytische und kreative Fähigkeiten erfordern, stärker von KI transformiert werden, während Berufe, die weniger formale Bildung erfordern und oft manuelle Tätigkeiten umfassen, weniger stark betroffen sind. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit der Literatur. So zeigen Teutloff et al. (2024) ähnliche Muster für die KI-Betroffenheit am dänischen Arbeitsmarkt. Eloundou et al. (2023) finden ebenso eine positive Korrelation zwischen KI-Betroffenheit und Ausbildungsgrad.

Abbildung 11: KI-Betroffenheit nach höchster abgeschlossener Bildung, in % der Beschäftigten

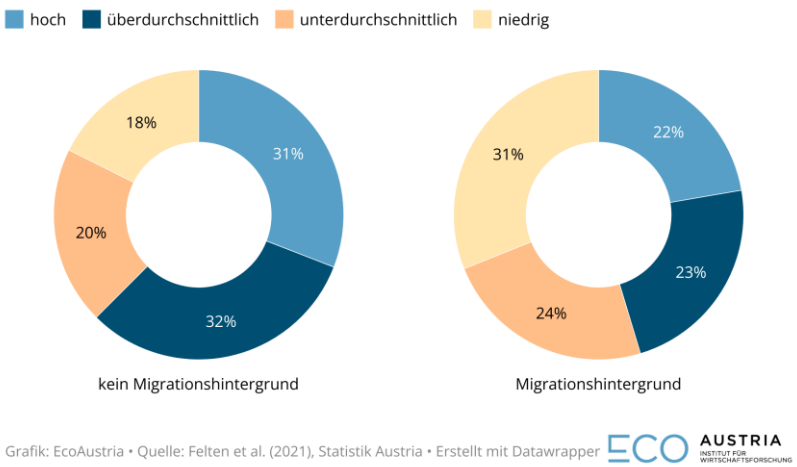


Grafik: EcoAustria • Quelle: Felten et al. (2021), Statistik Austria • Erstellt mit Datawrapper

Ein weiteres demografisches Merkmal, das im Rahmen des Mikrozensus erhoben wird, ist der Migrationshintergrund. Hier zeigen sich deutliche Unterschiede in der KI-Betroffenheit (Abbildung 12). Beschäftigte mit Migrationshintergrund sind deutlich geringer von KI betroffen als Beschäftigte ohne Migrationshintergrund. So sind rund 45 Prozent der Beschäftigten mit Migrationshintergrund hoch oder überdurchschnittlich von KI betroffen. Dies trifft im Unterschied dazu aber auf 63 Prozent der Beschäftigten ohne Migrationshintergrund zu. Grund hierfür sind Unterschiede in der Berufsstruktur.

Personen mit Migrationshintergrund sind zu einem höheren Anteil in Berufen tätig, die handwerkliche oder manuelle Tätigkeiten beinhalten. Diese Berufe sind tendenziell niedriger betroffen. Hierzu zählen beispielsweise Reinigungskräfte oder Hilfsarbeiter im herstellenden Bereich und Transport.

Abbildung 12: KI-Betroffenheit nach Migrationshintergrund, in % der Beschäftigten



KI-Betroffenheit nach Branche

Die KI-Betroffenheit nach Beruf ermöglicht in einem weiteren Schritt die Übersetzung in KI-Betroffenheit nach Branche, da im Rahmen der Arbeitskräfteerhebung erfasst wird, welche Berufe in welchen Branchen ausgeübt werden (siehe Box 11).

Abbildung 13 zeigt, dass KI die einzelnen Branchen in Österreich sehr unterschiedlich betrifft. Die Rechtsberatung und Wirtschaftsprüfung ist demnach beispielsweise die am stärksten von KI transformierte Branche: Rund 99% der Beschäftigten in der Rechtsberatung und Wirtschaftsprüfung üben einen Beruf aus, der auf Basis der Daten von Felten et al. (2021, 2023) stark oder überdurchschnittlich von KI betroffen sein wird. Dazu zählen unter anderem die knapp 16.000 JuristInnen, die in der Rechtsberatung und Wirtschaftsprüfung tätig sind, aber auch akademische und nicht-akademische Fachkräfte im Finanzbereich (rund 25.000 Beschäftigte) und Sekretariatsfachkräfte (knapp 11.000 Beschäftigte).[41]

Am unteren Ende der berufsbezogenen KI-Betroffenheit findet sich die Gastronomie. Nur 9 Prozent der Beschäftigten üben in der Gastronomie Berufe aus, die hoch oder überdurchschnittlich von KI betroffen

[41] Die betroffenen Berufe verdeutlichen dabei auch, dass das von Felten et al. (2021, 2023) publizierte Maß der KI-Betroffenheit nicht zwischen Automatisierung und Aufwertung der Berufe unterscheiden kann. Zum einen ist denkbar, dass KI im Bereich der Sekretariatsfachkräfte teils automatisierend wirkt und die Nachfrage nach diesen Berufen unter Umständen reduziert. Zum anderen ist zu erwarten, dass der Beruf der JuristInnen durch den Einsatz von KI eher eine Aufwertung als Automatisierung erfährt, da das menschliche Urteilsvermögen weiterhin eine zentrale Bedeutung einnehmen wird.

sein werden. Rund zwei Drittel der Beschäftigten in der Gastronomie sind KöchInnen, KellnerInnen und Hilfskräfte in der Nahrungsmittelzubereitung, die allesamt wenig von KI betroffen sind.

Ein zentraler Aspekt, um diese Ergebnisse einordnen zu können, ist aber, inwieweit die branchenspezifischen KI-Betroffenheiten mit Österreichs Branchenstruktur und Spezialisierungen überlappen. Zur Einordnung werden hier drei Spezialisierungsmaße herangezogen: Österreichs Spezialisierungen (1) in Bezug auf die Anzahl der Beschäftigten nach Branche im Vergleich zu anderen europäischen Ländern, (2) im Warenaußenhandel im globalen Vergleich, und (3) im Dienstleistungsaußenhandel im globalen Vergleich (siehe Box 11).

Box 11: Methodik zur Abschätzung der Spezialisierungen

Wir erfassen das Ausmaß einer Spezialisierung mithilfe des Revealed Comparative Advantage (RCA; Balassa 1965), der in der Literatur üblicherweise hierfür herangezogen wird. Ein Land gilt dabei als in einer Branche spezialisiert, wenn im Verhältnis zur Größe des Landes und der Branche überproportional viele Beschäftigte in dieser Branche angestellt sind. Mathematisch lässt sich der *RCA* wie folgt beschreiben. X_{cp} beschreibt dabei die Anzahl an Beschäftigten in Branche *p* in Land *c*:

$$RCA_{cp} = \frac{X_{cp}/\sum_p X_{cp}}{\sum_c X_{cp}/\sum_{c,p} X_{cp}}$$

Ein Land ist spezialisiert in einer Branche, wenn der entsprechende RCA größer als 1 ist, d. h. wenn der Anteil der Branche im eigenen Land größer ist als der Anteil der Branche im globalen Vergleich.

Die Idee lässt sich dabei auf sämtliche Variablen umlegen, die die geografische Verteilung von ökonomischen Aktivitäten beschreiben. Im Rahmen dieser Studie werden Spezialisierungen auf drei Ebenen herangezogen:

- Beschäftigte auf NACE-Zweisteller-Ebene im europäischen Vergleich (Daten: Eurostat)
- Warenexporte auf HS-Einsteller-Ebene (*Harmonisiertes System*) im weltweiten Vergleich (Daten: oec.world)
- Dienstleistungsexporte gemäß der Balance of Payments im weltweiten Vergleich (Daten: WTO)

Abbildung 13: KI-Betroffenheit nach Branche, in % der Beschäftigten

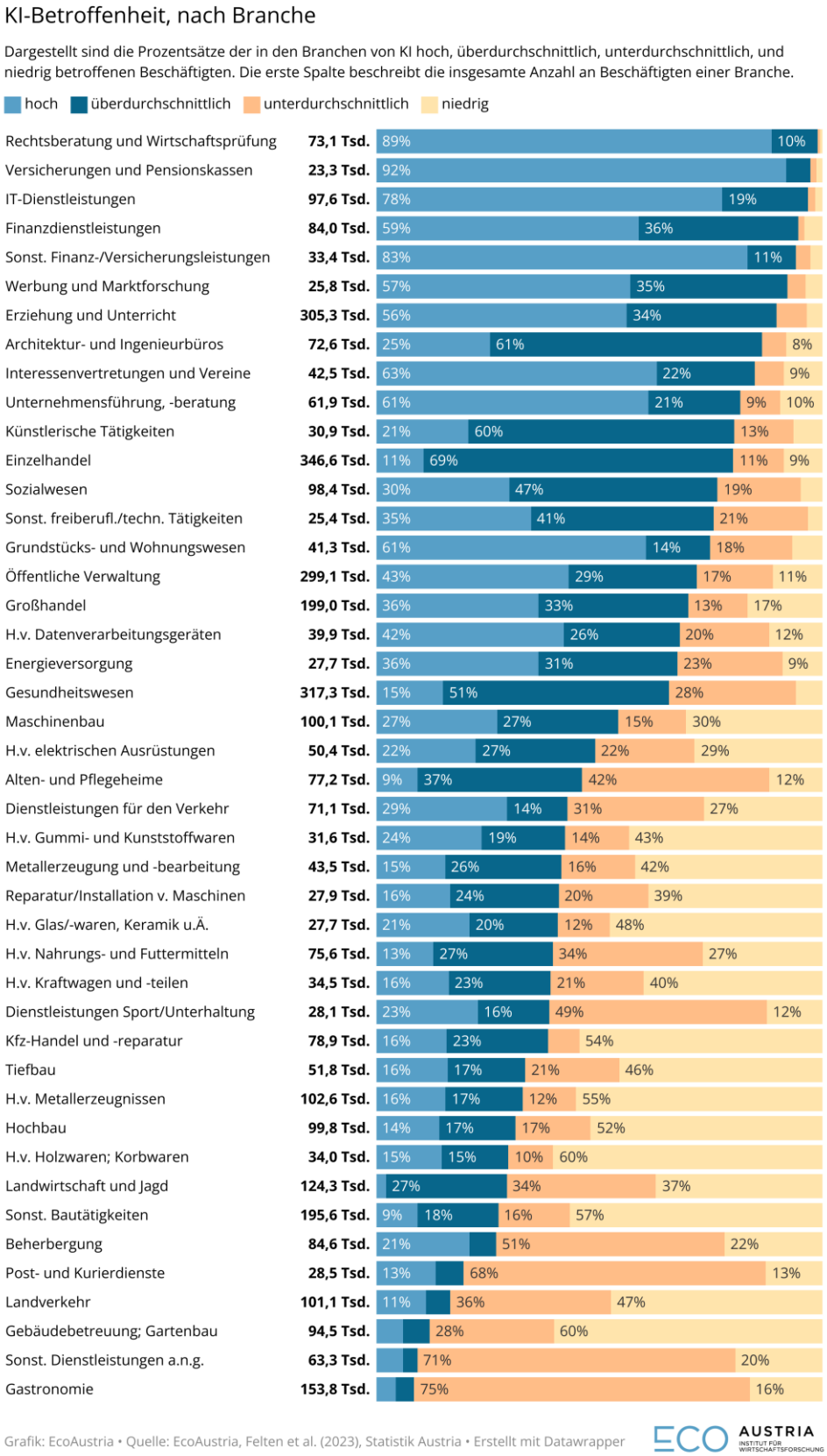
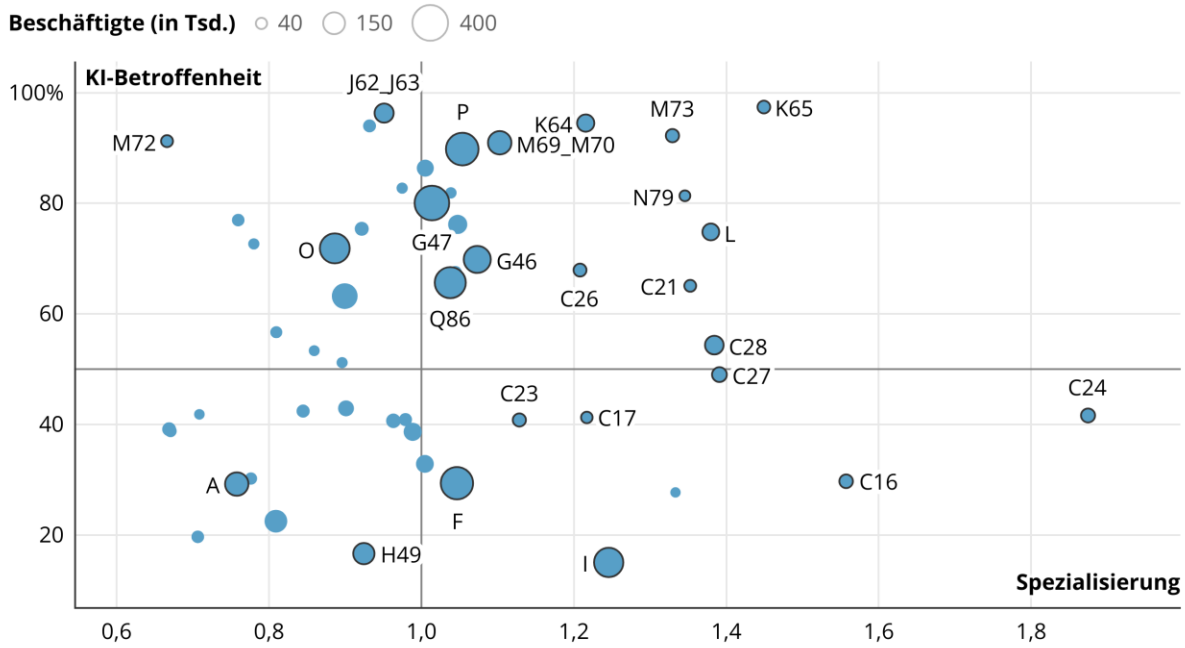


Abbildung 14 zeigt die berufsbezogene KI-Betroffenheit in verschiedenen Branchen in Österreich und setzt diese in Bezug zu deren Spezialisierungsgrad in Hinblick auf Beschäftigte. Die horizontale Achse stellt dabei die Spezialisierung der Branchen dar, während die vertikale Achse den Anteil der Beschäftigten in den jeweiligen Branchen zeigt, die hoch oder überdurchschnittlich von KI betroffen sind. Die Größe der Kreise repräsentiert die Anzahl der Beschäftigten in Tausend (Tsd.) in den jeweiligen Branchen.

Einige Beispiele verdeutlichen die Unterschiede zwischen den Branchen. IKT-Dienstleistungen (J62_J63) sowie F&E-Dienstleistungen (M72) sind aufgrund ihrer Beschäftigungsstruktur stark von KI betroffen. Österreich ist aber gemessen an der Anzahl der Beschäftigten in beiden Branchen nicht spezialisiert. Im Gegensatz dazu gibt es auch einige Branchen, in denen Österreich stark spezialisiert ist, die aber nur zu einem vergleichsweise geringen Teil von KI betroffen sein werden. Hierzu zählen beispielsweise die Metallerzeugung und -bearbeitung (C24), die Herstellung von Holzwaren (C16), oder die Beherbergung & Gastronomie (I).

Branchen, in denen Österreich hingegen hochspezialisiert ist und die stark von KI betroffen sein werden, sind beispielsweise Finanzdienstleistungen (K64, K65), Werbung und Marktforschung (M73), oder Rechtsberatung, Wirtschaftsprüfung und Unternehmensberatung (M69_M70). Auch Branchen mit einer hohen Anzahl an Beschäftigten wie der Groß- und Einzelhandel (G46, G47), das Gesundheitswesen (Q86) und das Bildungswesen (P) sind Branchen, in denen Österreich überproportional viele Menschen arbeiten und die stark von KI betroffen sein werden. Darüber hinaus fallen einige produzierende Sektoren in diesen Bereich, z. B. der Maschinenbau (C28), die Herstellung von pharmazeutischen Produkten (C21) und die Herstellung von elektronischen und optischen Geräten (C26).

Abbildung 14: KI-Betroffenheit nach Branche (in % der Beschäftigten) und Spezialisierungsgrad



Die KI-Betroffenheit beschreibt den Anteil an Beschäftigten der Branche, die hoch oder überdurchschnittlich von KI betroffen sind. Der Spezialisierungsgrad beschreibt, inwieweit Österreich im EU-Vergleich überproportional viele Leute in einer Branche beschäftigt.

Grafik: EcoAustria • Quelle: EcoAustria, Felten et al. (2023), Eurostat • Erstellt mit Datawrapper

Neben der Anzahl der Beschäftigten kann das Ausmaß der Spezialisierung im Waren- und Dienstleistungsexport ein weiteres Maß der Wettbewerbsfähigkeit sein. Abbildung 15 zeigt die Spezialisierungsgrade Österreichs im Warenexport im Jahr 2022 und im Dienstleistungsexport im Jahr 2021. Die Klassifikationen des Harmonisierten Systems zur Beschreibung des Warenexports sowie der Zahlungsbilanz zur Beschreibung der Dienstleistungsexporte sind nur zum Teil mit der NACE-Klassifikation vergleichbar, weswegen hier von einer direkten Gegenüberstellung abgesehen wird. Nichtsdestotrotz können einige Parallelen gezogen und Unterschiede herausgearbeitet werden.

Im Bereich der Metallerzeugung und -bearbeitung (C24) oder der Holzprodukte (C16) besteht beispielsweise nicht nur auf der Ebene der Beschäftigten ein komparativer Vorteil (Abbildung 14), sondern auch auf der Ebene der Warenexporte (Abbildung 15). Anders verhält es sich etwa bei den Finanzdienstleistungen (K64, K65), bei denen Österreich zwar nach den Beschäftigten, aber nicht nach den Exportzahlen spezialisiert ist.

Allgemein fällt auf, dass jene Branchen, in denen Österreich auf den Warenexport spezialisiert ist, tendenziell geringer von KI betroffen sind. Hierzu zählen insbesondere die Metallerzeugung und -

bearbeitung (C24), die Herstellung von Holzprodukten (C16), die Herstellung von Papierprodukten (C17) und die Herstellung von Glas- und Steinwaren (C23). Dies trifft auch auf die Dienstleistungsexporte zu. Reisedienstleistungen (z. B. Beherbergung und Gastronomie [I]) oder Transportdienstleistungen (H49) sind nicht besonders stark von KI betroffen, Österreich ist hier aber signifikant spezialisiert. Branchen, in denen Österreich im internationalen Wettbewerb sehr kompetitiv ist und die auch von KI stärker betroffen sein werden, sind hingegen die Herstellung von chemischen Produkten, insbesondere die Pharmazie, die Herstellung von elektronischen Geräten und der Bereich der F&E-, Beratungs- und technischen Dienstleistungen.

Abbildung 15: Waren- und Dienstleistungsexportspezialisierungen Österreichs

Kat.	Produktgruppe / Dienstleistung	Spezialisierungsgrad	Exportvolumen, in USD
W	Waffen	3,9	650 Mio.
W	Holz(-produkte)	3,9	6 Mrd.
W	Papier(-produkte)	2,6	8 Mrd.
W	Metall(-produkte)	2,0	30 Mrd.
DL	Reisedienstleistungen	1,7	10 Mrd.
W	Lebensmittel	1,6	11 Mrd.
W	Fahrzeuge & Transportmittel	1,3	22 Mrd.
W	Stein- und Glasprodukte	1,2	2 Mrd.
DL	Transportdienstleistungen	1,2	15 Mrd.
W	Chemische Erzeugnisse	1,1	24 Mrd.
W	Plastik(-produkte)	1,1	11 Mrd.
DL	F&E-, Beratungs- und technische Dienstleistungen	1,1	19 Mrd.
DL	Wartungs- und Reparaturdienstleistungen	1,1	1 Mrd.
W	Maschinen	1,1	55 Mrd.
DL	Industrielle Dienstleistungen	1,1	2 Mrd.
DL	Baudienstleistungen	1,0	1 Mrd.
DL	IKT-Dienstleistungen	1,0	7 Mrd.
W	Instrumente & Messgeräte	1,0	6 Mrd.
W	Tierische Produkte	0,9	4 Mrd.
W	Textilprodukte	0,7	6 Mrd.
W	Schuhe und Kopfbedeckungen	0,7	1 Mrd.
DL	Persönliche und kulturelle Dienstleistungen	0,6	775 Mio.
DL	Versicherungen und Pensionskassen	0,5	975 Mio.
W	Tierhäute	0,5	527 Mio.
W	Wertvolle Metalle	0,4	3 Mrd.
DL	Finanzdienstleistungen	0,4	3 Mrd.
W	Agrarprodukte	0,4	3 Mrd.
DL	Nutzung von geistigem Eigentum	0,3	2 Mrd.
W	Mineralische Produkte	0,3	11 Mrd.

Daten für Warenexporte basieren auf dem Jahr 2022, für Dienstleistungsexporte auf dem Jahr 2021.

Tabelle: EcoAustria • Quelle: EcoAustria, OEC, WTO • Erstellt mit Datawrapper

Auswirkungen des AI Act für Fokusbranchen

Im Folgenden werden Fokusbranchen hinsichtlich ihrer Betroffenheit in Bezug auf die im AI Act vorgesehenen Regularien analysiert. Es zeigt sich, dass sich die Betroffenheit gegenüber Regularien des AI Act zwischen Branchen unterscheidet. Als Fokusbranchen werden jene Branchen identifiziert, die

gemäß den Analysen im obigen Abschnitt einerseits stark von KI betroffen sind und in denen Österreich aufgrund der Beschäftigungsstruktur bzw. der internationalen Exportorientierung stark spezialisiert ist. Die Fokusbranchen sind für die wirtschaftspolitische Betrachtung in Österreich besonders relevant. Für sie folgt eine Abschätzung der Betroffenheit durch den AI Act.

Für alle Branchen ist eine allgemeine Betroffenheit aus dem AI Act gegeben. Wie in Abschnitt 2.2 festgestellt wurde, ist für alle Branchen eine verstärkte Annahme und Implementation von KI-basierten Anwendungen in Prozessen, Produkten und Diensten festzustellen. Daraus ergibt sich für alle Branchen eine allgemeine Betroffenheit aus dem AI Act. Diese allgemeine Betroffenheit hat insbesondere zusätzliche Erfüllungskosten und Compliance-Ebenen zur Folge. Die Unternehmen müssen sich im Rahmen ihrer Qualitäts- und Compliance-Systeme auf daraus resultierende Transparenzverpflichtungen und Erfüllungskosten einstellen. Dabei stellt sich die Frage, ob sich für einzelne der Fokusbranchen speziell eine höhere Betroffenheit und ein überdurchschnittlicher Erfüllungsaufwand auf Basis des AI Act ergibt. Dies könnte sich etwa im Kontext der Hochrisiko-Regulierung oder der Anforderungen an GPAI-Modelle ergeben. Schließlich wird abgeschätzt, ob sich aus der Regulierung ein spezieller und über den bestehenden Rechtsrahmen hinausgehender Grad an Restriktion ergibt. Im Rahmen der obigen empirischen Analyse werden folgende Branchen als Fokusbranchen identifiziert:

- Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen
- Herstellung von elektronischen und optischen Produkten
- Maschinenbau
- Finanzdienstleistungen
- Werbung und Marktforschung
- Rechts- und Unternehmensberatung
- Groß- und Einzelhandel

Die **Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen** (C21) beinhaltet die Herstellung von Arzneimitteln chemischen und botanischen Ursprungs. Die pharmazeutische Industrie wird stark von KI transformiert. Im Allgemeinen kann der Einsatz von KI in der Pharmaindustrie, wie auch in allen anderen Branchen, in die Hochrisiko-Regulierung fallen, wenn sich aus dem Einsatz entsprechende Risiken für Gesundheit, Sicherheit oder Grundrechte ergeben. Dabei kann für Unternehmen der Pharmaindustrie im konkreten Fall Restriktion oder Erfüllungsaufwand entstehen. Im Allgemeinen ist für die pharmazeutische Industrie jedoch keine spezifische Betroffenheit im Vergleich zu anderen Branchen erwartbar. Anhang III umfasst keine Bereiche, die die Pharmaindustrie im Speziellen betreffen. Die in Anhang 1 genannten Bereiche betreffen Medizinprodukte und In-vitro-Diagnostika. Diese Bereiche sind aber von Erzeugnissen der pharmazeutischen Industrie abgegrenzt. In der pharmazeutischen Industrie ist KI

insbesondere bei der Erforschung und Innovation von Wirkstoffen und Arzneimitteln relevant. Hier gilt, dass F&E aus den Regularien des AI Act ausgenommen ist. Schließlich ist im Hinblick auf zusätzliche Restriktionen festzustellen, dass für die pharmazeutische Industrie schon vor dem AI Act eine weitreichende Regulierung auf Ebene der EU sowie auf nationaler Ebene gilt, etwa in Form des Arzneimittelgesetzes[42] und darauf aufbauenden Regularien. Die Unternehmen erfüllen darüber hinaus umfassende Normen. Resümierend ergibt sich für die pharmazeutische Industrie kein substanziell erhöhter Restriktionsgrad, der über die bestehende Gesetzgebung hinausgeht, sowie keine verstärkte branchenspezifische Betroffenheit im Vergleich zu anderen Branchen.

Die **Herstellung von elektronischen und optischen Produkten** (C26) umfasst u. a. die Herstellung von Computern und ähnlichen elektronischen Erzeugnissen sowie von entsprechenden Produktkomponenten, von Geräten der Unterhaltungselektronik, Mess-, Kontroll-, Navigations- und Steuerungsinstrumenten, Therapiegeräten, elektromedizinischen Geräten, optischen Instrumenten und Geräten sowie magnetischen und optischen Datenträgern. Die Branche wird stark durch KI transformiert. Wie auch in allen anderen Branchen können Anwendungen zunächst allgemein in die Hochrisiko-Regulierung fallen, wenn sich aus dem Einsatz entsprechende Risiken ergeben. Dabei können für Unternehmen der elektronischen und optischen Industrie Restriktionen oder Erfüllungskosten entstehen. Eine spezifische Betroffenheit kann sich für die Branche darüber hinaus im Zusammenhang mit einigen in Anhang 1 erfassten Regularien ergeben. Hier ist insbesondere auf die Richtlinie über die Bereitstellung von Funkanlagen auf dem Markt, die Verordnung über Medizinprodukte oder die Maschinenrichtlinie bzw. die neue Maschinenverordnung zu verweisen. Es können sich aus der Hochrisiko-Regulierung des AI Act und sektoralen Regularien Doppelungen und Mehrfachregulierungen ergeben. Branchenvertretungen zeigen zum Teil auch Inkonsistenzen und Unsicherheiten im Hinblick auf die Reichweite der Hochrisiko-Regulierung auf.[43] Der Grad der zusätzlichen Restriktion ist vor dem Hintergrund der bereits bestehenden weitreichenden Regulierung und Normierung der Branche als gering einzustufen. Zugleich entsteht aber jedenfalls, und speziell im Kontext von Hochrisiko-Regulierung, ein zusätzlicher Erfüllungsaufwand. Industrievertretungen befürchten, dass eine weitreichende Auslegung der Regularien auch bestehende Formen der Nutzung betreffen könnte. Dies würde die Produktionskosten erhöhen und die Wettbewerbsfähigkeit belasten. Resümierend ergibt sich im Bereich der Herstellung von elektronischen und optischen Produkten kein über die bestehende Rechtslage hinausgehender Grad der Restriktion. Jedoch lässt sich im Zusammenspiel mit sektoralen

[42] Arzneimittelgesetz im Rechtsinformationssystem (RIS) unter dem Weblink.
[43] Siehe hierzu etwa die Stellungnahme des deutschen Verbandes der Elektro- und Digitalindustrie (ZVEI) unter dem Weblink.

Regularien eine Ausweitung des Erfüllungsaufwands annehmen, der das vergleichbare Maß von Erfüllungsaufwand anderer Branchen übersteigen könnte.

Der **Maschinenbau** (C28) umfasst den Bau von Maschinen, die mechanisch oder durch Wärme auf Materialien einwirken oder an Materialien Vorgänge durchführen, einschließlich ihrer mechanischen Bestandteile. Die Branche wird sowohl auf der Ebene der Fertigungsprozesse wie auch bei der Implementation und Ausstattung von Endprodukten stark von KI transformiert. Die Bewertung der Betroffenheit ist vergleichbar mit jener der Herstellung von elektronischen und optischen Erzeugnissen. Wie auch in allen anderen Branchen können Anwendungen zunächst allgemein in die Hochrisiko-Regulierung fallen, wenn sich aus dem Einsatz entsprechende Risiken ergeben. Eine darüberhinausgehende branchenspezifische Relevanz ergibt sich aus in Anhang 1 genannten Regularien und Materien, etwa der Maschinenrichtlinie, die im Jahr 2027 von der Maschinenverordnung abgelöst werden wird. In Österreich ist die Materie durch die Maschinen-Sicherheitsverordnung[44] umgesetzt. Branchenvertretungen identifizieren eine Mehrfachregulierung zwischen dem AI Act und sektoralen Regularien.[45] Eine spezielle Betroffenheit könnte sich zudem im Kontext der in Anhang 3 genannten Sicherheitssysteme bei kritischer Infrastruktur ergeben, sofern herstellende Unternehmen in Bereichen kritischer Infrastruktur agieren und die im AI Act genannten Ausnahmeregelungen nicht zutreffen. Es ist für den Maschinenbau kein substanzieller Anstieg des Restriktionsgrades über die bestehende Rechtslage hinaus zu erwarten, weil der Einsatz von KI-Systemen bereits außerhalb des AI Act weitreichend reguliert ist und die Unternehmen weitreichende Normen beachten. Der AI Act führt zwar eine zusätzliche regulatorische Ebene ein, baut aber auf bestehenden Regelungen auf. Beispielhaft sind Regularien zur Produktsicherheit (z. B. Maschinenrichtlinie bzw. Maschinenverordnung), Normen zum Qualitätsmanagement (z. B. Qualitätsmanagement-Norm ISO 9001), zum Risikomanagement (z. B. Risikomanagement-Norm ISO 31000) oder zum Datenschutz (z. B. DSGVO) zu nennen. Auch wenn durch den AI Act kein substanziell erhöhter Grad an Restriktion entsteht, so ergibt sich jedenfalls eine zusätzliche und eigenständige Compliance-Ebene, die auch mit entsprechenden Verfahrenskosten und Compliance-Prozessen verbunden ist. Zugleich identifizieren Branchenvertretungen Rechtsunsicherheiten, die aus Inkonsistenzen zwischen dem AI Act und sektoralen Regularien im Hinblick auf die Reichweite der Hochrisiko-Regulierung entstehen können[46]. Die Unternehmen erwarten klare Auslegungsrichtlinien und Vorgaben.

[44] Maschinen-Sicherheitsverordnung im Rechtsinformationssystem unter dem Weblink.
[45] Siehe hierzu die Stellungnahme von CECIMO (European Association of Machine Tool Industries and Related Manufacturing Technologes) unter dem Weblink.
[46] Eine entsprechende Argumentation findet sich etwa in der Stellungnahme von Bitkom vom Februar 2024 unter dem Weblink.

Die Branchen der **Finanzdienstleistungen** (K64) und **Versicherungsdienstleistungen** (K65) werden in ihren Prozessen und Produkten stark durch KI transformiert. Es wird dabei auch eine hohe Betroffenheit gegenüber dem AI Act und der hier implementierten Hochrisiko-Regulierung erwartet (siehe Meier und Spichinger 2024). Als Beispiel sind Hochrisiko-Bereiche nach Anhang 3 anzuführen, etwa KI-Systeme zur persönlichen Bewertung der Bonität oder Kreditwürdigkeit bzw. von Risiken und Prämien bei Lebens- und Krankenversicherungen. In Bereichen des automatisierten Tradings oder der Abwicklung von Finanztransaktionen könnten sich systemische Risiken der Finanzmarktstabilität und Finanzmarktsicherheit ergeben. Für Finanz- und Versicherungsdienstleistungen ergibt sich folglich eine hohe unmittelbare Betroffenheit von Regulierung und entsprechender Erfüllungs- und Compliance-Aufwand. Dabei ist der entstehende zusätzliche Restriktionsgrad auch im Kontext bestehender Regularien zu bewerten. In Österreich sind hier etwa das Bankwesengesetz[47], das Kapitalmarktgesetz[48] oder das Finanzmarkt-Geldwäschegesetz[49] relevant. Darüber hinaus sind weitere Regularien auf EU- und internationaler Ebene zu berücksichtigen (DORA[50], Basel III, MiFID II[51], Solvency II[52]). Ein über die bestehende Rechtslage substanziell hinausgehender Grad der Restriktion ist bei Finanz- und Versicherungsdienstleistungen nicht zu erwarten. Auch wenn sich Überschneidungen mit bestehenden Regularien ergeben könnten und Anbieter mit gut ausgebauten Systemen des Compliance-Managements Vorteile aus Synergien haben könnten, so schafft der AI Act für Unternehmen des Finanz- und Versicherungswesens jedenfalls eine zusätzliche Compliance-Ebene. Resümierend wird der Grad zusätzlicher Restriktion zwar als gering eingeschätzt. Es ist jedoch ein hoher Grad der Betroffenheit gegenüber dem AI Act gegeben, aus der zusätzliche Compliance-Verfahren und Erfüllungskosten entstehen. Es ist eine Erhöhung des Erfüllungsaufwands zu erwarten.

Der Bereich von **Werbung und Marktforschung** (M73) umfasst u. a. Dienstleistungen der Planung von Werbekampagnen und ihrer Platzierung. Die Branche wird stark durch KI transformiert. Im Zusammenhang mit etablierten Praktiken – etwa KI-unterstützte Chatbots, personalisierte Empfehlungssysteme oder zielgerichtete Werbung (Targeted Advertising) – wird es zu mehr Transparenz- und Informationsverpflichtungen kommen. Für die Branche ist generative KI bedeutsam. Im Kontext der Regulierung von GPAI-Modellen wird der AI Act dabei stärker die Anbieter von

[47] Bankwesengesetz im Rechtsinformationssystem unter dem Weblink.
[48] Kapitalmarktgesetz im Rechtsinformationssystem unter dem Weblink.
[49] Finanzmarkt-Geldwäschegesetz im Rechtsinformationssystem unter dem Weblink.
[50] Der Digital Operational Resilience Act (DORA) ist eine europäische Verordnung für das Management digitaler Risiken auf Finanzmärkten sowie zu Anforderungen an IKT-Sicherheit und Abwehr von Cyberkriminalität.
[51] MiFID II ist die Finanzmarktrichtlinie der Europäischen Union.
[52] Solvency II bzw. Solvabilität II ist die Richtlinie der Europäischen Union betreffend die Aufnahme und Ausübung der Versicherungs- und der Rückversicherungstätigkeit. Eine Säule der Richtlinie besteht in Berichterstattungspflichten und Standards der Berichtslegung.

zugrundeliegenden Sprachmodellen betreffen. Wie auch in allen anderen Branchen können Anwendungen auch in die Hochrisiko-Regulierung fallen, wenn sich aus dem Einsatz entsprechende Risiken ergeben. Dabei kann für die Unternehmen, wie auch in anderen Branchen, Erfüllungsaufwand in Form von Dokumentationspflichten und Nachweispflichten entstehen. In der Hochrisiko-Regulierung des AI Act sind aber grundsätzlich keine Bereiche erfasst, die spezifisch für Werbung und Marktforschung gelten. Es ist keine branchenspezifische Betroffenheit zu erwarten und kein über das bestehende Maß der Regulierung hinausgehender Grad der Restriktion. Erfüllungsaufwand kann sich insbesondere im Kontext von Anwendungen mit geringem Risiko ergeben, etwa im Zusammenhang mit der Nutzung von Sprachmodellen, generativer KI und Systemen der Personalisierung.

Die **Rechts- und Unternehmensberatung** (M69 und M70) umfasst professionelle und zum Teil freiberufliche Dienstleistungen der Rechts- und Steuerberatung, Wirtschaftsprüfung (M69) sowie Unternehmensberatung (M70). Die Branchen werden stark von KI transformiert. Wie auch Ergebnisse der ExpertInnen-Interviews zeigen (Abschnitt 5), sind für diese Branchen insbesondere Anwendungen von generativer KI relevant, etwa im Zusammenhang mit der Rechtsrecherche oder die Generierung von Inhalten, Text und Bildern, Designs oder Plänen. Hier ist zu erwarten, dass Erfüllungs-, insbesondere aber Transparenzverpflichtungen relevant sein werden. Wie auch in allen anderen Branchen können Anwendungen bei entsprechender Risikolage auch hier in die Hochrisiko-Regulierung fallen. Dabei kann auch im Bereich Rechts- und Unternehmensberatung ein verstärkter Erfüllungsaufwand entstehen. Eine branchenspezifische Relevanz ist jedoch kaum zu erkennen. Dies gilt auch unter Berücksichtigung der in Artikel 3 genannten Bereiche der Rechtspflege. Die in der Branche umfassten freien Berufe sind zudem durch ein hohes Maß an berufsrechtlicher Regulierung und Verantwortlichkeit geprägt. Ein über die gegebene Rechtslage hinausgehender Grad an Restriktion ist hier nicht erwartbar.

Groß- und Einzelhandel (G46 und G47) werden stark durch KI transformiert (siehe Anhang A.5). Dies betrifft interne Prozesse der Logistik und der Steuerung, aber auch die Vermarktung und die Organisation und Bereitstellung von Dienstleistungen nach außen gegenüber KundInnen oder im Zusammenhang mit Vorleistungen. Insbesondere im Zusammenhang mit der Kommunikation und Interaktion nach außen ist zu erwarten, dass Transparenzverpflichtungen und Dokumentationspflichten wirksam werden. Wie in allen anderen Branchen können im spezifischen Anwendungskontext auch Anforderungen der Hochrisiko-Regulierung und damit verbundene Erfüllungskosten relevant werden. Dabei ist aber für den Groß- und Einzelhandel keine branchenspezifische Betroffenheit und auch kein über die bestehende Rechtslage hinausgehender Grad der Restriktion im Kontext des AI Act zu konstatieren.

Zusammenfassende Betrachtung

Die empirischen Ergebnisse für Österreich basierend auf den Daten von Felten et al. (2021, 2023) zeigen, wie unterschiedlich KI auf die Tätigkeits- und Beschäftigungsstruktur wirkt, im Unterschied zu früheren Digitalisierungs- und Automatisierungswellen. Während früher vor allem manuelle Routine-Aufgaben durch digitale Technologien automatisiert wurden, sind nun auch kognitive Routine-Tätigkeiten betroffen (wenngleich unklar ist, ob KI automatisierend oder augmentierend wirkt). Dies spiegelt sich in den auf Basis ihrer Tätigkeiten am stärksten betroffenen Berufen wider. So sind Web- und Multimediaentwickler die am stärksten durch KI betroffene Berufsgruppe, gemeinsam mit verschiedenen Fach- und Führungskräften im Dienstleistungsbereich. Gering betroffen sind hingegen Arbeiter und Hilfskräfte im herstellenden Bereich und der Bauwirtschaft.

Dies führt dazu, dass andere demografische Beschäftigungsgruppen von KI betroffen sind als von früheren Digitalisierungswellen. Während die Robotisierung vor allem männliche, niedrig-qualifizierte Beschäftigte betroffen hat, zeigt sich basierend auf unserer Analyse für Österreich, dass beispielsweise weibliche Beschäftigte stärker von KI betroffen als männliche. KI-Betroffenheit korreliert außerdem positiv mit dem Ausbildungsgrad. Personen ohne Migrationshintergrund sind weiters leicht höher von KI betroffen als jene mit Migrationshintergrund.

Auf Ebene der Branchen zeigt sich, dass Dienstleistungsbranchen wie Rechtsberatung & Wirtschaftsprüfung, Versicherungen und Finanzdienstleistungen sowie IKT-Dienstleistungen basierend auf ihrer Beschäftigungsstruktur durch KI stark transformiert werden. Im Unterschied dazu sind viele Branchen im herstellenden Bereich und die Bauwirtschaft, aber auch die Gastronomie und Beherbergung, vergleichsweise wenig von KI betroffen.

Stellt man die branchenspezifische KI-Betroffenheit den österreichischen Branchenspezialisierungen in Hinblick auf die Anzahl der Beschäftigten und der Exporte gegenüber, so fallen einige wenige Branchen auf. Im herstellenden Sektor zählt die Herstellung von chemischen Erzeugnissen, Maschinen, und elektronischen und optischen Geräten dazu. Diese sind gemäß der österreichischen Beschäftigungsstruktur überdurchschnittlich stark von KI betroffen und stellen Spezialisierungen Österreichs auf Ebene der Beschäftigten und der Exporte dar. Das trifft außerdem auf F&E, Beratungs- und technische Dienstleistungen zu. Die Branche Beherbergung und Gastronomie, in der Österreich stark spezialisiert ist, ist hingegen gering von KI betroffen.

Für Fokusbranchen in Österreich, die sowohl hohe KI-Betroffenheit und hohe Spezialisierung aufweisen, wird eine Abschätzung der Betroffenheit gegenüber Regularien des AI Act vorgenommen. Es zeigt sich, dass sich die Betroffenheit gegenüber Regularien des AI Act zwischen Branchen unterscheidet. Für alle Branchen ist zunächst eine allgemeine Betroffenheit aus dem AI Act gegeben. Dieser etabliert zusätzliche

Erfüllungs- und Compliance-Ebenen und erhöht die damit verbundenen Kosten. Ein substanziell über die bestehende Rechtslage hinausgehender Grad der Restriktion und Prohibition ist grundsätzlich für keine der Fokusbranchen festzustellen. Dabei ist relevant, dass manche der Fokusbranchen, etwa Finanzdienstleistungen, Maschinenbau oder Rechtsberatung, bereits derzeit umfassend reguliert sind und die Unternehmen weitreichende Normen erfüllen. Einzelne der Fokusbranchen könnten jedoch überdurchschnittlich stark oder häufig von Hochrisiko-Regulierung und den sich daraus ergebenden Anforderungen betroffen sein. Dies kann etwa für den Maschinenbau, für Finanzdienstleistungen oder für die Herstellung von elektronischen bzw. optischen Produkten relevant sein. Dabei gilt es, die Rechtssicherheit und eine effiziente Handhabung des Rechtsrahmens auch durch präzise und praxistaugliche Verfahrensrichtlinien und Formen der Auslegung zu befördern.

5. EXPERTINNEN-INTERVIEWS

Ein zentraler Baustein dieser Studie sind qualitative Interviews mit KI-ExpertInnen aus der Wirtschaft und Wissenschaft. Insgesamt führten wir im Rahmen der Studie zehn Interviews im Rahmen einer Survey-Befragung. Zu Wort kamen dabei zum einen ExpertInnen aus einzelnen Branchen wie Energieversorgung, Landwirtschaft und LegalTech, sowie ExpertInnen aus dem privaten Sektor mit branchenübergreifender Expertise zu KI. Zum anderen standen Technologie-ExpertInnen aus dem akademischen Bereich im Fokus.

Die Ergebnisse der Interviews werden im Folgenden synthetisiert dargestellt. Dabei werden zuerst aktuelle betriebliche KI-Anwendungen beschrieben (Abschnitt 5.1). Anschließend wird auf zukünftig erwartete Entwicklungen eingegangen (Abschnitt 5.2), auf die beobachteten ökonomischen und ökologischen Effekte von KI (Abschnitt 5.3), auf die Bewertung des AI Act (Abschnitt 5.4), sowie auf die Bewertung der Zukunftschancen und notwendige Politikmaßnahmen (Abschnitt 5.5).

Methodisch folgten die Interviews einem groben Leitfaden, der sich in der Struktur dieses Abschnitts widerspiegelt. Weiterführende Details zur Auswahl der ExpertInnen und der Durchführung der Interviews sind in Abschnitt 5.6 dargestellt.

5.1 Aktuelle betriebliche KI-Anwendungen

Im Rahmen der ExpertInnen-Interviews wurde deutlich, dass die betrieblichen Anwendungen von KI einem ständigen Wandel unterworfen sind, und dass es insbesondere Ende 2022 mit dem Aufkommen von ChatGPT und anderen „großen Sprachmodellen" (LLMs) zu einer massiven Zäsur kam. Aus der hohen und schnellen Dynamik sowohl der Innovation als auch der Adoption ergibt sich eine Situation des Umbruchs und der Veränderung am aktuellen Rand. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der Literatur.

Vor 2023 waren die Anwendung von KI auf enge Bereiche eingegrenzt. In verschiedenen Branchen wurden Techniken des Machine Learning, teils auch Deep Learning, eingesetzt, um Entwicklungen möglichst akkurat zu prognostizieren und Anpassungen zu automatisieren, Anomalien zu erkennen, oder vorausschauend Wartungsarbeiten zu erfüllen (Predictive Maintenance). Diese Anwendungen waren auf einige wenige innovative Bereiche und Funktionen beschränkt. Die ExpertInnen mit Überblick über mehrere Branchen erwähnen hier die Großindustrie im herstellenden Bereich (Industrie 4.0), die Energieversorgung und das Finanzwesen als Beispiele. Auch die Robotik und Automatisierung war bereits Thema. Einerseits ging es hier um die Automatisierung im herstellenden Bereich durch Industrieroboter, andererseits auch um autonomes Fahren.

Daten, die vor Aufkommen der LLMs zur Verwendung kamen, entspringen insbesondere Sensoren. Im Bereich der Anomalieerkennung im herstellenden Bereich (quality assurance) und der Landwirtschaft kamen bereits früh visuelle Daten in Form von Bildaufnahmen und Satellitenaufnahmen zum Einsatz.

Allgemein lässt sich festhalten, dass KI-Systeme vor 2023 vor allem zur Optimierung und Überwachung von Prozessen dienten.

Das Aufkommen von LLMs und Transformer-Modellen hat ab 2023 aber zu einer Zeitenwende geführt, wie alle ExpertInnen bestätigen. Die Möglichkeiten, große Textmengen akkurat und sinnhaft zu verarbeiten, neue Inhalte zu generieren und menschliche Arbeitskraft in vielen Bereichen allgemein zu augmentieren, haben dazu geführt, dass KI mittlerweile jede Branche betrifft. Damit hat sich KI außerdem noch sehr viel stärker als Allzwecktechnologie etabliert. ExpertInnen mit Überblick über mehrere Branchen gaben wieder, dass zurzeit sämtliche Wirtschaftsbereiche mit KI-Anwendungen auf Basis von LLMs experimentieren und mögliche Anwendungen ausloten. Dabei ergeben sich vielfältige Anwendungsmöglichkeiten. Zum einen werden LLMs in Rahmen von Chatbots oder ganz allgemein zur Kundenkommunikation eingesetzt – ein Bereich, der in beinahe allen B2C-Branchen relevant ist. Zum anderen augmentieren LLMs menschliche Arbeitskraft im Hintergrund. Mehrere ExpertInnen haben betont, dass sie massive Produktivitätssteigerungen im Bereich der Software-Entwicklung beobachtet haben, insbesondere bei jüngeren MitarbeiterInnen. Weitere Anwendungsbereiche von LLMs sind das Wissens- und Informationsmanagement über Abteilungen und Prozessebenen hinweg, die schnelle Erstellung von Berichten, das Vereinfachen von Texten, etc.

5.2 Von ExpertInnen erwartete Entwicklungen

Gefragt nach einem Blick in die Zukunft von betrieblichen KI-Anwendungen und technologischen Weiterentwicklungen betonten die ExpertInnen, wie herausfordernd es in Anbetracht der aktuellen technischen und praktischen Innovationsdynamik ist, Entwicklungen im Bereich KI vorherzusehen. Das haben insbesondere die letzten 18 Monate gezeigt, in denen LLMs und Transformermodelle die (Wirtschafts-)Welt „im Sturm erobert" haben. Sowohl die technologische Schnelllebigkeit im KI-Bereich als auch die vergleichsweise einfache Nutzung von manchen KI-Systemen (z. B. ChatGPT) durch eine Vielzahl von MitarbeiterInnen bzw. durch weite Teile der Belegschaften und die damit einhergehende schnelle Adoption erschweren eine Abschätzung der zukünftigen Entwicklung. Nichtsdestotrotz haben die ExpertInnen in den Interviews einige mögliche Szenarien gezeichnet.

Allgemein erwarten die ExpertInnen, dass sich aktuelle Trends fortsetzen und bestehende KI-Systeme weiter verbessert werden. Das bezieht sich auf LLMs und Transformermodelle genauso wie auf Machine-Learning-Algorithmen, Automatisierung und Robotik, und vieles mehr. Es wird erwartet, dass diese nicht

nur effizienter und zuverlässiger werden, sondern auch eine höhere Qualität liefern werden. Autonome Maschinen beispielsweise haben in unerwarteten Situationen weiterhin Zuverlässigkeitsprobleme. Hier wird erwartet, dass es zu einer Verbesserung kommt.

Zudem wird erwartet, dass LLMs stets besser werden darin, Softwareentwickler und Programmierer zu unterstützen, und dass LLMs verstärkt zu einer Automatisierung von (simplen) administrativen Prozessen führen, sobald sie zuverlässiger werden. Das beschleunigt die Disruption am Arbeitsmarkt stärker, als ursprünglich, etwa vor der Verbreitung von LLMs, erwartet wurde. Mit steigender Zuverlässigkeit werden Unternehmen verstärkt einfache Aufgaben an KI-Anwendungen delegieren. Die Unternehmen nutzen Technologien in erster Linie aus der Motivation, inkrementelle Produktivitäts- und Effizienzgewinne zu lukrieren. Sie streben in erster Linie danach, die „tief hängenden Früchte" der Technologisierung zu ernten.

Zudem nannten die ExpertInnen eine Vielzahl an Technologien, die aus ihrer Sicht vielversprechend sind und in deren Richtung sie die zukünftige KI-Entwicklung sehen:

- **Funktionsübergreifende KI-Systeme und Multiagent-Modelle**: Zusammenschluss verschiedener KI-Systeme, die in abgegrenzten Bereichen agieren und durch Interaktion in der Lage sind, komplexe Aufgaben zu erfüllen.
- **Neue Datenformen und multimodale Systeme**: Es wird erwartet, dass Transformermodelle künftig weitere Datenformen von KI-Systemen effizienter verarbeitet werden können, z. B. Video, Audio oder mathematischen Input; und dass verschiedene Datenformen miteinander verschnitten werden können, um die Effizienz von KI-Systemen zu heben.
- **Neuronale Netzwerke mit symbolischen Systemen**: Die Verschneidung von neuronalen Netzwerken mit symbolischen Systemen soll die Erklärbarkeit und Nachvollziehbarkeit dieser Modelle erhöhen, die heute oft noch unzureichend ist. Eine höhere Erklärbarkeit ist für die Adoption und Akzeptanz essenziell.[53]
- **Deep reinforcement learning**: Deep reinforcement learning kam bereits in einigen Bereichen zum Einsatz (AlphaGo bspw.). Hier erwarten die ExpertInnen aber weiterhin Entwicklungspotenzial.

[53] Beispielsweise sei hier das mit dem FWF Cluster of Excellence ausgezeichnete Projekt „Bilaterale KI" erwähnt, das in einem Zusammenschluss der JKU Linz, der TU Wien, der WU Wien, der TU Graz, der Universität Klagenfurt und des Institute of Science and Technology Austria (ISTA) zu symbolischer und sub-symbolischer KI forscht. Weitere Informationen unter folgendem Weblink.

- **Retrieval-augmented generative (RAG) KI-Modelle**: Durch RAG-Modelle werden Verbesserungen in der Genauigkeit von generativen KI-Modellen erwartet, da diese Aussagen auf externen Quellen basieren und auch nachweisen können.

Eine weitere Entwicklung, die mehrere ExpertInnen erwähnten, ist, dass KI-Systeme und -Modelle zukünftig verstärkt on-device (d. h. integriert ins Betriebssystem) oder on-premise verortet sein werden. Hintergrund hierfür sind insbesondere Bedenken im Bereich Datenschutz und Urheberrecht.

5.3 Von ExpertInnen beobachtete ökonomische Effekte

Die ExpertInnen beschreiben eine Vielzahl an deutlich spürbaren ökonomischen Effekten durch die betriebliche Nutzung von KI. Dies betrifft gleichermaßen die mikroökonomische, die makroökonomische und die ökologische Ebene.

Mikroökonomische Effekte. Hier werden starke Effizienzsteigerungen durch die betriebliche Nutzung von KI betont. Dies betrifft einerseits die engeren KI-Anwendungsbereiche vor dem Aufkommen von generativen KI-Systemen. Beispielsweise sind die vermiedenen Schadenskosten im Bereich der Predictive Maintenance massiv. Ganz im Allgemeinen werden dem Treffen von akkuraten Vorhersagen und der darauf aufbauenden Optimierung von Prozessen und Preisen deutliche positive Effekte zugeschrieben.

In vielen Interviews lag der Fokus aber auf den Effekten von generativen KI-Systemen. Hier werden ebenso massive Produktivitätssteigerungen berichtet, vor allem von jüngeren MitarbeiterInnen und Angestellten. Dies führt zur Verschiebung von Funktionen und Erfordernissen innerhalb von Unternehmen und ihren Prozessen. Einzelne ExpertInnen verorten in diesem Zusammenhang auch „Machtverschiebungen" bzw. erwarten diese in der Zukunft. Auch eine Entlastung von redundanten, administrativen Tätigkeiten wird erwartet und erhofft.

Gleichzeitig betonen einige ExpertInnen, dass die betriebliche Nutzung von generativen KI-Modellen weiterhin am Beginn steht und viele Branchen erst ausarbeiten, wie ihnen die Technologie am besten helfen kann. Ein weiterer, signifikanter Effekt auf mikroökonomischer Ebene ist das Entstehen von neuen, innovativen Geschäftsmodellen durch die Nutzung von (generativer) KI.

Makroökonomische Effekte. Die befragten ExpertInnen verorten insbesondere auf der Ebene der Nutzung von KI für Österreich relevante makroökonomische Effekte. Demgegenüber wird die Produktions- und Entwicklungsseite als weniger maßgeblich eingeschätzt, nachdem hier spürbare Wettbewerbsvorteile von ausländischen Anbietern bestehen. Effekte erwarten ExpertInnen durch die Erhöhung von Effizienz und Produktivität, die durch die Nutzung entstehen, sowie durch die Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle auf Basis von KI.

Die ExpertInnen betonen, dass sich die benötigten Fähigkeiten, um am Arbeitsmarkt zu reüssieren, durch den Einsatz von KI verändern werden. Nachdem KI einige Tätigkeitsprofile automatisiert oder augmentiert, wird es laut den ExpertInnen insbesondere darum gehen, die Technologie anwenden und implementieren zu lernen. Gerade durch generative KI-Modelle, so der Konsens unter den ExpertInnen, wird die Technologie die Mehrzahl der Berufsbilder und Tätigkeitsprofile transformieren. Hier ist es angezeigt, den Wandel mitzugehen und sich als MitarbeiterIn oder Unternehmen nicht davor zu verschließen.

Inwiefern KI zu einer Automatisierung (und damit einhergehend zu einer Verringerung der Arbeitsnachfrage) führt oder eher zu einer Augmentation, ist uneindeutig. Einerseits werden deutliche Einsparungen beobachtet, die eine geringere Anzahl an Fachkräften rechtfertigen würden. Andererseits wird auch angemerkt, dass die positiven wirtschaftlichen Effekte tendenziell zu Wirtschaftswachstum und damit zu mehr Nachfrage führen werden. Auch der historische Blick wurde von den ExpertInnen angemerkt. Bereits seit der Industriellen Revolution kommen automatisierende Technologien auf. Während sich Jobs ständig verändern, wird der Bedarf nach menschlicher Arbeitskraft nicht verschwinden. Einzelne ExpertInnen betonen, „dass uns die Arbeit nicht ausgehen wird." Hier spielt auch die Tatsache eine Rolle, dass alle ExpertInnen weiterhin in vielen Bereichen die Notwendigkeit des „human in the loop" sehen. Das heißt, KI agiert nicht komplett unabhängig und alleine, sondern in Interaktion mit menschlicher Arbeitskraft, die beispielsweise auf Basis von KI-Vorhersagen Entscheidungen trifft oder das System überwacht.

Aufgrund der positiven Effekte durch KI wird es auch als Chance gesehen, sowohl dem Fachkräftemangel als auch dem demografischen Wandel entgegenzuwirken. Dies wurde von ExpertInnen aus mehreren Branchen erwähnt. KI, vor allem generative KI, kann in Kombination mit menschlicher Arbeitskraft Berufserfahrung zum Teil ersetzen oder zumindest den Produktivitätsunterschied zwischen erfahrenen und weniger erfahrenen MitarbeiterInnen reduzieren. Das sieht man auch in der wissenschaftlichen Literatur (siehe Abschnitt 4) und wird von den ExpertInnen aus der Praxis berichtet. Dies kann helfen, dem Fachkräftemangel entgegenzuwirken, indem KI menschliche Arbeitskraft augmentiert. Aber es kann auch helfen, dem demografischen Wandel vorzubeugen und die derzeitige Produktivität aufrechtzuerhalten, wenn die Babyboomer-Generation in Pension geht.

Ein weiterer makroökonomischer Effekt, den viele ExpertInnen erwähnten und der die Produktions- und Entwicklungsseite von Technologiemärkten betrifft, ist die Marktkonzentration und damit einhergehende geopolitische und wirtschaftspolitische Verschiebungen. Digitale Unternehmen bzw. Entwickler von KI-Technologien sind zu einem Großteil in den USA beheimatet. Hier bestehen viele Monopolstellungen im Software- und Hardware-Bereich, die aus Skalierungseffekten begründet sind,

und die zu teils explodierenden Kosten führen. Gleichzeitig betonen sowohl BranchenexpertInnen als auch Technologen, dass auf Seiten der Unternehmen häufig eine Abhängigkeit von großen Tech-Giants in den USA besteht. Es wurde erwähnt, dass dies die „digitale Autonomie" von Unternehmen in Europa teils gefährdet. Dies betrifft nicht nur eine ausgeprägte Verschränkung der internen Prozesse mit US-Anbietern, die einen Wechsel auf kleinere lokale Anbieter von beispielsweise Cloud-Computing-Lösungen erschwert, sondern auch die Autonomie in Hinblick auf Daten. Viele ExpertInnen haben erwähnt, dass zwar grundsätzlich Vertrauen in das Rechtssystem besteht, sie aber trotzdem nicht mit Sicherheit wissen können, was mit den von ihnen eingespeisten Daten tatsächlich gemacht wird – zumal der Zugang zu vielen Nutzerdaten die Skalierungs- und Netzwerkeffekte, auf denen der Wettbewerbsvorteil von Tech-Giants teils basiert, diesen Vorteil weiter verstärkt. Ein interessanter Nebeneffekt in diesem Kontext ist, dass ExpertInnen der Meinung waren, dass der Wettbewerbsvorteil von US-Unternehmen auch auf der großzügigen Auslegung gesetzlicher Graubereiche und auf den unterschiedlichen Rechtstraditionen beruht. Vereinzelt wird darauf hingewiesen, dass Regularien auf der nationalen und auf der EU-Ebene nicht ausreichend durchgesetzt werden können.

Einzelne ExpertInnen nehmen Bezug auf Open-Source-Software als Quelle für Innovation und technologische Entwicklungen. Darüber hinaus könnten sich positive Effekte der Crowd-Control in Bezug auf Datensicherheit oder Datenschutz ergeben. Gleichzeitig sind die Algorithmen nicht die wichtigsten Quelle kompetitiver Vorteile. Vielmehr sind die Wettbewerbsvorteile der großen Technologieunternehmen insbesondere auf die Nutzbarkeit und Verfügbarkeit von Daten zurückzuführen.

Allgemein wird in diesem Kontext also die oben angeführte Feststellung widergespiegelt, dass Europa im KI-Wettbewerb auf der Nutzerseite und nicht auf der rentableren Entwicklerseite steht. Dies schafft eine Abhängigkeit zu anderen Wirtschaftsräumen, die über andere Rechts- und Wertesysteme im Kontext von Datenschutz und Urheberrecht verfügen, und kreiert Wertschöpfung vor allem im Ausland. Die positiven Effekte entstehen dabei in Europa und in Österreich insbesondere über Effizienzsteigerungen und Kostensenkungspotenziale auf der Ebene der Nutzung. Dabei werden nutzende Unternehmen im ersten Schritt danach streben, die „niedrig hängenden Früchte der KI" zu ernten. Wenn es den Unternehmen darüber hinaus gelingt, KI in mittelfristige Strategien der Unternehmensentwicklung einzubetten und innovative Geschäftsmodelle zu kreieren, dann können auch über den Kanal der Nutzung von KI erheblich positive makroökonomische Wirkungen entstehen.

Ökologische Effekte. Hier sprachen mehrere ExpertInnen von einem „zweischneidigen Schwert". Einerseits verbrauchen KI-Systeme deutlich mehr Energie als andere Technologien. Beispielsweise verbraucht eine Anfrage auf ChatGPT ein Vielfaches einer Google-Suche. Hier werden vor allem die

Serverzentren als der größte Teil des Energieverbrauchs erwähnt. So ist zur Bewertung des ökologischen Fußabdrucks von KI zentral, wo die Serverzentren stehen und mit welchen Energieformen sie betrieben werden. Das resoniert mit der wissenschaftlichen Literatur zu diesem Thema (vgl. Abschnitt 4). Es wird außerdem erwartet, dass der Energieverbrauch von KI-Systemen in der Zukunft weiter sinkt, wie das bei früheren Technologien der Fall war.

Neben dem erhöhten Energieverbrauch hilft KI aber auch, den Ressourceneinsatz zu optimieren, und reduziert damit den Energieverbrauch. Dies trifft auf die verschiedensten Branchen zu, wie die ExpertInnen bescheinigten. Darüber hinaus muss auch ein Rebound-Effekt beachtet werden, wie mehrere ExpertInnen erwähnten. Wie in Abschnitt 4 in Bezug auf ökologische Effekte ausgeführt, beschreibt der Rebound-Effekt die Tatsache, dass eine effizientere Technologie stärker und intensiver genutzt wird, sodass der positive Effekt des effizienteren Ressourceneinsatzes in absoluten Zahlen sinkt.

Die ExpertInnen waren sich insgesamt einig, dass eine Bilanzierung der ökologischen Effekte aus heutiger Sicht nicht möglich ist und dies erst die Zeit zeigen wird.

5.4 Bewertung des AI Act

Die Mehrheit der interviewten ExpertInnen betrachtet den AI Act der EU prinzipiell als einen adäquaten Schritt in die richtige Richtung. Einige Unternehmen berichten auch von einem positiven Umgang mit der Neuregelung, wobei intern die Risikoeinstufung von sämtlichen Prozessen geprüft wurde.

Im Allgemeinen wird ein gewisses Maß an Regulierung als positiv für die Adoption von KI-Technologien betrachtet, da es zu mehr Standardisierung und Rechtssicherheit aus Sicht der KI nutzenden und einführenden Unternehmen führen kann. Im Bereich der Innovation werden die Auswirkungen des AI Act im Vergleich zu einer Rechtslage ohne diesen als marginal, jedoch als tendenziell negativ beschrieben. Hier sehen die ExpertInnen die Rolle der Verordnung als Lenkungsinstrument, als Rahmenbedingung – eine Rolle, die der AI Act nur bedingt erfüllt. Vielmehr wird kritisiert, dass der AI Act Verbote und Beschränkungen für eine Technologie definiert, die zurzeit noch im Entstehen begriffen ist. Hier besteht die Sorge, dass nützliche Innovationen im Keim erstickt werden und der Charakter der Verordnung in seiner Form zu schwerfällig änderbar ist, um sich an eine schnell veränderliche und hoch dynamische Technologie anzupassen.

Die folgenden Kritikpunkte spiegelten sich in den Interviews wider:

- Der Fokus auf ökonomische Nachhaltigkeit kommt zu kurz. Wie sich KI auf die Wirtschaft auswirken wird, ist teils weiterhin unklar. Hier wurde die Chance gesehen, mit dem AI Act einen Regelungsrahmen aus ökonomischer Sicht zu schaffen, der positiv Zeichen setzt und nicht nur in weiten Teilen aus einem defensiven Verständnis heraus Risiken vermeidet.

- Die Beweislast liegt bei den Nutzern, nicht bei den Anbietern. Das erzeugt hohe Compliance Costs seitens der Unternehmen. Während Großunternehmen wohl in der Lage sind, diese zu stemmen, wird dies KMU härter treffen, so die ExpertInnen.
- Basierend auf den Erfahrungen mit der DSGVO und den Formulierungen des AI Act erwarten ExpertInnen ein hohes Maß an Rechtsunsicherheit. Die Auslegung einzelner Passagen wird erst im Laufe der nächsten Jahre deutlich.
- Mehrere ExpertInnen betonten, dass der AI Act als lebendiges Instrument gesehen werden soll und es angezeigt ist, diesen ständig mit der Technologie weiterzuentwickeln. Die letzten 2 Jahre haben gezeigt, wie schnell sich KI transformiert. Der Charakter der Verordnung scheint in seiner Form vergleichsweise schwerfällig änderbar und reformierbar. Die Anpassung an eine schnell veränderliche und hoch dynamische Technologie scheint fraglich.
- Mehrere ExpertInnen betonten, dass der AI Act nicht in Isolation gilt, sondern es viele Wechselwirkungen mit bestehenden und anstehenden nationalen und europäischen Regelungen gibt. Viele dieser Regularien müssen bereits erfüllt und berücksichtigt werden. Auch deshalb wird der AI Act in vielen Bereichen als nicht sehr restriktiv angesehen.
- Es wurde kritisiert, dass der AI Act das Thema Datenrechte nicht ausreichend abdeckt. Hier besteht seitens der Unternehmen und Bevölkerung große Sorge. Wem gehören die erzeugten Daten? Nicht immer wurde durch den AI Act diesbezüglich eine durchsetzbar effektive und verlässliche Antwort gegeben. ExpertInnen erhoffen sich aber vom Data Act eine Klärung.

5.5 Bewertung der Zukunftschancen und notwendige Politikmaßnahmen

Zum Abschluss der Interviews konfrontierten wir die ExpertInnen mit der Frage, welche Formate, Struktur- und Organisationsformen notwendig sind, um den Wissenstransfer und die betriebliche Adoption von KI zu ermöglichen. Außerdem stand die Rolle der Politik im Vordergrund. Die Antworten der ExpertInnen lassen sich in drei Themenfelder gruppieren: Bildungspolitik, das Schaffen eines KI-Ökosystems, und das Fördern von Innovation und Adoption.

Bildungspolitik. In der Bildungspolitik forderten die ExpertInnen insbesondere, dass digitale und technische Skills sowohl in der Breite als auch in der Spitze eine höhere Bedeutung einnehmen sollen. Generative KI-Modelle sind zwar vergleichsweise leicht zugänglich und auch ohne technisches Wissen nutzbar (weswegen die Adoption auch so rasant erfolgt), bei anderen KI-Modellen wurden die Fähigkeiten von NutzerInnen von den ExpertInnen aber als Faktor bezeichnet, der die Einführung hemmt. Außerdem reduziert fehlendes technisches und digitales Wissen die Anwendungsmöglichkeiten und die

wirtschaftlichen Potenziale durch die Nutzung. Wissensdefizite werden dabei sowohl auf Ebene der Beschäftigten als auch teils auf Ebene der Unternehmensführung verortet.

Selbst bei der Nutzung von generativen KI-Modellen, so die ExpertInnen, bedarf es Aufholbedarf. Hierbei geht es aber insbesondere um Wissen im Bereich von Datenschutz und Urheberrecht. Es sei oft unklar, welche Daten an KI-Modelle weitergegeben werden können und wo bereits Grenzen überschritten werden. Unternehmen sind hier bereits dabei, MitarbeiterInnen zu schulen. Das Verständnis von Daten als mächtige Ressource ist aber ein Aspekt, wo auch das Bildungssystem ansetzen muss. In der Bewertung der makroökonomischen Situation beschrieben einige ExpertInnen das Thema der Markt- und Machtkonzentration im weltweiten Wirtschaftssystem, das in der Dominanz von Tech-Giants in den USA begründet ist. Hier kann das Bildungssystem ein Hebel sein, um die digitale Autonomie von Unternehmen und MitarbeiterInnen aufrechtzuerhalten.

Kohärentes KI-Ökosystem schaffen. Der Wettbewerbsvorteil von US-amerikanischen Unternehmen ist zum Teil in der Skalierung begründet – der Wirtschaftsraum ist schlicht deutlich größer als jener Österreichs, und europäische Lösungen sind noch unzureichend. Deswegen kann die Schaffung eines kohärenten KI-Ökosystems über nationale Grenzen hinweg, das österreichische und im Optimalfall auch europäische Unternehmen verbindet, sehr positive Effekte haben.

Im Prozess der Einführung haben Unternehmen, speziell KMU, Interesse und Bedarf an vertrauenswürdiger und verlässlicher Beratung und Anleitung. Sehr positiv wird von den ExpertInnen in diesem Kontext die im AI Act vorgesehene Schaffung einer nationalen KI-Servicestelle gesehen, die in Österreich bei der RTR-GmbH angesiedelt wird. Diese wird als „große Chance" bezeichnet, um vor allem die Adoption zu unterstützen. Spezieller Fokus soll laut den ExpertInnen auf KMU liegen. Großunternehmen vernetzen sich bereits untereinander und können aufgrund ihrer Größe und der damit einhergehenden Skalierbarkeit aus eigener Kraft KI-Technologien adaptieren und implementieren. Bei KMU gestaltet sich das schon größen- und kapazitätsbedingt schwieriger. Hier wird der Effekt einer effektiven KI-Servicestelle sehr positiv gesehen. Dabei kann beispielsweise Bewusstsein zum Thema Datenschutz und Urheberrecht geschaffen werden, mögliche Wirkungen von KI können aufgezeigt und allgemein eine Strategieberatung in Sachen KI angeboten werden. Unternehmen, so einige ExpertInnen, verwenden KI zurzeit noch mit recht kurzfristigem Fokus. Sie versuchen wie beschrieben, die niedrig hängenden Früchte der Adoption zu ernten, während es mittelfristig deutlich höhere Potenziale gäbe. Hier können Beratungs- und Anleitungssysteme die Entwicklung mittelfristiger und holistischer Strategien unterstützten. Ein weiterer Vorschlag hierzu war das Schaffen von Zertifizierungen für KI-ExpertInnen und BeraterInnen, an die sich Unternehmen wenden können.

Betont wurde bei der Schaffung eines KI-Ökosystems die notwendige Horizontalität. Es soll den Unternehmen, speziell den KMU, einfach gemacht werden, die richtige Anlaufstelle zu finden. Dabei ist es notwendig, eine ganzheitliche und horizontale Einrichtung zu schaffen (z. B. in Form der Servicestelle bei der RTR), die sämtliche existierenden Anlaufstellen vereint. Einige ExpertInnen betonten hier auch die Bedeutung der Kooperation zwischen Wissenschaft, Großunternehmen und Interessensvertretungen bzw. Politik. Das Mitdenken von Großunternehmen wurde hier besonders hervorgehoben, da diese in Österreich in den Bereichen Innovation und Adoption von KI-Technologien an vorderster Front sind. Es ist in der personellen Zusammensetzung von Gremien und Beratungsstellen insbesondere auf ein ausgewogenes Maß zwischen BranchenvertreterInnen, KMU, RegulierungsexpertInnen, WissenschaftlerInnen und VertreterInnen von großen exportorientierten Unternehmen sowie EntwicklerInnen und InnovatorInnen zu achten.

Ein positiver Aspekt eines Ökosystems kann auch die Möglichkeit der Kooperation zwischen lokalen AnbieterInnen und NutzerInnen sein. Viele ExpertInnen haben von einer Abhängigkeit von US-amerikanischen Unternehmen gesprochen, die die „digitale Autonomie" von Unternehmen gefährdet. Ein KI-Ökosystem hat das Potenzial, die Zusammenarbeit zwischen lokalen Anbietern und Nutzern zu steigern, dadurch Wissens- und Netzwerkexternalitäten freizusetzen und so dazu beizutragen, die digitale Autonomie zu erhalten.

Zudem ist es essenziell, beim Schaffen des KI-Ökosystems europäisch zu denken. Es braucht hier Initiativen auf EU-Ebene, denn nur als großer Wirtschaftsraum kann der Wettbewerb gegen China oder die USA gelingen. Andernfalls sind die skalenbedingten Nachteile gegenüber den dominierenden Wirtschaftsräumen zu groß. Um dies zu schaffen, sind auch weitere Maßnahmen in Hinblick auf Bürokratieabbau nötig.

Innovation und Adoption fördern. Eine weitere Kategorie, die viele ExpertInnen aufbrachten, ist die Förderung von Innovation und Adoption. Das oben bereits erwähnte KI-Ökosystem ist hier bereits ein erster wichtiger Teilaspekt, insbesondere in der Förderung von Adoption und dem Heben der Potenziale in der Nutzung von KI. Hier bedarf es insbesondere, KMU mitzudenken.

Mehrere ExpertInnen betonten darüber hinaus die Notwendigkeit einer Freisetzung und Aktivierung von Risikokapital. Risikokapital ist ein zentraler Innovationsmotor, der in den USA deutlich stärker verfügbar ist und es damit europäischen Unternehmen erschwert, mit US-amerikanischen zu konkurrieren. Hier forderten mehr ExpertInnen Maßnahmen, um den Zugang zu nationalem und internationalem Risikokapital zu erleichtern.

In der Innovation gehe es aber, so einige ExpertInnen, nicht mehr nur um die Entwicklung von KI. Einzelne ExpertInnen betonen, dass hier bereits andere Wirtschaftsräume praktisch uneinholbare

Wettbewerbsvorteile haben. Im Vordergrund soll hier insbesondere die möglichst friktionsfreie und rechtssichere Adoption von KI-basierten Technologien stehen. Im Hinblick auf technologische Innovation muss aber auch ein Fokus auf zukünftigen, noch jungen Technologien liegen. Hier wurde Quantum Computing genannt, wo Österreich zurzeit als innovativ gilt. Es muss über die gegebene Technologiegrenze hinaus gedacht werden, um bei kommenden und anstehenden Technologiewellen anschlussfähig und innovationsfähig zu bleiben.

Box 12: ExpertInnen zu KI in der Landwirtschaft

Derzeitige und zukünftige Anwendungsbereiche von KI. In der Landwirtschaft beschreiben die ExpertInnen KI insbesondere als Optimierungs- und Überwachungstechnik basierend auf Sensor- und Satellitendaten. Ein Anwendungsfeld betrifft Precision Farming, wo es um die Prozess- und Produktausbringungsoptimierung auf dem Feld geht.

Die Anwendung von Satellitendaten gemeinsam mit GPS-Ortung, aber auch andere bildgebende Daten mit Hilfe von Drohnen, betrifft beispielsweise die Mustererkennung und Prognose von Entwicklungen auf dem Feld. Hier kommen neben Satellitendaten Deep-Learning-Methoden zum Einsatz, die das Wachstum von Pflanzen prognostizieren und beispielsweise zu einer Optimierung des Dünger- oder Pflanzenschutzeinsatzes führen.

Außerdem gibt es Anwendungsbereiche von Robotik und autonom fahrenden Maschinen, die mit Bilderkennung und Sensordaten arbeiten. In der Tierhaltung werden auf diese Weise Daten zur Überwachung und Kontrolle der Tiergesundheit und des Tierverhaltens automatisiert erfasst.

Die Zukunft, so die Experten, bringt vor allem Weiterentwicklung der bestehenden Technologien. So werden voraussichtlich weitere Datenformen verarbeitet werden können, z. B. Audioaufnahmen im Tierhaltungsbereich. Auch autonome Robotik wird sich weiterentwickeln. ExpertInnen heben den Fortschrittsgrad smarter Robotik hervor, betonen aber zugleich, dass sich im speziellen Anwendungskontext teils noch Herausforderungen der Verlässlichkeit ergeben können. Dabei wird auf topgrafische Herausforderungen, z. B. Hanglagen, oder auf spezielle Witterungsbedingungen verwiesen. Auch eine verbesserte Verschneidung von Satellitendaten und autonomen Maschinen wurde als Zukunftsszenario erwähnt. Des Weiteren können LLMs in Zukunft für eine Entlastung der Landwirte im administrativen Bereich sorgen. ExpertInnen erwarten Verbesserung der beratenden und unterstützenden Modelle, insbesondere im Hinblick auf Verlässlichkeit und Nachvollziehbarkeit von Prognosen.

Abschätzung der Effekte von KI. Es werden Produktivitätssteigerungen durch die Anwendung von KI-Technologien erwartet bzw. sind bereits sichtbar. Im Bereich der Landwirtschaft betonen die Experten, dass eine ökologische Effizienz oft mit einer ökonomischen Effizienz einhergeht. Die Optimierung des Dünger- oder Pflanzenschutzeinsatzes oder die Automatisierung des Biodiversitätsmonitorings haben sowohl ökologisch als auch ökonomisch positive Auswirkungen.

Einschätzung des AI Act. Bei der Bewertung des AI Act für den Landwirtschaftsbereich gehen die Expertenmeinungen leicht auseinander. Während die Landwirtschaft von manchen als durch den AI Act kaum betroffen angesehen wird, hinterfragen andere, ob der AI Act bereits bei potenziell gefährlichen autonomen Geräten mit KI-Steuerung greift. Gleichzeitig wird aber auch betont, dass hier ohnehin schon nationale Regelungen in Kraft sind, die im Vergleich zum AI Act strengere Vorkehrungen vorsehen. Der AI Act wird hier in weiten Teilen nicht als zusätzliche Restriktion wahrgenommen.

Eine Frage, die der AI Act aus Sicht der Experten offen lässt, gleichzeitig aber viele Landwirte besorgt, ist die Frage des Datenschutzes und des Dateneigentums. So sei oft unklar, wem die betrieblichen Daten, die bei der Nutzung von KI erzeugt werden, gehören – dem Landwirt oder dem Maschinenhersteller. Hier wird eine Klarstellung durch den Data Act erhofft. Die Nutzung von Maschinen mit integrierten KI-Anwendungen erfolgt zum Teil mit Unsicherheiten und Sorgen, weil wichtige Daten und Informationen aus der Hand gegeben werden und die Handhabung nicht kontrolliert werden kann. Hier brauche es gesetzliche Regelungen mit Fokus auf „Open Data“ sowie Maßnahmen zur Meinungsbildung hinsichtlich Offenheit und Zusammenarbeit bzw. zur Minimierung von Unsicherheiten.

Box 13: ExpertInnen zu KI im Energiesektor

Derzeitige und zukünftige Anwendungsbereiche von KI. Der Energiesektor zählt zu den Wirtschaftsbereichen mit der längsten KI-bezogenen Erfahrung, insbesondere im Bereich von Machine Learning. Anwendungsfelder sind hier beispielsweise die Prognose von Preisen und der Lastverteilung, die durch die verstärkte Nutzung von erneuerbaren Energien stets komplexer wird, aber auch das Management der Lastverteilung und des Netzwerks (Congestion Management). Ein weiterer relevanter Anwendungsbereich ist Predictive Maintenance, aufbauend auf Sensordaten in den Kraftwerken. Durch die frühzeitige Erkennung von Anomalien können signifikante Schäden vermieden werden. Dadurch steigt die Effizienz. In den Kraftwerken werden Prozesse zudem automatisiert. Ein Beispiel hierfür ist der Roboterhund „Zerberus" von VERBUND, der Rundgänge in Kraftwerken durchführt und die Erkennung von Anomalien im Betrieb automatisiert und damit die Produktivität, MitarbeiterInnen-Sicherheit und Maintenance von Anlagen und Maschinen erhöht. Die größte Herausforderung im Bereich der KI-Anwendung besteht laut den ExpertInnen in der Skalierung der Systeme. Jedes Kraftwerk ist ein Prototyp mit unterschiedlichen Ausgangspositionen.

An der Schnittstelle mit KundInnen kommt KI insbesondere in zwei Aspekten zum Einsatz. Das betrifft zum einen die Smart Meter, die eine KI-gestützte Analyse des Kundenverhaltens erlauben. Zum anderen wird zurzeit mit generativen KI-Systemen experimentiert, um die Kundenkommunikation zu optimieren.

Für die Zukunft wird erwartet, dass bestehende Pfade weiter beschritten werden. So soll es zu Verbesserungen in der Robotik und in automatisierten Systemen kommen, beispielsweise auch in Bereichen, die zurzeit für Menschen gefährlich sind. Machine-Learning-Ansätze zur Vorhersage der Netzlast und des Kundenverhaltens werden weiter optimiert. Hier wurde auch erwartet, dass Smart-Grid-KI-Systeme auf Seiten der Endverbraucher verstärkt oder umfassend zum Einsatz kommen. LLMs werden zukünftig verstärkt zur Kundenkommunikation, aber auch für interne Zwecke wie Softwareentwicklung und Cybersecurity eingesetzt. Außerdem wird erwartet, dass digitale Technologien zukünftig verstärkt on-device, on-premise oder hybrid ausgeführt werden, statt in der Cloud, da dies den Datenschutz im Bereich kritischer Infrastrukturen erhöhen und steigende Kosten im Cloud-Dienstleistungsbereich senken kann.

Abschätzung der Effekte von KI. Ökonomisch ergeben sich positive Produktivitätseffekte durch Effizienzsteigerungen, die sich vor allem mittelfristig materialisieren werden, aber zum Teil schon beobachtbar sind. Momentan seien Entwicklungs- und Betriebskosten für KI-Systeme noch vergleichsweise hoch. In Zukunft werden sie aber vermutlich sinken, wodurch die Potenziale verstärkt gehoben werden können. Einer großen Chance wird dabei in der mittleren Frist vor allem der Sektorkopplung zugeschrieben. Bei der Sektorkopplung geht es darum, die Bereiche Elektrizität, Wärmeversorgung, Verkehr und Industrie ganzheitlich zu betrachten und den Energietransfer zwischen diesen Sektoren zu verbessern. Damit könnte künftig etwa überschüssiger Strom auch in anderen Sektoren genutzt oder gespeichert werden. Beim Energietransfer zwischen Sektoren kann KI wichtige Funktionen der Optimierung übernehmen.

Die ökologischen Aspekte werden ähnlich betrachtet wie die ökonomischen: Erst mittelfristig werden die positiven Effekte deutlich überwiegen. Hier seien aber auch Rebound-Effekte zu berücksichtigen.

Einschätzung des AI Act. Betriebsintern wird von einem positiven Umgang mit dem AI Act gesprochen. Er wird als adäquat und nicht als unangemessen restriktiv wahrgenommen, obwohl gerade der Energiesektor mit seinen kritischen Infrastrukturen betroffen ist. Die Regulierung würde insbesondere dann verschärft werden, wenn Sicherheitssysteme auf KI basieren. Ein KI-System entscheide in solchen Fällen aber nie alleine, und das ist auch in nationalem Recht bereits geregelt. Maßgeblich wird dabei auch sein, wie Regularien im Zusammenhang mit der Verwendung von KI im Betrieb kritischer Infrastrukturen vollzogen und „gelebt" werden. Dies wird sich aber erst in Zukunft zeigen.

Box 14: ExpertInnen zu KI im Bereich LegalTech

Derzeitige und zukünftige Anwendungsbereiche von KI. Textbasierte Machine-Learning-Anwendungen sind keine Neuheit in der LegalTech-Branche. Vor dem Aufkommen von LLMs Ende 2022 wurden insbesondere „Narrow AI"-Techniken für gezielte Textanalysen oder Fundstellenrecherche genutzt sowie nicht-branchenspezifische Anwendungen wie Optical Character Recognition (OCR), Dokumenten-Clustering oder automatische Übersetzung eingesetzt. Aufgrund der Textlastigkeit der Branche war sie bereits seit Längerem prädestiniert für innovative Techniken und Methoden bei der Textverarbeitung. Mit LLMs kam es zu einem deutlichen Boost dieser Anwendungsmöglichkeiten, der in der Branche sowohl als „faszinierend" als auch teils als „überfordernd" wahrgenommen wird. Die Anwendungen, die durch LLMs ermöglicht werden, sind vor allem die rasche Erstellung und Bearbeitung von kürzeren Textentwürfen oder Textbausteinen, welche in der juristischen Beratung üblich sind. So sind LLMs sehr kompetent darin, in Echtzeit erste Entwürfe von einfachen Verträgen, Rechtsauskünften oder Zusammenfassungen von Urteilen zu erstellen oder bestehende Rechtstexte so zu simplifizieren, dass auch Rechtslaien ein Verständnis für den Inhalt entwickeln können. Dies ist aber auch mit Risiken verbunden – insbesondere deshalb, weil der (Schreib-)Stil eines Rechtsgutachtens von LLMs äußerst überzeugend imitiert wird, rechtliche Konzepte und Begriffe aber ein Maß an terminologischer Genauigkeit benötigen, welches LLMs nicht erfüllen. Synonyme haben im Rechtskontext oft nicht dieselbe Bedeutung, und von der Interpretation eines einzigen Wortes kann der Erfolg oder Misserfolg eines juristischen Falls abhängen. Es herrscht die Erwartung, dass die Expertise und Erfahrung der Rechtspraktikerinnen und -praktiker auch aufgrund der berufsbezogenen Regularien und Auflagen insbesondere in den freiberuflichen Bereichen der Rechtsanwaltschaft, in der Steuerberatung und im Notariat unersetzbar bleiben wird, wenngleich großes Potenzial für repetitive Tätigkeiten durch den Einsatz von KI-Technologien in Rechtsberatung, Verwaltung und Justiz gesehen wird. Im Allgemeinen wird betont, dass der Rechtsbereich zurecht strengen Regularien unterliegt, die einen „Human in the Loop" weiterhin garantieren werden.

Eine zukünftige Anwendung von KI kann ein erweiterter und erleichterter Rechtszugang (Access to Justice) sein, auch für kleinere Fälle (Small Claims), die es bis dato nicht wert waren, verfolgt zu werden, da der Bearbeitungsaufwand durch individuelle manuelle Bearbeitung in keinem vertretbaren Verhältnis zum Streitwert stand. Die höhere Produktivität durch den Einsatz von generativen KI-Systemen kann den Kostendruck deutlich senken, gleichzeitig können Skalierungseffekte gehoben werden. Es bedarf unter Umständen Anpassungen in nationalen Regelungen, um diese Einsatzgebiete in Österreich verstärkt zu fördern. So könnte etwa das Tarifrecht an europäische Nachbarjurisdiktionen wie Deutschland angeglichen werden, um Investitionen in innovative Geschäftsmodelle zusätzlich attraktiver zu machen.

Abschätzung der Effekte von KI. Prinzipiell kann die Anwendung von KI-Systemen zu einer Produktivitätssteigerung und Augmentation menschlicher Arbeitskraft führen. Auch der Rechtszugang kann durch KI erleichtert und Rechtssicherheit erhöht werden, da die Einforderung von Small Claims rentabel werden kann.

Kritische Aspekte werden in Anbetracht der neuen technologischen Möglichkeiten oft nicht beachtet. Hier werden insbesondere die Aspekte des Datenschutzes und des Urheberrechts hervorgehoben. US-Unternehmen, die einen deutlichen Wettbewerbsvorteil im KI-Sektor haben und Marktführer sind, unterliegen anderen Rechtsrahmen, die in den Bereichen Datenschutz und Urheberrecht weniger stark ausgeprägt sind. Das ist aus europäischer Sicht problematisch, insbesondere da es indirekt über Skaleneffekte auch den Wettbewerbsvorteil von US-Unternehmen weiter stärkt. Auch die ökologischen Aspekte würden nicht ausreichend diskutiert. Der Energieverbrauch von KI-Systemen ist sehr hoch, hier sind Kosten-Nutzen-Rechnungen vor dem Hintergrund des Klimawandels vonnöten. Prinzipiell ist es wichtig, dass wir als Gesellschaft bewusst überlegen und mitbestimmen, in welchen Bereichen KI sinnvoll und effizient eingesetzt wird.

Einschätzung des AI Act. Prinzipiell werden dem AI Act gute Absichten attestiert und das Grundkonzept als gelungen beurteilt. Sorge besteht aber, dass der bewusst weit gefasste Regelungstext ähnlich wie bei der Datenschutz-Grundverordnung zu Beginn noch zu relativ wenig Rechtssicherheit und Rechtsschutz führen könnte, bis Zweifelsfragen ausjudiziert sind. Betont wird außerdem, dass im Bereich der juristischen Berufe in Österreich ohnehin ein sehr starker Berufsschutz besteht und der rechtliche Rahmen für die Erbringung rechtlicher Dienstleistungen bereits sehr detailliert ist. Die unmittelbaren Auswirkungen des AI Act auf die Berufsausübung im Bereich LegalTech über den bestehenden rechtlichen Rahmen hinaus werden deshalb als gering eingeschätzt.

5.6 Methodik und ExpertInnen

Die Auswahl der AnsprechpartnerInnen orientierte sich an zwei Expertenfeldern.

Zum einen sind insbesondere in Hinblick auf betriebliche und wirtschaftliche Anwendungsfelder Branchen- und UnternehmensvertreterInnen relevant. Hier lag der Interviewfokus auf bestehenden Formen KI-basierter Anwendungen in den jeweiligen Branchen, auf zukünftig erwartbaren Anwendungen und Innovationen, auf der Einschätzung von betrieblich-internen, gesamtwirtschaftlichen und ökologischen Wirkungen und Effekten sowie auf der Frage der möglichen Folgen, die sich aus dem Rechtsrahmen des AI Act für bestehende und zukünftig erwartbare Anwendungen ergeben könnten. Zudem wurde thematisiert, welche Strukturen und Organisationsformen aus Sicht der Unternehmen notwendig sind, um die Adoption von KI-Technologien zu verbessern.

Zum anderen sind KI-ExpertInnen aus dem akademischen und technologischen Feld wichtig, um zukünftige technologische Entwicklungspotenziale zu identifizieren. Fokus dieser Interviews waren mögliche technische Entwicklungspotenziale in der kurzen und mittleren Frist, inwieweit hier Potenziale für eine betriebliche Nutzung entstehen, inwiefern der AI Act Innovationspotenziale befördert oder limitiert, und welche Effekte sich durch die Nutzung von KI auf mikroökonomischer, makroökonomischer und ökologischer Ebene zeigen.

Die Auswahl und Einladung der ExpertInnen erfolgte einerseits durch eine Identifikation möglicher AnsprechpartnerInnen unsererseits, wobei hier speziell die AI Landscape Austria[54] herangezogen wurde. Dabei orientierte sich die Auswahl an Fokusbranchen unter anderem auf den Ergebnissen der Analyse zur KI-Betroffenheit in Abschnitt 4.4, den identifizierten betrieblichen Anwendungsbeispielen in Abschnitt 2.2, und der wissenschaftlichen Literatur in Abschnitt 4. Darüber hinaus wurde eine Einladung vom Studienauftraggeber, dem Bundeskanzleramt, an das AI Stakeholder Forum, das verschiedene lokale Stakeholder im Bereich KI zusammenbringt, ausgeschickt.

Die Interviews wurden im Rahmen von Videocalls im Juni 2024 durchgeführt und dauerten jeweils zwischen 20 und 45 Minuten.

Wir bedanken uns sehr herzlich bei folgenden KI-ExpertInnen (in alphabetischer Reihenfolge):

- Gerald BADER – Eviden & Verband Österreichischer Software Innovationen
- Johannes DAHLKE – Universiteit Twente
- Veronika HABERLER – LeReTo
- Joachim HERTZBERG – Universität Osnabrück

[54] Siehe Weblink.

- Martin HIRT – Landwirtschaftskammer Österreich
- Andreas PRANKL & Johann PRANKL – Farmdok
- Clemens WASNER – EnliteAI & AI Austria
- Andreas WINDISCH – JOANNEUM RESEARCH & AI Austria
- und zwei weiteren anonymen InterviewpartnerInnen.

6. HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN ZUR BEFÖRDERUNG VON KI

Im abschließenden Kapitel werden aus den Ergebnissen aller Studienabschnitte Handlungsempfehlungen abgeleitet. Die studienübergreifenden Handlungsempfehlungen sind Ergebnis von Ableitungen und Schlussfolgerungen der StudienautorInnen. Dabei fließen Ergebnisse der ExpertInnen-Interviews sowie Vorschläge und Empfehlungen der ExpertInnen ebenso ein wie Ergebnisse der Literaturanalyse, der empirischen Analyse und der Betrachtung betrieblicher Anwendungsfelder.

Die Politik kann das institutionelle und regulatorische Umfeld gestalten und das KI-bezogene Ökosystem sowie makroökonomische Wirkungen fördernd oder hindernd beeinflussen. Ein risikovermeidender regulatorischer Rahmen, wie er im AI Act implementiert wird, stellt einen wichtigen Teilaspekt des institutionellen Kontextes dar. Die Beförderung und Nutzung der Potenziale von KI lassen sich aber nicht durch regulierende Maßnahmen allein erreichen. Der AI Act spiegelt diesen Aspekt in Form von unterstützenden Maßnahmen der Innnovationsförderung, der Schulung und Sensibilisierung und der Förderung von innovativen Reallaboren unmittelbar wider.

Die in Abschnitt 3 dargestellten Stellungnahmen zum AI Act sowie die Ergebnisse der Befragung von ExpertInnen unterstreichen, dass die Schaffung eines EU-weit einheitlichen Rechtsrahmens und eine dadurch erreichte Harmonisierung als positiv für die Adoption und wirtschaftliche Nutzung von KI gesehen werden. Zugleich ist ein förderlicher Rahmen von weiteren Faktoren abhängig: Ein optimaler institutioneller Rahmen für den Einsatz von KI erfordert ein ausgewogenes Zusammenspiel von Förderung, Regulierung, sozialer Absicherung sowie einer den Strukturwandel unterstützenden Schaffung von Anreizen.

Förderung von Innovation und Forschung

Investitionen in Forschung, Entwicklung und Innovation: Gemäß dem aktuellen Forschungs- und Technologiebericht für 2024 (BMBWF/BMK/BMWA 2024) betrugen die F&E-Ausgaben 2024 insgesamt 16,6 Mrd. Euro. Daraus ergibt sich eine im internationalen Vergleich grundsätzlich sehr hohe Forschungsquote von 3,34%. Der größte Teil der Finanzierung entfällt dabei mit 7,4 Mrd. Euro auf die Unternehmen. Auf die öffentliche Hand – Bund, Bundesländer und Forschungsprämie zusammen – entfallen 6,3 Mrd. Euro. Die Zahlen unterstreichen die hohe Bedeutung von F&E in Österreich. Zugleich zeigen sich mit speziellem Fokus auf KI-bezogene Investitionen im internationalen Vergleich sehr große Vorsprünge etwa der USA und Chinas (Stanford University 2024). Öffentliche Gelder sollen dabei wirkungsorientiert in die KI-bezogene F&E investiert werden. Gerade für Schlüsseltechnologien wie KI sind Wissens- und Netzwerk-Externalitäten maßgeblich. Öffentliche Finanzierungssysteme können

externe Effekte, die von privaten InvestorInnen schwer internalisiert werden können, hebeln. Zugleich ist auch privates Risikokapital maßgeblich. Die Ergebnisse des ExpertInnen-Survey deuten an, dass anwendungsbezogene F&E-Förderung inkrementelle Fortschritte in den Vordergrund stellt. Darüberhinausgehende „radikale" Fortschritte können erst durch Hebelung privaten Investitionskapitals erreicht werden. International vergleichende Betrachtungen, etwa im Rahmen des Stanford Artificial Intelligence Index Report, zeigen enorme Aufholpotenziale für Österreich und Europa. Im Hinblick auf Anreize zur Hebelung von privatem Eigen- und Risikokapital sind angebotsseitige Determinanten (Köppl-Turyna et al. 2021, Köppl-Turyna et al. 2022), die die Verfügbarkeit von Risikokapital betreffen, und nachfrageseitige Determinanten, etwa die Flexibilität von Arbeitsmärkten, die Incentivierung von MitarbeiterInnen durch Formen der Beteiligung oder ein positives unternehmerisches Umfeld, relevant.

Förderung von Kooperationen: Die Entwicklung und Nutzung von KI zeigt zuletzt hohe Innovationsdynamik. Wie angemerkt, sind Wissens- und Netzwerk-Externalitäten relevant. Solche Externalitäten können durch die oben angesprochene Verbreiterung der Finanzierungsbasis gehebelt werden. Um darüber hinaus den Wissenstransfer und die praktische Anwendung und Adoption von Innovation zu fördern, sind integrierte, struktur- und branchenübergreifende Netzwerke und eine systemübergreifende Bündelung von Wissen dienlich. Dies involviert die Zusammenarbeit zwischen Universitäten, Forschungseinrichtungen und der Privatwirtschaft.

Entwicklung von ökologisch nachhaltiger KI: Im Hinblick auf Ressourceneffizienz und ökologische Nachhaltigkeit bestehen erhebliche Unterschiede zwischen KI-Systemen. Hier können beispielhaft die Effizienz von Hardwarekomponenten, etwa Prozessoren, die Energieversorgung und Kühlung von Rechen- und Serverzentren, das Setup von Trainingsverfahren, die Softwareoptimierung und die Entwicklung von effizienten Algorithmen oder die Verteilung von Rechenleistung auf Endgeräte zur Minimierung von Datenübertragung nützlich sein. Die Entwicklung ökologisch nachhaltiger KI ist ein längerfristig relevantes Innovationsfeld. Der AI Act spricht ökologische Aspekte von KI an, etwa im Kontext von Dokumentations- und Informationspflichten zum Energiebedarf von GPAI-Modellen. Zugleich müssen die Potenziale zur Entwicklung einer ökologisch nachhaltigeren KI durch intensivierte Forschungs- und Innovationsaktivitäten sowie durch die Schaffung von Bewusstsein und Sensibilität (siehe unten) gefördert werden.

Bildung und Qualifizierung

Anpassung der Grund- und beruflichen Ausbildungssysteme: Schulen und Universitäten sollten ihre Lehrpläne anpassen, um digitale und technologische Kompetenzen zunächst in der Grund- und Elementarbildung stärker zu betonen. Programme zur Förderung von STEM-Fächern sollten ausgebaut werden. Die Qualifikationserfordernisse eines produktiven und nachhaltigen Umgangs mit KI fordern

einen Stufenbau von Wissen, von der hochqualifizierten technischen Expertise über mittlere technische Fachqualifikationen bis hin zur breiten Basisqualifikation der Bevölkerung.

Lebenslanges Lernen: Weiterbildung und Umschulungsprogramme für Arbeitskräfte sollten gefördert werden, um den Anforderungen eines sich wandelnden Arbeitsmarktes gerecht zu werden und Beschäftigungsfähigkeit zu erhalten. Ansätze zu einer den Strukturwandel unterstützenden Arbeitsmarktpolitik finden sich im Konzept von Flexicurity. Dabei wird die Absicherung gegenüber sozialen Risiken in Angriff genommen, und zugleich werden aktivierende Anreize bereitgestellt. Arbeitsmarktpolitische Qualifizierung und Angebote lebenslangen Lernens müssen ArbeitnehmerInnen mit Qualifikationen und Fähigkeiten versorgen, damit diese bei sich ändernden Qualifikations- und Anforderungsprofilen produktiv und sozial abgesichert sein können.

KI-Kompetenz in Unternehmen und KMU: Auch auf Ebene der Unternehmen, speziell bei kleineren und weniger technologieaffinen Unternehmen, fehlen Größen und Skalen, um Investitionsrisiken zu tragen. Ein rechtssicherer Regelungsrahmen kann Innovation und Adoption, auch Kreativität im Umgang mit KI fördern. Wesentliche Hebel der Adoption sind dabei auch Wissen und Know-how. Unternehmen benötigen Unterstützungssysteme, die die Engpässe sowohl auf Ebene der Finanzierung als auch auf Ebene des Know-how berücksichtigen. Der AI Act sieht für diesen Aspekt begleitende Schulungs- und Sensibilisierungsmaßnahmen vor. In Österreich werden Beratungs- und Schulungsmaßnahmen im Rahmen der digitalen Kompetenzoffensive gefördert und beworben. Den Vorgaben des AI Act folgend wird dabei ein besonderer Fokus auf KMU liegen. Bei Beratungs- und Schulungsmaßnahmen liegt der Schwerpunkt der regulatorischen Gestaltung auf der Umsetzung des AI Act und der sich daraus ergebenden Compliance. Die Unternehmen brauchen darüberhinausgehende Unterstützung, um eine möglichst risikofreie Einbettung von KI in bestehende und in neue Prozesse und Geschäftsmodelle sicherzustellen. Dabei kann auch eine stärkere Berücksichtigung der Bedürfnisse und Erfordernissen von KMU bei Standards und Normen ein Hebel zur Förderung der Technologieannahme sein.

Inklusive digitale Fähigkeiten: Auch wenn die weiteren Innovationsschritte von KI aus Sicht der wirtschaftswissenschaftlichen Forschung schwer abschätzbar sind, so besteht Einigkeit darin, dass es sich bei KI um eine vielseitig einsetzbare Technologie handelt. Entsprechend muss sichergestellt sein, dass der Zugang zu digitalen Fähigkeiten und zu KI-spezifischen Kompetenzen breit gestreut ist und alle gesellschaftlichen Gruppen einbezieht. Ein gesellschaftlich und wirtschaftlich wünschenswerter Kompetenzrahmen umfasst höhere und mittlere Qualifikationen wie auch Basisqualifikationen. Auf allen Ebenen muss ein möglichst restriktionsfreier Zugang zu Qualifikation für alle Bevölkerungsgruppen sichergestellt sein, etwa unter Berücksichtigung geschlechtsspezifischer Unterschiede durch

Bereitstellung frauenspezifischer Förderangebote. In Österreich werden Beratungs- und Schulungsmaßnahmen im Rahmen der digitalen Kompetenzoffensive gefördert und beworben.

Beförderung des ökologischen Bewusstseins im Umgang mit KI: Die ökologischen Effekte von KI sind aktuell schwer abschätzbar. Zum einen besteht die Aussicht auf Effizienzsteigerungen, zum anderen handelt es sich bei KI um eine energieintensive Technologie. Es besteht hohes Potenzial für Rebound-Effekte (vgl. Abschnitt 4.3). Wie oben angedeutet, zeigen sich erhebliche Unterschiede zwischen KI-Systemen im Hinblick auf Energie- und Ressourceneffizienz. Die Potenziale zur Entwicklung ökologisch nachhaltiger KI müssen durch Anstrengungen in Forschung und Entwicklung gehoben werden. Zugleich ist Bewusstsein über ökologische Aspekte von KI nicht immer in ausreichendem Maß vorhanden. Ein solches Bewusstsein muss durch Schulung, Sensibilisierung und Kommunikation erreicht werden.

Regulierung und Recht

Schaffung eines rechtlichen Rahmens: Der AI Act schafft einen Regelungsrahmen für die Entwicklung und Nutzung von KI. Dabei können Produktregulierung und Standardisierung die Einführung aus Sicht der nutzenden Unternehmen fördern. Dies unterstreichen Ergebnisse der Befragung von ExpertInnen, aber auch die publizierten Stellungnahmen zum AI Act. In Anbetracht der hohen Entwicklungsdynamik, die im Zusammenhang mit KI zuletzt beobachtbar ist, sind Entwicklungen in weiterer Zukunft schwer abschätzbar. In seiner Charakteristik als EU-Verordnung schafft der AI Act jedenfalls ein wenig flexibles Regularium. Auch wenn regulatorisches Lernen im Setup von Reallaboren berücksichtigt ist, so sind unter den befragten ExpertInnen auch Zweifel gegeben, dass Anpassungs- und Änderungsbedürfnisse schnell und flexibel implementiert werden können. Zugleich werden in Stellungnahmen Unklarheiten und Graubereiche im Hinblick auf hochriskante Anwendungen angemerkt, die stark von der späteren Umsetzung und Handhabung des Regulariums abhängig sein werden. Vor diesem Hintergrund sind europaweit einheitliche und praxistaugliche Richtlinien der Auslegung empfehlenswert. Auch die Entwicklung von Standards und Normen ist für eine rechtssichere Implementation und Adoption in den Unternehmen von entscheidender Bedeutung.

Ethik: In der Diskussion zur Entwicklung und Nutzung von KI werden ethische Aspekte angesprochen. Etwa hat sich die UNESCO auf Empfehlungen zur Ethik der Künstlichen Intelligenz geeinigt. Dabei sind elf Handlungsfelder angesprochen, u. a. Menschenrechte, Gesundheit, Umwelt und Geschlechtergerechtigkeit. Der AI Act adressiert ethische Aspekte durch das Ziel einer „auf den Menschen zentrierten und vertrauenswürdigen" KI. Eine kritische Betrachtung am Beispiel der Entwicklung einer ökologisch nachhaltigeren KI zeigt, dass ethische Ziele nicht allein durch Rechtsetzung erreicht werden können. Die Realisierung erfordert insbesondere die Überprüfung und Evaluierung der Zielerreichung durch Standards und Regularien, Aktivitäten von Forschung und Entwicklung, zudem die

Ausgestaltung von institutionellen Anreizen einer nachhaltigen Nutzung sowie einen offenen, innovationsfreundlichen und inklusiven Umgang mit Technologie sowie eine Kultur des Bewusstseins und der Sensibilisierung.

Wettbewerbsfähigkeit und Marktstrukturen

Unterstützung von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU): In Österreich stellen kleine und mittlere Unternehmen sowie das gewerbliche Handwerk tragende Elemente der Wirtschaftsstruktur dar. Schon aufgrund fehlender Skalierbarkeit und fehlenden Wissens sind KMU bei der Adoption von digitalen Technologien im Allgemeinen und KI im Besonderen benachteiligt. Gezielte Förderprogramme und auf Branchenebene zertifizierte BeraterInnen und MentorInnen können den Zugang zu Technologien erleichtern, Wissensdefizite und Vorbehalte abbauen und betroffenen Unternehmen die Möglichkeit geben, im Wettbewerb zu bestehen.

Einbindung von KMU in die Entwicklung von Standards: Bei der Implementation von KI stehen KMU vor besonderen Investitions- und Implementationsrisiken. Standards können die Adoption fördern. Sie erzeugen Vertrauen, indem sie Informationsasymmetrien im Umgang mit Technologien auf ein Mindestmaß reduzieren. Untersuchungen auf Basis der Befragung von ExpertInnen (KMU Forschung Austria 2023) zeigen, dass sich solche Fragen der Vertrauenswürdigkeit und der Berücksichtigung von Standards erst im Zuge der Adoption und Einbettung im eigenen Unternehmen stellen. Damit werden Interessen und Bedarfslagen von KMU schon in der Entwicklung von Standards nur selten im ausreichenden Maß berücksichtigt. Hier sind insbesondere solche Maßnahmen empfehlenswert, die auf einen Abbau von Informationsasymmetrien und Wissensdefiziten in KMU abzielen. Hierzu zählen Bewusstseinsbildung, branchen- und anwendungsspezifische Schulungen, das Bewerben von Leuchtturmprojekten, aber auch die Ausweitung von Wirkungskontrolle und Evaluierung, inwiefern die angestrebten Ziele und Wirkungen durch Standards erreicht werden können.

Vermeidung von Monopolen: Die Wettbewerbspolitik sollte darauf abzielen, Marktkonzentrationen zu vermeiden und den fairen Wettbewerb zu fördern. Dies kann durch strengere Fusionskontrollen und Maßnahmen gegen missbräuchliche Marktpraktiken erreicht werden. Strukturelle Wettbewerbspolitik wird dadurch erschwert, dass die Angebotsseite von Technologiemärkten von einigen wenigen sehr großen Unternehmen dominiert wird, die ihren Sitz außerhalb der EU haben. Die Produktpalette dieser Technologieunternehmen erscheint in bestimmten Bereichen alternativlos. Die nutzenden Unternehmen sind zumindest zum Teil auf die Angebote und Lösungen dieser Technologieunternehmen angewiesen. Vor diesem Hintergrund gilt es, die internationale Zusammenarbeit zu stärken und auf diese Weise eine grenzüberschreitende Standardisierung und Rechtssicherheit zu erreichen.

Internationale Zusammenarbeit

Globale Standards und Zusammenarbeit: Internationale Zusammenarbeit und die Schaffung globaler Standards für den Einsatz von KI sind entscheidend, um einen fairen und sicheren Einsatz weltweit zu gewährleisten. Dies umfasst auch die Zusammenarbeit in Bereichen wie IT-Sicherheit sowie den grenzüberschreitenden Datenaustausch. Ein einheitliches, verlässliches und durchsetzbares Regime von Standards sollte auf einer möglichst breiten Ebene, etwa im Rahmen der OECD, verankert werden. Bei der Entwicklung von Standards sind insbesondere die Praxistauglichkeit, die Anwendungsorientierung, auch aus Sicht von KMU, sowie die Wirkungsorientierung zu berücksichtigen.

Wissensaustausch und Best Practices: Der Austausch von Wissen und Best Practices zwischen Ländern und internationalen Organisationen sollte gefördert werden, um von den Erfahrungen anderer zu lernen und gemeinsame Herausforderungen zu bewältigen.

Zusammenfassung sind drei Handlungsfelder zu synthetisieren. Demnach umfasst eine förderliche Ausgestaltung von Rahmenbedingungen zur Förderung der Innovation und Adoption:

- **Effiziente Unterstützungsmaßnahmen**. Bei der Einführung von KI können Anleitung und Beratung eine wichtige Funktion übernehmen. Im AI Act der EU sind Sensibilisierungs- und Schulungsmaßnahmen, u. a. mit Fokus auf KMU und Startups, vorgesehen. Sie sollen die Nutzung und den Einsatz von KI im Rechtsrahmen des AI Act aus Sicht der Unternehmen erleichtern und die Rechtssicherheit der Unternehmen fördern. In Österreich wurde eine KI-Servicestelle bei der RTR eingerichtet, um diese Aufgabe zu übernehmen. Diese Servicestelle ist eine Chance, eine möglichst breite Anlaufstelle für Unternehmen, insbesondere KMUs, zu schaffen, die nicht nur bei der Umsetzung des Rechtsrahmens unterstützt, sondern auch als strategische Anlaufstelle dient. Ein Beispiel für ein solches Programm findet sich in Form des Interreg-Programms „embrAIsme"[55]. Hier gilt es vor allem jene Branchen zu unterstützen, die auf Basis ihrer Beschäftigungsstruktur stark von KI betroffen sind. Zugleich umfassen effiziente Unterstützungsmaßnahmen die Berücksichtigung der spezifischen Bedürfnisse und Erfordernisse von KMU, etwa bei der Entwicklung von Standards, die Entwicklung von Qualifikationen auf allen Ebenen und unter Einbeziehung aller gesellschaftlichen Gruppen sowie die Schaffung von Sensibilisierung und Bewusstsein im Umgang mit KI, auch im Zusammenhang mit ihren ökologischen, gesellschaftspolitischen und ethischen Implikationen.
- **Hebelung privaten Risikokapitals für Forschung, Entwicklung und Innovation**. Sowohl für die Innovation von neuen Technologien als auch für die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle,

[55] Informationen zum Programm finden sich auf der Website von Interreg unter dem Weblink.

die auf KI-Technologien aufbauen, kann die Hebelung von privatem Risikokapital positiv wirken. Gegeben die Aufholpotenziale zu den USA werden radikale Innovationen nur durch die Involvierung privater Investitionen erzielbar sein. Steuerliche Anreize, wie eine günstigere Besteuerung von Unternehmensgewinnen und Mitarbeiterbeteiligungen, aber auch das Schaffen eines allgemein positiveren unternehmerischen Umfelds sind hier zentral. Thematisch ergeben sich wesentliche Forschungsfelder auch im Hinblick auf die Entwicklung ökologisch nachhaltiger KI. Es zeigen sich zwischen KI-Systemen große Unterschiede im Hinblick auf Energieeffizienz, Ressourceneffizienz und ökologische Nachhaltigkeit.

- **Europäische Zusammenarbeit**. Wettbewerbsvorteile im digitalen Bereich entstehen vor allem aus Skalierungseffekten. Um als europäischer Wirtschaftsraum im internationalen digitalen Wettbewerb mit den USA oder China eine Chance zu haben, ist verstärkte europäische Zusammenarbeit in der technologischen Innovation und strategischen Adoption. Nachdem die Transformation durch KI bereits voll in Gange ist, scheint es angezeigt, bereits auf noch in der Entwicklungsphase befindliche Technologien mit Innovationspotenzial, wie beispielsweise Quantum Computing, zu blicken. Es sollten gesamteuropäische Verhandlungspotenziale für Strategien zur Entwicklung internationaler Standards angestrebt werden.

LITERATURVERZEICHNIS

Accenture (2016). Why Artificial Intelligence is the Future of Growth. Country Spotlights. (Weblink)

Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019a). The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda. Chicago: University of Chicago Press. (Weblink)

Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019b). Automation and new tasks: How technology displaces and reinstates labor. Journal of Economic Perspectives, 33(2), 3 – 30. (Weblink)

Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2020). Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. Journal of Political Economy, 128(6). (Weblink)

Acemoglu, D. (2024). The Simple Macroeconomics of AI. Massachusetts Institute of Technology. Working Paper 32487. (Weblink)

Adve, V. S.; Wedow, J. S.; Ainsworth, E. A.; Chowdhary, G.; Green-Miller, A.; Tucker, C. (2023). AIFARMS: Artificial intelligence for future agricultural resilience, management, and sustainability. AI Magazine, 2024, 45: 83 – 88. (Weblink)

Aghion, P.; Bloom, N.; Blundell, R.; Griffith, R.; Howitt, P. (2005). Competition and Innovation: An Inverted-U Relationship. The Quarterly Journal of Economics, Vol. 120, No. 2, 701 – 728. (Weblink)

Aghion, P.; Jones, B.; Jones, C. (2017). Artificial Intelligence and Economic Growth. National Bureau of Economic Research Working Paper 23928. (Weblink)

Agrawal, A., Gans, J. S., & Goldfarb, A. (2019a). Prediction, judgment, and complexity: a theory of decision-making and artificial intelligence. In: A. Agrawal, J. Gans, & A. Goldfarb (Eds.), The economics of artificial intelligence: An agenda. Chicago: University of Chicago Press. (Weblink)

Agrawal, A., McHale, J., & Oettl, A. (2019b). Finding needles in haystacks: Artificial intelligence and recombinant growth. In A. Agrawal, J. Gans, & A. Goldfarb (Eds.), The economics of artificial intelligence: An agenda. Chicago: University of Chicago Press. (Weblink)

Agrawal, A., Gans, J. S., & Goldfarb, A. (2019c). The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda. University of Chicago Press. University of Chicago Press. (Weblink)

Agrawal, A., Gans, J. S., & Goldfarb, A. (2019d). Artificial intelligence: the ambiguous labor market impact of automating prediction. Journal of Economic Perspectives, 33(2), 31 – 50. (Weblink)

Ahmed, S., M. Appendino und M. Ruta (2016). Global value chains and the exchange rate elasticity of exports. The BE Journal of Macroeconomics 17(1), 1 – 24. (Weblink)

Autor, D. (2024). Applying AI to Rebuild Middle Class Jobs. National Bureau of Economic Research Working Paper 32140. (Weblink)

Autor, D., Chin, C., Salomons, A., & Seegmiller, B. (2022). New Frontiers: The Origins and Content of New Work, 1940–2018. National Bureau of Economic Research Working Paper 30389. (Weblink)

Autor, D.; Dorn, D.; Katz, L. F.; Patterson, C. & Van Reenen, J. (2017). Concentrating on the Fall of the Labor Share. American Economic Review, Papers and Proceedings 107(5): 180 – 185. (Weblink)

Balland, P.-A. (2022). Innovation Policy for a complex world. Chapter 14 of the Science, Research and Innovation Performance of the EU (SRIP) report, European Commission's Directorate-General for Research and Innovation, Brussels. (Weblink)

Balassa, B. (1965). Trade Liberalisation and "Revealed" Comparative Advantage. The Manchester School 33(2), 99 – 123. https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.1965.tb00050.x

Barenkamp, M. (2024). Der AI Act. Historische Chance wegbürokratisiert? In: Wirtschaftsinformatik & Management. (Weblink)

Barnett, W. P.; Hansen, M. T. (1996). The Red Queen in Organizational Evolution. Strategic Management Journal17, 139 – 157. (Weblink)

BEREC – Body of European Regulators for Electronic Communications (2023). BEREC Report on the impact of Artificial Intelligence (AI) solutions in the telecommunications sector on regulation. (Weblink)

BDEW – Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2020). Künstliche Intelligenz für die Energiewirtschaft. (Weblink)

Berryhill J., K. Kok Heang, R. Clogher, K. McBride (2019). Hello, World: Artificial intelligence and its use in the public sector. Studie für OECD und OPSI – Observatory of Public Sector Innovation. (Weblink)

Biewendt, M.; Blaschke, F.; Böhnert, A. (2020). The Rebound Effect – A Systematic Review of the Current State of Affairs. European Journal of Economics and Business Studies 6(1). (Weblink)

Bitkom (2018). Digitalisierung gestalten mit dem Periodensystem der Künstlichen Intelligenz. Ein Navigationssystem für Entscheider. (Weblink)

Bitkom (2023). Open-Source-Monitor. Studienbericht 2023. (Weblink).

BMBWF/BMK/BMWA – Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung; Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie;

Bundesministerium für Arbeit und Wirtschaft (2024). Österreichischer Forschungs- und Technologiebericht 2024. (Weblink).

BMDW – Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort (2022). Digitalisierung in Gewerbe und Handwerk. Der Praxisleitfaden zu Ihrer Digitalisierungsstrategie! (Weblink).

Bordot, F. (2022). Artificial intelligence, robots and unemployment: evidence from OECD countries. Journal of Innovation Economics & Management 37, 117 – 138. (Weblink)

Briggs, J.; Kodnani, D.; Hatzius, J.; Pierdomenico, G. (2023). The Potentially Large Effects of Artificial Intelligence on Economic Growth. In: Goldman Sachs, Economics Research, Global Economics Analyst, 2023. (Weblink)

Briggs, J. & Kodnani, D. (2023). Upgrading our long-run global growth forecasts to reflect the impact of generative AI. Goldman Sachs.

Briglauer, W.; Köppl-Turyna, M. und Schwarzbauer, W. (2022). Evaluating the Effects of ICT Core Elements on CO_2 Emissions: Recent Evidence from OECD Countries. EcoAustria Research Paper No. 22. (Weblink)

Briglauer, W.; Bittó, V.; Köppl-Turyna, M. und Schwarzbauer, W. (2022). Evaluating the effects of ICT core elements on CO2 emissions: Recent evidence from OECD countries. Telecommunications Policy, Volume 47, Issue 8, September 2023, 102581 (Weblink)

Brynjolfsson, E. & McAfee, A. (2017). The Business of Artificial Intelligence. Harvard Business Review 7, 3 – 11. (Weblink)

Brynjolfsson, E., & Unger, G. (2023). The Macroeconomics of Artificial Intelligence. International Monetary Fund. (Weblink)

Brynjolfsson, E., Li, D., Raymond, L. R. (2023). Generative AI at Work. National Bureau of Economic Research Working Paper 31161. (Weblink)

Brynjolfsson, E.; & McElheran, K. (2016). The Rapid Adoption of Data-Driven Decision-Making. American Economic Review, 106(5): 133 – 139. (Weblink)

Brynjolfsson, E.; McAfee, A.; Sorell, M. & Zhu, F. (2008). Scale without Mass: Business Process Replication and Industry Dynamics. Harvard Business School Working Paper no. 07-016. (Weblink)

Brynjolfsson, E.; Rock, D. & Syverson, C. (2019). Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics. In: Agrawal, A.; Gans, J. S.; & Goldfarb, A.; The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda. Chicago: University of Chicago Press. (Weblink)

Bughin, J.; Seong, J.; Manyika, J.; Chui, M.; Joshi, R. (2019). Notes from the AI frontier: Modeling the impact of AI on the world economy. McKinsey Global Institute, Discussion Paper. (Weblink)

Choi, J. H., Monahan, A., & Schwarcz, D. B. (2023). Lawyering in the Age of Artificial Intelligence. 109 Minnesota Law Review, Minnesota Legal Studies Research Paper 23-31. https://doi.org/10.2139/ssrn.4626276

Cockburn, I. M.; Henderson, R.; Stern, S. (2019). The Impact of Artificial Intelligence on Innovation. An Exploratory Analysis. In: A. Agrawal, J. Gans, & A. Goldfarb (Eds.), The economics of artificial intelligence: An agenda. Chicago: University of Chicago Press. (Weblink)

Dahlke, J. (2023). Across the Board: AI in Chess Increases Occupational Complexity and Salience of Holistic Identities. Academy of Management Proceedings 2023(1), 11497. https://doi.org/10.5465/AMPROC.2023.29bp

Damioli, G., Roy, V. & Vértesy, D. (2021). The impact of artificial intelligence on labor productivity. Eurasian Business Review, 11(1), 1–25. (Weblink)

Daube, H. C. (2024). Künstliche Intelligenz in der Finanz- und Investitionsentscheidung. Working Papers des IUCF, No. 1/2024, ZBW – Leibniz Information, Centre for Economics, Kiel, Hamburg. (Weblink)

Davenport, T. H.; Mittal, N. (2022). How Generative AI Is Changing Creative Work. Harvard Business Review, Business and Society. (Weblink)

Dell'Acqua, F., McFowland, E. III, Mollick, E. R., Lifshitz-Assaf, H., Kellogg, K., Rajendran, S., Krayer, L., Candelon, F., & Lakhani, K. R. (2023). Navigating the Jagged Technological Frontier: Field Experimental Evidence of the Effects of AI on Knowledge Worker Productivity and Quality. Harvard Business School Technology & Operations Mgt. Unit Working Paper 24-013. https://doi.org/10.2139/ssrn.4573321

Deloitte (2024). EU Artificial Intelligence Act. Deep Dive. Deloitte Whitepaper. (Weblink).

Derfus, P. J.; Maggitti, P. G.; Grimm, C. M.; Smith K. G. (2008). The Red Queen Effect: Competitive Actions and Firm Performance. Academy of Management Journal 51(1), 61 – 80. (Weblink)

Economist (2024). Artificial intelligence is taking over drug development. https://www.economist.com/technology-quarterly/2024/03/27/artificial-intelligence-is-taking-over-drug-development#

Eloundou, T., Manning, S., Mishkin, P., & Rock, D. (2023). GPTs are GPTs: An Early Look at the Labor Market Impact Potential of Large Language Models. arXiv 2303.10130. http://arxiv.org/abs/2303.10130

Ernst, E., Merola, R., & Samaan, D. (2019). Economics of artificial intelligence: Implications for the future of work. IZA Journal of Labor Policy 9(1). (Weblink)

EU – European Commission (2020). AI Watch Artificial Intelligence in public services, Overview of the use and impact of AI in public services in the EU. In: Science for Policy Report, Joint Research Centre. (Weblink)

Felten, E., Raj, M., & Seamans, R. (2021). Occupational, industry, and geographic exposure to artificial intelligence: A novel dataset and its potential uses. *Strategic Management Journal 42*(12), 2195 – 2217. https://doi.org/10.1002/smj.3286

Felten, E., Raj, M., & Seamans, R. (2023). *How will Language Modelers like ChatGPT Affect Occupations and Industries?* arXiv 2303.01157. http://arxiv.org/abs/2303.01157

Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0 und Deutsche Akademie der Technikwissenschaften acatech (2022). Open Source als Innovationstreiber für Industrie 4.0. Expertise des Forschungsbeirats der Plattform Industrie 4.0. (Weblink)

Franco, S. F., Graña, J. M., Flacher, D., & Rikap, C. (2023). Producing and using artificial intelligence: What can Europe learn from Siemens's experience? Competition & Change 27(2), 302 – 331. https://doi.org/10.1177/10245294221097066

Fraunhofer IEE – Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (2023). Künstliche Intelligenz im Energiesektor. Kompetenzzentrum Kognitive Energiesysteme. (Weblink)

Fraunhofer IAO – Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (2021). Künstliche Intelligenz im Handwerk. ISBN: 978-3-8396-1723-6.

Füller, J.; Hutter, K.; Wahl, J.; Bilgram, V.; Tekic, Z. (2022). How AI revolutionizes innovation management – Perceptions and implementation preferences of AI-based innovators. Technological Forecasting and Social Change 178, Artikel 121598. (Weblink)

Furman, J.; Seamans, R. (2019). AI and the Economy. Innovation Policy and the Economy 19(1), 161 – 191. (Weblink)

Georgieff, A., & Hyee, R. (2022). Artificial intelligence and employment: new cross-country evidence. Frontiers in Artificial Intelligence 5, Artikel 832736. (Weblink)

GeSI – Global e-Sustainability Initiativs & Accenture (2015). #SMARTer2030. ICT Solutions for 21st Century Challenges. (Weblink)

Goldfarb, A. & Trefler, D. (2019). Artificial Intelligence and International Trade. In: A. Agrawal, J. Gans, & A. Goldfarb (Eds.), The economics of artificial intelligence: An agenda. Chicago: University of Chicago Press. (Weblink)

Graetz, G., & Michaels, G. (2018). Robots at Work. *The Review of Economics and Statistics 100*(5), 753 – 768. https://doi.org/10.1162/rest_a_00754

Graf, N. und Briglauer, W. (2023). Ökonomische Effekte der Digitalisierung. EcoAustria-Studie für Accenture, Microsoft und Avanade. (Weblink)

Häfner, N.; Wincent, J.; Parida, V.; Gassmann, O. (2021). Artificial intelligence and innovation management: A review, framework, and research agenda. Technological Forecasting and Social Change 162. (Weblink)

Hammond, K. (2016). The Periodic Table of AI. Retrieved January 22, 2018. (Weblink).

Hankins, E.; Fuentes Nettel, P.; Martinescu, L.; Grau, G. & Rahim, S. (2023). Government AI Readiness Index. 2023 Oxford Insights. (Weblink)

Holzinger, A., Keiblinger, K., Holub, P., Zatloukal, K., & Müller, H. (2023). AI for life: Trends in artificial intelligence for biotechnology. New Biotechnology 74, 16 – 24. (Weblink)

IPSOS & ITE (2020). European enterprise survey on the use of technologies based on artificial intelligence. Study for the European Commission DG Communication Networks, Content & Technology by IPSOS Belgium and ITE – International Centre for Innovation, Technology and Innovation. (Weblink)

Javaid, M.; Haleem, A.; Singh, R. P.; Suman, R. (2021). Artificial Intelligence Applications in Industry 4.0: A Literature-Based Study. Journal of Industrial Integration and Management 7(1), 83 – 111. (Weblink)

Jevons, W. S. (1865). The coal question: An inquiry concerning the progress of the nation, and the probable exhaustion of our coal-mines. London: Macmillan and Co. (Weblink)

Jovy-Klein, F.; Morad, M.; Enns, C.; Temath, C. (2023). Künstliche Intelligenz im Handwerk – KI-Potenziale mit der Methodik des AI.Shadowings identifizieren. Fraunhofer IAIS/KI.NRW. (Weblink)

Karduri, R. (2019). The Role of Artificial Intelligence in Optimizing Energy Systems. International Journal of Advanced Research in Management, Architecture, Technology and Engineering 5(2). (Weblink)

Klobasa, M.; Plötz, P.; Pelka, S.; Vogel, L. (2019). Künstliche Intelligenz für die integrierte Energiewende. Forschungsbericht von Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung. (Weblink)

KMU Forschung Austria (2022). Standards und Normen im Bereich Künstliche Intelligenz. Status quo, Potenziale und Herausforderungen in Österreich. (Weblink)

Köppl-Turyna, M.; Graf, N.; Schwarzbauer, W. (2024). New Work: Chancen, Herausforderungen und Politikempfehlungen. EcoAustria-Studie im Auftrag der Jungen Wirtschaft. (Weblink)

Köppl-Turyna, M.; Graf, N.; Strohner, L. (2022). Wertschöpfung von Start-ups in Österreich. EcoAustria Studie im Auftrag von AustriaStartups [...]. (Weblink)

Köppl-Turyna, M.; Köppl, S.; Berger, J.; Strohner, L. (2021). Determinanten und Effekte von Venture Capital und Private Equity: Eine Literaturanalyse. List Forum (2021) 47:151–192. (Weblink)

Kyba, C.; Küster, T.; Sánchez de Miguel, A.; Baugh, K.; Jechow, A.; Hölker, F.; Bennie, B.; Elvidge, C. D. Gaston, K.; Guanter, L. (2017). Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. Science Advances 3(11), Artikel 1701528. (Weblink)

Laranjeira de Pereira, J. R. (2024). The EU AI Act and environmental protection: the case for a missed opportunity. Heinrich Böll Stiftung, Brussels, EU. (Weblink)

Lange, S.; Pohl, J.; Santarius, T. (2020). Digitalization and Energy Consumption. Does ICT Reduce Energy Demand? Ecological Economics 176, Artikel 106760. Elsevier BV. (Weblink)

Lellmann, B., Marek, P., Triska, M. (2024). Grants4Companies: Applying Declarative Methods for Recommending and Reasoning About Business Grants in the Austrian Public Administration (System Description). In: Gibbons, J., Miller, D. (eds) Functional and Logic Programming. FLOPS 2024. Lecture Notes in Computer Science, vol 14659. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-2300-3_9

Maslej N.; Fattorini, L.; Perrault, R.; Parli, V.; Reuel, A.; Brynjolfsson, E.; Etchemendy, J.; Ligett, K.; Lyons, T.; Manyika, J.; Niebles, J. C.; Shoham, Y.; Wald, R. & Clark, J. (2024). The AI Index 2024 Annual Report. AI Index Steering Committee, Institute for Human-Centered AI, Stanford University, Stanford, CA. (Weblink)

McAfee, A. & Brynjolfsson E. (2008). Investing in the IT that Makes a Competitive Difference. Harvard Business Review July–August 2008. (Weblink)

McAfee, A. (2024). Generally Faster. The Economic Impact of Generative AI. (Weblink)

McCarthy, J.; Minsky, M. L.; Rochester, N. & Shannon C. E. (1955). A proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. (Weblink)

McKinsey (2019). Driving impact at scale from automation and AI. (Weblink)

Meier, K. und Spichinger, R. (2024). The EU AI regulation is coming. What does it mean for you and your business in Switzerland? EY 2024 (Weblink).

Melas-Kyriazi, L., Rupprecht, C., Laina, I., & Vedaldi, A. (2023). RealFusion: 360° Reconstruction of Any Object from a Single Image. arXiv 2302.10663. http://arxiv.org/abs/2302.10663

Olatunde, T. M.; Okwandu, A. C.; Akande, D. O.; Sikhakhane, Z. Q. (2024). Reviewing the Role of Artificial Intelligence in Energy Efficiency Optimization. Engineering Science & Technology Journal 5(4), 1243 – 1256. (Weblink)

Pabel und Kerschbaummayr (2024). Der AI-Act und seine praktischen Auswirkungen. In: Hochleitner Rechtsanwälte, Our Yearly Focus. (Weblink).

Pöchhacker-Tröscher, G.; Scherk, J. & Wagner, K. (2018). Künstliche Intelligenz. Anwendungsfelder und Einsatzpotenziale in der Industrie. IV Oberösterreich.

Pokorni, B.; Braun, M.; Knecht, C. (2021). Menschenzentrierte KI-Anwendungen in der Produktion. Praxiserfahrungen und Leitfaden zu betrieblichen Einführungsstrategien. Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Porter, R. L. (2010). Competitive Actions of New Technology Firms: The Red Queen Effect and New Firm Performance. University of Central Florida. (Weblink)

Pridat, B. (2017). ‚Schöpferische Zerstörung' als agens movens der Ökonomie? Wittener Diskussionspapiere zu alten und neuen Fragen der Wirtschaftswissenschaft, Heft Nr. 2017-44. (Weblink)

Ren, P.; Yang, J.; Islam, M.; Ren, S. (2023). Making AI Less "Thirsty": Uncovering and Addressing the Secret Water Footprint of AI Models. University of California, Riverside. Working Paper. (Weblink)

Purdy, M. und Daugherty, P. (2017). How AI boosts Industry Profits and Innovation. Studie von Accenture Research in Kooperation mit Frontier Economics. (Weblink).

PwC (2020). How mature is AI adoption in financial services? A PwC Study across the DACH region (Weblink).

PwC (2017). Sizing the prize. What's the real value of AI for your business and how can you capitalise? (Weblink)

Schaller, D., Wohlrabe, K., Wolf, A., Demary, V., Mertens, A., Fregin, M.-C., Stops, M., Heckmann Walter, J., Gillhuber, A., & Grunwald, A. (2023). Künstliche Intelligenz: Chance oder Gefahr? ifo Schnelldienst 76(8), 3–28. https://www.ifo.de/publikationen/2023/aufsatz-zeitschrift/kuenstliche-intelligenz

Schegg, R. (2023) Wie weit ist die KI-Integration in der europäischen Hotellerie wirklich? Eine aktuelle Umfrage gibt Antworten. (Weblink)

Schegg, R. und Khlusevich, A. (2023). AI in Tourism: Unveiling the Potential and Benefits for SMEs in the Hotel Sector. Results of an online survey among hotels in Austria, France, Germany, Greece and Switzerland. (Weblink)

Schumpeter, J.A. (1942). Capitalism, Socialism, and Democracy. New York, London: Harper Brothers. (Weblink)

Shi, Y., Wang, P., Ye, J., Long, M., Li, K., & Yang, X. (2024). MVDream: Multi-view Diffusion for 3D Generation (arXiv:2308.16512v4). arXiv. (Weblink)

Stanford University. (2024). Artificial Intelligence Index Report 2024. https://aiindex.stanford.edu/report/

Stojkoski, V., Koch, P., Coll, E., & Hidalgo, C. A. (2024). Estimating digital product trade through corporate revenue data. Nature Communications 15(1), Artikel 5262. (Weblink)

Strubell, E.; Ganesh, A. & McCallum, A. (2020). Energy and Policy Considerations for Modern Deep Learning Research. In: The Thirty-Fourth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-20). (Weblink)

Su, Z., Togay, G., & Côté, A. M. (2021). Artificial intelligence: a destructive and yet creative force in the skilled labour market. Human Resource Development International 24(3), 341 – 352. https://doi.org/10.1080/13678868.2020.1818513

Tekic, Z. & Füller, J. (2023). Managing innovation in the era of AI. Technology in Society 73, Artikel 102254. (Weblink)

Teutloff, O., Einsiedler, J., & Møller, F. S. (2024). Large language models and the Danish labour market. https://www.dst.dk/en/Statistik/nyheder-analyser-publ/Analyser/53014-large-language-models-and-the-danish-labour-market

Thelle, M. H.; Lundberg, A. T.; Hovmand, B. E.; Woltmann, H. H; Virtanen, L. Tranholm-Mikkelsen, N.; Pedersen, S. T.; Oure, A. J. (2024). The Economic Opportunity for Austria. Capturing the next wave of benefits from generative AI. Implement Conulting Group Study commissioned by Google. July 2024. (Weblink)

Tietoevry (2023). So nutzen Österreichs Entscheider*innen Künstliche Intelligenz: Die Tietoevry-KI-Studie 2023. (Weblink).

Tortoise (2024). The Global AI Index. Methodology Report. (Weblink).

Tuyls, K., Omidshafiei, S., Muller, P., Wang, Z., Connor, J., Hennes, D., Graham, I., Spearman, W., Waskett, T., Steel, D., Luc, P., Recasens, A., Galashov, A., Thornton, G., Elie, R., Sprechmann, P., Moreno, P., Cao, K., Garnelo, M., … Hassabis, D. (2021). Game Plan: What AI can do for Football, and What Football can do for AI. Journal of Artificial Intelligence Research 71, 41 – 88. https://doi.org/10.1613/jair.1.12505

Vocke, C.; Constantinescu, C.; Popescu, D. (2019). Application potentials of artificial intelligence for the design of innovation processes. Procedia CIRP 84, 810 – 813. 29th CIRP Design 2019 (CIRP Design 2019). ScienceDirect (Weblink).

Wang, Z., Veličković, P., Hennes, D., Tomašev, N., Prince, L., Kaisers, M., Bachrach, Y., Elie, R., Wenliang, L. K., Piccinini, F., Spearman, W., Graham, I., Connor, J., Yang, Y., Recasens, A., Khan, M., Beauguerlange, N., Sprechmann, P., Moreno, P., … Tuyls, K. (2024). TacticAI: An AI assistant for football tactics. Nature Communications 15(1), Artikel 1906. https://doi.org/10.1038/s41467-024-45965-x

WEF – World Economic Forum (2023). Future of Jobs Report 2023. Insight Report. (Weblink)

Willenbacher, M.; Hornauer, T.; Wohlgemuth, V. (2021). A Short Overview of Rebound Effects in Methods of Artificial Intelligence. International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources 28(5), Artikel 556246. (Weblink)

Wittenberg, C.; Boos, S.; Harst, F.; Lanquillon, C.; Ohrnberger, M.; Schloer, N.; Schoch, F. und Stache, N. C. (2023). Künstliche Intelligenz und Digitaler Zwilling in der Produktion – Forschung zu Leitanwendungen und dem Transfer in die Industrie. In: Reiff-Stephan, J.; Jäkel,und Schwarz, A. (Hrsg.): 19. AALE-Konferenz. (Weblink)

UNESCO (2023). Die UNESCO Empfehlung zur Ethik der Künstlichen Intelligenz: Wegweiser für die Gestaltung unserer Zukunft. (Weblink)

ANHANG A: ANWENDUNGSFORMEN NACH WIRTSCHAFTSBEREICHEN

Im Abschnitt 2.2 sowie im folgenden Anhang A (A.1. bis A.13.) werden betriebliche Anwendungsformen in Fokusbranchen exemplarisch dargestellt. Die schematische Grundlage dafür bildet das KI-Periodensystem nach Hammond (2016; Abschnitt 2). Jedes Funktionselement, repräsentiert eine bestimmte Funktion. Es werden 28 Elemente, also funktionale Bausteine, von KI definiert. Eine „vollständige" KI-Anwendung umfasst ein KI-Tripel, bestehend aus den typischen Verarbeitungsschritten, nämlich „Assess" bzw. „Assessment" (links in grüner bzw. hellgrüner Farbe), „Infer" bzw. „Inference" (mittig in gelber bzw. oranger Farbe) und „Respond" bzw. „Respondence" (rechts in violetter Farbe). [56]

Assess/Assessment

Die erste Gruppe von Funktionselementen umfasst solche KI-Systeme, die auf das Erfassen/Erkennen/Einschätzen von Situationen ausgerichtet sind. „Assess" bezieht sich dabei auf die Fähigkeit eines KI-Systems, Daten zu sammeln bzw. zu generieren und in weiterer Folge zu analysieren und zu bewerten, um Informationen oder Einblicke zu gewinnen. Dies umfasst etwa das Sammeln von relevanten Daten aus verschiedenen Quellen in Form der Datenakquise, die Bereinigung, Transformation und Standardisierung von Daten im Kontext der Datenvorverarbeitung, die Anwendung von Techniken im Rahmen der Analyse, um Muster, Trends oder Anomalien in den Daten zu identifizieren, sowie die Einschätzung der Relevanz und Genauigkeit der gesammelten Informationen im Rahmen von Bewertung. Auf der ersten Stufe der Funktionselemente stehen Erkennen und Wahrnehmen im Vordergrund, etwa das Erkennen von allgemeinen Objekten, Situationen, Menschen, Sprachinhalten im Rahmen von Speech Recognition (Sr), Audio Recognition (Ar) oder General Recognition (Gr). Auf einer zweiten Stufe identifizieren KI-Funktionselemente konkrete Objekte, Individuen und Gegenstände, etwa im Rahmen Image Identification (Ii), General Identification (Gi), Speech Identification (Si) oder Face Identification (Fi). Dabei sind Unterschiede zwischen Recognition und Identification fließend; während etwa im Rahmen von Audio Recognition Musik abstrakt als solche erkannt und analysiert wird, wird im Rahmen von Audio Identification ein bestimmtes Musikstück aus einer Datenbank identifiziert. Audio Recognition zielt demnach darauf ab, Merkmale und Eigenschaften innerhalb eines Musikstücks zu analysieren, z. B. Beats und Rhythmen, Harmonien und Tonfolgen oder musikalische Genres. Im Rahmen von Audio Identification wird das konkrete Musikstück erkannt. Relevant sind beide Funktionselemente in der Musikindustrie, etwa im Zusammenhang mit der Erkennung von Plagiaten und zur Sicherstellung

[56] In den Quellen werden zur Bezeichnung der Funktionselemente sowohl die Verbformen als auch die Substantivformen verwendet. Dabei entspricht die Substantivform „Assessment" der Verbform „Assess", „Inference" entspricht „Infer", und „Respondence" entspricht „Respond".

des Urheberrechts. Vervollständigt werden die „Assess"-Funktionselemente durch Data Analytics (Da) und Text Extraction (Te). Die „Assess"-Funktionselemente bilden die Basis für KI-Anwendungen etwa in Form von Sensoren im Kontext von Predictive Maintenance oder IoT. Es werden Informationen gesammelt, erkannt und generiert, die weiterführend hinsichtlich ihrer Relevanz analysiert werden.

Infer/Inference

Die zweite Gruppe umfasst Bewertung/Schlussfolgerung/Reflexion. Die Elemente zielen darauf ab, auf Grundlage der Einschätzungen Schlussfolgerungen abzuleiten und diese weiterführend zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen. Es werden aus den analysierten Daten logische Ableitungen getroffen, die Prozesse der Entscheidungsfindung unterstützen. „Infer" bezieht sich in erster Linie auf die Fähigkeit eines KI-Systems, auf Grundlage der bewerteten Daten und der daraus geschlossenen Wahrscheinlichkeiten Prognosen oder Entscheidungen zu treffen. Dies umfasst Prozesse der Modellbildung, d. h. das Erstellen und „Trainieren" von Modellen, die in der Lage sind, auf Basis der eingegebenen Daten Prognosen oder Klassifikationen vorzunehmen; das Ziehen von Schlussfolgerungen, d. h. die Anwendung der Modelle auf neue Daten, um Vorhersagen, Klassifikationen oder Entscheidungen zu generieren; sowie die Abschätzung von Unsicherheiten und der Zuverlässigkeit von Vorhersagen. Im Wesentlichen lässt sich Infer als jener Prozess verstehen, bei dem ein KI-System neue Erkenntnisse aus den vorhandenen Daten ableitet. So werden etwa im Rahmen von Predictive Inference (Pi) Prognosemodelle generiert, die eine statistische Verbindung zwischen Eingangsdaten und einer oder mehreren Ausgangsgrößen bilden. Es werden dabei Korrelationen modelliert – nicht notwendigerweise Kausalitäten. Die Identifikation von Kausalitäten steht im Vordergrund von Explanatory Inference (Ei) oder Synthetic Reasoning (Sr). Weitere Funktionselemente von Inference sind etwa Problem Solving (Ps) im Sinne der Entwicklung von Lösungswegen, die im Vorfeld einer Aktion („Respond") mögliche Lösungswege aufzeigen, Decision Making (Dm), d. h. das Auswählen eines bestimmten Plans oder einer Lösung auf der Grundlage vorliegender Fakten, alternativer Lösungen und einer Reihe von Zielen, oder Planning (Pl) im Kontext der Erstellung eines Aktionsplans auf der Grundlage des entwickelten Verständnisses der Datenempirie, von operativen Zielen und Zielwerten und dem Verständnis über Folgen und Konsequenzen der Handlungen.

Respond/Respondence

Die dritte Gruppe umfasst Handlung/Aktion/Reaktion, wobei auf der Grundlage von datenbasierten Einschätzungen und Schlussfolgerung Handlungen in Gang gesetzt werden. Die Funktionselemente vervollständigen ein vollwertiges KI-System. "Respond" ist der letzte Schritt im KI-Prozess, bei dem das KI-System handelnd auf seine Umgebung oder Benutzer reagiert und die Ergebnisse seiner Schlussfolgerungen in die Tat umsetzt. Diese Funktionen können die Aktionsplanung beinhalten, also

die Bestimmung möglicher Handlungswege auf Basis der Schlussfolgerungen und des gegebenen Kontextes, zudem die Reaktion, d. h. die konkrete Umsetzung der geplanten Aktionen, etwa in Form von Signalen oder sprachlicher Kommunikation, von physischen Aktionen, wie etwa dem Steuern eines Roboters oder systemische Änderungen, wie dies bei der Anpassung von Parametern und Funktionen in einem System erfolgen könnte. Anwendungsbeispiele beinhalten häufig auch eine Feedbackschleife, im Rahmen derer Ergebnisse der ausgeführten Handlungen überwacht und bewertet werden. Die Ergebnisse dieser Kontrollschleife können dann wieder in den Lernprozess einfließen. Beispiele für handelnde und agierende KI-Systeme finden sich etwa im Kontext des autonomen Fahrens im Rahmen von Mobility Large (Ml) und Mobility Small (MS), im Rahmen der automatisierten Fertigung und Prozessabwicklung etwa im Rahmen von Control (Cn) oder Manipulation (Ma).

Eine vollwertige KI-Anwendung – am Beispiel von autonomem Fahren – umfasst Funktionselemente aus allen drei Ebenen. Im ersten Schritt („Assess") wird beispielsweise ein Fußgänger als solcher erkannt und wahrgenommen; im zweiten Schritt („Infer") wird die Situation bewertet und beispielsweise eine Schlussfolgerung gezogen, dass eine Kollision wahrscheinlich ist; im dritten Schritt („Respond") wird eine Aktion eingeleitet, die etwa in einem Signal an den Fahrer bzw. die Fahrerin bestehen kann oder in der Einleitung eines Bremsmanövers.

Anhang A.1. Anwendungsformen in der Landwirtschaft

Eine schriftliche Beschreibung von Anwendungsbereichen und Anwendungsbeispielen in der Landwirtschaft findet sich in Abschnitt 2.2.1.

Gruppe			Betriebliche Anwendungsbereiche in der Landwirtschaft
Assess	Speech Recognition	Sr	Sprachsteuerung für Agrarroboter und Agrarmaschinen, Sprachliche Signalgebung im Kontext von Zustandsüberwachung, Kommunikation und Interaktion imTeam, Gefahrenwarnsysteme.
	Audio Recognition	Ar	Zustands- und Gesundheitskontrolle in der Tierhaltung, Maschinenwartung, geräuschbasierte Maschinenanalyse (Gerätestress)
	Face Recognition	Fr	Tracking von Nutztieren (Identifizieren, Überwachen: Gesundheitszustand und Verhalten); Überwachung von Feldarbeiter:innen (Sicherheits-und Effizienzüberwachung)
	Image Recognition	Ir	Insbesondere zur Identifikation von bildlichen Daten im Rahmen von automatisierter Präzisionslandwirtschaft. Sensorik sammelt Daten über Zustände (etwa Schädlingsbefall Wettereinflüsse Witterungsverhältnisse)
	General Recognition	Gr	Siehe auch Speech Recognition, Audio Recognition oder Image Recognition.
Assess	Image Identification	Ii	Siehe auch Speech Recognition, Audio Recognition oder Image Recognition bzw. überall dort, wo Erkennung nicht ausreicht.
	General Identification	Gi	Siehe auch Speech Recognition, Audio Recognition oder Image Recognition bzw. überall dort, wo Erkennung nicht ausreicht.
	Data Analytics	Da	Analyse der Eingangsdaten, um Schlussfolgerungen abzuleiten
	Text Extraction	Te	Screening von Forschungsberichten und Artikel, etwa zur Schädlingsbekämpfung, Produktionsmanagment, Markt- und Preisanalyse, Lieferketteninformation, Recherche Gesetzestexte und Compliance, rechtliche Rahmenbedingungen. Forschung und Entwicklung, Extraktion von Informationen aus Patenten und Innovationsberichten.
	Speech Identification	Si	Erkennung Tiergeräusche (Wohlbefinden und Gesundheit); Training Reaktion Tiere auf bestimmten Landwirt:in (Tiermanagement, Hirte-Kuh-Kommunikation); Überprüfung Sprachaufzeichnung zu dem Zweck der korrekten Ausführung von Arbeitsanweisungen; Sprachgesteuerte Kommunikationsgeräte und vereinfachte Kommunikation in großen Betrieben; Sprachegsteuerte Maschinen, dazu zählt Steuerung und Überwachung (erleichtert Einsatz in den schwierigen Umgebungen); Sprachassistenten für Multitasking
	Audio Identification	Ai	Siehe auch Speech Recognition, Audio Recognition oder Image Recognition bzw. überall dort, wo Erkennung nicht ausreicht.
	Face Identification	Fi	Beschränkter Zugang zu Bereichen; Diebstahlschutz; Automatsierte Zeiterfassung Mitarbeiter:innen; Überwachung Anwesenheit; Sicherheit (nur autorisierte Personen Zugriff auf Maschinen)
Inference	Language Understanding	Lu	Kontextbezognene Sprachassistenten für Landwirte; Beratungssysteme; Verstehen von Quellen und infolge Erstellen von Berichten; Vertragsanalyse; Schulung und Weiterbildung; Aufbau von Wissensdatenbanken
	Predictive Inference	Pi	Datengetriebene Optimierung der landwirtschaftlichen Produktion durch Ernteertragsanalysen ("vorschauend"): Ertragsprognose, Wetterprognose, Maschinenwartung, Predictive Maintenance, Ressourcenmanagement (Optimierung Wasserverbrauch, Energie), Optimierung des Anbaus im Anbaukontext des Bodens, des Wetters, von Umwelteinflüssen (Auswahl Anbauprodukte, Saatgut, Dünger etc.), Markt- und Preisprognose, Prozessplanung im Rahmen von Präszisionslandwirtschaft,
	Explanatory Inference	Ei	Ernteanalysen und Optimierung ("rückschauend"), etwa Zusammenhang Ernteausfälle und Faktoren, Optimierung Anbaupraktiken); Erklärung von Bodenveränderungen; Analyse Pflanzenkrankheiten; Analyse von Wetterdaten und Risikomanagementstrategien; Klimawandeladaption; Analyse von Maschinenausfällen; Arbeitsabläufe optimieren
	Synthetic Reasoning	Sy	Prognosemodelle der landwirtschaftlichen Prodution und Predictive Maintenance
	Planning	Pl	Prognosemodelle der landwirtschaftlichen Prodution und Predictive Maintenance
	Problem Solving	Ps	Prognosemodelle der landwirtschaftlichen Prodution und Predictive Maintenance
	Decision Making	Dm	Entscheidungsmodelle auf Basis von Prognosemodellen der landwirtschaftlichen Prodution und Predictive Maintenance
	Language Generation	Lg	Ernte- und Maschinenwartungsberichte; Boden- und Pflanzenanalyse; Erstellung von Lernmaterialien; Vertragsdokumentation und -analyse
Inference	Relationship Learning	Lr	Ertragsprognosen (Wetter und Ertrag, Bodenqualität und Ernteertrag); Schädlingsvorhersage; Bewässerungsmanagement; Markt- und Preisvorhersage
	Category Learning	Lc	Präzisionslandwirtschaft, Prognose und Entscheidung
	Knowledge Refinement	Lt	Präzisionslandwirtschaft, Prognose und Entscheidung, Feedback aus Catgory Learning
Respond	Mobility Large	Ml	autonome Erntefahrzeuge etc.; effiziente Logistik (zwischen Silo und Feld beispielsweise); verbesserte Sicherheit durch autonome Fahrzeuge
	Mobility Small	Ms	Automatisierte robotisierte Landwirtschaft, Ernteroboter
	Manipulation	Ma	Ernteroboter, Verpackung, maschinelle Verarbeitung
	Communication	Cm	Kontextbezogene virtuelle Assistenten/Chatbots; Übersetzungstools für Landwirte aus verscheidenen Sprachregionen
	Control	Cn	IoT und Robotik

Anhang A.2. Anwendungsformen im Produktionssektor

Eine Beschreibung von Anwendungsbereichen und Anwendungsbeispielen im Produktionssektor findet sich in Abschnitt 2.2.2.

Gruppe			Betriebliche Anwendungsfelder im Produktionssektor
Assess	Speech Recognition	Sr	Sprach- und Maschinensteuerung, interaktive Sprachanwendungen, Zustandsüberwachung von Maschinen, interaktive Sprachanwendungen etwa zur Schulung oder im Prozessmanagement, Sicherheit und Gefahrenwarnsysteme, Mensch-Maschine-Interaktion, Sprachassistierte Bedienoberflächen etc.
	Audio Recognition	Ar	Predicitive Maintenance, Zustandsüberwachung von Maschinen, Akustische Qualitätsprüfung,
	Face Recognition	Fr	Kontrolle Mitarbeiter:innen, im Sinne Qualitätskontrolle (Müdigkeit, Konzentration, Stress, Unbehagen)
	Image Recognition	Ir	Qualitätsmanagement, Mustererkennung, Anomalieerkennung
	General Recognition	Gr	Predicitive Maintenance, Qualitätsmanagement, Mustererkennung, Anomalieerkennung
Assess	Image Identification	Ii	Qualitätsmanagement, Mustererkennung, Anomalieerkennung
	General Identification	Gi	Predicitive Maintenance, Qualitätsmanagement, Mustererkennung, Anomalieerkennung
	Data Analytics	Da	Prozesssteuerung
	Text Extraction	Te	Extraktion von Produktionsdaten aus Berichten; Datenerfassung aus Lieferscheinen; Extraktion Testinformation aus jederlei Textdokumenten
	Speech Identification	Si	Zutrittskontrollen und Authentifizierung, Gerätesteuerung, siehe auch Audio Recognition und Speech Recognition.
	Audio Identification	Ai	Predictive Maintenance; In der industriellen Produktion existieren ebenfalls zahlreiche Anwendungen. Hier können z. B. Prozesse akustisch überwacht werden, etwa zur prädiktiven Bestimmung von Wartungsintervallen für Maschinen. Veränderungen von Geräuschen, z. B. in Getrieben oder anderen mechanisch bewegten Teilen, können Hinweise für deren baldigen Ausfall geben.
	Face Identification	Fi	Zutrittskontrollen Anlagen; Identifizierung von Personen in Notfällen; Qualitätskontrolle (bspw. Identifikationen von Mitarbeiter:innen, die Prozessabläufe nicht korrekt folgen); Identifikation des/der herstellenden (oder bearbeitenden) Mitarbeiters/Mitarbeiterin
Inference	Language Understanding	Lu	Extraktion von Wartungsaufzeichnungen; Analyse von Produktionsberichten; Analyse von Fehlerberichten und Prüfprotokollen; Analyse von Kundenfeedback und Implementierung in Produktion
	Predictive Inference	Pi	Predictive Maintenance; In der Produktion kommt Predictive Inference [Pi] häufig bei der vorausschauenden Instandhaltung zum Einsatz. Dafür werden flexible Instandhaltungspläne generiert, die Echtzeitdaten von Maschinen nutzen, um absehbare Störungen zu erkennen. Dadurch wird ein Eingreifen vor dem Ausfall einer Maschine ermöglicht.
	Explanatory Inference	Ei	in enger Verbindung mit Pi Predicitive Inference. Zustandekommen der Vorhersage wird plausibilisiert
	Synthetic Reasoning	Sy	in enger Verbindung mit Ei. Plausibilisierung der Schlussfolgerungen
	Planning	Pl	Prozesssteuerung und Optimierung; In allen Industrie- und Handelsbetrieben sind Prozesse zum Erzeugen eines Produktes oder zum Erbringen einer Dienstleistung zu planen. Hiermit verbunden ist häufig eine Prozesskomplexität, die sich aus vielen, meist unabhängig handelnden Akteuren ergibt. Darüber hinaus sind Störungen und zeitliche Abhängigkeiten von Bedarfszeitpunkten, der Verfügbarkeit von Kapazitäten und Ressourcen relevant. Eine Planung ist notwendig für das Produktionsprogramm, die Beschaffung und Bereitstellung von Material und Ressourcen oder die Versorgung von Kunden oder Märkten mit Erzeugnissen. Beispielsweise ist bei der Produktion eines Autos der Lieferwunschtermin zu berücksichtigen. Die notwendigen Bauteile sind oft über globale Lieferketten verteilt. Schließlich ist die Einordnung eines Auftrags in eine Kalenderwoche oder einen Tagesablauf auf dem Montageband einzuplanen.
	Problem Solving	Ps	Beispiele sind adaptive Produktionsplanung, Problem Solving [Ps] simuliert die Fähigkeit des Problemlösens des Menschen. Dies geschieht entweder durch deterministische Verfahren, z. B. zur Routenfindung in Transportnetzwerken, oder durch stochastische Verfahren, bspw. evolutionäres Design.
	Decision Making	Dm	Business Intelligence in der Industrie: (1) Produktionsmanagement (Produktionsplanung und Steuerung), Qualitätskontrolle, Predictive Maintenance, (2) Lieferkettenmanagement und Logistik, (3) Finanz- und Kostenmanagement, (4) Vertrieb und Marketing, (5) Forschung und Entwicklung, (6) Personalmanagement oder (7) Umweltmanagement und Nachhaltigkeit
	Language Generation	Lg	Erstellung von Produktbeschreibungen und Bedienungsanleitungen; technische Dokumentationen; Erstellung von Schulungsmaterialien, Erstellung von Marketingmaterialien; Generierung von Kundenberichten, Automatisierung von Übersetzungen;
Inference	Relationship Learning	Lr	Predicitive Maintenance; Optimierung Produktionsplanung (Maschinenverfügbarkeit; Materialfluss und Kundenanforderungen); Qualitätskontrolle (Produktdaten und Qualitätsprobleme, Identifikation von Fehlerquellen); Supply Chain Management (Lieferkettenzuverkässigkeit, Reduzierung von Lagerkosten); Kundenverhaltensprognose
	Category Learning	Lc	insbesondere Predicitive Maintenance und Prozessüberwachung: "Category Learning [Lc] kann in vielen Branchen an verschiedenen Stellen einer Wertschöpfungskette zum Einsatz kommen, z. B. in der [...], der vorausschauenden Wartung, der Prozessüberwachung, [...]."
	Knowledge Refinement	Lt	Steuerung von Maschinen und Anlagen und wieder Predicitive Maintenance: in Ergänzung zu Pl und Dm: Ergänzung zu Planning- and Decision Making-Systemen wird es etwa in der Steuerung von Maschinen und Anlagen und im autonomen Fahren eingesetzt.

Respond	Mobility Large	Ml	Autonome Transportsysteme im Produktionsprozess; Flottenmanagement (Koordination, Sicherheit, Automatisierung); Pfadplanung in komplexen Umgebungen;
	Mobility Small	Ms	Smart Robotics im Produktionskontext
	Manipulation	Ma	Im industriellen Umfeld finden sich solche Aufgaben in der Produktion bei der Beladung von Werkzeugmaschinen wie auch am Ende der Produktionsstraße beim Palettieren und im Lager beim Kommissionieren.
	Communication	Cm	Kommunikation Maschine & Mensch in natürlicher Sprache; Augmented-/Virtual-Reality für die Montage; Cobots (Collaborative Roboter)
	Control	Cn	Mass Customization, Iot Industrie 4.0, Zentrale autonome Steuerung kmplexer integrierter Produktionsanlagen, ähnlich vegetativen Nervensystem, Control [Cn] kommt überall dort zum Einsatz, wo eine dynamische Komposition von Diensten und Geräten stattfindet, so z. B. im Internet of Things, bei KI-Assistenten, in komplexen Produktionsprozessen, ... Das System erhält eine Aufgabe und generiert auf Basis des Kontexts und anderen externen Informationen eine sinnvolle Abfolge von Befehlen und Ausgaben für die Steuerung von Geräten und Anwendungen.

Anhang A.3. Anwendungsformen im gewerblichen Sektor

Eine Beschreibung von Anwendungsbereichen und Anwendungsbeispielen im gewerblichen Sektor findet sich in Abschnitt 2.2.3.

Gruppe	Element	Abk.	Kurzbeschreibung
Assess	Speech Recognition	Sr	Interaktive Spracherkennung in unterstützenden Prozessen, etwa Kundenbetreuung und Akquise, Sprachsteuerung von Werkzeugen und Maschinen, Automatisieren wiederkehrender Aufgaben, Sprachgesteuerte Auftragsverwaltung, Material- und Lagerverwaltung, sprachliche Dokumentation von Arbeitsschritten u.v.m.
	Audio Recognition	Ar	Predictive Maintenance: assistive Hörhilfen, aber auch allgemeine Spracherkennungs- und akustische Analysesysteme
	Face Recognition	Fr	Erkennung von Personen, Authentifizierung, Zugang zu Anlagen.
	Image Recognition	Ir	Predictive Maintenance, Qualitätskontrolle, Quality Assurance, Planung, Lagerverwaltung.
	General Recognition	Gr	Predictive Maintenance, Sensordaten unterschiedlicher Quellen, die im IoT-Kontext entstehen
Assess	Image Identification	Ii	Predictive Maintenance, Qualitätskontrolle, Qualitiy Assurance, Planung.
	General Identification	Gi	Lagerverwaltung, Lieferkettenmanagement, Sortierung, Inspektion.
	Data Analytics	Da	Produktionseffizienz, Prozessfolgen, Energieverbrauch, Materialbeschaffung, Lieferkettenmanagement
	Text Extraction	Te	Vertrags- und Dokumentenmanagement, Rechnungsmanagement, Kundenkorrespondenz, Projektmanagement, Screening Bedienungsanleitungen.
	Speech Identification	Si	Sprachgesteuerte Maschinen, Automatisierung, Schulungsvideos, Erkennung von Alarmen und Warnungen.
	Audio Identification	Ai	Kundenservice und Vertrieb, Sprachaufzeichnungen von Berichten, Dokumentation von Arbeitsschritten.
	Face Identification	Fi	Authentifizierung, Personalisierung, Zugang zu Anlagen.
Inference	Language Understanding	Lu	Kundendienst und Support; Chatbots; Automatische Analyse von Qualitätsberichten, Protokollerstellung, Dokumenten- und Vertragsmanagement
	Predictive Inference	Pi	Vorausschauende Wartung, Fehlerprognose, Anomalieerkennung, Qualitätssicherung, Produktentwicklung, Energie- und Ressourcenmanagement.
	Explanatory Inference	Ei	Fehler- und Ursachenanalyse, Wartungs- und Instandhaltungsmanagement, Verschleißanalyse, Optimierung von Geschäftsprozessen, Kundendienst und Support
	Synthetic Reasoning	Sy	Prozessanalyse, Material- und Ressourcenmanagement, Proaktive Wartungsstrategien, Fehlerdiagnose, Sicherheitsanalysen, Kundenverhaltensanalyse.
	Planning	Pl	Produktions- und Kapazitätsplanung, Wartung, Predictive Maintenance, Projektplanung, Lieferkettenmanagement, Personalplanung, Beschaffung und Materialplanung.
	Problem Solving	Ps	Engpassbeseitigung, Wartung und Instandhaltung, Qualitätskontrolle, Projektmanagement, Kundendienst und Support, Finanzmanagement, Energie- und Ressourcenmanagement.
	Decision Making	Dm	Preisstrategien, Kundensegmentierung, Risikomanagement, Betrieb und Wartung von Anlagen und Maschinen.
	Language Generation	Lg	Korrespondenz, Assistenten, Chatbots, Content-Erstellung für Marketingzwecke, Technische Dokumentation und Anleitungen.
Inference	Relationship Learning	Lr	Customer Realation, Lieferketten und Optimierung der Beschaffung, Teaminteraktion, Risikomanagement und Compliance.
	Category Learning	Lc	Produktklassifikation, Inventarverwaltung, Kundensegmentierung und Zielgruppenanalyse, Markttrendanalyse, Personalmanagement, Servicepersonalisierung.
	Knowledge Refinement	Lt	Predictive Analytics, Fehlerursachenanalysen, Mustererkennung in Daten, Machine Learning für Prognosen, Wissensextraktion aus Dokumenten
Respond	Mobility Large	Ml	Autonome Fahrzeuge, Hilfsinstrumente und Maschinen.
	Mobility Small	Ms	Autonome Lieferroboter, Drohnen für Materialtransport, Intelligente Werkzeuge und Geräte, Selbstfahrende Gabelstapler, Mobile Inspektionssysteme.
	Manipulation	Ma	Robotik, Automatisierte Materialhandhabung, Präzisionsschneiden und -bohren, 3D-Druck und additive Fertigung, Intelligente Montagelinien, Automatische Verpackungssysteme, Smart Welding (intelligentes Schweißen).
	Communication	Cm	Kundensupport, Automatisierte Terminvereinbarungen, Digitale Angebotsanfragen, Sprachgesteuerte Assistenzsysteme, Virtuelle Beratungen.
	Control	Cn	Fernüberwachung, Prozesssteuerung, Arbeitsplatzsicherheit, Energie- und Ressourcenmanagement, Logistik, prädiktive Instandhaltung.

Anhang A.4. Anwendungsformen in der Energieversorgung

Eine Beschreibung von Anwendungsbereichen und Anwendungsbeispielen im Produktionssektor findet sich in Abschnitt 2.2.4.

Gruppe	Element	Abk.	Kurzbeschreibung
Assess	Speech Recognition	Sr	Sprachgesteuerte Systeme zur Steuerung und Überwachung von Energieanlagen, Systemen und Infrastrukturen; Verbesserung des Kundenservices durch sprachbasierte Assistenten; Automatisierung von Arbeitsabläufen durch Sprachkommandos, sprachgesteuerte Wartung.
	Audio Recognition	Ar	Erkennung von Alarmsignalen und ungewöhnlichen Geräuschen (Maschinenfehler); Predictive Maintenance; Vorhersage von Maschinenwartung durch Analyse von Geräuschmustern; Verbesserung der Sicherheitsüberwachung durch Erkennung von spezifischen Geräuschen wie Glasbruch oder Alarmtönen.
	Face Recognition	Fr	Erkennung und Verfolgung von Produkten im Lager und auf der Verkaufsfläche; Qualitätskontrolle durch visuelle Inspektion von Produkten; Unterstützung von Inventurprozessen durch automatische Erkennung und Zählung von Produkten; Verbesserung der Sicherheit durch Erkennung von verdächtigen Objekten oder Aktivitäten in Überwachungsvideos.
	Image Recognition	Ir	Überwachung von Maschinen und Geräten durch Analyse von Sensordaten zur frühzeitigen Erkennung von Anomalien; Verbesserung der Betriebssicherheit durch Erkennung und Analyse von Umgebungsbedingungen; Automatisierung von Bestands- und Lagerverwaltung durch Sensordatenauswertung; Unterstützung von Energie- und Ressourcenmanagement durch kontinuierliche Überwachung und Analyse von Verbrauchsdaten.
	General Recognition	Gr	
Assess	Image Identification	Ii	Erkennung und Verfolgung von Bauteilen in Energieanlagen; Unterstützung bei der visuellen Inspektion von Anlagen und Komponenten; Automatisierte Erkennung von Defekten in Solarpaneelen und Windturbinen.
	General Identification	Gi	Überwachung von Betriebszuständen und Umweltbedingungen durch Analyse von Sensordaten; Früherkennung von Anomalien und Störungen in Energieanlagen; Unterstützung der vorausschauenden Wartung durch kontinuierliche Überwachung und Datenanalyse.
	Data Analytics	Da	Analyse von Energieverbrauchsdaten zur Optimierung der Energienutzung; Identifikation von Mustern und Trends im Energieverbrauch; Unterstützung der strategischen Planung durch datenbasierte Entscheidungen, Sektorkopplung.
	Text Extraction	Te	Automatisierte Extraktion von Informationen aus technischen Dokumentationen und Berichten; Unterstützung der Wissensdatenbankpflege durch Extraktion relevanter Informationen; Analyse von Textdaten zur Identifikation von Problemen und Lösungsvorschlägen.
	Speech Identification	Si	Sprachverifikation zur Zugangskontrolle in kritischen Infrastrukturen; Erkennung von individuellen Stimmen zur Automatisierung von Abläufen; Verbesserung der Sicherheit durch sprachbasierte Authentifizierung.
	Audio Identification	Ai	Erkennung von charakteristischen Geräuschen zur Zustandsüberwachung von Maschinen und Anlagen; Früherkennung von Anomalien durch Analyse von Audiodaten; Unterstützung der vorausschauenden Wartung durch kontinuierliche Audioüberwachung.
	Face Identification	Fi	Überwachung des Zugangs zu Energieanlagen und kritischen Infrastrukturen durch Gesichtserkennung; Automatisierung der Anwesenheitskontrolle durch Erkennung von Mitarbeitergesichtern; Verbesserung der Sicherheit durch automatisierte Erkennung von befugen/unbefugten Personen.
Inference	Language Understanding	Lu	Automatisierte Kommunikation mit KindInnen durch Srachassistenten und Chatbots, Automatisierte Analyse von Kundenanfragen und technischen Dokumentationen; Unterstützung des Kundenservices durch automatische Beantwortung von Fragen; Verbesserung der Effizienz durch natürliche Sprachverarbeitung und Verständnis.
	Predictive Inference	Pi	"vorschauende" Analyse zum Energieverbrauch, Vorhersage von Energiebedarf und -verbrauch durch Analyse historischer Daten; Optimierung der Energieerzeugung und -verteilung basierend auf prognostizierten Verbrauchsmustern; Identifikation von potenziellen Ausfällen in Kraftwerken durch prädiktive Wartung.
	Explanatory Inference	Ei	"rückschauende" Analyse des Energieverbrauchs, Analyse von Ursachen für Energieausfälle und Netzstörungen; Erklärung von Schwankungen im Energieverbrauch durch Analyse von Umwelt- und Verbrauchsdaten; Identifikation von Faktoren, die die Energieeffizienz beeinflussen.
	Synthetic Reasoning	Sy	Verwendung von Daten aus verschiedenen Quellen zur Unterstützung von Entscheidungen im Energiemanagement; Kombination von Wetterdaten und Verbrauchsdaten zur Optimierung der Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen; Validierung von Energiesparmaßnahmen durch Analyse von Daten aus verschiedenen Quellen.
	Planning	Pl	Erstellung von Aktionsplänen für den Ausbau erneuerbarer Energien basierend auf Markt- und Umweltdaten; Planung von Wartungsarbeiten in Kraftwerken zur Minimierung von Ausfallzeiten; strategische Planung für den Ausbau der Energieinfrastruktur basierend auf demografischen und wirtschaftlichen Daten, Sektorkopplung.
	Problem Solving	Ps	Entwicklung von Lösungen zur Reduzierung von Energieverlusten im Netz; Implementierung von Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz in Gebäuden und Industrieanlagen; Lösung von Problemen bei der Integration erneuerbarer Energien in das bestehende Netz.
	Decision Making	Dm	Auswahl optimaler Standorte für neue Kraftwerke basierend auf geografischen und Umweltdaten; Entscheidungsfindung für Investitionen in neue Technologien zur Energieerzeugung und -speicherung; Priorisierung von Projekten zur Modernisierung der Energieinfrastruktur basierend auf Kosten-Nutzen-Analysen.
	Language Generation	Lg	Automatisierte Kommunikation mit KindInnen durch Srachassistenten und Chatbots, Automatisierte Erstellung von Berichten und Dokumentationen über Energieprojekte; Generierung von technischen Beschreibungen und Handbüchern für neue Technologien und Anlagen; Erstellung von Pressemeldungen und Informationsmaterialien für die Öffentlichkeitsarbeit im Energiesektor.

Inference	Relationship Learning	Lr	Faktorenanalyse zum Energieverbrauch, Nutzung von Beziehungsdaten zur Optimierung von Energieverbrauchsstrategien, Optimierung der Netzstabilität und Netzeffizienz durch Analyse von Netzparametern (Spannung, Frequenz, Lastverteilung), Kundenverhalten und Marketing, Lastmanagementstrategien, Integration erneuerbarer Energien.
	Category Learning	Lc	Automatische Kategorisierung von Energiedaten zur Verbesserung der Analysegenauigkeit; Erkennung neuer Muster und Trends im Energieverbrauch; Verbesserung der Vorhersagemodelle durch Identifikation neuer Kategorien von Verbrauchsdaten. (siehe auch Lr)
	Knowledge Refinement	Lt	Kontinuierliche Verbesserung von Wissensdatenbanken basierend auf neuen Erkenntnissen und Feedback; Überarbeitung von internen Richtlinien und Prozessen durch Analyse von Mitarbeiter- und Kundendaten; Anpassung von Schulungs- und Weiterbildungsprogrammen basierend auf den neuesten Branchenentwicklungen und Best Practices.
Respond	Mobility Large	Ml	Einsatz autonomer Lasten- und Transportfahrzeuge, z.B. für den Transport von Energieanlagen, Komponenten und Materialien.
	Mobility Small	Ms	Einsatz von Robotern für die Inspektion und Wartung von Energieanlagen; Nutzung von kleinen autonomen Fahrzeugen zur Zustellung von Materialien innerhalb großer Anlagen; Unterstützung von Mitarbeitern durch Roboter, die sich autonom bewegen und Aufgaben übernehmen können.
	Manipulation	Ma	Automatisierte Handhabung von Materialien und Komponenten in Energieanlagen durch Roboter; Einsatz von Robotern zur Unterstützung von Wartungs- und Reparaturarbeiten; Nutzung von manipulativen Technologien zur Verbesserung der Effizienz und Genauigkeit in der Bestellabwicklung.
	Communication	Cm	Implementierung von Sprach- und Chatbots für die Kommunikation mit Kunden und Mitarbeitern; Nutzung von Kommunikationsplattformen zur Verbesserung der internen Zusammenarbeit und Informationsaustausch; Einsatz von KI-basierten Systemen zur Analyse und Optimierung von Kommunikationsprozessen.
	Control	Cn	Intelligente Meta-Steuerung von Energieerzeugungs- und Verteilungsanlagen zur Optimierung des Energieverbrauchs etwa im Kontext Smart Grids

Anhang A.5. Anwendungsformen im Groß- und Einzelhandel

Der Handel ist eine Branche, die bereits durch die Digitalisierung und das damit einhergehende Aufkommen von E-Commerce stark verändert wurde. KI unterstützt diese Technologisierung des Handels. Im Einzelhandel werden zunehmend mehr Daten von KundInnen erfasst, die durch effiziente KI-Modelle das Einkaufserlebnis verändern können und die Grundlage für personalisiertes Marketing darstellen. Der Einsatz von generativen KI-Modellen ermöglicht personalisierte Interaktionen und unterstützt das Marketing. Bei personalisierten Beratungsassistenten, Chatbots u. ä. können erkennende und identifizierende Modelle in Kombination mit den Funktionselementen Language Generation oder Language Understanding zur Anwendung kommen. Vervollständigt werden KI-Anwendungen etwa durch das Funktionselement Communication.

Box 15: Anwendungsbeispiele von KI im Groß- und Einzelhandel

Die Firma RELEX Solutions bietet Dienstleistungen im Bereich von KI und Machine Learning für Handelsunternehmen an. RELEX spezialisiert sich dabei auf die detaillierte Absatzprognose einzelner Produkte. Zum einen erhöht dies die Effizienz der Lagerbestände und ermöglicht eine bessere Planung seitens der Händler. Zum anderen kann das Analysetool von RELEX auch die Preiselastizität eines Produkts, d. h., wie stark die Nachfrage nach einem bestimmten Produkt auf Preisveränderungen reagiert, abschätzen. Darüber hinaus kann der Effekt der Preisänderung eines Produkts auf die Nachfrage eines anderen Produkts abgeschätzt werden (Kreuzpreiselastizität). Ein Unternehmen, das sich auf KI-Lösungen u. a. für Handelsunternehmen spezialisiert hat, ist Remi. Es bietet unter anderen auch die Implementierung von dynamischen Preismodellen an, die den Preis eines Produkts basierend auf der Nachfrage und externen Faktoren automatisch anpassen. So konnte Remi einem Online-Weinhändler helfen, den Umsatz innerhalb von 3 Monaten um 11,2% zu steigern.

Quellen: „Machine Learning für Absatzprognosen im Handel: Der komplette Guide“ abrufbar unter Weblink. „Case Study: Dynamic Pricing AI“ abrufbar unter Weblink.

Ein Experimentierfeld integrierter technischer Systeme sind automatisierte Geschäfte. Dabei werden Self-Checkout-Systeme mit IoT und Robotik-Systemen ergänzt. Dies kann einerseits ebenso Personalisierung ermöglichen, andererseits aber auch das Einkaufserlebnis komplett automatisieren, indem Kameras und Sensoren zur Erfassung der gekauften Produkte eingesetzt werden. KI-Anwendungen können automatisierte Geschäfte unterstützen. Dabei besteht auch die Aussicht, regionale Versorgungslücken etwa in ländlichen und dünn besiedelten Gebieten durch technologisierte Geschäfte zu schließen. Amazon hat mit den Amazon Go Shops frühe Versuche in Richtung automatisierter Shops unternommen. Das Konzept hat zu weiten Teilen Pilot- oder Anschauungscharakter und soll die Möglichkeiten der Technologie zeigen. Gegenwärtig werden smarte Einkaufswägen eingeführt, mit denen Waren gescannt und abgewogen werden können. Damit ist eine Abkehr vom Just-Walk-Out-

Konzept erkennbar. KundInnen bewahren den Überblick über ihren Einkauf.[57] Zudem konnte das Konzept des Just Walk Out bislang technologisch nicht verlässlich realisiert werden. Im Jahr 2022 erforderten 70% der Käufe mit Just Walk Out eine menschliche Überprüfung. KI-Modelle können außerdem die Effizienz und Resilienz von Lieferketten erhöhen und den Lagerbestand optimieren. Dies erfolgt zum einen durch den Einsatz von Prognosemodellen, die Trends und Nachfrageveränderungen erfassen und dazu führen, dass Unternehmen ihre Bestände besser verwalten und Über- oder Unterbestände vermeiden. Dabei werden Elemente von Image Recognition zum Erkennen von Lagerfehlbeständen verwendet.

[57] Informationen zu aktuellen Entwicklungen bei Amazon Go finden sich im Beitrag des Standard vom 3. 4. 2024 unter dem Weblink.

Gruppe	Element	Abk.	Kurzbeschreibung
Assess	Speech Recognition	Sr	Sprachgesteuerte Kundeninteraktion, Informationen über Sprachassistenten, Interaktive Verkaufsassistenten, Sprachgesteuerte Bestandsverwaltung, Logistik und Lagerverwaltung, Self-Service und Kassenlösungen, Personalisierte Shopping-Erlebnisse, Interaktive Produktpräsentationen.
	Audio Recognition	Ar	Erkennung von Alarmsignalen und ungewöhnlichen Geräuschen (Maschinenfehler); Vorhersage von Maschinenwartung durch Analyse von Geräuschmustern; Verbesserung der Sicherheitsüberwachung durch Erkennung von spezifischen Geräuschen wie Glasbruch oder Alarmtönen.
	Face Recognition	Fr	Emotionsanalyse (Kundenzufriedenheit; Beschwerdemanagement); Bemessung von Reaktion auf Produkte von Kunden; Sicherheit (Emotionserkennung)
	Image Recognition	Ir	Erkennung und Verfolgung von Produkten im Lager und auf der Verkaufsfläche; Qualitätskontrolle durch visuelle Inspektion von Produkten; Unterstützung von Inventurprozessen durch automatische Erkennung und Zählung von Produkten; Verbesserung der Sicherheit durch Erkennung von verdächtigen Objekten oder Aktivitäten in Überwachungsvideos, mitarbeiterloser Shop.
	General Recognition	Gr	Überwachung von Maschinen und Geräten durch Analyse von Sensordaten zur frühzeitigen Erkennung von Anomalien; Verbesserung der Betriebssicherheit durch Erkennung und Analyse von Umgebungsbedingungen; Automatisierung von Bestands- und Lagerverwaltung durch Sensordatenauswertung; Unterstützung von Energie- und Ressourcenmanagement durch kontinuierliche Überwachung und Analyse von Verbrauchsdaten.
Assess	Image Identification	Ii	Sicherheitsüberwachung (verdächtige Fahrzeuge/Objekte); Qualitätskontrolle (Erkennen von Produktionsfehlern und Verpackungskontrolle); Automatisierte Bestandsaufnahme; Erkennen von Fehlbeständen; Virtuelle Anproben und Kaufempfehlungen.
	General Identification	Gi	Generelle Überwachungssensorik (Bewegungsmelder, Rauch, Temperatur, Chemische Substanzen); vorrausschauende Wartungen; Erkennen von ineffizienten Prozessen; Lagerbestandskontrolle; Überwachung Lagerbedingungen; Energieverbrauchsanalyse von Gebäuden und Anlagen, Wasser und Abfallmanagement; Verkehranalyse im Geschäft; Produktüberwachung
	Data Analytics	Da	Kundenverhalten, Optimierung Marketing, Lagerverwaltung, Optimierung von Verkaufsflächen.
	Text Extraction	Te	Rechnungserfassung; Verarbeitung von Verträgen; Analyse Kundenanfragen; Aufbau von Wissensdatenbanken; Analyse von Marktberichten; Social Media Monitoring; Überwachung von regulatorischen Änderungen; Risikobewertungen von Nachrichten, Berichten etc. für das Geschäft.
	Speech Identification	Si	Überwachung (verdächtige Aktivitäten); sprachgesteuerte Assistenzsysteme; personalisierte Kundenbetreuung (durch Spracherkennung); Stimmverifizierung; Protokollierung; Voice-to-Transcription;
	Audio Identification	Ai	Erkennen von Alarmsignalen und ungewöhnlichen Geräuschen (Maschinenfehler)
	Face Identification	Fi	Zugangskontrollen & Diebstahlschutz; Kundenerkennung und personalisierte Kundenerlebnisse; Kundenfrequenzanalyse; Analyse von Kundenbewegungen; Mitarbeiterüberwachung und -verwaltung
Inference	Language Understanding	Lu	Analyse von Kundenfeedback und automatisierte Chatbots; Personalisierte Empfehlungen; Sentiment-, Trend- und Wettbewerbsanalyse; Aufbau von Wissensdatenbanken
	Predictive Inference	Pi	Einsatz von Vorhersagemodellen zur Optimierung von Lagerbeständen und Bestellprozessen; Anpassung von Marketingstrategien basierend auf prognostizierten Kundenbedarfen; Identifikation von Umsatzpotenzialen und saisonalen Trends.
	Explanatory Inference	Ei	Analyse von Verkaufsdaten zur Erklärung von Umsatzschwankungen; Ursachenanalyse für Lieferkettenunterbrechungen; Identifikation von Faktoren, die zu erhöhter Kundenzufriedenheit oder -unzufriedenheit führen.
	Synthetic Reasoning	Sy	Nutzung von Beweisen aus verschiedenen Datenquellen zur Unterstützung von Verkaufsstrategien; Kombination von Kundenfeedback und Verkaufszahlen zur Entwicklung neuer Produkte oder Dienstleistungen; Validierung von Marketingkampagnen durch Korrelation von Kampagnendaten und Verkaufszahlen.
	Planning	Pl	Erstellen von Aktionsplänen für Verkaufsförderungen basierend auf Marktanalysen und Kundenverhalten; Planung von Logistik- und Lieferkettenprozessen zur Reduktion von Kosten und Lieferzeiten; strategische Planung für die Eröffnung neuer Filialen basierend auf demografischen Daten und Marktforschung.
	Problem Solving	Ps	Entwicklung von Lösungen für häufig auftretende Kundenprobleme durch Analyse von Supportanfragen; Implementierung von Prozessverbesserungen zur Steigerung der Effizienz in der Lagerverwaltung; Lösung von Lieferkettenproblemen durch Identifikation und Beseitigung von Engpässen.
	Decision Making	Dm	Auswahl optimaler Bestandsstrategien durch Analyse von Verkaufsdaten und Prognosen; Entscheidungsfindung für Preisstrategien basierend auf Marktanalysen und Wettbewerbsinformationen; Priorisierung von Investitionen in neue Technologien oder Geschäftsbereiche basierend auf ROI-Analysen.
	Language Generation	Lg	Automatisierte Erstellung von Produktbeschreibungen und Marketingtexten basierend auf Datenanalysen und Kundenpräferenzen; Generierung von personalisierten E-Mail-Kampagnen und Newslettern; Erstellung von Berichten und Zusammenfassungen für das Management.

Weiterführend werden schlussfolgernde Modelle – etwa Predictive Inference, Explanatory Inference oder Synthetic Reasoning – im Bereich des personalisierten Marketing oder der Prozessoptimierung eingesetzt. KI ermöglicht auch eine verbesserte Koordination zwischen den verschiedenen Teilen der Lieferkette, von der Beschaffung über die Produktion bis hin zu Lagerung und Vertrieb. Zeitnahe und laufend aktualisierte Daten ermöglichen die eine schnelle Reaktion auf Lieferengpässe oder Lieferunterbrechungen. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit von Prognosemodellen im Groß- und Einzelhandel ist die dynamische Preisgestaltung. Auf diese Weise kann KI eine effiziente Preisgestaltung unterstützen.

Inference	Relationship Learning	Lr	Analyse von Kundenbeziehungen zur Vorhersage von Kaufverhalten und Kundenabwanderung; Identifikation von Mustern in Kundeninteraktionen zur Verbesserung des Kundenservice; Nutzung von Beziehungsdaten zur Optimierung von Cross-Selling- und Up-Selling-Strategien.
	Category Learning	Lc	Automatische Kategorisierung von Produkten basierend auf Verkaufsdaten und Kundenpräferenzen; Erkennung neuer Produktkategorien durch Analyse von Markttrends und Kundenbedürfnissen; Nutzung von Kategorieinformationen zur Verbesserung der Such- und Filterfunktionen im Online-Shop.
	Knowledge Refinement	Lt	Kontinuierliche Verbesserung von Wissensdatenbanken basierend auf neuen Erkenntnissen und Feedback; Überarbeitung von internen Richtlinien und Prozessen durch Analyse von Mitarbeiter- und Kundendaten; Anpassung von Schulungs- und Weiterbildungsprogrammen basierend auf den neuesten Branchenentwicklungen und Best Practices.
Respond	Mobility Large	Ml	Einsatz autonomer Lieferfahrzeuge für die effiziente Verteilung von Waren; Optimierung der Routenplanung durch Echtzeitdaten und Verkehrsanalysen; Integration von autonomen Fahrzeugen in die bestehende Logistikinfrastruktur zur Reduktion von Lieferzeiten und Kosten.
	Mobility Small	Ms	Einsatz von Robotern für die Inventarverwaltung und Regalkontrolle im Einzelhandel; Nutzung von kleinen autonomen Fahrzeugen zur Zustellung innerhalb großer Lagerhäuser oder Verkaufsflächen; Unterstützung von Mitarbeitern durch Roboter, die sich autonom bewegen und Aufgaben übernehmen können.
	Manipulation	Ma	Automatisierte Handhabung von Produkten und Waren im Lager durch Roboter; Einsatz von Robotern zur Unterstützung von Verpackungs- und Kommissionierungsprozessen; Nutzung von manipulativen Technologien zur Verbesserung der Effizienz und Genauigkeit in der Bestellabwicklung.
	Communication	Cm	Implementierung von Sprach- und Chatbots für die Kundenkommunikation und den Kundenservice; Nutzung von Kommunikationsplattformen zur Verbesserung der internen Zusammenarbeit und Informationsaustausch; Einsatz von KI-basierten Systemen zur Analyse und Optimierung von Kundeninteraktionen.
	Control	Cn	Intelligente Steuerung von Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlagen (HVAC) zur Optimierung des Energieverbrauchs; Automatisierte Steuerung von Beleuchtungssystemen basierend auf Raumbelegung und Tageszeit; Nutzung von KI zur Überwachung und Anpassung von Produktionsprozessen zur Steigerung der Effizienz und Qualität.

Anhang A.6. Anwendungsformen in der Hotellerie

In der Hotellerie finden sich KI-bezogene Anwendungen einerseits im Rahmen der direkten Interaktion mit Kundinnen und Kunden und andererseits im Rahmen von operativ-administrativen Hintergrundoperationen (Schegg und Khlusevich 2023). Im Bereich der direkten Interaktion ist KI etwa im Kontext von Rezeptionsdiensten relevant. Dabei kommen Technologien wie Gesichtserkennung in Form von Face Recognition bzw. Face Identification für schnelle und automatisierte Check-in-Prozesse etwa in Form von Image Identification zur Passkontrolle und Chatbots für Echtzeit-Gästekommunikation zur Anwendung. In der direkten Interaktion mit Gästen bieten sich Möglichkeiten zum Einsatz von KI im Kontext der Individualisierung und Personalisierung des Gasterlebnisses (CRM – Customer-Relationship-Management). KI-Technologien können dazu beitragen, diese Personalisierung und Individualisierung zu vereinfachen und zu systematisieren. In der Praxis kann eine KI-basierte Unterstützung des Gasterlebnisses über die ganze Zeit und Wegstrecke der Dienstleistung, d. h. vom Marketing über die Buchung und den Aufenthalt bis zum Check-out, erfolgen. KI kann vor und während des Aufenthalts maßgeschneiderte personalisierte Pakete und Erlebnisse vorschlagen, die auf die Saisonabhängigkeit, die Verfügbarkeit und die persönlichen Vorlieben abgestimmt sind. Intelligente Chatbots, Anrufbeantworter und digitale Rezeptionisten können die Interaktionen mit den Gästen, wie z. B. Anfragen und Reservierungen, effizienter und weniger personalintensiv gestalten und der Zufriedenheit von Gästen dienen. Die Funktionselemente Speech Recognition und Audio Recognition können in Kombination mit Language Generation, Language Understanding und Communication auch bei der Ansteuerung von Geräten und Infrastrukturen eine Unterstützung bieten und den Komfort steigern. Beispiele für Anwendungsfelder solcher Funktionen sind die Kommunikation mit Gästen über Chatbots bzw. virtuelle Assistenten und Spracherkennungsdienste. Weitere Beispiele finden sich im Bereich der automatischen Gesichtserkennung, auf deren Grundlage beispielsweise die Authentifizierung und der Zugang zu bestimmten Anlagen und Infrastrukturen organisiert werden kann.

Box 16: Anwendungsbeispiele von KI in Hotellerie und Beherbergung

Hotels und Anlagen der Hotelkette Hilton verwenden Gesichtserkennung, um den Check-in bzw. Check-out sowie den Zugang zu Anlagen und Räumlichkeiten zu verwalten. Die Hilton-Kette implementiert auch zentrale KI-Anwendungen im Bereich prädiktiver Analytik, Bestandsverwaltung, Preissetzung und CRM („Customer Relationship Mangement"). Die KI-Systeme von Hilton werten Datentrends aus, um die Nachfrage genau zu prognostizieren, und ermöglichen so zeit- und trendnahe Preisanpassungen.

Die InterContinental Hotels Group (IHG) nutzt KI-Anwendungen, indem sie die Interaktion mit Kunden durch intelligente Chatbots verbessert. Der Ansatz zeigt, dass die Integration von Sprachverarbeitung in Kundenservice-Plattformen die Effizienz und Gästezufriedenheit im Gastgewerbe erheblich steigern kann.

Marriott International verbessert und erweitert das Gästeerlebnis (CRM) mit dem Einsatz von KI-Dienstleistungen. Dabei werden verschiedene Aspekte des Aufenthalts personalisiert. Es werden Daten über die Vorlieben der Gäste gesammelt und analysiert. Die Vorschläge und Ergebnisse fließen in eine maßgeschneiderte Zimmerauswahl und in Aktivitätsempfehlungen ein.

AccorHotels setzt KI insbesondere zur Optimierung von Marketing ein. Durch den Einsatz von KI zur Analyse von Kundendaten für präzise Marketingstrategien passt AccorHotels die Kommunikation mit den Gästen an. Der Einsatz von KI umfasst die Analyse des Kundenverhaltens, um gezielte Marketingkampagnen zu verbessern.

Im Bereich der Immobilienverwaltung, Hausbewirtschaftung und Belegung sind fertige Applikationen verfügbar, die auch für kleinere Beherbergungsbetriebe die interne Effizienz fördern und standardisierte administrative Tätigkeiten schneller und einfacher bewältigbar machen können. Wesentlich für den Einsatz von KI bei kleineren Beherbergungsbetrieben ist insbesondere die Verfügbarkeit von Daten und Informationen. Dabei fehlt den kleineren Betrieben häufig die Größe, um KI-Anwendungen zur Individualisierung und Personalisierung des Kundenservice einsetzen zu können. Eine wesentliche Unterstützung könnte hier darin bestehen, dass Daten und Informationen auf einer überbetrieblichen Ebene, etwa durch Tourismusverbände und Kooperationen, gesammelt und bereitgestellt werden.

Quellen: Informationen im Hotellerie-Technologie-Portal „hospitalitytech" vom 1. April 2024 unter dem Weblink. AI-Portal „dataforest.ai" vom 8. April 2024 unter dem Weblink.

Anwendungsfelder für KI finden sich bei operativen Hintergrundoperationen. Dabei ist zu unterscheiden zwischen dem Bereich der Bewirtung (F&B – Food and Beverages) und administrativ-bürokratischen Aufgaben, etwa Verwaltung, Personal- und HR-Management oder Finanzen und Buchhaltung sowie die Steuerung von Immobilien, Anlagen und Maschinen (Schegg und Khlusevich 2023). Im Bereich der Personalrekrutierung und Personalplanung können KI-basierte Tools, etwa Predictive Inference, dazu beitragen, passendes Personal zeitgerecht und saisonabhängig zu finden. KI-Unterstützung kann helfen, die Zimmerzuweisung etwa durch das Funktionselement Planning zu optimieren und im Bereich der Bewirtung die Tischreservierung oder Menüzusammenstellung zu verbessern.

Smarte Robotik kann die Betreuung von Immobilien und Einrichtungen sowie personenbezogene Dienste unterstützen. Beispiele finden sich für die Steuerung von Immobilien und Anlagen. KI-basierte Tools können in Kombination mit IoT-Sensorik dazu beitragen, den Ressourcen- und Energiebedarf zu verbessern und die Steuerung von Geräten und Anwendungen etwa in Form von Spracherkennungsdiensten zu vereinfachen. Im Bereich der begleitenden operativen Prozesse finden

sich zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten etwa im Kontext von prädiktiver Analytik[58] oder Planung, etwa im Kontext der Personalrekrutierung und des Personaleinsatzes sowie des Kapazitätsmanagements.

[58] Informationen zum Einsatz von KI im Hotel- und Gastgewerbe finden sich beispielsweise auf der Website der Österreich-Werbung unter dem Weblink.

Gruppe	Element	Abk.	Kurzbeschreibung
Assess	Speech Recognition	Sr	Sprachgesteuerte Kundeninteraktion, Gerätesteuerung und Steuerung von Einrichtungen durch den Gast, Check-in, Check-out, personalisiertes Gasterlebnis durch assistierte CRM, Erkennung von Gästeanfragen.
	Audio Recognition	Ar	Gästezimmerüberwachung und -service, sprachbasierte Gerätesteuerung, Alarmsysteme, Umgebungsgeräuschmanagement.
	Face Recognition	Fr	Gästezufriedenheit
	Image Recognition	Ir	Überwachung von Hotelanlagen durch visuelle Inspektion; Erkennung von Anomalien und Sicherheitsrisiken in öffentlichen Bereichen; Unterstützung von Reinigungsprozessen durch automatische Erkennung von Verschmutzungen.
	General Recognition	Gr	Überwachung von Maschinen und Geräten durch Analyse von Sensordaten zur frühzeitigen Erkennung von Anomalien; Verbesserung der Betriebssicherheit
Assess	Image Identification	Ii	Erkennung und Verfolgung von Bauteilen in Hotelanlagen; Unterstützung bei der visuellen Inspektion von Anlagen und Komponenten; Automatisierte Erkennung von Defekten in Gebäuden und Einrichtungen.
	General Identification	Gi	Überwachung von Betriebszuständen, Früherkennung von Anomalien und Störungen in Hotelanlagen; Unterstützung der vorausschauenden Wartung
	Data Analytics	Da	Analyse von Buchungsdaten zur Optimierung der Belegungsraten; Identifikation von Mustern und Trends im Buchungsverhalten; Unterstützung der strategischen Planung durch datenbasierte Entscheidungen.
	Text Extraction	Te	Automatisierte Extraktion von Informationen aus Gästebewertungen und Feedbacks; Unterstützung der Wissensdatenbankpflege durch Extraktion relevanter Informationen; Analyse von Textdaten zur Identifikation von Problemen und Lösungsvorschlägen.
	Speech Identification	Si	Authentifizierung, etwa Zugang zu Gästezimmer, Einrichtungen (Sauna, Fitnessräume etc.), Check-in und Check-out
	Audio Identification	Ai	Erkennung von charakteristischen Geräuschen zur Zustandsüberwachung von Maschinen und Geräten; Früherkennung von Anomalien durch Analyse von Audiodaten; Unterstützung der vorausschauenden Wartung durch kontinuierliche Audioüberwachung.
	Face Identification	Fi	Überwachung des Zugangs zu Hotelanlagen durch Gesichtserkennung; Automatisierung der Anwesenheitskontrolle durch Erkennung von Mitarbeitergesichtern; Verbesserung der Sicherheit durch Erkennung von unbefugten Personen, Individualisierung Kundenerlebnis durch Gästerkennung.
Inference	Language Understanding	Lu	Automatisierte Analyse von Kundenanfragen und Gästebewertungen; Unterstützung des Kundenservices durch automatische Beantwortung von Fragen; Verbesserung der Effizienz durch natürliche Sprachverarbeitung und Verständnis.
	Predictive Inference	Pi	Vorhersage von Belegungsraten und Buchungsverhalten durch Analyse historischer Daten; Optimierung der Ressourcennutzung basierend auf prognostizierten Mustern; Identifikation von potenziellen Wartungsbedarfen in Hotelanlagen durch prädiktive Analyse.
	Explanatory Inference	Ei	Analyse des Kundenerlebnis und der Zufriedenheit (z.B. Buchungsstornierungen und Kundenbeschwerden); Erklärung von Schwankungen in Belegungsraten durch Analyse von Markt- und Umweltbedingungen; Identifikation von Faktoren, die die Kundenzufriedenheit beeinflussen.
	Synthetic Reasoning	Sy	Verwendung von Daten aus verschiedenen Quellen zur Unterstützung von Entscheidungen im Hotelmanagement; Kombination von Gästedaten und Buchungsdaten zur Optimierung von Marketingstrategien; Validierung von Kundenbindungsmaßnahmen durch Analyse von Daten aus verschiedenen Quellen.
	Planning	Pl	Erstellung von Aktionsplänen für Marketingkampagnen basierend auf Markt- und Gästedaten; Planung von Renovierungsarbeiten zur Minimierung von Störungen; strategische Planung für den Ausbau von Hotelanlagen basierend auf demografischen und wirtschaftlichen Daten.
	Problem Solving	Ps	Entwicklung von Lösungen zur Verbesserung der Energieeffizienz in Hotelanlagen; Implementierung von Maßnahmen zur Verbesserung der Gästebetreuung und Servicequalität; Lösung von Problemen bei der Integration neuer Technologien in bestehende Systeme.
	Decision Making	Dm	Auswahl optimaler Standorte für neue Hotelanlagen basierend auf geografischen und demografischen Daten; Entscheidungsfindung für Investitionen in neue Technologien zur Verbesserung des Gästeservices; Priorisierung von Projekten zur Modernisierung der Hotelinfrastruktur basierend auf Kosten-Nutzen-Analysen.
	Language Generation	Lg	Automatisierte Erstellung von Gästebewertungen und Feedbackantworten; Generierung von Marketingmaterialien und Newslettern basierend auf Gästedaten; Erstellung von Berichten und Dokumentationen über Hotelprojekte.
Inference	Relationship Learning	Lr	Analyse von Beziehungen zwischen Gästebewertungen und Serviceleistungen zur Verbesserung der Kundenzufriedenheit; Identifikation von Korrelationen zwischen Gästedaten und Buchungsverhalten; Nutzung von Beziehungsdaten zur Optimierung von Kundenbindungsstrategien.
	Category Learning	Lc	Automatische Kategorisierung von Gästedaten zur Verbesserung der Analysegenauigkeit; Erkennung neuer Muster und Trends im Buchungsverhalten; Verbesserung der Vorhersagemodelle durch Identifikation neuer Kategorien von Gästedaten.
	Knowledge Refinement	Lt	Kontinuierliche Verbesserung von Wissensdatenbanken basierend auf neuen Erkenntnissen und Gästefeedback; Überarbeitung von internen Richtlinien und Prozessen durch Analyse von Mitarbeiter- und Gästedaten; Anpassung von Schulungs- und Weiterbildungsprogrammen basierend auf den neuesten Branchenentwicklungen und Best Practices.
Respond	Mobility Large	Ml	Einsatz autonomer Fahrzeuge für den Transport von Gästen und Gepäck innerhalb großer Hotelanlagen; Optimierung der Routenplanung durch Echtzeitdaten und Verkehrsanalysen; Integration von autonomen Fahrzeugen in den Gästeservice zur Verbesserung der Effizienz und Zufriedenheit.
	Mobility Small	Ms	Einsatz von Robotern für die Zimmerservice und Reinigungsaufgaben; Nutzung von kleinen autonomen Fahrzeugen zur Zustellung von Amenities innerhalb der Hotelanlage; Unterstützung von Mitarbeitern durch Roboter, die sich autonom bewegen und Aufgaben übernehmen können.
	Manipulation	Ma	Automatisierte Handhabung von Gepäck und Materialien in Hotelanlagen durch Roboter; Einsatz von Robotern zur Unterstützung von Reinigungs- und Wartungsarbeiten; Nutzung von manipulativen Technologien zur Verbesserung der Effizienz und Genauigkeit in der Bestellabwicklung.
	Communication	Cm	Implementierung von Sprach- und Chatbots für die Kommunikation mit Gästen und Mitarbeitern; Nutzung von Kommunikationsplattformen zur Verbesserung der internen Zusammenarbeit und Informationsaustausch; Einsatz von KI-basierten Systemen zur Analyse und Optimierung von Kommunikationsprozessen.
	Control	Cn	Intelligente Steuerung von Anlagen zur Optimierung des Energieverbrauchs; Automatisierte Steuerung von Beleuchtungssystemen basierend auf Raumbelegung und Tageszeit; Nutzung von KI zur Überwachung und Anpassung von Produktionsprozessen zur Steigerung der Effizienz und Qualität.

Anhang A.7. Anwendungsformen bei Verkehrsdienstleistungen

Eine Beschreibung von Anwendungsbereichen und Anwendungsbeispielen im Produktionssektor findet sich in Abschnitt 2.2.5.

Gruppe	Element	Abk.	Kurzbeschreibung
Assess	Speech Recognition	Sr	Sprachgesteuerte Navigationssysteme; Verbesserung des Kundenservices durch sprachbasierte Assistenten in öffentlichen Verkehrsmitteln; Automatisierung von Fahrgastinformationen durch Sprachkommandos.
	Audio Recognition	Ar	Steuerung Fahrzeuge und Maschinen, Fahrerassistenz und Sicherheit, Predictive Maintenance, Erkennung von Motorgeräuschen, Audioerkennung von Staus und Unfällen, Umweltüberwachung und Lärmschutz
	Face Recognition	Fr	Überwachung des Zugangs zu Verkehrsknotenpunkten und Fahrzeugen durch Gesichtserkennung; Verbesserung der Sicherheit durch Erkennung autorisierter Personen; Einsatz von Gesichtserkennung zur Automatisierung von Zugangskontrollen.
	Image Recognition	Ir	Überwachung von Verkehrsflüssen durch visuelle Inspektion; Erkennung von Anomalien und Sicherheitsrisiken auf Straßen und in Verkehrsknotenpunkten; Unterstützung von Wartungsprozessen durch automatische Erkennung von Schäden an Fahrzeugen und Infrastruktur.
	General Recognition	Gr	Überwachung von Fahrzeugzuständen durch Analyse von Sensordaten zur frühzeitigen Erkennung von Anomalien; Verbesserung der Betriebssicherheit durch Erkennung und Analyse von Umweltbedingungen; Automatisierung der Flotten- und Ressourcenverwaltung durch Sensordatenauswertung.
Assess	Image Identification	Ii	Erkennung und Verfolgung von Fahrzeugen und deren Komponenten; Unterstützung bei der visuellen Inspektion von Verkehrsinfrastruktur; Automatisierte Erkennung von Schäden und Abnutzung an Fahrzeugen und Straßen. Erkennung und Authentifizierung Fahrer oder berechtigte Personen.
	General Identification	Gi	Überwachung von Betriebszuständen und Umweltbedingungen durch Analyse von Sensordaten; Früherkennung von Anomalien und Störungen im Verkehrssystem; Unterstützung der vorausschauenden Wartung durch kontinuierliche Überwachung und Datenanalyse.
	Data Analytics	Da	Analyse von Verkehrsdaten zur Optimierung von Verkehrsflüssen; Identifikation von Mustern und Trends im Verkehrsverhalten für autonomes Fahren; Unterstützung der strategischen Verkehrsplanung durch datenbasierte Entscheidungen.
	Text Extraction	Te	Automatisierte Extraktion von Informationen aus Verkehrsberichten und Dokumentationen; Unterstützung der Wissensdatenbankpflege durch Extraktion relevanter Informationen; Analyse von Textdaten zur Identifikation von Verkehrsproblemen und Lösungsvorschlägen.
	Speech Identification	Si	Sprachverifikation zur Zugangskontrolle in sensiblen Verkehrsbereichen; Erkennung von individuellen Stimmen zur Automatisierung von Kundenservices; Verbesserung der Sicherheit durch sprachbasierte Authentifizierung.
	Audio Identification	Ai	Erkennung von charakteristischen Geräuschen zur Zustandsüberwachung von Fahrzeugen und Infrastruktur; Früherkennung von Anomalien durch Analyse von Audiodaten; Unterstützung der vorausschauenden Wartung durch kontinuierliche Audioüberwachung.
	Face Identification	Fi	Überwachung des Zugangs zu Verkehrsknotenpunkten durch Gesichtserkennung; Automatisierung der Zugangskontrolle durch Erkennung von Fahrgastgesichtern; Verbesserung der Sicherheit durch Erkennung von unbefugten Personen.
Inference	Language Understanding	Lu	Automatisierte Analyse von Kundenanfragen und Verkehrsberichten; Unterstützung des Kundenservices durch automatische Beantwortung von Fragen; Verbesserung der Effizienz durch natürliche Sprachverarbeitung und Verständnis.
	Predictive Inference	Pi	Vorhersage von Verkehrsflüssen und -mustern durch Analyse historischer Daten; Optimierung der Verkehrssteuerung basierend auf prognostizierten Verkehrsmustern; Identifikation von potenziellen Störungen im Verkehrssystem durch prädiktive Analyse.
	Explanatory Inference	Ei	Analyse von Ursachen für Verkehrsstaus und Unfälle; Erklärung von Schwankungen im Verkehrsaufkommen durch Analyse von Umwelt- und Verkehrsdaten; Identifikation von Faktoren, die die Verkehrseffizienz beeinflussen.
	Synthetic Reasoning	Sy	Verwendung von Daten aus verschiedenen Quellen zur Unterstützung von Entscheidungen im Verkehrsmanagement; Kombination von Wetterdaten und Verkehrsdaten zur Optimierung der Verkehrssteuerung; Validierung von Verkehrsmanagementmaßnahmen durch Analyse von Daten aus verschiedenen Quellen.
	Planning	Pl	Erstellung von Aktionsplänen für Verkehrsmanagement basierend auf Verkehrs- und Umweltdaten; Planung von Wartungsarbeiten zur Minimierung von Verkehrsbehinderungen; strategische Planung für den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur basierend auf demografischen und wirtschaftlichen Daten.
	Problem Solving	Ps	Entwicklung von Lösungen zur Verbesserung der Verkehrseffizienz und Reduzierung von Staus; Implementierung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit im Verkehrssystem; Lösung von Problemen bei der Integration neuer Technologien in bestehende Verkehrssysteme.
	Decision Making	Dm	Auswahl optimaler Standorte für neue Verkehrsinfrastruktur basierend auf geografischen und demografischen Daten; Entscheidungsfindung für Investitionen in neue Verkehrstechnologien zur Verbesserung der Effizienz und Sicherheit; Priorisierung von Projekten zur Modernisierung der Verkehrsinfrastruktur basierend auf Kosten-Nutzen-Analysen.
	Language Generation	Lg	Automatisierte Erstellung von Verkehrsberichten und Dokumentationen; Generierung von technischen Beschreibungen und Handbüchern für neue Verkehrstechnologien; Erstellung von Pressemeldungen und Informationsmaterialien für die Öffentlichkeitsarbeit im Verkehrssektor.

Inference	Relationship Learning	Lr	Analyse von Beziehungen zwischen Verkehrsflüssen und Umweltfaktoren zur Vorhersage von Verkehrsaufkommen; Identifikation von Korrelationen zwischen Wartungsdaten und Ausfallraten von Verkehrsinfrastruktur; Nutzung von Beziehungsdaten zur Optimierung von Verkehrsmanagementstrategien.
	Category Learning	Lc	Automatische Kategorisierung von Verkehrsdaten zur Verbesserung der Analysegenauigkeit; Erkennung neuer Muster und Trends im Verkehrsverhalten; Verbesserung der Vorhersagemodelle durch Identifikation neuer Kategorien von Verkehrsdaten.
	Knowledge Refinement	Lt	Kontinuierliche Verbesserung von Wissensdatenbanken basierend auf neuen Erkenntnissen und Verkehrsdaten; Überarbeitung von internen Richtlinien und Prozessen durch Analyse von Mitarbeiter- und Verkehrsdaten; Anpassung von Schulungs- und Weiterbildungsprogrammen basierend auf den neuesten Entwicklungen und Best Practices im Verkehrssektor.
Respond	Mobility Large	Ml	Einsatz autonomer Fahrzeuge für den Transport von Personen und Gütern; Optimierung der Routenplanung durch Echtzeitdaten und Verkehrsanalysen; Integration von autonomen Fahrzeugen in die bestehende Verkehrsinfrastruktur zur Reduktion von Staus und Emissionen.
	Mobility Small	Ms	Einsatz von Robotern für die Zustellung von Paketen und Waren innerhalb von Städten; Nutzung von kleinen autonomen Fahrzeugen zur Unterstützung von Logistikprozessen; Unterstützung von Mitarbeitern durch Roboter, die sich autonom bewegen und Aufgaben übernehmen können.
	Manipulation	Ma	Automatisierte Handhabung von Gepäck und Waren in Verkehrsknotenpunkten durch Roboter; Einsatz von Robotern zur Unterstützung von Wartungs- und Reparaturarbeiten an Verkehrsinfrastruktur; Nutzung von manipulativen Technologien zur Verbesserung der Effizienz und Genauigkeit in der Bestellabwicklung.
	Communication	Cm	Implementierung von Sprach- und Chatbots für die Kommunikation mit Fahrgästen und Mitarbeitern; Nutzung von Kommunikationsplattformen zur Verbesserung der internen Zusammenarbeit und Informationsaustausch; Einsatz von KI-basierten Systemen zur Analyse und Optimierung von Kommunikationsprozessen.
	Control	Cn	Intelligente Steuerung von Verkehrssignalanlagen zur Optimierung des Verkehrsflusses (Verkehrsleitsysteme); Automatisierte Steuerung von Beleuchtungssystemen an Verkehrsknotenpunkten basierend auf Verkehrsaufkommen und Tageszeit; Nutzung von KI zur Überwachung und Anpassung von Verkehrsmanagementprozessen zur Steigerung der Effizienz und Sicherheit.

Anhang A.8. Anwendungsformen bei Finanzdienstleistungen

Eine Beschreibung von Anwendungsbereichen und Anwendungsbeispielen im Produktionssektor findet sich in Abschnitt 2.2.6.

Gruppe	Element	Abk.	Kurzbeschreibung
Assess	Speech Recognition	Sr	Chatbots und Kommunikation, digitale Finanzassistenten, Kundenbetreuung, automatisierte Gesprächsanalyse, Betrugsbekämpfung im Rahmen von Audioerkennung Telekommunikation, sprachgesteuerte Finanztransaktionen, Dokumentation und Protokollierung.
	Audio Recognition	Ar	Erkennung von Betrugsversuchen durch Analyse von Telefonanrufen
	Face Recognition	Fr	Authentifizierung von Kunden durch Gesichtserkennung; Verbesserung der Sicherheit in Finanzinstituten durch Erkennung autorisierter Personen; Einsatz von Gesichtserkennung zur Automatisierung von Zugriffs- und Transaktionskontrollen.
	Image Recognition	Ir	Überprüfung von Dokumenten und Ausweisen durch visuelle Inspektion; Erkennung von Anomalien und Fälschungen in Finanzdokumenten
	General Recognition	Gr	Überwachung von Betriebszuständen und Umweltbedingungen durch Analyse von Sensordaten; Früherkennung von Anomalien und Störungen im Finanzsystem, Finanzmarktanalyse.
Assess	Image Identification	Ii	Erkennung und Verfolgung von Dokumenten und deren Komponenten; Unterstützung bei der visuellen Inspektion von Finanzdokumenten; Automatisierte Erkennung von Fälschungen und Anomalien in Dokumenten, Authentifizierung.
	General Identification	Gi	Überwachung von Betriebszuständen und Umweltbedingungen durch Analyse von Sensordaten; Sicherhheitsanalyse, Früherkennung von Anomalien und Störungen im Finanzsystem, Finanzmarktanalyse.
	Data Analytics	Da	Analyse von Finanzdaten zur Optimierung von Investitionsstrategien; Identifikation von Mustern und Trends im Finanzverhalten; Unterstützung der strategischen Finanzplanung durch datenbasierte Entscheidungen, Bewertung der Kreditwürdigkeit und von Ausfallsrisiken.
	Text Extraction	Te	Automatisierte Extraktion von Informationen aus Finanzberichten und Dokumentationen; Unterstützung der Wissensdatenbankpflege durch Extraktion relevanter Informationen; Analyse von Textdaten zur Identifikation von Finanzproblemen und Lösungsvorschlägen.
	Speech Identification	Si	Sprachverifikation zur Zugangskontrolle in sensiblen Finanzbereichen; Erkennung von individuellen Stimmen zur Automatisierung von Finanztransaktionen; Verbesserung der Sicherheit durch sprachbasierte Authentifizierung.
	Audio Identification	Ai	siehe Si (Speech Recognition)
	Face Identification	Fi	Überwachung des Zugangs zu Finanzinstituten durch Gesichtserkennung; Automatisierung der Zugangskontrolle durch Erkennung von Mitarbeitergesichtern; Verbesserung der Sicherheit durch Erkennung von unbefugten Personen.
Inference	Language Understanding	Lu	Automatisierte Analyse von Kundenanfragen und Finanzberichten (Korrespondenz); Unterstützung des Kundenservices durch automatische Beantwortung von Fragen; Verbesserung der Effizienz durch natürliche Sprachverarbeitung und Verständnis.
	Predictive Inference	Pi	Vorhersage von Finanztrends und -mustern durch Analyse historischer Daten; Optimierung der Finanzsteuerung basierend auf prognostizierten Mustern; Identifikation von potenziellen Störungen im Finanzsystem durch prädiktive Analyse.
	Explanatory Inference	Ei	Analyse von Ursachen für Finanzkrisen und Marktstörungen durch Baig Data Analysis; Erklärung von Schwankungen in Finanzmärkten durch Analyse von Umwelt- und Finanzdaten; Identifikation von Faktoren, die die Finanzstabilität beeinflussen.
	Synthetic Reasoning	Sy	Verwendung von Daten aus verschiedenen Quellen zur Unterstützung von Entscheidungen im Finanzmanagement; Kombination von Markt- und Finanzdaten zur Optimierung von Investitionsstrategien; Validierung von Finanzmaßnahmen durch Analyse von Daten aus verschiedenen Quellen.
	Planning	Pl	Erstellung von Aktionsplänen für Finanzmanagementkampagnen basierend auf Markt- und Finanzdaten; Planung von Wartungsarbeiten zur Minimierung von Störungen; strategische Planung für den Ausbau von Finanzdienstleistungen basierend auf demografischen und wirtschaftlichen Daten.
	Problem Solving	Ps	Entwicklung von Lösungen zur Verbesserung der Finanzstabilität und Reduzierung von Risiken; Implementierung von Maßnahmen zur Verbesserung der Finanzsicherheit; Lösung von Problemen bei der Integration neuer Technologien in bestehende Finanzsysteme.
	Decision Making	Dm	Entscheidungsfindung für Investitionen in neue Finanztechnologien zur Verbesserung der Effizienz und Sicherheit; Priorisierung von Projekten zur Modernisierung der Finanzinfrastruktur basierend auf Kosten-Nutzen-Analysen.
	Language Generation	Lg	Automatisierte Erstellung von Finanzberichten und Dokumentationen; Generierung von technischen Beschreibungen und Handbüchern für neue Finanztechnologien; Erstellung von Pressemeldungen und Informationsmaterialien für die Öffentlichkeitsarbeit im Finanzsektor.
Inference	Relationship Learning	Lr	Analyse von Beziehungen zwischen Finanzdaten und Marktbedingungen zur Vorhersage von Finanztrends; Identifikation von Korrelationen zwischen Kundendaten und Finanzverhalten; Nutzung von Beziehungsdaten zur Optimierung von Finanzmanagementstrategien und Betrugsbekämpfung.
	Category Learning	Lc	Automatische Kategorisierung von Finanzdaten zur Verbesserung der Analysegenauigkeit; Erkennung neuer Muster und Trends im Finanzverhalten; Verbesserung der Vorhersagemodelle durch Identifikation neuer Kategorien von Finanzdaten.
	Knowledge Refinement	Lt	Kontinuierliche Verbesserung von Wissensdatenbanken und Prognosemodellen basierend auf neuen Erkenntnissen, Regularien und Finanzdaten; Überarbeitung von internen Richtlinien und Prozessen durch Analyse von Mitarbeiter- und Finanzdaten; Anpassung von Schulungs- und Weiterbildungsprogrammen basierend auf den neuesten Entwicklungen und Best Practices im Finanzsektor.

Respond	Mobility Large	Ml	
	Mobility Small	Ms	
	Manipulation	Ma	
	Communication	Cm	Implementierung von Sprach- und Chatbots für die Kommunikation mit Kunden und Mitarbeitern; Nutzung von Kommunikationsplattformen zur Verbesserung der internen Zusammenarbeit und Informationsaustausch; Einsatz von KI-basierten Systemen zur Analyse und Optimierung von Kommunikationsprozessen.
	Control	Cn	Intelligente Steuerung von Finanzsystemen zur Optimierung der Betriebsprozesse; automatisierte Steuerung und Wartung von Sicherheitssystemen; Nutzung von KI zur Überwachung und Anpassung von Finanzprozessen zur Steigerung der Effizienz und Sicherheit, automatisierter Wartung von Sicherheitssystemen und Software, algorithmischer Handel, High-Frequency Trading (HFT), Kreditrisikobewertung, Betrugserkennung, regulatorische Compliance:RegTech (Regulatory Technology), Marktprognosen. Kontrolle der Einhaltung von Richtlinien und Regularien.

Anhang A.9. Anwendungsformen bei professionellen Dienstleistungen und in freien Berufen

Professionelle Dienstleistungen und freie Berufe bieten ein breites Anwendungsfeld für KI. Dabei unterstreichen auch die Ansprechpersonen der ExpertInnen-Befragung (Abschnitt 5) die Potenziale zur Augmentation, die von generativen KI-Modellen ausgehen. Dabei steht die Generierung von Inhalten, Text und Bildern, Designs oder Plänen im Vordergrund. ChatGPT und ähnliche Technologien haben insbesondere Fortschritte in der Generierung von Text erzielt. Mittlerweile gibt es mit Dall-E oder Midjourney auch effiziente und leicht zu bedienende Bildgenerierungsmodelle. Auch in der Bildbearbeitung gab es mit Innovationen wie Adobe Firefly bedeutende Fortschritte, die in einigen professionellen Dienstleistungen Anwendung finden werden. Am aktuellen Rand werden KI-Systeme entwickelt, die es ermöglichen, aus Textprompts 3D-Modelle zu erstellen, die bis dato noch sehr arbeitsintensiv zu kreieren sind (Shi et al., 2024; Melas-Kyriazi et al., 2023).

Der Einsatz von KI lässt sich am Beispiel der Architektur darstellen. KI-Systeme können den kreativen Prozess der Gebäudeskizzierung deutlich vereinfachen und beschleunigen, bei gleichzeitig höherer Genauigkeit der Modelle. Darüber hinaus verändert sich die Vermittlung und Darstellung von Modellen und Skizzen durch Virtual-Reality-Technologien.[59] Auch in anderen Berufsfeldern kann KI für Automatisierung genutzt werden. Ein illustratives Beispiel hierfür ist Simultanübersetzung. Meta hat mit SeamlessStreaming zuletzt ein KI-Modell vorgestellt, das simultan zwischen 100 Eingabe- und 36 Ausgabesprachen übersetzen kann. Die Verzögerung von zwei Sekunden entspricht dabei ungefähr jener von menschlichen Simultanübersetzern[60].

Box 17: KI in rechts- und wirtschaftsberatenden Berufen

Generative KI-Modelle haben einen transformativen Einfluss auf Berufsfelder in der Rechtsberatung. Das vom Unternehmen Casetext auf GPT-4 aufbauend entwickelte KI-System CoCounsel spezialisiert sich beispielsweise auf die Unterstützung im juridischen Bereich. Das generative KI-Modell kann die menschliche Arbeitskraft in vielerlei Hinsicht unterstützen. Es hilft nicht nur bei der Recherche, indem Rechtstexte interaktiv bearbeitet werden können, sondern ermöglicht es auch, rechtliche Dokumente wie Verträge präzise zusammenzufassen, Texte zu entwerfen, oder Entwürfe im Detail zu analysieren und Risiken von bestimmten Formulierungen zu identifizieren. Darüber hinaus kann es als erklärende Schnittstelle zwischen Rechtsexperten und KlientInnen dienen. Casetext wurde 2023 von Thomson Reuters gekauft.

In einem randomisierten Experiment haben Choi et al. (2023) die transformative Kraft von generativen KI-Modellen im Rechtsbereich untersucht. Sie haben dabei einigen Rechtsstudierenden für eine Vielzahl an Aufgaben Zugang zu GPT-4 erlaubt, während andere ohne KI-Unterstützung auskommen mussten. Es hat sich gezeigt, dass die durchschnittliche Zeit zur Erfüllung verschiedener Tasks deutlich gesunken ist. So konnte die Zeit für die Entwurfsgestaltung eines Vertrags um rund ein Drittel gesenkt werden. Die Qualität

[59] Siehe https://www.e-zigurat.com/en/blog/ai-in-architecture-guide/
[60] Siehe https://ai.meta.com/research/seamless-communication/

des Entwurfs wurde deutlich positiver bewertet.

Ähnlich wie in anderen Studien zum Einfluss von generativen KI-Modellen (z. B. Dell'Acqua et al. 2023) fanden auch Choi et al. (2023), dass die geringer qualifizierten und weniger erfahrenen Studienteilnehmer am meisten von der KI-Unterstützung profitierten. Dies deutet einmal mehr darauf hin, dass generative KI-Modelle als augmentierende Technologie die Leistungsunterschiede innerhalb einer Berufsgruppe deutlich reduzieren können. Aus einer betrieblichen Perspektive komplementiert KI-Unterstützung die Faktoren Humankapital, Qualifizierung und Berufserfahrung. Mitarbeiter mit weniger Erfahrung und niedrigerer Qualifikation profitieren stärker von KI-Unterstützung. Dadurch wird das Produktivitätsgefälle innerhalb einer Belegschaft flacher, und ihre interne Effizienz und Produktivität könnte in Summe steigen (Brynjolfsson 2023).

Kira Systems hat eine Anwendung für rechts- und wirtschaftsberatende Dienstleistungen entwickelt. Das System nutzt Methoden der künstlichen Intelligenz, um beispielsweise Verträge zu analysieren und Inhalte strukturiert aufzubereiten. Dabei kann es etwa darum gehen, vorherzusagen, welche Partei in einem bestimmten Mietvertrag für welche Handlungen oder Ausgaben haftbar oder verantwortlich ist. Die von einem Unternehmen unterzeichneten und aktiven Verträge können auf mögliche Folgen von bestimmten Ereignissen (etwa Betriebsübernahmen, Fusionen) überprüft werden. Die Technologie von Kira prognostiziert die Relevanz von Klauseln und Informationen in einem Bruchteil der Zeit, die ein Anwalt oder Anwaltsgehilfe benötigen würde.

KI-Technologie wird in steuerberatenden Berufen eingesetzt, um wahrscheinliche Entscheidungen auf der Grundlage früherer Urteile vorherzusagen. Die künstliche Intelligenz von Blue J Legal scannt das Steuerrecht und Entscheidungen, um Unternehmen mit Vorhersagen über ihre Steuerhaftung zu versorgen. Blue J Legal setzt maschinelles Lernen ein, um den Ausgang von neuen Szenarien in Steuer- und Arbeitsrechtsfällen vorherzusagen. Zusätzlich zu einer Vorhersage bietet die Software einen "Case Finder", der Fälle identifiziert, die bei der Erstellung der Vorhersage relevant sind.

Quelle: Agrawal, Gans, Goldfarb (2019d).

Identifizierende und erkennende Funktionen, etwa auf Grundlage von Speech Recognition, Audio Recognition, Image Identification sowie Text Extraction, können in rechts- und wirtschaftsberatenden Diensten wesentliche Arbeitsschritte augmentieren. Beispiele sind die Identifikation und Klassifizierung von Dokumenten im Kontext der Rechtsrecherche, die Erkennung von betrügerischen Mustern in Finanztransaktionen, Verträgen oder anderen rechtlichen Dokumenten, die Überwachung der Einhaltung gesetzlicher Vorschriften im Rahmen von Compliance-Prüfung oder die Fallbearbeitung und Strategieentwicklung. Ähnliches gilt für Architektur- und technische Dienstleistungen. Z. B. kann Image Recognition für Architekten und technische Planer von großer Relevanz sein: Dies gilt etwa für die Gebäudeinspektion und Identifikation von Schäden, für Planungs- und Entwurfsprozesse oder für die Material- und Komponentenprüfung und die Überwachung des Baufortschritts. Der Planungsprozess kann durch die automatische Generierung von 3D-Modellen unterstützt werden.

Gruppe	Element	Abk.	Kurzbeschreibung
Assess	Speech Recognition	Sr	Sprachgesteuerte Dokumentation und Protokollierung von Meetings; Verbesserung des Kundenservices durch sprachbasierte Assistenten; Automatisierung von Terminvereinbarungen durch Sprachkommandos. Automatisierte Transkription von Besprechungen und Gerichtsverhandlungen für Anwälte; Sprachgesteuerte Eingabe von Daten und Berichten für Berater; Sprachsteuerung von Designsoftware für Architekten.
	Audio Recognition	Ar	Erkennung von Alarmsignalen und ungewöhnlichen Geräuschen in Bürogebäuden (Gebäudetechnik), Verbesserung der Sicherheitsüberwachung durch Erkennung von Alarmtönen und Warnsignalen, Forensik.
	Face Recognition	Fr	Verbesserung der Sicherheit in Bürogebäuden durch Erkennung autorisierter Personen; Einsatz von Gesichtserkennung zur Automatisierung von Zugangskontrollen; Personalisierte Kundeninteraktionen durch Gesichtserkennung, Erkennung und Begrüßung von Kunden und Klienten; Automatisierung des Check-in Prozesses für Meetings und Konferenzen.
	Image Recognition	Ir	Visualisierung und Bildbearbeitung, Gebäudeskizzierung, etwa AchiTech. Gebäudeinspektion, Statische Prüfung, technische Analyse von Plänen und Gebäuden. Automatische Generierung von 3D-Modellen: Basierend auf Fotos und Bildern kann Image Recognition dabei helfen, 3D-Modelle von bestehenden Strukturen zu erstellen, was die Planungs- und Renovierungsprozesse erleichtert. Baufortschrittsüberwachung und Materialüberprüfung
	General Recognition	Gr	Visualisierung und Bildbearbeitung, etwa AchiTech; frühzeitigen Erkennung von Anomalien; Verbesserung der Betriebssicherheit durch Erkennung und Analyse von Umweltbedingungen; Analyse Verträge und Rechtstext, etwa LegalTech.
Assess	Image Identification	Ii	Identifizierung und Verwaltung von Dokumenten und Beweismitteln für Anwälte; Automatisierte Erkennung von Designfehlern in Bauplänen für Architekten; Unterstützung bei der visuellen Inspektion von Projektdokumenten.
	General Identification	Gi	Überwachung von Betriebszuständen und Umweltbedingungen durch Analyse von Sensordaten; Früherkennung von Anomalien und Störungen in Bürogebäuden; Unterstützung der vorausschauenden Wartung durch kontinuierliche Überwachung und Datenanalyse.
	Data Analytics	Da	Analyse von Geschäftsdaten zur Optimierung von Strategien und Prozessen; Identifikation von Mustern und Trends in Kunden- und Projektdaten; Unterstützung der strategischen Planung durch datenbasierte Entscheidungen, technische Standards und Bauplannung im Rahmen der Zusammenarbeit Architekt und KI.
	Text Extraction	Te	Automatisierte Extraktion von Informationen aus juristischen Dokumenten und Berichten; Unterstützung der Wissensdatenbankpflege durch Extraktion relevanter Informationen, Dokumentantenanalyse.
	Speech Identification	Si	Sprachverifikation zur Zugangskontrolle in sensiblen Bereichen; Erkennung von individuellen Stimmen zur Automatisierung von Prozessen; Verbesserung der Sicherheit durch sprachbasierte Authentifizierung.
	Audio Identification	Ai	Erkennung von charakteristischen Geräuschen zur Zustandsüberwachung von Bürogebäuden und Geräten; Sicherheitstechnik
	Face Identification	Fi	Zugangskontrolle zu sensiblen Bereichen, Automatisierung der Zugangskontrolle durch Erkennung von Mitarbeitergesichtern; Verbesserung der Sicherheit durch Erkennung von unbefugten Personen, Forensik.
Inference	Language Understanding	Lu	generative AI Mdelle, etwa LegalTech, Gesetzesrecherche und Vertragsanalyse,Entwicklung von 3D Modellen aus TextPrompts (textbasierte Eingabeaufforderung), etwa ArchiTech
	Predictive Inference	Pi	generative AI Modelle, Ergebnisse vo; Vorhersage von Geschäftstrends und -mustern durch Analyse historischer Daten; Optimierung der Geschäftssteuerung basierend auf prognostizierten Mustern.
	Explanatory Inference	Ei	Analyse von Ursachen für Geschäftsprobleme und Marktstörungen; Erklärung von Schwankungen durch Analyse von Umwelt- und Geschäftsdaten; Identifikation von Faktoren, die die Geschäftsleistung beeinflussen.
	Synthetic Reasoning	Sy	Compliance Monitoring für rechts- und wirtschaftsberatende Berufe. Synthetic Reasoning bietet die Fähigkeit, verschiedene Informationsquellen und -typen zu integrieren, etwa um komplexe Fälle zu analysieren und strategische Empfehlungen zu entwickeln. Verwendung etwa in der Fall- und Vertragsanalyse, auch in Kombination mit vorgelagertenund aufbauenden Elementen wie Data Analytics, Predictive Inference oder Explanatory Inference.
	Planning	Pl	Erstellung von Aktionsplänen für Geschäftsstrategien basierend auf Markt- und Geschäftsdaten; Planung von Wartungsarbeiten zur Minimierung von Störungen (Software), Einbezug von Fallhistorien, Planung und Management von Ressourcen im Gerichtswesen zur Vermeidung von Engpässen, Erstellung von Bau- und Desginplänen, strategische Planung für die Entwicklung neuer Bauprojekte basierend auf städtebaulichen und wirtschaftlichen Daten.
	Problem Solving	Ps	Entwicklung von Lösungen zur Verbesserung der Geschäftsleistung und Reduzierung von Risiken; Implementierung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit; Lösung von Problemen bei der Integration neuer Technologien in bestehende Systeme. Entwicklung von Strategien zur schnellen Lösung komplexer juristischer Fälle durch Analyse von Präzedenzfällen und rechtlichen Dokumenten; Implementierung von Sicherheitsmaßnahmen zur Wahrung der Vertraulichkeit sensibler Mandanteninformationen Entwicklung von innovativen Designlösungen zur Optimierung der Funktionalität und Ästhetik von Bauprojekten; Implementierung von Maßnahmen zur Verbesserung der strukturellen Sicherheit und Nachhaltigkeit von Gebäuden
	Decision Making	Dm	Projektplanung, Energieeffizienz und Ressourcenmanagement.
	Language Generation	Lg	Automatisierte Erstellung von Berichten und Dokumentationen; Generierung von technischen Beschreibungen und Handbüchern für neue Technologien; Erstellung von Pressemeldungen und Informationsmaterialien für die Öffentlichkeitsarbeit, Übertragung von Gesetzestexten in einfache oder leichte Sprache

In rechts- und wirtschaftsberatenden Berufen können KI-Systeme im Rahmen der automatischen Dokumentenübermittlung, etwa durch Roboter, Drohnen oder automatisierte Anlagen, dienlich sein. Mobile Roboter können in Archiven oder Bibliotheken eingesetzt werden, um Akten und Bücher zu scannen, zu holen und zurückzubringen. Bei ArchitektInnen und technischen PlanerInnen könnte autonomes Navigieren im Zusammenhang mit der Baustellen- und Gebäudeinspektion Anwendung

finden. Mobile Roboter könnten verwendet werden, um Baumaterialien oder Werkzeuge auf der Baustelle effizient zu transportieren. KI-Systeme könnten automatisiert Verträge und Dokumente sichten und relevante Passagen und Klauseln hervorheben oder Daten und Informationen aus verschiedenen Quellen zusammenführen, aufbereiten und in brauchbare Formate umwandeln bzw. synthetisieren. Bei technischen Berufen könnte KI im Modellbau und bei der Fertigung von Prototypen angewendet werden. KI-gesteuerte Systeme könnten Entwürfe und Pläne automatisch anpassen.

Inference	Relationship Learning	Lr	Analyse von Beziehungen zwischen Falltypen, Gerichtsurteilen und Mandantendaten zur Vorhersage von Erfolgsaussichten in ähnlichen Fällen; Identifikation von Korrelationen zwischen Mandantendaten (z.B. Branche, Firmengröße) und typischen rechtlichen Herausforderungen, um maßgeschneiderte Rechtsstrategien zu entwickeln; Nutzung von Beziehungsdaten zur Optimierung von Kanzleistrategien, wie z.B. die Spezialisierung auf bestimmte Rechtsgebiete oder die gezielte Ansprache potenzieller Mandanten mit spezifischen Bedürfnissen. Analyse von Beziehungen zwischen Bauprojekten, Materialauswahl und Baukosten zur Vorhersage von Trends in der Bauwirtschaft; Identifikation von Korrelationen zwischen Kundendaten (z.B. Projekttyp, Budget) und bevorzugten Designelementen, um personalisierte Architekturvorschläge zu erstellen; Nutzung von Beziehungsdaten zur Optimierung von Geschäftsstrategien, wie z.B. die Entwicklung von Designlösungen, die auf Markttrends und Kundenpräferenzen abgestimmt sind, oder die Verbesserung der Kundenbindung durch gezielte Marketingmaßnahmen.
	Category Learning	Lc	Automatische Kategorisierung von juristischen Dokumenten und Fallakten zur Verbesserung der Analysegenauigkeit und Effizienz bei der Fallbearbeitung; Erkennung neuer Muster und Trends in rechtlichen Präzedenzfällen und Gerichtsurteilen, um besser auf zukünftige Fälle vorbereitet zu sein; Verbesserung der Vorhersagemodelle für Fallausgänge durch Identifikation neuer Kategorien von Falltypen und rechtlichen Argumentationen. Automatische Kategorisierung von Bauplänen, Projektvorschlägen und Materiallisten zur Verbesserung der Analysegenauigkeit und Effizienz bei der Projektplanung; Erkennung neuer Muster und Trends im Bauverhalten und in Designpräferenzen; Verbesserung der Vorhersagemodelle für Baukosten und Projektdauer durch Identifikation neuer Kategorien von Bauprojekten und Designansätzen.
	Knowledge Refinement	Lt	Kontinuierliche Verbesserung von Wissensdatenbanken basierend auf neuen Erkenntnissen und Geschäftsdaten und Falldaten; Überarbeitung von internen Richtlinien und Prozessen durch Analyse von Mitarbeiter- und Geschäftsdaten; Anpassung von Schulungs- und Weiterbildungsprogrammen basierend auf den neuesten Entwicklungen und Best Practices. Einpflegung neuer Erkenntnise im Bauwesen, bspw. Adaption neuer Materialien
Respond	Mobility Large	Ml	Generell: Einsatz autonomer Fahrzeuge für den Transport von Dokumenten und Materialien; Optimierung der Routenplanung durch Echtzeitdaten und Verkehrsanalysen; Integration von autonomen Fahrzeugen in die bestehende Infrastruktur zur Reduktion von Störungen und Risiken.
	Mobility Small	Ms	automatischer Dokumentenübermittlung, Aktionen in Bibliotheken und Archiven; Gebäude- und Baustelleninspektion; Baustelleninfrastruktur, Transport von Werkzeug und Material.
	Manipulation	Ma	Automatisierte Handhabung und Archivierung von juristischen Dokumenten durch Roboter, die Akten scannen, sortieren und ablegen; Automatisierte Handhabung und Archivierung von Bauplänen und Entwurfsdokumenten durch Roboter, die Dokumente scannen, sortieren und ablegen; Einsatz von Robotern zur Unterstützung von Wartungs- und Reparaturarbeiten an technischen Geräten und Maschinen im Architekturbüro; Automatisierte Handhabung und Archivierung von Beratungsdokumenten und Präsentationen durch Roboter, die Dokumente scannen, sortieren und ablegen;
	Communication	Cm	Chatbots, virtuelle Assistenten, Übersetzungstools.
	Control	Cn	Intelligente Steuerung von Bürosystemen zur Optimierung der Betriebsprozesse, wie z.B. die Verwaltung von Terminen und Fristen; Automatisierte Steuerung von Sicherheitssystemen in Kanzleigebäuden basierend auf aktuellen Bedrohungslagen, um die Sicherheit sensibler Daten zu gewährleisten; Nutzung von KI zur Überwachung und Anpassung von Prozessen zur Steigerung der Effizienz und Sicherheit, z.B. durch automatische Aktualisierungen und Wartungen von Computersystemen. Intelligente Steuerung von Bürosystemen zur Optimierung der Betriebsprozesse, wie z.B. die Verwaltung von Projektzeitplänen und Ressourcen; Automatisierte Steuerung von Sicherheitssystemen in Bürogebäuden basierend auf aktuellen Bedrohungslagen, Intelligente Steuerung von Bürosystemen zur Optimierung der Betriebsprozesse, wie z.B. die Verwaltung von Kundenprojekten und Zeitplänen; Nutzung von KI zur Überwachung und Anpassung von Prozessen zur Steigerung der Effizienz und Sicherheit, z.B. durch automatische Aktualisierungen und Wartungen von Computersystemen.

Anhang A.10. Anwendungsformen bei Informations- und Kommunikationsdienstleistungen

IKT-Dienstleistungen sind maßgeblich für die Funktionalität und Effizienz moderner Organisationen und Volkswirtschaften. Sie umfassen Telekommunikationsdienste, IT-Dienstleistungen und IT-Support, Software-Dienstleistungen und Softwareentwicklung, Daten- und Informationsdienste sowie IKT-Beratung. Die IKT-Branche bietet selbst ein breites und vielfältiges Anwendungsspektrum für KI-Anwendungen und IKT-Funktionen. Hier sind insbesondere die Bereiche Netzwerkverwaltung, Sicherheit und Cloud Computing relevant. Beispielsweise ermöglicht KI im Bereich der Netzwerkverwaltung eine umfassendere und proaktivere Überwachung und Verwaltung von Netzwerkinfrastrukturen (siehe auch BEREC 2023). Dadurch können Systeme selbstständig Muster und Anomalien erkennen. Dies kann eine schnellere Reaktion auf potenzielle Probleme wie Überlastungen oder Ausfälle ermöglichen. Darüber hinaus können KI-gesteuerte Systeme optimale Datenrouten in Echtzeit berechnen und so die Effizienz und Leistung des Netzwerks verbessern. KI kann helfen, Bedrohungen zu erkennen und zu entschärfen, und damit zur Daten- und Systemsicherheit beitragen. Dadurch kann KI in der Entwicklung von adaptiven Sicherheitsarchitekturen eingesetzt werden.

Cloud Computing bildet nicht nur eine Grundlage vieler KI-Anwendungen, Cloud Computing wird selbst von KI gestaltet. So kann KI die Effizienz von Ressourcen erhöhen. Eine Analyse von Nutzungsdaten in Echtzeit kann helfen, die Allokation von Ressourcen dynamisch zu optimieren, wodurch Kosten gesenkt werden können. Außerdem kann KI bei der automatisierten Skalierung von Ressourcen unterstützen, basierend auf der tatsächlichen Inanspruchnahme, was insbesondere bei Lastspitzen und -tälern von Nutzen ist. Die Fähigkeit von KI, Muster in den Daten zu erkennen und darauf basierende Vorhersagen zu treffen, kann auch die Planung und Wartung von Cloud-Diensten verbessern, indem potenzielle Probleme erkannt und präventive Maßnahmen ergriffen werden, bevor die potenziellen Probleme zu echten Störungen führen.

Box 18: KI im Bereich der IKT-Dienstleistungen

Ein Unternehmen, das KI-gestützte Cybersecurity-Dienstleistungen anbietet, ist Darktrace. Sein Security-Programm ActiveAI lernt von den Interaktionen der Kunden des Unternehmens, sowohl im Bereich der Cloud- als auch der Netzwerksicherheit. Wird ein Muster erkannt, das potenziell eine Bedrohung darstellt, kann das KI-System autonom darauf reagieren. Dadurch werden Risiken bei einem gleichzeitig effizienteren Ressourceneinsatz reduziert.

Im Bereich der automatischen Lastverteilung des Datenverkehrs in einem Netzwerk, um eine möglichst latenzfreie Leistung zu ermöglichen, sind das Elastic Load Balancing von Amazon Web Services (AWS) sowie das Intent-based Networking von Cisco hervorzuheben. Beide Systeme haben das Ziel, den eintreffenden Verkehr in Form von Daten oder NutzerInnen möglichst gleichmäßig auf Server oder Netzwerke zu verteilen.

Weitere Anwendungsfelder ergeben sich unmittelbar für die Entwicklung ökologisch nachhaltiger KI-

Systeme und -Infrastrukturen: Insbesondere das Training sind energie- und ressourcenintensiv (siehe Abschnitt 3 oder Abschnitt 4.3). Untersuchungen zeigen, dass allein das Training von ChatGPT mit einem Stromverbrauch einherging, der dem jährlichen Stromverbrauch von 120 US-Haushalten entspricht. Auch die Nutzung ist energie- und ressourcenintensiv: An einem durchschnittlichen Tag hat ChatGPT einen Energiebedarf von über einer halben Gigawattstunde (siehe Gordon 2024). Im Durchschnitt verbraucht ChatGPT außerdem für 10 bis 50 Antworten einen halben Liter Wasser; Ren et al. (2023) berücksichtigten in dieser Berechnung sowohl den direkten Verbrauch zur Kühlung von Servern sowie den indirekten Verbrauch zur Kühlung der Infrastrukturen der Energieversorgung. Der Verbrauch variiert mit dem Sitz der verarbeitenden Server und der Jahreszeit. Dies unterstreicht, dass der Betrieb von Server- und Datenzentren eine Umweltbelastung darstellt. Auch hier kann KI von Nutzen sein – durch den Einsatz von Machine-Learning-Algorithmen, um Serverzentren effizienter zu kühlen. Google hat eine Vorreiterrolle eingenommen und konnte den Energieverbrauch der Serverzentren um 40 Prozent senken. Es hat dabei Daten der Sensoren aus den Serverzentren mit externen Faktoren wie Wetter und Datenverkehr verknüpft und neuronale Netzwerke darauf trainiert, die zukünftigen Temperaturen und damit den benötigten Kühlungsbedarf abzuschätzen. Durch die gesteigerte Effizienz erhöht sich das Potenzial für Rebound-Effekte. Ökologische Nettoeffekte der Nutzung von KI sind angesichts gegenläufiger Wirkungspotenziale schwer abschätzbar (Abschnitt 4.3).

Die AutorInnen des BEREC-Berichts (2023) betonen die Potenziale von KI für den Telekommunikationssektor. Anwendungsfelder ergeben sich dabei in der Netz- und Kapazitätsplanung, Kanalmodellierung und Spectrum Sharing, Dienstoptimierung, Gefahrenabwehr und Sicherheit sowie Betrugsbekämpfung. Es ergeben sich Kosteneinsparungen und Potenziale zur Automatisierung von komplexen oder repetitiven Prozessen. Mit KI verbindet die Telekommunikationsbranche die Aussicht auf die Optimierung von Netzwerken und Netzwerkprozessen sowie auf die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle. Neben Aspekten der Effizienz und Innovation ergeben sich aber auch mögliche Effekte auf die ökologische Nachhaltigkeit.

Quellen: "Moving Beyond Simple XDR to a Proactive Approach that Achieves True Cyber Resilience" abrurfbar unter Weblink. "Cisco Networking At-a-Glance" abgerufen unter Weblink. "What is Elastic Load Balancing?" abgerufen unter Weblink. "DeepMind AI reduces energy used for cooling Google data centers by 40%" abgerufen unter Weblink. Zum Energie- und Ressourcenbedarf siehe Gordon (2024) im Beitrag von Forbes vom 17. 3. 2024 unter dem Weblink. BEREC (2023). BEREC Report on the impact of Artificial Intelligence (AI) solutions in the telecommunications sector on regulation. (Weblink)

In der aufbauenden und integrierten Systematik des KI-Periodensystems finden sich vielfältige Verwendungsgebiete. Das Element Relationship Learning etwa bezeichnet die Fähigkeit von KI-Systemen, Beziehungen und Zusammenhänge zwischen verschiedenen Datenpunkten zu erkennen und zu verstehen. KI-basierte Anwendungen könnten helfen, Muster und Zusammenhänge in Netzwerkdaten zu identifizieren, um Engpässe oder Anomalien zu erkennen und das Netzwerk zu optimieren. In Kombination mit vorgelagerten Funktionselementen von Data Analytics oder „Vorwärtsschließen" in Form von Predictive Inference kann KI potenzielle Netzwerkprobleme vorhersagen und durch Lernen proaktive Maßnahmen zur Vermeidung von Ausfällen und Sicherheitslücken ergreifen. Auf Grundlage von Funktionen von Category Learning können KI-Modelle Dokumente und Dateien nach ihrem Inhalt kategorisieren. Ein wichtiges Anwendungsfeld könnte sich in der Kategorisierung von Log-Dateien im Rahmen der Prozesskontrolle, Dokumentation und Automatisierung ergeben, auch um Muster und Anomalien schneller zu erkennen. Anwendungsfelder ergeben sich in selbstlernenden IT-Support-Systemen. Dabei lernt KI aus neuen Interaktionen und passt sich an neue Probleme, Regeln und Lösungen an. KI könnte dazu beitragen, Sicherheitsprotokolle durch das Lernen aus neuen Bedrohungen

und Sicherheitsvorfällen kontinuierlich zu aktualisieren. Das Element Predictive Inference, also vorwärtsschließende Analyse, findet sich in der Netzwerk- und Systemüberwachung, der Kapazitätsplanung oder der Sicherheitsüberwachung. Explanatory Inference, also rückwärtsschließende Analyse, findet sich in der Fehlerdiagnose, der Verhaltensanalyse in Bezug auf NutzerInnen oder der Analyse von Sicherheitsvorfällen. Weitreichende Anwendungsfelder finden sich in der systematischen Analyse von Daten, etwa zum Zweck der Verbesserung der Netzwerk- und Systemüberwachung, des Sicherheitsmanagements, der Berücksichtigung von KundInnen-Erfahrungen, von Geschäftsprozessen, zur Vorhersage und Planung sowie zur Produkt- und Serviceentwicklung. Anwendungsfelder für generative KI finden sich insbesondere in Programmiervorgängen und bei der Softwareentwicklung.

Gruppe	Element	Abk.	Kurzbeschreibung
Assess	Speech Recognition	Sr	Kundensupport und Helpdesk, Transkriptionsdienste, Dokumentation Korrespondenz und Meetings, sprachgesteuerte Anwendungen und Assistenz, assistive Technologien, Sprachanalyse, Betrugsbekämpfung und Überwachung, Kategorisierung von Audiomaterial in Datenbanken, Accessibility und Barrierefreiheit.
	Audio Recognition	Ar	Netzwerküberwachung und Wartung, Sicherheitsüberwachung, Geräuscherkennung und Geräuschanalyse, Erkennung von Alarmsignalen.
	Face Recognition	Fr	Zugangskontrolle und Sicherheit, Authentifizierung, Überwachungs- und Sicherheitssysteme.
	Image Recognition	Ir	Visuelle Inspektion von Identifikationsdokumenten und Nutzerbildern zur Überprüfung von Zugriffsrechten; Erkennung von Anomalien und Fälschungen in Dokumenten, prädiktive Wartung.
	General Recognition	Gr	Multimodale Datenanalyse, Content Management, Erkennung und Kategorisierung von Inhalten in großen Datenbanken, vorgelagert zu Data Analytics, Decision Making, Synthetic Reasoning.
Assess	Image Identification	Ii	IT-Asset-Management, Inventarisierung, prädiktive Wartung, Sicherheitsanwendungen.
	General Identification	Gi	Fähigkeit, unterschiedliche Arten von Daten (visuell, auditiv, textuell etc.) zu identifizieren und zu verifizieren: Multimodale Authentifizierung, Content Management und automatische Katorisierung, Benutzerinteraktionen und Intelligente Assistenten
	Data Analytics	Da	Analyse von IT-Daten zur Optimierung von Netzwerken und Systemen; Identifikation von Nutzungsmustern und Trends in Netzwerkdaten zur Verbesserung der Infrastruktur;
	Text Extraction	Te	Analyse von Textdaten zur Identifikation von IT-Problemen und Lösungsvorschlägen; Automatisierte Verarbeitung von Service-Tickets und Vorfällen.
	Speech Identification	Si	Sicherheit und Authentifizierung, Kundensupport und Call Center.
	Audio Identification	Ai	Erkennung von spezifischen Geräuschen zur Zustandsüberwachung von IT-Systemen und Hardware; Unterstützung der präventiven Wartung durch kontinuierliche Audioüberwachung.
	Face Identification	Fi	Authentifizierung, Diebstahlschutz, Kriminalitätsbekämpfung, Mitarbeiterzeiterfassung, Zugangssysteme
Inference	Language Understanding	Lu	Automatisierte Analyse von Kundenanfragen und IT-Berichten; Verbesserung der Effizienz durch natürliche Sprachverarbeitung und Verständnis in Service-Desk-Anwendungen; Automatisierte Beantwortung häufiger Kundenfragen.
	Predictive Inference	Pi	Prognose von Netzwerkauslastung und -engpässen zur besseren Ressourcenplanung; Identifikation potenzieller Systemausfälle durch prädiktive Analyse.
	Explanatory Inference	Ei	Nachgelagerte Analyse von Ursachen für IT-Probleme und Systemausfälle durch Auswertung von Logdaten und Umgebungsinformationen; Erklärung von Leistungsproblemen durch detaillierte Datenanalyse; Identifikation von Faktoren, die die IT-Leistung beeinflussen.
	Synthetic Reasoning	Sy	Verwendung von Daten aus verschiedenen IT-Quellen zur Unterstützung von Managemententscheidungen; Kombination von System-, Netzwerk- und Nutzerdaten zur Optimierung von IT-Strategien; Validierung von Sicherheitsmaßnahmen durch Analyse aus unterschiedlichen Datenquellen.
	Planning	Pl	Erstellung von Aktionsplänen für IT-Strategien basierend auf Markt- und Systemdaten; Planung von Wartungsarbeiten zur Minimierung von Störungen in der IT-Infrastruktur; Strategische Planung für den Ausbau von IT-Dienstleistungen basierend auf Nutzerdaten und Technologietrends.
	Problem Solving	Ps	Entwicklung von Lösungen zur Verbesserung der IT-Leistung und Reduzierung von Sicherheitsrisiken; Implementierung von Maßnahmen zur Verbesserung der IT-Sicherheit und Datenintegrität; Lösung von Herausforderungen bei der Integration neuer Technologien in bestehende IT-Systeme.
	Decision Making	Dm	Strategiefindung, Marktanalyse, Technologieauswahl, Risikomanagement, Infrastrukturmanagement und Netzpalnung.
	Language Generation	Lg	Automatisierte Erstellung von IT-Berichten und technischen Dokumentationen durch Natural Language Generation (NLG) Systeme, die Daten aus verschiedenen Quellen zusammenführen und verständliche Berichte erstellen; Generierung von benutzerfreundlichen technischen Handbüchern und Schulungsmaterialien für neue IT-Technologien, die sowohl Text als auch interaktive Elemente wie Videos und Tutorials enthalten; Erstellung von ansprechenden und informativen Pressemeldungen und Marketingmaterialien für die Öffentlichkeitsarbeit im IT-Sektor, die komplexe technische Konzepte für ein breites Publikum zugänglich machen.

Inference	Relationship Learning	Lr	Analyse von Beziehungen zwischen IT-Daten und externen Faktoren wie Marktbedingungen, um Trends und Muster zu erkennen, die auf zukünftige Entwicklungen hinweisen; Identifikation von Korrelationen zwischen Nutzerdaten und IT-Verhalten zur Verbesserung von Netzwerkauslastung und Ressourcenmanagement durch adaptive Systeme; Nutzung von Beziehungsdaten zur Optimierung von IT-Managementstrategien, z.B. durch die Entwicklung personalisierter Benutzererfahrungen, Identifikation von Korrelationen zwischen Kommunikationsverhalten und Kundenzufriedenheit zur Verbesserung von Diensten und Support
	Category Learning	Lc	Automatische Kategorisierung von IT-Daten zur Verbesserung der Analysegenauigkeit, indem unterschiedliche Datenquellen integriert und harmonisiert werden; Erkennung neuer Muster und Trends im IT-Verhalten, z.B. zur Identiikaiton von Anomalien; Verbesserung der Vorhersagemodelle durch die Identifikation neuer Kategorien von IT-Daten, die spezifische Nutzergruppen und Verhaltensweisen repräsentieren, um gezielte Maßnahmen zu ergreifen.
	Knowledge Refinement	Lt	Kontinuierliche Verbesserung von Wissensdatenbanken durch das Einpflegen neuer Erkenntnisse und Best Practices aus der IT-Community und Forschung; Überarbeitung von internen Richtlinien und Prozessen durch die Analyse von Mitarbeiter- und IT-Daten, um Effizienzsteigerungen und Qualitätsverbesserungen zu erzielen; Anpassung von Schulungs- und Weiterbildungsprogrammen basierend auf aktuellen Technologieentwicklungen und spezifischen Bedürfnissen der IT-Mitarbeiter, um deren Fähigkeiten und Wissen auf dem neuesten Stand zu halten.
Respond	Mobility Large	Ml	IT Logistik und Transport von IT-Geräten, Komponenten und Materialien, Einsatz autonomer Fahrzeuge und Drohnen für den schnellen Transport von Komponenten zu abgelegenen oder schwer zugänglichen Standorten;
	Mobility Small	Ms	Einsatz von Robotern zur Zustellung von IT-Geräten und Materialien innerhalb von Rechenzentren und Büros, die in der Lage sind, eigenständig durch komplexe Umgebungen zu navigieren und Hindernisse zu umgehen; Nutzung von kleinen autonomen Fahrzeugen zur Unterstützung von internen Logistikprozessen, wie z.B. dem Transport von Backup-Medien zwischen Serverräumen und Sicherheitsarchiven
	Manipulation	Ma	Manipulation in technischen Alangen, etwa Serverzentren.
	Communication	Cm	Implementierung von Sprach- und Chatbots; Nutzung von Kommunikationsplattformen zur Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen verteilten IT-Teams, Zuweisung von Supportanfragen an die richtigen Fachkräfte.
	Control	Cn	Intelligente Steuerung von IT-Systemen, einschließlich der automatischen Verwaltung von Serverlasten, der dynamischen Zuweisung von Rechenressourcen und der Echtzeit-Überwachung von Netzwerkleistung und Sicherheit; Automatisierte Steuerung von Sicherheitssystemen in Rechenzentrn; Nutzung von KI zur Überwachung und Anpassung von IT-Prozessen zur Steigerung der Effizienz und Sicherheit, einschließlich der vorausschauenden Wartung und kontinuierlichen Sicherheitsüberprüfungen; dynamische Bandbreitenzuweisung

Anhang A.11. Anwendungsformen in Sport, Kunst und Kultur

Einer der Bereiche, in denen Möglichkeiten von KI sehr früh öffentlichkeitswirksam erkennbar geworden sind, ist Schach. Bereits 1997 hat der von IBM entwickelte Schachcomputer DeepBlue mit Garry Kasparov erstmals einen Schachprofi besiegt. Im Jahr 2015 gelang dem von Google entwickelten KI-System AlphaGo ein vergleichbarer Erfolg, indem es den damaligen Europameister im Brettspiel Go schlug. Die Beispiele zeigen, dass KI-Systeme in Bereichen, die klaren Regeln und Strukturen folgen, bereits in der Lage sind, menschliche Kompetenzen zu übertreffen. Diese Fortschritte hatten zur Folge, dass sich das Tätigkeitsfeld des Schachspielens im Laufe der letzten Jahrzehnte deutlich verändert hat und heutzutage stark von Interaktionen zwischen Mensch und Maschine geprägt ist (Dahlke 2023). Ähnliche Anwendungsbereiche ergeben sich in vielen weiteren Sportarten, beispielsweise in Mannschaftssportarten wie Fußball, Handball, Basketball (vgl. Box 19). Hier unterstützen KI-Modelle etwa das Training, die taktische Ausrichtung, die Teamzusammenstellung oder das Scouting.

Box 19: KI im Sport am Beispiel von Fußball

Die Forschungsgruppe DeepMind von Google hat kürzlich TacticAI vorgestellt, ein KI-System zur Unterstützung von Fußball-Taktiken (Wang et al. 2024). Im Speziellen geht es hierbei um die Verbesserung der Spielerpositionen der verteidigenden oder angreifenden Mannschaft bei Eckbällen durch eine auf neuronale Netze gestützte Analyse, wobei die Wahrscheinlichkeit eines Tors dabei maximiert wird. Die Taktikvorschläge von TacticAI wurden in 90 Prozent der Fälle von ExpertInnen positiver bewertet als die ursprünglichen Vorschläge des Trainerteams.

Bereits 2021 haben ForscherInnen von Google gemeinsam mit Experten des Liverpool FC einen wissenschaftlichen Artikel zum Thema KI und Fußball veröffentlicht (Tuyls et al. 2021). Dabei argumentierten die AutorInnen, dass Fortschritte im Bereich KI über verschiedene Kanäle positive Auswirkungen auf den Sport und das Fußballspiel haben können. Anwendungsbeispiele sind hier neben der Unterstützung bei Taktiken auch die statistische Analyse und Prognose von Spielen, die Charakterisierung einzelner Spieler und der Zusammensetzung von Teams, die Abschätzung von Verletzungswahrscheinlichkeiten, und vieles mehr.

Im KI-Periodensystem sind zunächst die Generierung und Gewinnung von Informationen und Daten für Anwendungen im Sport relevant. Dieser Schritt basiert zunächst auf optischer Wahrnehmung und Identifikation, etwa durch Image Recognition oder Image Identification. KI kann verwendet werden, um Spieler, den Ball und andere Objekte auf dem Spielfeld in Echtzeit zu verfolgen. Dies hilft bei der Analyse von Bewegungsmustern und Spielstrategien. KI kann beitragen, simple Spielsituationen zu identifizieren, etwa Standardsituationen wie Eckbälle und Elfmeter, und die Effizienz der Videoanalyse verbessern. Hohes Entwicklungs- und Innovationspotenzial für die Zukunft wird der Analyse von komplexeren Spielsituationen zugestanden. Aus dem Fußball lassen sich etwa das Durchbrechen der Abwehrlinie durch Passspiel, die Verlässlichkeit der Ballannahme nach Zuspiel, das Umschaltspiel nach Ballgewinn

oder der Gewinn von sogenannten „zweiten Bällen" anführen.[61] KI könnte in Zukunft auch Positionen und Bewegungen der Spieler identifizieren und diese im Rahmen von Taktikidentifikation mit bekannten taktischen Formationen vergleichen. Auf diese Weise werden die Fähigkeiten des Trainerstabs, der Analysten und der KommentatorInnen augmentiert. Bereits in bestehenden Anwendungen wird der Schiedsrichter in seinen Entscheidungen technologisch unterstützt, etwa bei Abseitsentscheidungen.

Nach der Datenentwicklung, Erkennung und Aufbereitung ergeben sich Anwendungsfelder etwa im Kontext der Datenanalyse. Sie können Leistungen, Fitness- und Gesundheitszustände, Fähigkeiten und Talente sowie die Gegner- und Spielanalyse betreffen. Vorausschauende KI – etwa Predictive Inference – dient der Leistungsprognose, der Teamzusammenstellung, dem Scouting oder der Spielerentwicklung. Auch Wettanbieter greifen auf KI zurück, etwa zum Zweck der dynamischen Quotenanpassung, des Risikomanagements und der Analyse des Kundenverhaltens, aber auch zur Identifikation von Wettbetrug und Spielsucht. Anwendungsfelder für rückwärtsschauende Analysen (Explanatory Inference) ergeben sich im Kontext der klassischen Videoanalyse zum Verständnis von Spielverläufen, Strategie- und Taktikevaluierung und Ursachenforschung. Es ergeben sich mögliche Anwendungsfelder etwa im Zusammenhang mit der videobasierten Daten- und Taktikanalyse, dem Scouting und der Talentsuche oder im Bereich des personalisierten Marketing.

Auch im Bereich von Kunst und Kultur gibt es vielfältige Anwendungen. Neben Formen des personalisierten Marketings kann KI beispielsweise über Technologien wie Virtual Reality neue Möglichkeiten des Erlebens von kulturellen Institutionen schaffen. Dies kann Museen, Ausgrabungsstätten, virtuelle Welten und vieles mehr betreffen. Eine Rolle kann hier zukünftig auch generative KI spielen. So können die Erfahrungen von Kulturstätten oder Museen durch den gezielten Einsatz von generativen KI-Modellen zunehmend personalisiert werden. Ein erstes Beispiel hierfür ist das KI-System Ask Mona[62], das im Louvre in Paris im Rahmen einer Sonderausstellung zum Einsatz kam und ein interaktives Erlebnis für Kinder ermöglicht. Das KI-System fungiert dabei als Interaktionstool.

Darüber hinaus kann KI helfen, bereits Verlorenes bestmöglich zu restaurieren. Ein Beispiel ist hierbei das französische Unternehmen Iconem[63], das mithilfe von KI-Algorithmen und unzähligen Fotos akkurate 3D-Modelle von zerstörten UNESCO-Weltkulturerben erstellt hat. Ein weiteres Beispiel ist die Restauration von im 2. Weltkrieg zerstörten Kunstwerken von Gustav Klimt in einer Kooperation zwischen

[61] Siehe hierzu Informationen der deutschen Bundesliga vom 5. 3. 2024 unter dem Weblink.
[62] Siehe https://www.askmona.fr/en/project/the-louvre/.
[63] Siehe https://iconem.com.

dem Belvedere und dem Google Arts & Culture Lab[64]. Diese wurden basierend auf schriftlichen Beschreibungen und Schwarz-Weiß-Fotos rekonstruiert.

Gruppe	Element	Abk.	Kurzbeschreibung
Assess	Speech Recognition	Sr	Sport: Kommunikationsdienste und Sprachassistenten, sprachgesteuerte Systeme etwa Trainingsgeräte und Trainingszentren; Kultur: Sprachgesteuerte Steuerung von Veranstaltungs- und Bühnentechnik; Verbesserung des Kundenerlebnisses durch sprachbasierte Informationssysteme in Museen und Theatern .
	Audio Recognition	Ar	Sport: geräuschbasierte Leistungs- und Materialanalyse (Schritte beim Laufen oder das Geräusch von Bällen, Motorgeräusch im Rennsport), Gesundheitskontrolle von AthletInnen (Herzschlag, Puls), Erkennung von Stressgeräuschen, Geräuschoptimierung bei Übertragungen. Kunst/Kultur: Soundscapes und Klangkunst, Klangdesign für Bühnenveranstaltungen und Konzerte, Tontechnik, Bühneneffekte, Aufzeichnung und Kategorisierung von Audioinhalten.
	Face Recognition	Fr	Authentifizierung von Besuchern und Sportlern zur Zugangskontrolle bei Sportveranstaltungen und kulturellen Events; Verbesserung der Sicherheit durch Erkennung autorisierter Personen und potenzieller Bedrohungen; Personalisierte Erlebnisse durch Gesichtserkennung in Museen und Vergnügungsparks.
	Image Recognition	Ir	Sport: Spieler- und Objektverfolgung, Taktikidentifikation, Strategiebildung, Talentscouting, Schiedsrichterentscheidungen; Kultur: Visuelle Inspektion von Tickets und Akkreditierungen bei Veranstaltungen; Erkennung von Kunstwerken und Ausstellungsexponaten zur Unterstützung von Museumsführungen
	General Recognition	Gr	Sport: Spieler- und Objektverfolgung, Taktikidentifikation, Strategiebildung, Talentscouting, Schiedsrichterentscheidungen; Kultur: Überwachung von Veranstaltungsorten durch Analyse von Sensordaten zur frühzeitigen Erkennung von Anomalien; Verbesserung der Betriebssicherheit durch kontinuierliche Überwachung von Umweltbedingungen in Sportstätten und Museen
Assess	Image Identification	Ii	Sport: Spieler- und Objektverfolgung, Taktikidentifikation, Strategiebildung, Talentscouting, Schiedsrichterentscheidungen; Kultur: Unterstützung bei der visuellen Inspektion und Wartung von Veranstaltungs- und Ausstellungstechnik durch automatisierte Erkennung von Schäden; Anwendung in der Bestandsverwaltung und Sicherheitsüberwachung.
	General Identification	Gi	Sport: Spieler- und Objektverfolgung, Taktikidentifikation, Strategiebildung, Talentscouting, Schiedsrichterentscheidungen; Überwachung von Betriebszuständen und Umweltbedingungen in Sportstätten und Kultureinrichtungen durch Sensordatenanalyse.
	Data Analytics	Da	Sport: Spieler- und Objektverfolgung, Taktikidentifikation, Strategiebildung, Talentscouting, Schiedsrichterentscheidungen, Wettquoten, Wettbetrug, Spielsucht; Kultur: Analyse von Daten zur Optimierung von Besucherströmen und Ressourceneinsatz bei Großveranstaltungen; Identifikation von Nutzungsmustern und Trends in Besucher- und Teilnehmerdaten
	Text Extraction	Te	Automatisierte Extraktion von Informationen aus Veranstaltungsberichten und Kulturkritiken zur Unterstützung der Wissensdatenbankpflege; Analyse von Textdaten zur Identifikation von Problemen und Verbesserungspotenzialen; Automatisierte Verarbeitung von Feedback und Bewertungen aus sozialen Medien.
	Speech Identification	Si	Erkennung von individuellen Stimmen zur Automatisierung von Serviceprozessen und zur Steigerung der Sicherheit; Nutzung in Kundenkorrepsondenz zur Identifikation von Kunden und VIPs.
	Audio Identification	Ai	Einsatz in der akustischen Optimierung von Veranstaltungsorten.
	Face Identification	Fi	Automatisierung der Zugangskontrolle durch Gesichtserkennung von Mitarbeitern und Besuchern; Personalisierte Dienstleistungen durch Erkennung von VIP-Gästen.
Inference	Language Understanding	Lu	Verständnis in Informations- und Buchungssystemen; Automatisierte Beantwortung häufiger Fragen zu Veranstaltungen und Ausstellungen.
	Predictive Inference	Pi	Sport: Spieler- und Objektverfolgung, Taktikidentifikation, Strategiebildung, Talentscouting, Schiedsrichterentscheidungen, Wettquoten, Wettbetrug, Spielsucht; Prognose von Besucherzahlen und -strömen zur besseren Ressourcenplanung und Sicherheitsmanagement; Identifikation potenzieller Engpässe und Sicherheitsrisiken durch prädiktive Analyse; Optimierung von Veranstaltungsplänen durch Vorhersage von Besucherinteressen und -verhalten.
	Explanatory Inference	Ei	Sport: Spieler- und Objektverfolgung, Taktikidentifikation, Strategiebildung, Talentscouting, Schiedsrichterentscheidungen, Wettquoten, Wettbetrug, Spielsucht; Analyse von Ursachen für Besucherfeedback und Ereignisproblemen.
	Synthetic Reasoning	Sy	Taktikanalyse und -entwicklung, von Simulationsmodellen, Saison- und Kaderplanung, Leistungsoptimierung, der Live-Spieldatenanalyse, der Verletzungsprävention. Kultur: Verwendung von Daten aus verschiedenen Quellen zur Unterstützung von Entscheidungen im Event-Management; Kombination von Besucher-, Umwelt- und Veranstaltungsdaten zur Optimierung von Strategien und Abläufen; Validierung von Sicherheits- und Managementmaßnahmen durch Analyse aus unterschiedlichen Datenquellen.
	Planning	Pl	Taktikanalyse und -entwicklung, von Simulationsmodellen, Saison- und Kaderplanung, Leistungsoptimierung, der Live-Spieldatenanalyse, der Verletzungsprävention, Erstellung von Aktionsplänen für Veranstaltungsstrategien basierend auf Markt- und Besucherdaten; Planung von Wartungsarbeiten zur Minimierung von Störungen in Sportstätten und Kultureinrichtungen; Strategische Planung für den Ausbau von Dienstleistungsangeboten basierend auf Besucherfeedback und Markttrends.
	Problem Solving	Ps	Taktikanalyse und -entwicklung, von Simulationsmodellen, Saison- und Kaderplanung, Leistungsoptimierung, der Live-Spieldatenanalyse, der Verletzungsprävention, Entwicklung von Lösungen zur Verbesserung der Veranstaltungsleistung und Reduzierung von Sicherheitsrisiken; Implementierung von Maßnahmen zur Verbesserung der Besuchersicherheit und Servicequalität;
	Decision Making	Dm	Taktikanalyse und -entwicklung, von Simulationsmodellen, Saison- und Kaderplanung, Leistungsoptimierung, der Live-Spieldatenanalyse, der Verletzungsprävention.
	Language Generation	Lg	Automatisierte Erstellung von Berichten zur Besucherstatistik und Veranstaltungsbewertung durch Natural Language Generation (NLG) Systeme Generierung von benutzerfreundlichen Veranstaltungshinweisen und Informationsmaterialien, die sowohl Text als auch interaktive Elemente wie Videos und Animationen enthalten; Erstellung von ansprechenden und informativen Pressemeldungen und Marketingmaterialien für die Öffentlichkeitsarbeit im Sport- und Kulturbereich.

[64] Siehe https://artsandculture.google.com/story/SQWxuZfE5ki3mQ.

Inference	Relationship Learning	Lr	Teaminteraktion, Mikrotaktik, Analyse von Spielmustern, Gegneranalyse; Analyse der Beziehungen zwischen Besucherdaten und Veranstaltungskonditionen zur Vorhersage von Serviceanforderungen und zur Optimierung der Veranstaltungsplanung; Identifikation von Korrelationen zwischen Besucherinteressen und -verhalten zur Verbesserung von Diensten und Angeboten; Nutzung von Beziehungsdaten zur Optimierung von Marketing- und Kommunikationsstrategien für Sport- und Kulturveranstaltungen.
	Category Learning	Lc	Erkennung neuer Muster und Trends im Besucher- und Veranstaltungsverhalten durch die Anwendung fortschrittlicher Clustering-Algorithmen; Verbesserung der Vorhersagemodelle durch die Identifikation neuer Kategorien von Veranstaltungsdaten, die spezifische Besuchergruppen und Interessen repräsentieren.
	Knowledge Refinement	Lt	Einpflegen neuer Erkenntnisse aus der Veranstaltungsforschung und Besucherfeedback; Überarbeitung von internen Richtlinien und Prozessen durch die Analyse von Veranstaltungs- und Servicedaten; Anpassung von Schulungs- und Weiterbildungsprogrammen basierend auf den neuesten Entwicklungen und Best Practices im Sport- und Kulturbereich.
Respond	Mobility Large	Ml	Einsatz autonomer Fahrzeuge und Drohnen für den schnellen Transport von Veranstaltungsgeräten und Materialien zu Großveranstaltungen; Optimierung der Routenplanung für den Transport von Materialien und Technikern zur Installation und Wartung von Veranstaltungstechnik durch Echtzeit-Verkehrsdaten; Integration von autonomen Fahrzeugen in die Logistik, um die Effizienz der Lieferung und Installation von Veranstaltungstechnik zu steigern und die Umweltbelastung zu reduzieren.
	Mobility Small	Ms	Drohen für Videoaufzeichnung, Infrastruktur und Logistig von Trainingszentren; Unterstützung von Mitarbeitern durch Roboter
	Manipulation	Ma	Veranstaltungstechnik wie Lautsprecher, Lichtsysteme und Bildschirme durch spezialisierte Roboter; Einsatz von Robotern zur Unterstützung von Wartungsarbeiten an Veranstaltungstechnik
	Communication	Cm	Virtuelle Assistenten und Roboter (digitaler Co-Trainer); Implementierung von Sprach- und Chatbots für die Besucherbetreuung und den technischen Support; Nutzung von Kommunikationsplattformen zur Verbesserung der Zusammenarbeit und des Informationsaustauschs zwischen Teams; Einsatz von KI-basierten Systemen zur Analyse und Optimierung von Kommunikationsprozessen.
	Control	Cn	Intelligente Steuerung von Veranstaltungsnetzwerken zur Optimierung der Betriebsprozesse, wie die dynamische Bandbreitenzuweisung und die automatische Fehlerbehebung; Automatisierte Steuerung von Sicherheitssystemen in Veranstaltungsorten basierend auf aktuellen Bedrohungslagen, um schnell auf Sicherheitsvorfälle zu reagieren und die Sicherheit der Besucher zu gewährleisten; Nutzung von KI zur Überwachung und Anpassung von Veranstaltungsprozessen zur Steigerung der Effizienz und Sicherheit, einschließlich der vorausschauenden Wartung und kontinuierlichen Sicherheitsüberprüfungen, um Ausfallzeiten zu minimieren und die Betriebsbereitschaft zu maximieren.

Anhang A.12. Anwendungsformen bei öffentlichen Dienstleistungen

Anwendung finden KI-Technologien im Bereich öffentlicher und kommunaler Leistungen und Prozesse (EU 2020, Berryhill et al. für OECD 2019). Die Funktionsweise von KI ermöglicht die Integration über den gesamten Gestaltungs- und Umsetzungsprozess von politisch-administrativen Prozessen, von der Kommunikation mit BürgerInnen über die BürgerInnenbeteiligung, die Entscheidungsfindung und das Policy- und Instrumentendesign bis hin zur Durchführung. KI-Technologien wird hohes Potenzial für die Qualität und Effizienz öffentlicher Leistungen und administrativer Prozesse zugesprochen. Zugleich zeigen sich gerade beim Einsatz von KI in der öffentlichen Verwaltung immer wieder auch rechtliche Restriktionen und Hemmnisse. Kritische Betrachtungen betonen dabei bürger- und datenschutzrechtliche Aspekte (siehe Abschnitt 3).

Box 20: KI bei öffentlichen Dienstleistungen und Daseinsvorsorge am Beispiel der fiktiven Gemeinde „Kettenbruck"

Ein Anschauungsbeispiel für die Nutzung digitaler Technologien im Rahmen öffentlicher Dienstleistungen von Gemeinden liefert das österreichische Bundesrechenzentrum (BRZ) mit der fiktiven Gemeinde „Kettenbruck". Dabei hat das BRZ viele der Digitalisierungsschritte, insbesondere auf der Ebene des Bundes, maßgeblich mitgestaltet. Im BRZ fließen wesentliche Kompetenzfelder der Digitalisierung öffentlicher Leistungen zusammen. Die Anwendungsbeispiele bauen auf den Systemen des BRZ auf, umfassen neben KI auch etwa RPA (Robotic Process Automation), Blockchain-Technologien und Conversational Interfaces. Die Anwendungsbeispiele umfassen etwa eine Smart-City-Plattform: Dabei sammeln IoT-Sensoren Daten, die über eine intelligente Plattform miteinander in Beziehung gestellt und verarbeitet werden. Auf Grundlage der gesammelten Daten können Prozesse des autonomen Lernens implementiert werden. Dadurch könnte beispielsweise die örtliche Müllabfuhr durch Logistik und Prozessmanagement schneller und effizienter arbeiten. Im Bereich der Pflegeversorgung könnten Anwendungen der generativen KI die direkte und vernetzende Kommunikation mit den Beteiligten übernehmen. Die dabei gesammelten Informationen könnten direkt in eine Datenplattform einfließen und mit Hilfe von KI-Technologie die Pflegeversorgung unterstützen. Einsatzmöglichkeiten ergeben sich auch durch den Einsatz von Chatbots in der Kommunikation mit Bürgerinnen und Bürgern sowie in der Leistungs- und Kapazitätsplanung.

Quelle: Materialien des BRZ zur fiktiven Gemeinde Kettenbruck finden sich auf der Website des BRZ unter dem Weblink.

Anwendungen finden sich etwa im Bereich der Kommunikation und Korrespondenz mit BürgerInnen in Form von Chatbots und Assistenten. Dabei kommen beispielsweise Speech Recogniton, Text Extraction, Language Understanding und Language Generation in Kombination etwa mit Data Analytics und Communication zur Anwendung. Hohes Potenzial wird auch KI-Anwendungen an der Schnittstelle zwischen der Verwaltung und Unternehmen sowie BürgerInnen attestiert. Solche Systeme können Verfahren, Prozesse und Interaktionen zwischen Verwaltung, BürgerInnen und Unternehmen optimieren. Ein Beispiel ist Grants4Companies (Box 21). KI-Algorithmen können große Datenmengen analysieren, um Trends zu identifizieren, Bedarfsvorhersagen zu treffen oder im Rahmen von Smart-City-Konzepten Ressourcen, Kapazitäten und Prozesse effizienter bereitzustellen. Zum Beispiel könnte KI dabei helfen, die Nachfrage nach bestimmten öffentlichen Dienstleistungen oder Infrastrukturprojekten zu

prognostizieren oder dazu beitragen, die Anliegen von BürgerInnen zu strukturieren und Handlungsbedarf an die VertreterInnen von Behörden und Gebietskörperschaften anzuzeigen. Manche der Anwendungen, etwa Screening im Bereich von Sozialleistungen, Kriminalitätsprävention etc., könnten von der Hochrisiko-Regulierung des AI Act betroffen sein (Abschnitt 3).

Box 21: KI bei öffentlichen und kommunalen Dienstleistungen

In Spanien wird mit dem Programm SAVRY (Structured Assessment of Violence in Youth) KI-Technologie zur Gewaltprävention unter Jugendlichen eigesetzt. Die Anwendung basiert auf erprobten und evaluierten Modellen der forensischen Forschung. Zwischen der technischen KI-Anwendung und der Bearbeitung durch Behörden und Sozialarbeiterinnen und Sozialarbeiter ergeben sich Komplementaritäten und Potenziale auf Augmentation von Prozessen.

Hohes Potenzial wird KI-Anwendungen zugestanden, die sich an Verfahrensschnittstellen zwischen der Verwaltung und Unternehmen bzw. BürgerInnen ansiedeln könnten. Ein bereits existierendes Beispiel ist Grants4Companies (Lellmann et al. 2024). Diese Anwendung wurde im Bundeskanzleramt von der Abteilung VII/5 entwickelt und vom BRZ im Unternehmensserviceportal des Bundes implementiert. Dabei wird unter Berücksichtigung von Angaben zur Berechtigung und Eignung eine Liste relevanter Förderungen ermittelt. Anwendungsbeispiele finden sich auch in der Verwaltung der Stadt Wien sowie ihrer Unternehmen. Gemeinsam mit Finmatics wurde die Rechnungslegung von Teilunternehmen der Wiener Stadtwerke durch den Einsatz von KI automatisiert.

In Zürich haben ForscherInnen der ETH Zürich ein Analysemodell zur Identifikation von kriminalistischen „Hotspots" entwickelt. Das System implementiert Methoden des maschinellen Lernens und zielt darauf ab, Einbrüche in wenig besiedelten Gebieten vorherzusagen. In Deutschland wurden in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA KI-basierte Modelle zur Kriminalitätsprävention entwickelt. Die Modelle kommen ohne Gesichtserkennung aus und basieren auf der Identifikation von Bewegungsmustern.

Die dänische Regierung möchte den KI-Einsatz in Aufgabenbereichen des öffentlichen Sektors fördern. Mit dem Zweck der Risikoidentifikation in der Altenhilfe wurden in Zusammenarbeit mit Universitäten und Forschern KI-Modelle entwickelt. Evaluierungen haben gezeigt, dass zusätzlicher Pflegebedarf mit einer hohen Genauigkeit von 80% korrekt identifiziert werden konnte. In Finnland werden Prozesse des Sozialversicherungssystems – etwa Leistungsanträge und Prüfung zur Bewilligung, Betrugsbekämpfung, Beihilfeverfahren und Kommunikation bzw. Korrespondenz – automatisiert und digitalisiert. Dabei werden diese automatisierten Prozesse durch KI-Technologie unterstützt.

In London werden Technologien der prädiktiven Analytik für Aufgaben und Leistungen der Jugendwohlfahrt genutzt. Ziel ist es, anhand von Daten- und Analysemodellen abzuschätzen, welche Kinder von einem erhöhten Risiko von Vernachlässigung oder Missbrauch betroffen sind. Der Ansatz greift auf Daten und Informationen etwa über Schulbesuch, Gesundheitszustand, Wohnsituation, wirtschaftliche Situation der Familie etc. zurück und errechnet einen Risikofaktor.

KI kann auch dazu beitragen, die Qualität der politischen Partizipation sowie der lokalpolitischen Entscheidungen zu erhöhen. Citizen-Lab ist eine Anwendung des gleichnamigen Technologieunternehmens mit Sitz in Brüssel. Ziel der Anwendung Citizen-Lab ist die Organisation und Strukturierung von BürgerInnen-Partizipation und von Vorschlägen und Ideen der BürgerInnen (siehe Berryhill et al. 2019).

KI-Anwendungen in der Verwaltung weisen Konfliktstellen zu geltenden Gesetzen und Regularien, insbesondere im Hinblick auf Datenschutz und Bürgerrechte, auf. Dies zeigt insbesondere die Anwendung des KI-unterstützten Tools SyRi in niederländischen Gemeinden. In den Niederlanden sind die Gemeinden für die Abwicklung von Leistungen der Sozialhilfe zuständig. Einige Gemeinden setzten KI-Anwendungen der prädiktiven Analytik zum Aufdecken von Sozialmissbrauch ein (siehe EU 2020, S. 45). Dabei war das System häufig mit Kritik von Datenschutzorganisationen konfrontiert, wonach die internen Mechanismen nicht transparent seien. Im Jahr 2019 wurde SyRi mit dem Big Brother Award, einem Negativpreis einer niederländischen Datenschutzorganisation für digitale Rechte, ausgezeichnet. Am 5. Februar 2020 ordnete das niederländische Gericht in Den Haag den Stopp von SyRi an, weil es gegen Artikel 8 der Europäischen Menschenrechtskonvention (EMRK) verstößt, der das Recht auf Achtung des Privat- und Familienlebens

schützt.

Quelle: Internationale Beispiele der Nutzung von KI in der öffentlichen Verwaltung beschreibt das BRZ auf seiner Website unter dem Weblink. Informationen der ETH Zürich zur Kriminalitätsprognose unter dem Weblink. Informationen finden sich in der Online-Plattform unter dem Weblink „London uses data to predict which children will be abused" (Apolitical 2017). Informationen zur Anwendung Citizen-Lab sowie Fallbeispielen finden sich auch auf der Website des Entwicklers und Betreibers unter dem Weblink. Informationen zu CitizenLab bei Berryhill et al. 2019 (Weblink), Informationen zu SyRi bei EU 2020 (Weblink). Zu Konflikten der Anwendung SyRi in den Niederlanden mit Daten- und Persönlichkeitsschutz siehe Informationen von „algorithmwatch" unter dem Weblink. Informationen zu Grants4Companies finden sich auf der Website des BRZ unter dem Weblink sowie in der Publikation des BRZ zum Unternehmensserviceportal unter dem Weblink. Zu Anwendungen der Wiener Stadtwerke siehe Informationen von Finmatics unter dem Weblink. Lellmann, B., Marek, P., Triska, M. (2024). Grants4Companies: Applying Declarative Methods for Recommending and Reasoning About Business Grants in the Austrian Public Administration (System Description). Zur Kriminalitätserkennung von Fraunhofer IPA siehe Weblink.

Die Potenziale von KI-unterstützten Prozessen zeigen sich in der Dokumentenverwaltung sowie in der automatisierten Fallbearbeitung. KI kann bei der Verarbeitung und Verwaltung von Dokumenten unterstützen, indem sie automatisch Informationen etwa durch von Text Extraction oder OCR (Optical Character Recognition) extrahiert, Kategorien und Gruppen erstellt und die Dokumente in entsprechende Datenbanken oder Systeme einspeist. Dabei kann KI auch zur Qualitätskontrolle – etwa zur Bewertung der Rechtssicherheit, Reliabilität oder Compliance – von behördlichen Entscheidungen beitragen.

KI kann im Bereich der Betrugsbekämpfung und zur Prävention und Identifikation von Sozialmissbrauch eingesetzt werden (Box 21). Gerade in diesem Einsatzfeld ist der Einsatz von KI-unterstützten automatisierten Anwendungen häufig mit datenschutzrechtlichen und bürgerrechtlichen Kritikpunkten konfrontiert. Insbesondere sind die Regularien des AI Act zu Hochrisiko-Anwendungen zu beachten (Abschnitt 3).

KI kann das Verkehrs- und Kapazitätsmanagement oder die Organisation und Taktung öffentlicher Dienste, etwa der Pflegeversorgung, der Abfallbeseitigung, Wasser- und Energieversorgung oder der Gesundheitsdienste unterstützen. Intelligente Verkehrssysteme können dabei helfen, Staus zu reduzieren, Emissionen zu vermeiden und die Sicherheit auf den Straßen zu verbessern (Anhang A.7 zu KI bei Verkehrsdienstleistungen).

Im KI-Periodensystem ergeben sich Anwendungsfelder etwa für Image Recognition und im Zusammenhang mit der Erfassung von Eingangsinformationen (z. B. Erstanträge, Förderansuchen, Formulare). KI kann im Rahmen einer multimodalen Dateneingabe und der optischen Zeichenerkennung (OCR) relevant sein. Automatisierte Systeme können relevante Gesetzestexte, Gerichtsurteile und andere juristische Dokumente automatisch erkennen und zur weiteren Bearbeitung bereitstellen. Identifizierende Systeme könnten zur Authentifizierung von Personen wie z. B. AntragstellerInnen beitragen und das Prozessmanagement zwischen Verwaltung und BürgerInnen verbessern. Damit kann KI eine Basistechnologie einer automatischen Sach- und Fallbearbeitung darstellen.

Gruppe	Element	Abk.	Kurzbeschreibung
Assess	Speech Recognition	Sr	Im Rahmen von sprachgesteuerten Systemen für Bürgeranfragen und Korrespondenz sowie Assistenzsysteme
	Audio Recognition	Ar	IoT und Infrastrukturverwaltung, Predictive Maintenance im Zusammenhang mit Smart City
	Face Recognition	Fr	Authentifizierung von Mitarbeitern und Bürgern zur Zugangskontrolle in öffentlichen Gebäuden; Verbesserung der Sicherheit durch Erkennung autorisierter Personen und potenzieller Bedrohungen; Personalisierte Dienste durch Gesichtserkennung in Bürgerbüros und öffentlichen Einrichtungen.
	Image Recognition	Ir	Automatisierte Dateneingabe, OCR Opitcal character recognition.
	General Recognition	Gr	Multimodale Dateneingabe; Überwachung von öffentlichen Plätzen und Gebäuden durch Analyse von Sensordaten zur frühzeitigen Erkennung von Anomalien;
Assess	Image Identification	Ii	Authentifizierung
	General Identification	Gi	Authentifizierung; Identifizierung relevanter Dokumente und Informationen; Verifizierung und Validierung von Daten; Policy Evaluation; Sensordaten zu Verkehr und infolge bessere Verkehrs- und Stadtplanung
	Data Analytics	Da	Analyse von Bürgerdaten zur Optimierung öffentlicher Dienstleistungen und Ressourceneinsatz; Identifikation von Nutzungsmustern und Trends in Bürgeranfragen zur Verbesserung der Angebotspalette; Unterstützung der strategischen Planung durch datenbasierte Entscheidungen; Policy Evaluation.
	Text Extraction	Te	Kommunikation Chatbots als Informationsbasis; Automatisierte Extraktion von Informationen aus Verwaltungsberichten und öffentlichen Dokumentationen zur Unterstützung der Wissensdatenbankpflege; Analyse von Textdaten zur Identifikation von Problemen und Verbesserungspotenzialen; Automatisierte Verarbeitung von Feedback und Anfragen aus sozialen Medien; automatische Umwandlung von Websites etc. in einfache/leichte Sprache
	Speech Identification	Si	Sprachverifikation zur Zugangskontrolle in sensiblen Bereichen und Büros; Erkennung von individuellen Stimmen zur Automatisierung von Verwaltungsprozessen und zur Steigerung der Sicherheit; Nutzung in Call-Center-Anwendungen zur Authentifizierung von Bürgern.
	Audio Identification	Ai	Zustandsüberwachung öffentlicher Einrichtungen und Infrastruktur; Unterstützung der präventiven Wartung durch kontinuierliche Audioüberwachung
	Face Identification	Fi	Bereitstellung personalisierter Dienstleistungen; Gesichtserkennungssysteme.
Inference	Language Understanding	Lu	Kommunikation Chatbots
	Predictive Inference	Pi	Bedarfsplanung, Ressourcenmanagement, Kapazitätsmanagement, Smart City Daseinsvorsorge); Compliance, Rechtssicherheit, Reliabilität, Rechtskonformität
	Explanatory Inference	Ei	Analyse von Ursachen für Bürgerfeedback und Verwaltungsproblemen durch Auswertung von Daten und Berichten; Erklärung von Leistungsproblemen und Unregelmäßigkeiten in öffentlichen Programmen durch detaillierte Datenanalyse; Identifikation von Faktoren, die den Erfolg öffentlicher Dienstleistungen beeinflussen.
	Synthetic Reasoning	Sy	Compliance, Rechtssicherheit, Reliabilität, Rechtskonformität; Verwendung von Daten aus verschiedenen Quellen zur Unterstützung von Entscheidungen im öffentlichen Sektor; Kombination von Bürger-, Umwelt- und Verwaltungsdaten zur Optimierung von Strategien und Abläufen;
	Planning	Pl	Bedarfsplanung, Ressourcenmanagement, Kapazitätsmanagement, Smart City Daseinsvorsorge.
	Problem Solving	Ps	Entwicklung von Lösungen zur Verbesserung der Verwaltungsleistung und Reduzierung von Engpässen; Implementierung von Maßnahmen zur Verbesserung der Bürgerdienste und Verwaltungsqualität;
	Decision Making	Dm	Machine-Learning-Modelle /Simulationen und Auswertung von Bürgerdaten um evidenzbasiert Einscheidungen zu neuen Investitionen und Poltikmaßnahmen zu treffen
	Language Generation	Lg	Kommunikation Chatbots; Generierung von Texten in einfacher/leichter Sprache
Inference	Relationship Learning	Lr	Korrelationen zwischen Bürgerinteressen und -verhalten zur Verbesserung von Diensten und Angeboten; Nutzung von Beziehungsdaten zur Optimierung von Marketing- und Kommunikationsstrategien für öffentliche Dienstleistungen; Analyse und Zusammenhänge von Bürgerdaten
	Category Learning	Lc	Verbesserung der Vorhersagemodelle durch die Identifikation neuer Kategorien von Verwaltungsdaten, die spezifische Bürgergruppen und Interessen repräsentieren.
	Knowledge Refinement	Lt	Compliance, Rechtssicherheit, Reliabilität, Rechtskonformität, Effektivität und Treffsicherheit von Politikmaßnahmen.
Respond	Mobility Large	Ml	Optimierung und Automatisierung öffentlicher Verkehr
	Mobility Small	Ms	Bürohilfe und Assistenz, Facility-Management
	Manipulation	Ma	automatisierte Dateneingabe aus Eingangsdokumenten (z.B. Antragsformulare), Registrieren, Sortieren, Archivieren von Dokumenten; Automatisierte Handhabung und Installation von Verwaltungstechnik wie Druckern, Scannern und Computern durch spezialisierte Roboter; Einsatz von Robotern zur Unterstützung von Wartungsarbeiten an öffentlicher Infrastruktur, wie der Reparatur von IT-Systemen oder der Installation von Sicherheitstechnik;
	Communication	Cm	Chatbots und virtuelle Assistenten.
	Control	Cn	Smart City IoT; Automatisierte Steuerung von Sicherheitssystemen in öffentlichen Einrichtungen basierend auf aktuellen Bedrohungslagen, um schnell auf Sicherheitsvorfälle zu reagieren und die Sicherheit der Bürger zu gewährleisten; Automatisierte Verkehrssteuerung.

Anhang A.13. Anwendungsformen in Medizin und Pharmazie

Eine Beschreibung von Anwendungsbereichen und Anwendungsbeispielen im Produktionssektor findet sich in Abschnitt 2.2.7.

Gruppe	Element	Abk.	Kurzbeschreibung
Assess	Speech Recognition	Sr	Automatisierte Transkription von Arzt-Patienten-Gesprächen; Sprachgesteuerte Steuerung von OP-Robotern und diagnostischen Geräten für präzisere und effizientere Eingriffe; Sprachbasierte Gesundheitsassistenten für chronisch kranke Patienten, die Medikamente und Gesundheitsratschläge basierend auf den sprachlichen Eingaben der Patienten bereitstellen.
	Audio Recognition	Ar	Asistenten, Roboter, Chatbots, Patientenüberwachung und Pflege, Diagnostische Unterstützung, Pedictive Maintenance von Medizingeräten.
	Face Recognition	Fr	Automatisierte Transkription von Arzt-Patienten-Gesprächen; Sprachgesteuerte Steuerung von OP-Robotern und diagnostischen Geräten für präzisere und effizientere Eingriffe; Sprachbasierte Gesundheitsassistenten für chronisch kranke Patienten, die Medikamente und Gesundheitsratschläge basierend auf den sprachlichen Eingaben der Patienten bereitstellen.
	Image Recognition	Ir	Diagnose, z.B. Erkennen pathologischer Befunde in der medizinischen Bildgebung, bildliche Erkennung in der Pathologie, Assistenz Chirurgie.
	General Recognition	Gr	Diagnose, z.B. Erkennen pathologischer Befunde und Krankheiten in der medizinischen Bildgebung.
Assess	Image Identification	Ii	Verfolgung und Verwaltung von medizinischen Geräten und Arzneimitteln innerhalb von Krankenhäusern durch visuelle Erkennungstechnologien; Unterstützung bei der Inspektion von Sterilitätsstandards; Anwendung in der Pharmaindustrie zur Überwachung der Produktionslinien und Sicherstellung der Qualität.
	General Identification	Gi	Einsatz von Sensoren zur Überwachung von Betriebszuständen und Umweltbedingungen in Laboren und Reinräumen zur Sicherstellung optimaler Bedingungen; Früherkennung von Ausfällen und Störungen in medizinischen Geräten durch kontinuierliche Überwachung und Analyse von Betriebsdaten; Unterstützung der präventiven Wartung von medizinischen Anlagen durch vorausschauende Analysen.
	Data Analytics	Da	Verwendung von Big Data zur Analyse von Genomdaten zur Personalisierung von Behandlungen und Medikamenten; Identifikation von Mustern in Patientendaten zur Verbesserung der Diagnostik und Entwicklung neuer Therapien; Unterstützung der Gesundheitsforschung durch Analyse großer Datensätze zur Entdeckung neuer Zusammenhänge und Behandlungsmöglichkeiten.
	Text Extraction	Te	Automatisierte Extraktion und Analyse von Informationen aus wissenschaftlichen Publikationen und klinischen Studien zur Unterstützung der Forschung und Entwicklung neuer Medikamente; Verarbeitung von Patientenakten zur Identifizierung von Trends und Mustern in Krankheitsverläufen; Unterstützung der regulatorischen Compliance durch automatisierte Extraktion relevanter Informationen aus regulatorischen Dokumenten.
	Speech Identification	Si	Einsatz in telemedizinischen Anwendungen zur Identifikation von Patienten während virtueller Konsultationen; Unterstützung der Sprachtherapie durch Erkennung und Analyse der sprachlichen Fortschritte von Patienten.
	Audio Identification	Ai	Authentifizierung, etwa in der Telemedizin; Einsatz in der Überwachung von Schlafapnoe und anderen Schlafstörungen durch Analyse von Atemgeräuschen während des Schlafs;
	Face Identification	Fi	Authentifizierung, etwa in der Telemedizin; Automatisierte Zugangskontrolle und Personalisierung von Patientendiensten durch Gesichtserkennungssysteme; Unterstützung der Betreuung von Alzheimer-Patienten durch Erkennung und Erinnerung an bekannte Gesichter.
Inference	Language Understanding	Lu	Automatisierte Analyse von Patientenanfragen und medizinischem Feedback zur Unterstützung des Gesundheitspersonals; Verständnis in elektronischen Gesundheitsakten; Automatisierte Beantwortung häufiger Fragen zu Gesundheitszuständen und Behandlungsoptionen durch Chatbots.
	Predictive Inference	Pi	Vorhersage von Krankheitsausbrüchen durch Analyse epidemiologischer Daten zur Unterstützung des öffentlichen Gesundheitsmanagements; Prognose von Behandlungsverläufen und Genesungszeiten basierend auf individuellen Patientendaten zur Verbesserung der Behandlungsergebnisse; Unterstützung der Ressourcenplanung in Krankenhäusern durch Vorhersage von Patientenaufkommen und -bedarfen.
	Explanatory Inference	Ei	Analyse der Ursachen von medizinischen Fehlern und unerwünschten Ereignissen zur Verbesserung der Patientensicherheit und Behandlungsqualität; Erklärung von Variabilitäten in Behandlungsergebnissen durch detaillierte Analyse von Patientendaten und Behandlungsverläufen; Identifikation der Ursachen von Medikamentenunverträglichkeiten durch Analyse pharmakogenomischer Daten.
	Synthetic Reasoning	Sy	Integration von Daten aus verschiedenen Quellen wie Patientenakten, Laborergebnissen und Bildgebungsdaten zur Unterstützung klinischer Entscheidungen; Kombination von Umwelt- und Gesundheitsdaten zur Untersuchung des Einflusses von Umweltfaktoren auf die Gesundheit; Validierung klinischer Studienergebnisse durch Analyse von Daten aus verschiedenen Studien und Quellen.
	Planning	Pl	vorgelagertes Element für medizinische Assistenten und Roboter, Erstellung von Behandlungsplänen basierend auf individuellen Patientendaten und prädiktiven Modellen; Planung von Wartungsarbeiten an medizinischen Geräten und Infrastruktur zur Minimierung von Ausfallzeiten; Strategische Planung von Impfkampagnen und öffentlichen Gesundheitsprogrammen basierend auf epidemiologischen Daten und Vorhersagemodellen.
	Problem Solving	Ps	vorgelagertes Element für medizinische Assistenten und Roboter, individuelle Therapiepläne, Patientenpfad-Management, Chirurgische Planung und Strategie. Ressourcenmanagement in Einrichtungen, Gesundheitsprävention, Entwicklung von Lösungen zur Reduzierung von Infektionsraten in Krankenhäusern durch Analyse von Hygiene- und Patientendaten
	Decision Making	Dm	vorgelagertes Element für medizinische Assistenten und Roboter, Nutzung von Machine Learning zur Analyse von Patientendaten zur Erstellung personalisierter Behandlungspläne; Entscheidungsfindung für klinische Studien durch Simulationen und Szenario-Analysen, um die Auswirkungen verschiedener Behandlungsansätze zu bewerten; Priorisierung von Forschungsprojekten zur Entwicklung neuer Medikamente und Bewertung der potenziellen Auswirkungen auf die Patientenversorgung.
	Language Generation	Lg	Generierung von Informationsmaterial für Patient:innen, bspw. Anleitung für die Benutzung von Geräten; Automatisierte Erstellung von Patientenberichten und medizinischen Zusammenfassungen durch Natural Language Generation (NLG) Systeme

Inference	Relationship Learning	Lr	Diagnostik und Früherkennung, Prävention, medizinische Forschung, etwa Krebsforschung (Genomik), Prognose von Therapieverläufen oder Krankheitsverläufen, Nutzung von Beziehungsdaten zur Optimierung von Behandlungsplänen und zur Personalisierung der Patientenversorgung.
	Category Learning	Lc	Automatische Kategorisierung von Gesundheits- und Patientendaten zur Verbesserung der Analyse und Entscheidungsfindung; Erkennung neuer Muster und Trends in Krankheitsverläufen und Behandlungsreaktionen durch fortschrittliche Clustering-Algorithmen; Verbesserung von Diagnose- und Behandlungsmöglichkeiten durch die Identifikation neuer Kategorien von Gesundheitsdaten.
	Knowledge Refinement	Lt	Kontinuierliche Verbesserung von Wissensdatenbanken durch Einpflegen neuer medizinischer Erkenntnisse und Forschungsergebnisse; Überarbeitung von Behandlungsprotokollen und Richtlinien durch Analyse klinischer Daten und Feedback von Gesundheitsdienstleistern; Anpassung von Schulungs- und Weiterbildungsprogrammen basierend auf aktuellen medizinischen Entwicklungen und Best Practices.
Respond	Mobility Large	Ml	Einsatz autonomer Fahrzeuge und Drohnen für den schnellen und sicheren Transport von medizinischen Proben, Organen und Arzneimitteln zwischen verschiedenen Standorten; Optimierung der Logistik in der pharmazeutischen Lieferkette durch Echtzeit-Verkehrsdaten und dynamische Routenplanung; Integration autonomer Fahrzeuge zur Verbesserung der Notfallversorgung durch schnelle Lieferung lebenswichtiger medizinischer Ressourcen.
	Mobility Small	Ms	Einsatz von Robotern zur Zustellung von Medikamenten und medizinischen Materialien innerhalb von Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen; Unterstützung von Pflegeteams durch Roboter, die sich autonom bewegen und Aufgaben wie die Verteilung von Medikamenten und das Transportieren von Proben übernehmen; Nutzung kleiner autonomer Fahrzeuge zur Durchführung von Inventuren und Verwaltung medizinischer Vorräte, um die Effizienz und Genauigkeit in Lager- und Verteilprozessen zu steigern.
	Manipulation	Ma	Automatisierte Handhabung und Installation von medizinischen Geräten wie Infusionspumpen, Beatmungsgeräten und Monitoren durch spezialisierte Roboter; Einsatz von Robotern zur Unterstützung von Wartungsarbeiten an medizinischer Ausrüstung, wie der Reparatur von Diagnosegeräten oder der Installation von Medizintechnik; Nutzung manipulativer Technologien zur Durchführung komplexer Operationen mit minimalinvasiven Techniken, um die Präzision zu erhöhen und die Erholungszeit der Patienten zu verkürzen.
	Communication	Cm	Implementierung von Sprach- und Chatbots für die Patientenbetreuung und den technischen Support, um häufige Fragen zu beantworten und Probleme zu lösen; Nutzung von Kommunikationsplattformen zur Verbesserung der Zusammenarbeit und des Informationsaustauschs zwischen medizinischen Teams an verschiedenen Standorten; Einsatz von KI-basierten Systemen zur Analyse und Optimierung von Kommunikationsprozessen, wie die automatische Protokollierung von Patienteninteraktionen und die Zuweisung von Aufgaben an das zuständige medizinische Personal.
	Control	Cn	Automatisierte Steuerung von Sicherheitssystemen in Krankenhäusern basierend auf aktuellen Bedrohungslagen, um schnell auf Sicherheitsvorfälle zu reagieren und die Sicherheit der Patienten und des Personals zu gewährleisten; Nutzung von KI zur Überwachung und Anpassung von Behandlungsprozessen zur Steigerung der Effizienz und Sicherheit, einschließlich der vorausschauenden Wartung medizinischer Geräte und der kontinuierlichen Überprüfung von Hygienestandards, um Ausfallzeiten zu minimieren und die Betriebsbereitschaft zu maximieren.