

MÖGLICHKEITEN

für Robotik und Künstliche Intelligenz zur Bekämpfung des Klimawandels und zum Schutz der Umwelt

Vorwort

Der Klimawandel stellt eine existenzielle Bedrohung für die Menschheit dar. Darüber hinaus verschlimmern die zunehmende Umweltverschmutzung und andere nicht nachhaltige Praktiken des Menschen die Schäden an der bereits gestressten Umwelt. Es besteht daher dringender Handlungsbedarf, um eine katastrophale Klimakrise zu vermeiden. Wenn sie richtig eingesetzt werden, können Robotik und Künstliche Intelligenz (KI) genutzt werden, um den Klimawandel zu bekämpfen und nachhaltige gesellschaftliche Prozesse zu implementieren. Ziel dieses Dokuments ist es, Anwendungen für die sich abzeichnenden Möglichkeiten von Robotik und KI aufzuzeigen, die den Grundstein für eine nachhaltige Zukunft legen können.¹ Das Dokument stellt eine Liste möglicher Anwendungsgebiete für Robotik und KI in den Bereichen Klimawandel und Umweltschutz vor. Darüber hinaus werden Überlegungen zur Entwicklung und zum Einsatz solcher Systeme innerhalb des österreichischen Ökosystems aus Forschung, Technologie und Innovation angestellt.

¹ In Übereinstimmung mit dem White Paper des ACRAI „Die Zukunft Österreichs mit Robotik und Künstlicher Intelligenz positiv gestalten“. November, 2018.



Was ist ein KI-System?

„KI ermöglicht es Computern und anderen automatisierten Systemen, Aufgaben zu übernehmen, die bisher menschliche Kognition und menschliche Entscheidungsfähigkeit erforderten. Die KI-Forschung befasst sich daher mit dem Verständnis der Mechanismen, die dem Denken und intelligenten Verhalten zugrunde liegen, und deren Umsetzung in Maschinen. Das gesamte KI-Projekt ist von Natur aus multidisziplinär und umfasst die Forschung, die notwendig ist, um Systeme zu verstehen und zu entwickeln, die die Welt wahrnehmen, lernen, logisch denken, kommunizieren und handeln, die Flexibilität, Einfallsreichtum, Kreativität, Reaktionsfähigkeit in Echtzeit und langfristiges Nachdenken zeigen, die eine Vielzahl von Darstellungs- oder Denkansätzen verwenden und die Kompetenz in komplexen Umgebungen und sozialen Kontexten demonstrieren.“²

Wir unterscheiden zwei Arten von KI-Systemen: (i) solche, die durch ein physisches System „verkörpert“ sind, und (ii) solche, die nicht über eine solche Verkörperung verfügen. Verkörperte KI-Systeme verfügen in der Regel über Sensoren, die dem System Messwerte zu Aspekten seiner Umgebung liefern, und über Aktoren, die es ihm ermöglichen, mit der Umgebung zu interagieren; typische Beispiele sind Roboter und verschiedene Arten von cyber-physischen Systemen. Im Gegensatz dazu haben körperlose KI-Systeme keine äußere Verkörperung außerhalb ihres Rechensystems, sondern existieren als Softwareprogramme. Die beiden Arten von Systemen verfügen über unterschiedliche Fähigkeiten und damit auch über ein unterschiedliches Potenzial für den Umweltschutz und die Abschwächung des Klimawandels bzw. die Anpassung daran.

² Die Definition von KI stammt aus National Science Foundation, 2020. National Artificial Intelligence (AI) Research Institutes, Program Solicitation, NSF 20-604. Eigene Übersetzung.

Anwendungsbereiche

Die österreichische Strategie zur Eindämmung des Klimawandels und zur Anpassung an den Klimawandel hat das Ziel, die Treibhausgasemissionen bis 2040 auf netto null zu reduzieren.³ Im Folgenden werden einige vielversprechende Anwendungen vorgestellt, die zur Erreichung dieses Ziels beitragen können.⁴

Präzisionslandwirtschaft

Roboter können in vielen Bereichen der Landwirtschaft eingesetzt werden, vor allem im Pflanzenbau, etwa beim Anpflanzen und Ernten sowie bei der Düngung, Unkraut- und Schädlingsbekämpfung. Auch in der Viehzucht können sie eingesetzt werden, z. B. zum Melken von Kühen oder zur Erkennung von Schädlingsbefall oder Krankheiten in Tierbeständen. Ziel der Präzisionslandwirtschaft ist es, weniger Wasser und Düngemittel zu verbrauchen, weniger Pestizide zu benötigen (und durch mechanische Unkrautbekämpfung und natürliche Mittel zur Schädlingsbekämpfung möglicherweise ganz darauf zu verzichten) und den Energieverbrauch zu minimieren (z. B. durch individuelle Anpassung der Behandlung an kleine Bereiche eines größeren Feldes). Durch die frühzeitige Erkennung ungünstiger Entwicklungen kann der Umfang von proaktiven oder korrigierenden Eingriffen (z. B. Medikamente, Düngung und Schädlingsbekämpfung), die das Klima und die Umwelt belasten, reduziert werden. Der Einsatz von Düngemitteln kann zum Beispiel zur Emission des starken Treibhausgases Lachgas führen. Indem sie eine effizientere Nutzung knapper Ressourcen wie Wasser ermöglicht, kann die Präzisionslandwirtschaft den Landwirten auch bei der Anpassung an den Klimawandel helfen. Die kleinbäuerliche Landwirtschaft könnte darüber hinaus von intelligenten E-Commerce-Plattformen profitieren,

³ Bundeskanzleramt Österreich, 2020. Aus Verantwortung für Österreich. Regierungsprogramm 2020–2024.

⁴ Eine umfassende Übersicht über klimarelevante Anwendungen des maschinellen Lernens findet sich in Rolnick, D., Donti, P. L., Kaack, L. H., Kochanski, K., et al., 2019. Tackling climate change with machine learning. <https://arxiv.org/abs/1906.05433>.

die Angebot und Nachfrage⁵ unter Berücksichtigung aller Lebenszykluskosten effizient ausgleichen. Die Idee ist, die Erträge sorgfältig zu steuern und eine Überproduktion durch eine bedarfsorientierte, flexible Landwirtschaft zu vermeiden, bei der Pflanzen, Gemüse, usw. auf der Grundlage der von KI-gestützten Systemen vorhergesagten Nachfrage gepflanzt und geerntet werden.

KI-gestützte Fertigung

Der Einsatz von KI-Methoden in Kombination mit industrieller Automatisierung und Robotik ermöglicht Produktionsprozesse, die den Einsatz von Ressourcen (Energie, Rohstoffe, Wasser, usw.) minimieren können. Mit den richtigen Anreizen können sie CO₂-Emissionen verringern und gleichzeitig die Qualität, international wettbewerbsfähige Produktkosten und hohe Standards am Arbeitsplatz (z. B. für die Mensch-Maschine-Interaktion) gewährleisten. Darüber hinaus tragen diese Technologien erheblich zur Flexibilisierung von Produktionsprozessen bei und erfüllen damit die wachsende Nachfrage nach einem auf die spezifischen Kund*innenbedürfnisse zugeschnittenen Produktportfolio, während gleichzeitig Überproduktion und damit Verschwendung vermieden werden. KI-gestützte Automatisierung und Robotik gelten auch als wichtige Wegbereiter für die Rückverlagerung bestimmter Produktionsbereiche nach Europa (z. B. für Bekleidung und Textilien, Möbel, Elektronik und Haushaltsgeräte)^{6,7}, wodurch unnötige Transportwege, insbesondere im Konsumgütersektor, vermieden und nachhaltigere Lieferketten geschaffen werden können.

Es ist wichtig zu betonen, dass die Bedürfnisse und Interessen des Menschen bei jeder zukünftigen Technologie im Vordergrund stehen müssen, um die menschliche Flexibilität und Kreativität bestmöglich zu fördern. Fortschrittliche KI-Technologien

⁵ Alawode, O., 2019, Dezember. Artificial intelligence: matching food demand and supply. Dossier: Artificial intelligence in agriculture. SPORE 195, pp. 28. Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA).

⁶ Ancarani, A., Di Mauro, C., 2018, Juli. Reshoring and Industry 4.0: How Often Do They Go Together? IEEE Engineering Management Review 46 (2), pp. 87–96. ISSN: 0360-8581, DOI: 10.1109/EMR.2018.2833475.

⁷ De Backer, K., Menon, C., Desnoyers-James, I., Moussiégt, L., 2016. Reshoring: Myth or Reality? OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 27, OECD Publishing, ISSN: 2307-4957, DOI: 10.1787/23074957.

und Robotik können dies erleichtern, indem sie sich an die Bedürfnisse der Arbeitnehmer*innen anpassen und sie unterstützen⁸. Dies ist das Konzept des Industrie 5.0-Ansatzes der Europäischen Union, der „den Schwerpunkt vom Shareholder-Value auf den Stakeholder-Value verlagert, mit Vorteilen für alle Beteiligten. Industrie 5.0 versucht, den Wert neuer Technologien zu nutzen und Wohlstand über Arbeitsplätze und Wachstum hinaus zu schaffen, während gleichzeitig die planetarischen Grenzen respektiert werden und das Wohlergehen der Industriearbeiter in den Mittelpunkt des Produktionsprozesses gestellt wird.“⁹

Elektrizitätssysteme

Erneuerbare Energieerzeugung

KI kann dazu beitragen, mehr erneuerbare Energiequellen in das Netz zu integrieren, indem sie genauere kurz- und mittelfristige Prognosen für die Stromversorgung aus erneuerbaren Energiequellen erstellt, zum Beispiel auf der Grundlage von Wetterdaten, historischer Leistung und Echtzeitbildern¹⁰. Da Photovoltaik- und Windkraftanlagen unterschiedlich viel Strom produzieren, helfen solche Prognosen beim Betrieb des Stromnetzes und bei der Aufrechterhaltung eines größeren Anteils erneuerbarer Energien im Netz. KI wird auch auf andere Weise eingesetzt, um den Betrieb des Stromnetzes zu unterstützen, zum Beispiel mit intelligenten Steuerungsstrategien

⁸ Müller, J., 2020. Enabling Technologies for Industry 5.0: Results of a workshop with Europe's technology leaders. ISBN 978-92-76-22048-0, DOI: 10.2777/082634.

⁹ Breque, M., De Nul, L., Petridis, A., 2021, Jänner. Industry 5.0 – Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. R&I Paper Series, Policy Brief, Europäische Kommission, Generaldirektion für Forschung und Entwicklung. ISBN 978-92-76-25308-2, DOI: 10.2777/308407. Eigene Übersetzung.

¹⁰ Perera, K. S., Aung, Z., Woon, W. L. 2014. Machine learning techniques for supporting renewable energy generation and integration: a survey. In International Workshop on Data Analytics for Renewable Energy Integration, pp. 81–96. Springer.

zur Nutzung elektrischer Lasten und Speicher für zusätzliche Optionen zum Ausgleich von Stromangebot und -nachfrage.¹¹ Darüber hinaus können KI-basierte Fernerkundungsansätze unter Verwendung von Satellitenbildern dazu beitragen, vollständige Datenbanken der Energieinfrastruktur zu erstellen, wie zum Beispiel dezentrale Solar-Photovoltaikanlagen.¹² Solche Daten waren früher oft unvollständig oder nicht räumlich explizit und können nun in der Forschung, bei politischen Entscheidungen oder für den Netzbetrieb genutzt werden.

Betrieb und Standortwahl von Wasserkraftwerken

Da mehr als die Hälfte des in Österreich erzeugten Stroms aus Wasserkraft stammt (60,2 Prozent im Jahr 2019)¹³ und es sich dabei um eine erneuerbare Energiequelle handelt, sind Betrieb und Wartung dieser Anlagen für das österreichische Stromnetz von entscheidender Bedeutung. KI kann den Betrieb von Wasserkraftwerken durch vorausschauende Wartung verbessern, die Stromerzeugung prognostizieren und bei der Bestimmung optimaler Standorte für neue Anlagen helfen. Vorausschauende Wartung wiederum fasst Ansätze zusammen, die große Mengen an gesammelten Daten über Anlagen analysieren, um mögliche Schwachstellen vorherzusagen – eine Technik, die bereits in Wasserkraftwerken angewendet wird.¹⁴ KI-basierte Vorhersagetechniken können darüber hinaus zur Vorhersage der Leistungsabgabe von Wasserkraftwerken eingesetzt werden, z. B. durch die Integration von Klimavariab-

¹¹ Antonopoulos, I., Robu, V., Couraud, B., Kirli, D., Norbu, S., et al., 2020. Artificial intelligence and machine learning approaches to energy demand-side response: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 130, DOI: 10.1016/j.rser.2020.109899.

¹² Yu, J., Wang, Z., Majumdar, A., Rajagopal, R. 2018. Deepsolar: A machine learning framework to efficiently construct a solar deployment database in the united states. *Joule* 2 (12), pp. 2605–2617, DOI: 10.1016/j.joule.2018.11.021.

¹³ E-Control, Unsere Energie in Zahlen gemessen. Statistikkbroschüre 2020.

¹⁴ Crate.io, 2019, Februar, <https://crate.io/a/cratedb-machine-learning-and-hydroelectric-power-part-one/>.



len und geografischen Merkmalen, um die zu erwartende Leistung von Laufwasserkraftwerken vorherzusagen.¹⁵ Der optimale Betrieb und die Steuerung von (drehzahlvariablen) Pumpspeicherkraftwerken sind von entscheidender Bedeutung, um die wachsenden Anforderungen an die Stabilisierung von Stromverteilungsnetzen zu erfüllen, die mit einer zunehmenden Menge erneuerbarer Energiequellen gespeist werden. Fortschrittliche Automatisierungskonzepte können einen sicheren und optimalen Betrieb unter sich ändernden Umwelt- und Netzbedingungen gewährleisten.¹⁶ Schließlich erfordert die Standortwahl für neue Wasserkraftwerke eine komplexe Entscheidungsfindung, bei der die Interessen einer Vielzahl von Beteiligten berücksichtigt werden müssen, einschließlich der Umweltauswirkungen auf bestehende Ökosysteme an diesen Standorten. Dieses multikriterielle Optimierungsproblem kann auch mit Berechnungsmethoden unter Einbeziehung von KI angegangen werden.¹⁷

Verkehrssektor

Straßenverkehr

KI wird auf verschiedene Weise zur Verbesserung des Straßenverkehrs eingesetzt, von Anwendungen in einzelnen Fahrzeugen (z. B. autonomes Fahren) bis hin zu ganzen Systemen (z. B. Optimierung des Stadtverkehrs). Vier Strategien können die verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen (THG) verringern: (i) Verringerung der Verkehrsaktivität, (ii) Verbesserung der Fahrzeugeffizienz, (iii) Elektrifizierung von Fahrzeugen oder Verwendung alternativer Kraftstoffe und (iv) Verlagerung von

¹⁵ Sessa, V., Assoumou, E., Bossy, M., Carvalho, S., Simoes, S., 2020. Machine learning for assessing variability of the long-term projections of the hydropower generation on a European scale. hal-02507400.

¹⁶ Mennemann, J. F., Marko, L., Schmidt, J., Kemmetmüller, W., and Kugi, A., 2020. Nonlinear Model Predictive Control of a Variable-Speed Pumped-Storage Power Plant. IEEE Transaction on Control Systems Technology, DOI: 10.1109/TCST.2019.2956910.

¹⁷ Wu, X., Gomes-Selman, J., Shi, Q., Xue, Y., Garcia-Villacorta, R., Anderson, E., Sethi, S., Steinschneider, S., Flecker, A. and Gomes, C. P., 2018, Februar. Efficiently Approximating the Pareto Frontier: Hydropower Dam Placement in the Amazon Basin. Proceedings of AAAI, pp. 849–859.

Passagieren und Fracht von kohlenstoffintensiven auf kohlenstoffärmere Verkehrsträger (z. B. die Bahn). Bei all diesen Strategien kann KI eine wichtige Rolle spielen.¹⁸

KI kann etwa beim Einsatz von Elektrofahrzeugen eingesetzt werden. Durch die Analyse von anonymisierten Sensordaten, die von den Fahrzeugen empfangen werden, kann die Platzierung neuer Ladestationen optimiert werden. Die Verknüpfung dieser Daten mit Daten aus dem Stromnetz ermöglicht die Optimierung von Ladevorgängen und Batteriespeicherkapazitäten (z. B. Vehicle-to-Grid-Algorithmen) und kann nicht nur die Kosten senken, sondern auch bei der Integration erneuerbarer Energiequellen in das Stromnetz helfen.

KI ist auch eine Schlüsseltechnologie für autonome Fahrzeuge (engl. autonomous vehicles, AV), die vor allem als Mittel zur Verringerung der Zahl der Verkehrstoten angepriesen werden. Sie könnten jedoch auch zur Verbesserung der Energieeffizienz (z. B. ausgewogenere Fahrweise, geringerer Luftwiderstand durch „Platooning“) oder zur Verringerung des Gesamtverkehrsaufkommens (z. B. Bildung von Fahrgemeinschaften auf der Strecke) eingesetzt werden. Darüber hinaus könnten AVs den Durchsatz auf bestehenden Straßen erhöhen und damit den Ausbau von Autobahnen überflüssig machen, unter der Voraussetzung, dass alle anderen Faktoren gleichbleiben.¹⁹

Weiters kann KI dazu beitragen, das Verkehrsaufkommen zu verringern, indem sie die Routenplanung und die Fahrzeugauslastung optimiert und so unnötige Fahrten vermeidet, beispielsweise durch die Vermeidung von Leerfahrten in der Logistik. In städtischen Gebieten könnten unbemannte Luftfahrzeuge (engl. unmanned air vehicles, UAVs) den nicht ausgelasteten Luftraum für die Auslieferung nutzen und herkömmliche straßengebundene Transportmittel ersetzen, wodurch der Energieverbrauch im Verkehr gesenkt werden könnte.²⁰ KI wird auch in Fahrgemeinschaftssystemen eingesetzt, um Echtzeit-Informationen über verfügbare Ressourcen in der

¹⁸ Rolnick, D., Donti, P. L., Kaack, L. H., Kochanski, K., et al., 2019. Tackling climate change with machine learning. <https://arxiv.org/abs/1906.05433>.

¹⁹ **Siehe auch Abschnitt „Diskussion“ für Vorbehalte hinsichtlich des Klimaschutzpotenzials von autonomen Fahrzeugen.**

²⁰ Stolaroff, J. K., Samaras, C., O’Neill, E. R., Lubers, A., Mitchell, A. S. and Ceperley, D., 2018. Energy use and life cycle greenhouse gas emissions of drones for commercial package delivery. *Nature communications*, 9 (1), pp.1–13.

Nähe zu liefern, was im Falle von Fahrgemeinschaften und reduziertem Autobesitz zu Einsparungen bei den Treibhausgasemissionen führen könnte.

KI kann auch unmotorisierte Verkehrsmittel wie das Fahrrad unterstützen. Ähnlich wie bei der Platzierung von Ladestationen für Elektrofahrzeuge können die Platzierung und die Größe (d.h. die Anzahl der Stellplätze) von Bikesharing-Stationen in einer Stadt mit Hilfe von KI optimiert werden.²¹ In einem anderen Umfeld kann KI in stationslosen Bikesharing-Systemen eingesetzt werden und dabei helfen, kurzfristige Prognosen über die räumliche Verteilung von Fahrrädern zu erstellen, was für die Planung effizienter und effektiver Ausgleichsmaßnahmen wichtig ist.²²

Betrieb und Instandhaltung des Eisenbahnverkehrs

Der Eisenbahnsektor wird als zentral für die Dekarbonisierung des Verkehrs angesehen, und KI kann zur Verbesserung des Eisenbahnbetriebs und der Wartung eingesetzt werden. Zu den aktuellen Ansätzen gehören die vorausschauende Wartung von Gleisen²³ und die Erkennung von Systemausfällen bei Schienenfahrzeugen²⁴. Was die Optimierung des Bahnbetriebs angeht, so bietet KI eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten, etwa die automatische Erkennung ineffizienter Beladung²⁵ oder

²¹ Kloimüller, C., Raidl, G. R., 2017, Oktober. Hierarchical Clustering and Multilevel Refinement for the Bike-Sharing Station Planning Problem. Proceedings of the 11th International Conference on Learning and Intelligent Optimization, pp. 150–165, LNCS 10556, ISBN: 978-3-319-69403-0, DOI: 10.1007/978-3-319-69404-7_11.

²² Ai, Y., Li, Z., Gan, M., Zhang, Y., Yu, D., Chen, W., Ju, Y., 2019, Mai. A deep learning approach on short-term spatiotemporal distribution forecasting of dockless bike-sharing system. Neural Computing & Applications 31, pp. 1665–1677, DOI: 10.1007/s00521-018-3470-9.

²³ Jamshidi, A., Hajizadeh, S., Su, Z., Naeimi, M., Núñez, A., Dollevoet, R., De Schutter, B., Li, Z., 2018. A decision support approach for condition-based maintenance of rails based on big data analysis. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 95, pp.185–206.

²⁴ Fink, O., Zio, E., Weidmann, U., 2015, September. Fuzzy Classification With Restricted Boltzman Machines and Echo-State Networks for Predicting Potential Railway Door System Failures. IEEE Transactions on Reliability 64 (3), pp. 861–868, DOI: 10.1109/TR.2015.2424213.

²⁵ Lai, Y. C., Barkan, C. P. L., Drapa, J., Ahuja, N., Hart, J. M., Narayanan, P. J., Jawahar, C. V., Kumar, A., Milhon, L. R., Stehly, M. P., 2007. Machine vision

die Vorhersage der voraussichtlichen Ankunftszeiten von Güterzügen²⁶. Weitere Möglichkeiten für KI ergeben sich bei der Optimierung der Taktung und der Sicherheit von Personenzügen, beispielsweise durch den Einsatz autonomer Züge und städtischer Straßenbahnen unter Verwendung von KI-Technologie.

Gebäude und Städte

Heizung und Kühlung von Gebäuden

Die Kontrolle des Raumklimas ist die Hauptquelle des Energieverbrauchs in Gebäuden. KI-gestützte Vorhersage und Steuerung kann zu erheblichen Energieeffizienzsteigerungen bei Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage (HLK) für Wohn-, Gewerbe- und Industrieanwendungen führen²⁷ und neue flexible Nachfrageoptionen für den Ausgleich des Stromnetzes bieten²⁸. KI kann zur Verbesserung des Betriebs eingesetzt werden, indem der Heizbedarf vorhergesagt wird, verschiedene Brennstoff- und Energiespeicheroptionen optimiert werden und Ausfälle und Verluste in HLK-Systemen erkannt werden. Gewerbe- und Industriegebäude eignen sich besonders gut für den KI-gestützten Betrieb von HLK-Anlagen, die oft zusätzliche Anforderungen an die Aufrechterhaltung von Lager- und Produktionsbedingungen sowie an das Inventar wie stationäre Verarbeitungsmaschinen und Compute-Server stellen. Fernwärme- und Fernkältesysteme bieten eine kurzfristige Möglichkeit, KI-basierte Technologien für die HLK von Wohngebäuden zu nutzen, da diese zentral betrieben werden. Studien haben gezeigt, dass KI dabei helfen kann, die betriebliche Effizienz zu

analysis of the energy efficiency of intermodal freight trains. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit 221 (3), pp. 353–364.

²⁶ Barbour, W., Mori, J. C. M., Kuppa, S. and Work, D. B., 2018. Prediction of arrival times of freight traffic on US railroads using support vector regression. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 93, pp. 211–227.

²⁷ Kazmi, H., Mehmood, F., Lodeweyckx, S. and Driesen, J., 2018. Gigawatt-hour scale savings on a budget of zero: Deep reinforcement learning based optimal control of hot water systems. Energy, 144, pp.159–168.

²⁸ Hu, Q. and Li, F., 2013. Hardware design of smart home energy management system with dynamic price response. IEEE Transactions on Smart Grid, 4 (4), pp.1878–1887.

steigern und erneuerbare Energiequellen in Fernwärmesysteme zu integrieren.²⁹ Etwa 20 Prozent der österreichischen Wohnungen werden mit Fernwärme versorgt.

Stadtplanung

KI wird zunehmend für Nachhaltigkeitsanwendungen in städtischen Gebieten eingesetzt.³⁰ Beispielsweise kann KI zur Verbesserung rechenintensiver Simulationen von Windströmungen um Gebäude eingesetzt werden, die für das Verständnis der lokalen Luftverschmutzungskonzentration, der natürlichen Belüftung und des Fußgängerkomforts erforderlich sind.³¹ Die Berechnung solcher Modelle ist sehr zeitintensiv, was ihren Einsatz in Planungsprozessen erschwert. KI-basierte Ersatzmodelle werden anhand vieler Durchläufe des ursprünglichen Simulationsmodells trainiert, wodurch das System lernen kann, für jede Eingabekombination annähernd die richtige Ausgabe zu liefern. Die KI-gestützte Version kann Vorhersagen über die Windströmung um alle Gebäude in einer Stadt mit nahezu derselben Genauigkeit, aber viel schneller erstellen, was die Rechenzeit um mehrere Größenordnungen reduziert. Dies ermöglicht es Stadtplanern, die Auswirkungen verschiedener Gebäudeanordnungen auf die Windströmung in städtischen Gebieten zu testen und letztendlich besser begehbare, gesunde und nachhaltige Städte zu entwerfen. Ähnliche Ansätze werden zum Beispiel auch für die Analyse des Energieverbrauchs in städtischen Gebäudebeständen verwendet.³²

Fernerkundung mit KI

KI hat zu enormen Verbesserungen in der Fernerkundung geführt, zum Beispiel durch neue Methoden zur Objekterkennung und -segmentierung. In Verbindung mit

²⁹ Reynolds, J., Ahmad, M. W., Rezgui, Y. and Hippolyte, J. L., 2019. Operational supply and demand optimisation of a multi-vector district energy system using artificial neural networks and a genetic algorithm. *Applied energy*, 235, pp. 699–713.

³⁰ Rolnick, D., Donti, P. L., Kaack, L. H., Kochanski, K., et al., 2019. Tackling climate change with machine learning. <https://arxiv.org/abs/1906.05433>.

³¹ Intelligent Framework for Resilient Design; vgl. <http://infrared.city>.

³² Vazquez-Canteli, J., Dilsiz Demir, A., Brown, J., Nagy, Z., 2019. Deep neural networks as surrogate models for urban energy simulations. *Journal of Physics: Conference Series* 1343, DOI: 10.1088/1742-6596/1343/1/012002.

der zunehmenden Verfügbarkeit von Satellitenbildern ergeben sich zahlreiche neue Möglichkeiten für die Fernerkundung, um die Umwelt zu überwachen und bessere Entscheidungshilfen zu liefern.³³ Das europäische Copernicus-Projekt³⁴ beispielsweise macht solche Informationen für Behörden und verschiedene Interessengruppen nutzbar, einschließlich der Unterstützung der Katastrophenhilfe und der Bereitstellung von Informationen für Landwirte. Bei anderen Ansätzen wurde die KI-basierte Fernerkundung beispielsweise zur Erkennung von Abholzungsaktivitäten in tropischen Wäldern³⁵, zur Überwachung des Straßengüterverkehrs³⁶, zur Kartierung der verbauten Infrastruktur³⁷ und für verschiedene andere Anwendungen eingesetzt.

Vor-Ort-Erfassung mit KI

Die Einbettung von Sensorknoten mit effizienten KI-Algorithmen in die Umgebung („Edge-Computing“) ist ein sich abzeichnendes Konzept für verschiedene künftige verteilte Datenverarbeitungsanwendungen, die lokale Analysen und Entscheidungen ermöglichen, ohne dass große Datenzentren erforderlich sind. Zu den Anwendungsszenarien gehören z. B. Bergregionen und Erdgaspipelines.

Gebirgsregionen, die große Teile Österreichs ausmachen, sind stark vom Klimawandel betroffen (z. B. durch steigende Temperaturen, die zum Rückzug der Gletscher und zum Abbau des Permafrostes führen)³⁸. Dies führt nicht nur zu dramatischen

³³ Zhu, X. X., Tuia, D., Mou, L., Xia, G.-S., Zhang, L., Xu, F., Fraundorfer, F., 2017, Dezember. Deep Learning in Remote Sensing: A Comprehensive Review and List of Resources. IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine 5 (4), pp. 8–36, DOI: 10.1109/MGRS.2017.2762307.

³⁴ Copernicus; vgl. <https://www.copernicus.eu/en>.

³⁵ Hethcoat, M. G., Edwards, D. P., Carreiras, J. M., Bryant, R. G., Franca, F. M., Quegan, S., 2019. A machine learning approach to map tropical selective logging. Remote sensing of environment, 221, pp. 569–582.

³⁶ Kaack, L. H., Chen, G. H. and Morgan, M. G., 2019, Juli. Truck traffic monitoring with satellite images. Proceedings of the 2nd ACM SIGCAS Conference on Computing and Sustainable Societies, pp. 155–164.

³⁷ Microsoft. Computer generated building footprints for the United States. <https://github.com/Microsoft/USBuildingFootprints>.

³⁸ Hock, R., Rasul, G., et al., 2019. High Mountain Areas. IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate.

Veränderungen der Bergökosysteme und hat Auswirkungen auf die lokale Wirtschaft, sondern beeinträchtigt auch die Felsstabilität. Drahtlose Sensornetzwerke können in neuralgischen Gebieten eingesetzt werden, um seismische Anomalien zu messen, die auf problematische Ereignisse wie Steinschlag, Überschwemmungen oder Erdbeben hinweisen. Eine effiziente Datenverarbeitung kann durch den Einsatz von KI-basierten Signaldetektoren auf eingebetteten Edge-Geräten realisiert werden, wodurch der Bedarf an energieintensiver Datenübertragung über mittlere oder weite Entfernungen reduziert wird.³⁹

Methan, der Hauptbestandteil von Erdgas, ist ein starkes Treibhausgas. KI und Robotik können dazu beitragen, Lecks in der Erdgasinfrastruktur (z. B. in Pipelines und Kompressorstationen) zu erkennen. Österreich ist ein Erdgas-Drehkreuz und könnte von solchen Technologien profitieren, die das Potenzial haben, die Kosten zu senken und flüchtige Emissionen aus Erdgasanlagen zu reduzieren^{40,41}. Durch den Einsatz von Sensortechniken vor Ort können Standorte auf austretendes Erdgas gesannt werden (z. B. mit Drohnen, die mit Methansensoren ausgestattet sind, oder mit Kriechrobotern für Rohre)⁴². Es hat sich auch gezeigt, dass KI dabei helfen kann,

³⁹ Meyer, M., et al., 2019. Event-triggered Natural Hazard Monitoring with Convolutional Neural Networks on the Edge. Proceedings of the 18th International Conference on Information Processing in Sensor Networks, pp. 73–84. DOI: 10.1145/3302506.3310390.

⁴⁰ Mayfield, E. N., Robinson, A. L. and Cohon, J. L., 2017. System-wide and superemitter policy options for the abatement of methane emissions from the US natural gas system. Environmental science & technology, 51 (9), pp. 4772–4780. DOI : 10.1021/acs.est.6b05052.

⁴¹ Wang, J., Ravikumar, A. P., and Brandt, A. R. 2019. Techno-economic Analysis of Deep-Learning-Enabled Automated Natural Gas Leakage Detection Technologies. AGUFM 2019, GC51M-0960.

⁴² Ravikumar, A. P., Sreedhara, S., Wang, J., Englander, J., Roda-Stuart, D., Bell, C., Zimmerle, D., Lyon, D., Mogstad, I., Ratner, B. and Brandt, A. R., 2019. Single-blind inter-comparison of methane detection technologies – results from the Stanford/EDF Mobile Monitoring Challenge. Elementa: Science of the Anthropocene, 7 (1), DOI: 10.1525/elementa.373.

mit Infrarotkameras aufgenommene Bilder automatisch auf Methanfahnen auszuwerten⁴³, was Möglichkeiten für neue automatisierte Erkennungstechnologien eröffnet, die weit über die Erkennung von Erdgaslecks hinausgehen.

Schutz der Umwelt

Während Methoden zur Bekämpfung des Klimawandels häufig auch den Umweltschutz beinhalten, sollen im Folgenden ausgewählte KI-Anwendungen erwähnt werden, die ausdrücklich zum Umweltschutz beitragen können, ohne notwendigerweise den Klimawandel zu bekämpfen.

Kreislaufwirtschaft

Kreislaufwirtschaft zielt darauf ab, die Ressourcennachfrage zu verringern, indem Produkte und Materialien in Gebrauch bleiben. Gegenwärtig ist die Wiederverwendung von Produkten oder Komponenten bei vielen Produkten wirtschaftlich nicht sinnvoll, vor allem, weil diese auf eine Weise hergestellt werden, die die Wiederverwendung von Ressourcen aufwändig und damit teuer macht⁴⁴. Durch die Herstellung von Produkten, die mit Hilfe von Automatisierungstechnik demontiert werden können, wird die Wiederverwendung von Ressourcen wirtschaftlich machbar. Diese Automatisierungstechnologie kann durch Robotik und KI unterstützt werden und eine kosteneffiziente Sortierung und Demontage ermöglichen.⁴⁵ Generell verspricht KI einen großen Beitrag zu vielen Aspekten einer Kreislaufwirtschaft.⁴⁶

⁴³ Wang, J., Tchapmi, L. P., Ravikumar, A. P., McGuire, M., Bell, C. S., Zimmerle, D., Savarese, S., Brandt, A. R., 2020. Machine vision for natural gas methane emissions detection using an infrared camera. *Applied Energy*, 257.

⁴⁴ Poschmann, H., Bruggemann, H., Goldmann, D., 2020, März. Disassembly 4.0: A Review on Using Robotics in Disassembly Tasks as a Way of Automation. *Chemie Ingenieur Technik* 92 (4), pp. 341–359, DOI: 10.1002/cite.201900107.

⁴⁵ Wegener, K., Chen, W. H., Dietrich, F., Dröder, K., Karab, S., 2015. Robot Assisted Disassembly for the Recycling of Electric Vehicle Batteries. *Procedia CIRP* 29, pp. 716–721, DOI: 10.1016/j.procir.2015.02.051.

⁴⁶ Vgl. die verschiedenen Möglichkeiten des Einsatzes von KI zur Förderung einer Kreislaufwirtschaft in: Ellen MacArthur Foundation, 2019. *Artificial intelligence and the circular economy – AI as a tool to accelerate the transition.*

Die verstärkte Einführung von Kreislaufwirtschaft birgt auch im Bereich der Energieerzeugung ein immenses Potenzial, sowohl für konventionelle Energietechnologien als auch für alternative Energiequellen. Beispielsweise gibt es derzeit noch erhebliche Defizite in der Abfallwirtschaft für Materialien wie Photovoltaikmodule, Windturbinen oder Akkus. Es ist notwendig, End-of-Life-Strategien anzuwenden, um die Wiederverwendung selbst komplexer oder umweltschädlicher Materialtypen zu ermöglichen, die über die verwendeten Brennstoffe hinausgehen⁴⁷.

Ansätze der Kreislaufwirtschaft können durch eine stärkere Standardisierung der zyklischen Transportströme verstärkt werden. In einigen Fällen ist dies bereits seit langem der Fall (z. B. ISO-genormte Container). Verbesserungsbedarf besteht jedoch noch etwa bei der (Um-)Verpackung von Produkten, der Innenausstattung von Containern und Schiffen, der Kennzeichnung, der Verfolgung und Rückverfolgung, den Hardware- und Software-Schnittstellen und der Transportgesetzgebung. KI-Algorithmen könnten eingesetzt werden, um sowohl die Anlieferung als auch die Rückgabe von Waren effizienter und umweltfreundlicher zu koordinieren.

Auch der Agrarsektor bietet zahlreiche Potenziale für Kreislaufprozesse, z. B. mit intelligenten Technologien für die Wiederverwendung von Wasser, die Verwertung organischer Abfälle, das Recycling von Rohstoffen bis hin zum intelligenten Management von Behältern, Reservoirs, Gefäßen und Silos (z. B. für pflanzliche Erzeugnisse, Futtermittel, Flüssigkeiten und andere wiederverwendbare Ressourcen). Empirische Fallstudien^{48,49} legen jedoch nahe, dass in vielen landwirtschaftlichen Wertschöpfungsketten zunächst die Grundvoraussetzungen für den Einsatz von KI geschaffen

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/artificial-intelligence-and-the-circular-economy>.

⁴⁷ Mulvaneya, D., Richards, R. M., Bazilian, M. D., Hensley, E., Clough, G., Sridhar, S., 2021. Progress towards a circular economy in materials to decarbonize electricity and mobility. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 137, in press, DOI: 10.1016/j.rser.2020.110604.

⁴⁸ Abdul-Hamid, A.-Q., Ali, M. H., Tseng, M.-L., Lan, S., Kumar, M., 2020. Impeding challenges on industry 4.0 in circular economy: Palm oil industry in Malaysia. *Computers & Operations Research* 123, DOI: 10.1016/j.cor.2020.105052.

⁴⁹ Stahl, B. C., Andreou, A., Brey, P., Hatzakis, T., Kirichenko, A., Macnish, K., Laulhé Shaelou, S., Patel, A., Ryan, M., Wright, D., 2020. Artificial intelligence for human flourishing – Beyond principles for machine learning. *Journal of Business Research* 124, pp. 374–388, DOI: 10.1016/j.jbusres.2020.11.030.

werden müssen, insbesondere hinsichtlich der Konnektivität, der digitalen Prozesskettengestaltung und des Grundwissens für den Einsatz von KI-Technologien.

Die breite Anwendung von KI-Technologien und die erforderliche Entkopplung der Wertschöpfung im Liefernetzwerk vom Verbrauch nicht wiedergewonnener Primärressourcen erfordern noch erhebliche Anstrengungen^{50,51,52}.

Umweltsanierung

Roboter können eine Vielzahl autonomer Reinigungsaufgaben in städtischen, vorstädtischen und ländlichen Umgebungen übernehmen (z. B. das Einsammeln und Entfernen von Müll auf Straßen, aus Abwasserkanälen und Flüssen, das Entfernen von Plastik aus den Ozeanen)⁵³. Die gesammelten Abfälle können später automatisch inspiziert und für das Recycling sortiert werden.

Überwachung der Umweltverschmutzung

Stationäre und mobile Sensornetzwerke können zur Messung verschiedener Arten von Verschmutzung eingesetzt werden (z. B. Messungen der Luftqualität an verschiedenen städtischen Standorten, Verschmutzung unter Wasser, in der Luft, usw.). Darüber hinaus ermöglichen bildgebende Verfahren eine für den Menschen verständliche visuelle Darstellung von Schadstoffemissionen durch satellitengestützte Vermessung. KI-gestützte Analysewerkzeuge können dann zur Quantifizierung der Bilddaten eingesetzt werden, die in strukturierter Form vorliegen und von

⁵⁰ de Jesus, A., Mendonça, S., 2018. Lost in Transition? Drivers and Barriers in the Eco-innovation Road to the Circular Economy. *Ecological Economics* 145, pp. 75–89, DOI: 10.1016/j.ecolecon.2017.08.001.

⁵¹ Kirchherr, J., Piscicelli, L., Bour, R., Kostense-Smit, E., Muller, J., Huibrechtse-Truijens, A., Hekkert, M., 2018. Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU). *Ecological Economics* 150, pp. 264–272, DOI: 10.1016/j.ecolecon.2018.04.028.

⁵² Pieroni, M. P. P., McAlloone, T. C., Borgianni, Y., Maccioni, L., Pigosso, D. C. A., 2021. An expert system for circular economy business modelling: advising manufacturing companies in decoupling value creation from resource consumption. *Sustainable Production and Consumption*, DOI: 10.1016/j.spc.2021.01.023.

⁵³ vgl. <https://theoceancleanup.com/>.

den Behörden für Maßnahmen zur Schadensbegrenzung genutzt werden können (z. B. zur Untersuchung von Vorgängen, bei denen erhöhte Schadstoffemissionen festgestellt wurden).

Artenschutz

Der Schutz so genannter „Nützlinge“ ist ein wichtiger Aspekt des Schutzes von Ökosystemen und erhöht gleichzeitig die Robustheit gegenüber dem Klimawandel. Insbesondere Bestäuber (wie Bienen) spielen eine wesentliche Rolle, sind aber durch verschiedene Einflüsse (z. B. den vermehrten Einsatz von Pestiziden und Herbiziden in der Landwirtschaft, aber auch Schädlinge und andere Krankheiten) gefährdet. Mit Hilfe von Sensoren (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Mikrofonen, usw.) und bildgebenden Verfahren können KI-Systeme dazu beitragen, das Verhalten z. B. von Insektenarten besser zu verstehen und anschließend bei der Gesunderhaltung der entsprechenden Populationen zu helfen⁵⁴.

Roboter können zum Schutz von Naturlandschaften und gefährdeten Arten eingesetzt werden (z. B. durch die Anpflanzung einheimischer Arten, die Unterstützung von Bestäubern und die gezielte Bekämpfung invasiver Arten durch Unkrautjäten, Mähen, Düngen, aber auch die ausdrückliche Entfernung invasiver Arten).

Politikanalyse

Bei der Politikanalyse geht es darum, Informationen für Entscheidungsträger bereitzustellen und die Wirksamkeit politischer Ansätze zu analysieren. Viele Bewertungen in der Politikanalyse sind schwierig und unsicher, weil die Daten entweder nicht verfügbar sind oder in einer Form vorliegen, die ihre Analyse aufwändig macht. KI kann neue Möglichkeiten bieten, aus diesen Daten entscheidungsrelevante Informationen zu extrahieren. Oben haben wir solche Ansätze beschrieben, z. B. die Kartierung von Infrastrukturen mit Fernerkundung auf der Grundlage von Satellitenbildern. Eine weitere große Quelle für Informationen zur Klimapolitik sind Textdaten. Diese Texte müssen in der Regel manuell analysiert werden, aber es gibt inzwischen auch computergestützte Techniken und KI-basierte Ansätze für die automatische Ana-

⁵⁴ vgl. <https://www.beewise.ag/>

lyse von Texten. Eine solche Analyse kann beispielsweise bei der Zusammenstellung von IPCC-Berichten⁵⁵, beim Verständnis der ideologischen Polarisierung⁵⁶ und bei der Analyse der finanziellen Offenlegungen von Unternehmen zu klimabezogenen Risiken⁵⁷ helfen.

Diskussion

In den vorangegangenen Abschnitten wurde das Potenzial heutiger und zukünftiger KI-Technologien zur Abschwächung der Auswirkungen des Klimawandels und zum Schutz der Umwelt aufgezeigt. KI-Technologien können jedoch auch in einer Weise eingesetzt werden, die dem Klima und der Umwelt schadet, zum Beispiel wenn KI im Bereich der Öl- und Gasförderung eingesetzt wird, um die Ausbeutung fossiler Lagerstätten zu beschleunigen⁵⁸. Darüber hinaus haben KI-gesteuerte Technologien oft komplexe Auswirkungen auf Energiesysteme, die in bestimmten Fällen die erzielten Einsparungen der Treibhausgasemissionen aufheben oder sogar ins Gegenteil verkehren können, beispielsweise in Form von Rebound-Effekten. Ein weiteres Beispiel sind autonome Fahrzeuge, bei denen es eine Reihe von Effekten gibt, die den Energieverbrauch entweder erhöhen oder verringern können, so dass es ungewiss ist, ob AVs einen positiven oder negativen Nettoeffekt auf das Klima haben werden.⁵⁹ Bei der Bewertung der Klimaauswirkungen muss auch der Stromverbrauch

⁵⁵ Minx, J. C., Callaghan, M., Lamb, W. F., Garard, J., and Edenhofer, O. 2017. Learning about climate change solutions in the IPCC and beyond. *Environmental Science & Policy*, 77, pp. 252–259.

⁵⁶ Farrell, J. 2016. Corporate funding and ideological polarization about climate change. *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113 (1), pp. 92–97.

⁵⁷ Kölbel, J. F., Leippold, M., Rillaerts, J., and Wang, Q. 2020. Does the CDS market reflect regulatory climate risk disclosures? Available at SSRN.

⁵⁸ Greenpeace, 2020. Oil in the Cloud: How Tech Companies are Helping Big Oil Profit from Climate Destruction. Verfügbar unter: <https://www.greenpeace.org/usa/reports/oil-in-the-cloud>.

⁵⁹ Für eine Diskussion der vielschichtigen Beziehung zwischen KI und Klimawandel, siehe Wadud, Z., MacKenzie, D., Leiby, P., 2016, April. Help or hindrance? the travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles. *Transportation*

der Rechenserver, auf denen KI-Algorithmen laufen, berücksichtigt werden. Bestimmte KI-Technologien, wie sehr tiefe neuronale Netze, haben einen hohen Energiebedarf, während andere KI-Technologien auf einem Laptop laufen können.⁶⁰

Wie bei allen Technologien muss die Entscheidung, welche KI-Technologien zu welchem Zweck eingesetzt werden, sorgfältig gegen Alternativen abgewogen und im breiteren gesellschaftlichen Kontext sowohl in Österreich als auch in der EU betrachtet werden. So muss beispielsweise die Wahrung der ethischen Grundsätze der Menschenwürde, Fairness, Gleichheit, Transparenz, Sicherheit, Privatsphäre, usw. eine wesentliche Voraussetzung für jede KI-Anwendung sein, sei sie klein oder groß. Daher glauben wir, dass es zusätzlich zu dem kurzen Überblick über KI-Anwendungen zur Bewältigung des Klimawandels und des Umweltschutzes sinnvoll wäre, einen Schritt zurückzugehen und eine Reihe von Überlegungen anzustellen, die im Zuge der Entwicklung politischer Rahmenbedingungen für den Einsatz von KI-Technologie zu berücksichtigen sind.

Folgenabschätzung

Viele Robotik- und KI-Anwendungen zur Bewältigung des Klimawandels und zum Schutz der Umwelt sind relativ neu, so auch die in diesem Papier dargestellten Ansätze. Daher gibt es derzeit nur wenige quantitative Schätzungen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen und zum Potenzial dieser Technologien für den Umweltschutz, wobei die meisten Schätzungen auf bestimmte Teilbereiche und Fallstudien beschränkt sind. Angesichts des ehrgeizigen Zeitplans für die Dekarbonisierung ist es jedoch wichtig, die potenziellen Auswirkungen von Technologien zu bewerten und zwischen verschiedenen Optionen Prioritäten zu setzen, sowohl für einzelne Organisationen als auch für politische Entscheidungsträger. Für Organisationen, die KI nutzen wollen, können Fallstudien ähnlicher Projekte dennoch eine gewisse Orientierung bieten. Da neue Technologien wie KI zusätzliche Belastungen und Risiken mit sich bringen können, müssen Organisationen von Fall zu Fall prüfen,

Research Part A: Policy and Practice, 86, pp. 1–18, ISSN: 0965-8564,
DOI: 10.1016/j.tra.2015.12.001.

⁶⁰ Kaack, L. H., Donti, P. L., Strubell, E., Rolnick, D., 2020. Artificial Intelligence and Climate Change. Opportunities, considerations, and policy levers to align AI with climate change goals. Heinrich Böll Stiftung.



ob es einfachere Alternativen zu KI gibt, mit denen dieselbe Wirkung erzielt werden kann, ob der vorgeschlagene KI-Ansatz angesichts von Faktoren wie Datenverfügbarkeit, Kosten und organisatorischen Kapazitäten durchführbar ist und ob die Risiken und (unbeabsichtigten) Folgen gut verstanden und beherrschbar sind. Solche Überlegungen spielen auch eine Rolle, wenn es darum geht, politische Maßnahmen zur Förderung von KI für den Klimaschutz und die Umwelt zu entwickeln. Die politischen Entscheidungsträger müssen sicherstellen, dass KI-Ansätze schnell und in großem Maßstab eingeführt werden können, dass die Risiken für die Gesellschaft überschaubar sind und dass sie nicht mit anderen Dekarbonisierungsansätzen in Konflikt geraten. So sollten beispielsweise KI und Datenanforderungen keine signifikanten Hürden für kohlenstoffarme Technologien darstellen.

Ethische Erwägungen

Es gibt eine Reihe bekannter ethischer Fragen, die durch Künstliche Intelligenz aufgeworfen werden, wie in verschiedenen Quellen^{61,62} dargelegt wird. Für eine verantwortungsvolle Entwicklung von KI in Österreich ist es notwendig, dass diese Technologien in einer Art und Weise entwickelt werden, die Themen wie Privatsphäre und Datenschutz, Sicherheit, Transparenz, Abschwächung von Vorurteilen, menschliches Handeln und Beschäftigungseffekte berücksichtigt. All diese Eigenschaften müssen durch entsprechende rechtliche Rahmenbedingungen bzw. Regelungen berücksichtigt werden, um sie verbindlich zu machen – für alle Akteure in diesem Bereich.

Der Einsatz von KI zur Steuerung des Verhaltens von Menschen und zur Gestaltung der Gesellschaft (Social Engineering), z. B. durch „Nudging“, um Recycling und energiesparendes Verhalten zu fördern, kann im Hinblick auf die Freiheit und Würde des Menschen und die Rechte der Bürger*innen problematisch sein, es sei denn, es besteht eine einvernehmliche Vereinbarung über den Zweck und den Einsatz der spezi-

⁶¹ Coeckelbergh, M., 2020, April. AI Ethics. The MIT Press Essential Knowledge series. ISBN: 9780262538190.

⁶² High-Level Expert Group on Artificial Intelligence, 2019, April. Ethics Guidelines for Trustworthy AI.

fischen KI-Anwendung. Wenn solche Methoden als ethisch problematisch angesehen werden, müssen andere Methoden in Betracht gezogen werden, z. B. Diskussionen und Sensibilisierung.

Überlegungen zum Arbeitsmarkt

Anwendung und Nutzung von Robotik- und KI-Technologien haben direkte Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt. Daher ist es von entscheidender Bedeutung, die zu erwartenden negativen Auswirkungen durch wirksame Maßnahmen und proaktive Investitionen abzumildern. Dazu gehört die Bereitstellung von Ressourcen für die Aus- und Weiterbildung auf individueller, Unternehmens- und Branchenebene. Es ist dabei wesentlich, Mittel zur Aus- und Weiterbildung am Arbeitsplatz einzubeziehen, da die digitale Transformation von Arbeitsplätzen in den verschiedenen Wirtschaftszweigen unterschiedliche Auswirkungen hat. Dies nicht zuletzt, weil die Transformation von Arbeitsplätzen Menschen, die sich in der Mitte oder am Ende ihrer Karriere befinden, besonders hart treffen wird. Dazu gehören auch Konzepte, wie man Arbeitsplätze, die wahrscheinlich von KI übernommen werden (z. B. Müll- und Wertstoffsartierung, Mähen öffentlicher Flächen, usw.) in neue Arbeitsplätze mit besseren Arbeitsbedingungen umwandeln kann⁶³.

Fortschritte in der KI werden zwar eindeutig neue Beschäftigungsmöglichkeiten schaffen, sie bergen aber auch die Gefahr, dass sich die Ungleichheiten zwischen den Arbeitnehmer*innen vergrößern⁶⁴ – eine potenzielle Gefahr, die in jedem Rechtsrahmen berücksichtigt werden muss.

⁶³ Während 9 bis 12 Prozent der derzeitigen Arbeitsplätze von der Automatisierung bedroht sind, wird die Nettodifferenz zwischen den durch den technologischen Fortschritt geschaffenen und den verlorenen Arbeitsplätzen insgesamt als positiv eingeschätzt. Laut einer WIFO-Studie können verstärkte Anstrengungen und Investitionen in die Digitalisierung der österreichischen Wirtschaft zu einem Beschäftigungszuwachs von bis zu 0,4 Prozent jährlich führen, vgl. Peneder, M., Bock-Schappelwein, J., Firgo, M., Fritz, O., Streicher, G., 2017. Ökonomische Effekte der Digitalisierung in Österreich. WIFO-Monatsberichte, 90 (3), pp. 177–192.

⁶⁴ OECD Employment Outlook 2019, The Future of Work. OECD Publishing, DOI: 10.1787/9ee00155-en.

Rechtliche Erwägungen

In ihrem Weißbuch über KI⁶⁵ schlägt die Europäische Kommission (EK) vor, dass: „[...] der neue Rechtsrahmen für KI zielführend und nicht übermäßig präskriptiv sein [sollte], um zu vermeiden, dass er insbesondere für KMU einen unverhältnismäßigen Aufwand verursacht. Um dieses Gleichgewicht zu erreichen, sollte nach Ansicht der EK ein risikobasierter Ansatz verfolgt werden.“⁶⁶ Die Kommission führt weiter aus, dass eines der Hoch-Risiko-Kriterien lautet „[...] ob die KI-Anwendung in dem betreffenden Sektor so eingesetzt wird, dass mit erheblichen Risiken zu rechnen ist. [...] zum Beispiel [...] Anwendungen, von denen Verletzungs- oder Lebensgefahr oder die Gefahr eines erheblichen materiellen oder immateriellen Schadens ausgeht.“⁶⁷ Im Hinblick auf die Abschwächung des Klimawandels und den Schutz der Umwelt müssen sogar noch mehr Faktoren (neben z. B. grundlegenden Menschenrechtsverletzungen sowie Unvereinbarkeiten mit ethischen Grundwerten) berücksichtigt werden, bevor eine ganzheitliche Bewertung der Auswirkungen von KI-Anwendungen erfolgen kann. Bislang sind die Governance-Mechanismen für solche Bewertungsprozesse noch nicht festgelegt, und es wird derzeit diskutiert, ob risikobasierte Ansätze angemessen sind. Zwar könnten Zertifizierungsbehörden Teil einer möglichen Lösung sein, doch ist es in jedem Fall unerlässlich, dass klare Bewertungskriterien für einen ersten Regulierungs- und Rechtsrahmen festgelegt werden, damit die Technologieanbieter ihre Entwicklungs- und Einführungsprozesse entsprechend gestalten können.

Dies kann natürlich nicht nur auf nationaler Ebene passieren, sondern muss international, zumindest aber im europäischen Kontext, geschehen.⁶⁸

⁶⁵ Europäische Kommission, 2020, Februar. White Paper on Artificial Intelligence – A European approach to excellence and trust. COM(2020) 65 final.

⁶⁶ ebd.

⁶⁷ ebd.

⁶⁸ Für eine europäische Diskussion vgl. High-Level Expert Group on Artificial Intelligence, 2019, Juni. Policy and Investment recommendations for Trustworthy AI.

Fazit

Robotik und KI haben das Potenzial, den Klimawandel zu bekämpfen und unsere Umwelt zu schützen. Ob und in welchem Ausmaß diese Technologien einen Beitrag leisten können, hängt jedoch von der Art und Weise ihres Einsatzes ab. Um den Nutzen für die Gesellschaft im Allgemeinen und für Österreich im Besonderen zu maximieren, muss ein regulatorischer Rahmen geschaffen werden, der sowohl die Anwendungsbereiche für den Einsatz von KI-Technologie als auch die gesellschaftlichen Auswirkungen auf lokaler und globaler Ebene sorgfältig berücksichtigt. Wir glauben, dass Robotik und KI, wenn sie richtig eingesetzt werden, uns helfen können, die existenziellsten Bedrohungen unserer Zeit zu bewältigen, ohne dabei menschliche Werte zu opfern oder Gesellschaften in einer Weise zu erschüttern, die sie nicht verbessern, sondern destabilisieren könnten (z. B. aufgrund von Ungleichheit, Zugangsbeschränkungen, mangelndem Datenschutz, usw.). Um sicherzustellen, dass KI zur Bewältigung des Klimawandels und zum Schutz der Umwelt eingesetzt wird, muss daher jede nationale KI-Strategie die interdisziplinäre, multiperspektivische Forschung und die Zusammenarbeit von KI- und Robotik-Forscher*innen mit Wissenschaftler*innen aus verschiedenen Disziplinen, die sich mit dem Klimawandel beschäftigen, fördern. Wir glauben, dass Österreich die einmalige Chance hat, eine Führungsrolle zu übernehmen, indem es auf der Grundlage dieses Dokuments einen Rahmen vorschlägt, der bei den Partnern auf europäischer Ebene Anklang finden und somit die für eine breite Akzeptanz erforderliche Unterstützung erhalten könnte.

Die Ratsversammlung