

Umweltbelastungen in aufsteigenden Trends der KI

*Autor*innen: Oliver Zielinski, Neeske Lübben*

Kernthese

Wir müssen den Fokus auf die Qualität statt Quantität der Daten setzen und hybride KI-Modelle beim Ausbau befördern.

Ausgangslage, Zielstellung und Vorgehensweise

Künstliche Intelligenz hat Geschichte. Die Anfänge der Künstlichen Intelligenz (KI) reichen in bis in die 50er Jahre des letzten Jahrhunderts, u.a. mit dem berühmten Workshop am Dartmouth College in 1956 (McCarthy et al., 1995). Es folgte eine rasante Entwicklung in Wellen, zuerst mit der symbolischen, wissensbasierten KI und in den letzten 10 Jahren auf Basis von Algorithmen des (tiefen) maschinellen Lernens (ML), großer Datenmengen und nicht zuletzt immer performanterer Rechenarchitekturen (Teich, 2020; DARPA, 2020). Heute ist KI aus vielen Bereichen nicht mehr wegzudenken, generiert Wissen, steigert die Effizienz komplexer Prozesse und erlaubt deren Automation. Dies ist auch der Punkt, an dem der Energie- und Ressourcenbedarf der KI und anderer Elemente der Maschine Economy in den Fokus kommt (IEA, 2017; Wurm et al., 2021; Boll et al., 2021; Barrie et al., 2022). Prognosen über den wachsenden Bedarf an KI-Systemen (und deren unterstützender Infrastruktur) und Aufrufe nach einer Nachhaltigkeit innerhalb der KI finden sich zunehmend im aktuellen Diskurs (Schneider et al., 2018; Schwartz et al., 2020; Zielinski, 2021; van Wynsberghe, 2021; Wu et al., 2022) und Ihre Implikationen sind auch Teil des CODINA Vorhabens (Fritzsche & Ramesohl, 2021; Sühlmann, et al., 2022; Bauer et al., 2022; Altmeyer, Schubhan & Kerber, 2022).

Künstliche Intelligenz hat Zukunft. Es besteht kein Zweifel daran, dass KI auch in den kommenden Jahrzehnten eine wachsende Bedeutung hat (Europäische Kommission, 2021). Aber wie wird sich die KI verändern? Welche Trends sind für das nächste Jahrzehnt oder auch darüber hinaus erkennbar und welche Umweltbelastungen lassen sich daraus ableiten? Diesen Fragen widmet sich das vorliegende Positionspapier. Die Zukunft vorhersagen ist gerade in einer solch dynamischen Disziplin wie der KI-Forschung schwierig, insbesondere weil nicht-lineare Elemente eine einfache Extrapolation ad absurdum führen können. Wir nähern uns daher der Zukunft, indem wir die öffentlichen Aussagen von drei international anerkannten und medial prominenten KI-Forschern als Ausgangspunkt nehmen (IEEE Spectrum, 2022; The Next Web, 2022; Hoos & Kersting, 2020). Dies impliziert zwar diverse Probleme, beispielsweise die subjektive Verknüpfung von kommerziellen Interessen oder den Bias medialer Sichtbarkeit, ist aber für einen "Blick in Glaskugel" zumindest ein Experten-basierter Ausgangspunkt. Die Ableitung der Umweltbelastungen erfolgt auf Grundlage einer Übertragung aktuellen Wissens auf die prognostizierte Trendsituation. Beide Aspekte, die Trends wie auch die Umweltbelastungen, werden dabei qualitativ betrachtet, da die Basis für eine seriöse quantitative Darstellung nicht gegeben ist (Dhar 2020). Wir laden mit diesem Papier ausdrücklich zur Diskussion über die "KI der Zukunft" ein und fassen am Ende drei Trends und deren Umweltbelastungen als Kernaussagen zusammen.

Die Zukunft der KI – auf der Basis von Expertenaussagen

Andrew Ng's "data-centric AI"

Andrew Ng, ein weltweit anerkannter KI-Technologieführer, CEO und Gründer der Landing AI, Mitbegründer von Coursera und Gründungsleiter von Google Brain (Landing AI, 2022), sieht in den nächsten Jahren eine Herausforderung in der effizienten Beschaffung von Daten für auf neuronaler Netzwerkarchitektur stattfindenden bewährten Deep Learning Anwendungen (z.B. Bildererkennung, Natural Language Processing, NLP) sowie in der Skalierbarkeit dieser Anwendungen

in anderen Branchen (z.B. Medizin). Als nachhaltigeren Ansatz und Trend formuliert er das Prinzip der datenzentrierten KI (data-centric AI), deren Fokus auf der Qualität der Daten gegenüber der Quantität liegt. Er beschreibt sie als „Disziplin der systematischen Entwicklung der Daten, die für den erfolgreichen Aufbau eines KI-Systems erforderlich sind“ (IEEE Spectrum, 2022). Im Gegensatz zu Big-Data-Anwendungen, bei denen große Datenmengen genutzt werden, um bspw. Einflüsse durch Rauschen zu minimieren, zielt datenzentrierte KI darauf ab, Daten systematisch anhand analysierter Inkonsistenzen auszuwählen und in das Training von Modellen einzuspeisen, um ein leistungsstarkes System mit hoher Genauigkeit effizient aufzubauen (IEEE Spectrum, 2022).

Yann LeCun's "self-supervised learning"

Der Vizepräsident und leitende KI-Wissenschaftler des Meta Konzerns (vormals facebook), Yann LeCun, sieht in Deep Learning und künstlichen neuronalen Netzen die Zukunft, dabei rückt er speziell den Zweig des selbstüberwachten Lernens (self-supervised learning) als eine maßgebliche Innovation in den Vordergrund. Gegenüber dem überwachten Lernen, für welches es große Mengen vom Experten annotierter, qualitativ hochwertiger Daten bedarf, lernt ein selbstüberwachtes System anhand einer geringen Menge annotierter oder gänzlich keiner annotierten Beispieldaten. Das Modell optimiert sich kontinuierlich auf Basis weiterer eingespeister, nicht annotierter Daten durch Kontextualisierung und kann folglich eine große Menge nicht zugeordneter Daten analysieren. Das selbstüberwachte Lernen ähnelt dabei Prozessen, anhand derer Menschen u.a. durch Beobachtung in ihrer Entwicklung ein „Weltmodell“ erzeugen, welches als Basis für eine Abstraktion und Vorhersagefähigkeit unserer Umgebung dient und komplexes Wissen darüber ermöglicht (Kontextverständnis). Ein solches Modell soll in Zukunft ein Schlüsselement menschenkompatibler KI darstellen, dessen Architektur ebenfalls an die modulare Anordnung menschlicher Hirnareale und -strukturen, die miteinander vernetzt sind, angelehnt ist (The Next Web, 2022).

Kristian Kersting und die "dritte Welle der KI"

Kristian Kersting, Professor für Machine Learning an der TU Darmstadt und Leiter des Labors für künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen (AIML), erkennt die Grenzen aktuell überwiegend eingesetzter datengetriebener Machine Learning Verfahren, die Produkte der ersten und zweiten Welle der KI – handgefertigtes Wissen und statistisches Lernen – sind. Gerade die hochspezialisierten Systeme des Deep Learning, die verlässlich bezüglich einer speziellen Fragestellung funktionierten, können übergeordnete Zusammenhänge nicht erkennen und benötigen bei Änderung der Bedingungen oftmals ein Neutraining (Kersting, 2020). Die dritte Welle der KI, die kontextbezogene Anpassung (vergleiche DARPA, 2020), wird beschrieben durch den vermehrten Einsatz hybrider Systeme die Zusammenhänge erkennen und nutzen (Hoos & Kersting, 2020). Basierend auf klassischen KI-Methoden, werden diese in einer engen Symbiose von künstlicher und menschlicher Intelligenz erweitert, um die Abstraktionsfähigkeit der Modelle zu erhöhen – wissensbasierte und datengetriebene KI werden vereint (Schmid et al., 2021).

Diese drei Tendaussichten beschreiben in erster Linie die Art des Umgangs mit verfügbaren Daten und/oder der grundlegenden Architektur der KI-Modelle. Dass die Zahl der KI-Anwendungen in den nächsten Jahren steigen wird, prophezeit auch Kai Fu Lee, Vorsitzender und CEO von Sinovation Ventures, eines der führenden chinesischen Technologie-Risikokapitalunternehmen. In seinem Buch "AI 2041: Ten Visions for Our Future", erschienen im Jahr 2021, wagt er einen Blick darauf, wie KI die Welt in zwanzig Jahren verändern wird. In diversen Bereichen (bspw. Arbeit, Gesundheit, Transport, Bildung, Unterkunft) werden durch KI-Anwendungen Routineaufgaben übernommen und Dienste angeboten (Lee, 2021). Für den Menschen soll das Erleichterung schaffen, doch wie steht es um die Umweltwirkungen dieser KI-Transformationen?

Potenzielle Umweltauswirkungen der KI-Trends

Für die Abschätzung von Umweltwirkungen setzen wir auf den aktuellen Erfahrungen aus den ökologischen Nachhaltigkeitsbetrachtungen von KI auf, wie sie z.B. in Jones (2018), Strubell et al. (2019), Henderson et al. (2020), Vinuesa et al. (2020), Wurm et al. (2021) und Wu et al., (2022) zu finden sind. Diese qualitative Herangehensweise überträgt also Erfahrungen in einfacher Kausallogik aus dem 'Jetzt' in die Zukunft. Weitere ressourcensparende Entwicklungen, die beispielsweise der vermehrte Einsatz regenerativer Energien zum Betrieb von IT-Infrastrukturen oder Fortschritte in der Halbleitertechnik bleiben hierbei unberücksichtigt, da ihre Wirkung nicht in direktem Zusammenhang mit dem betrachteten Zukunftstrend steht.

In der Prognose von Yann LeCun, werden gelabelte Daten als Trainingsgrundlage weitgehend gar nicht mehr vorausgesetzt. Wohl aber setzt dieser Ansatz auf große Datenmengen und große bzw. tiefe KI-Systeme, die einen signifikanten Energie- und Ressourcenbedarf haben (COWLS et al., 2021). Sich selbst überwachende, lernende KI-Systeme werden sich demnach vermutlich weiter spezialisieren, basierend auf den individuellen Daten- bzw. Erfahrungsgrundlagen, was die Austauschbarkeit von Modellen behindert. Viele, potentiell performante Lösungen entstehen, deren kumulierte Umweltwirkungen überproportional steigen.

Hybride KI, wie sie beispielsweise von Kristian Kersting, als dritte Welle der KI vorhergesagt wird, bindet vorhandenes Wissen ein und verringert so den Bedarf an ressourcenintensiven Deep Learning Ansätzen. Während die Performanz des Gesamtsystems im Idealfall steigt, sind ein kleinerer Datensatz, kleinere Modelle und lernende Systeme mit Transfer menschlichen Wissens möglich, die sowohl im Energie- als auch im IT-Infrastrukturbedarf genügsamer sind.

Kernaussagen zu Trends und Handlungsempfehlungen

Alle drei Experten beschreiben den zukünftigen Bedarf großer Datenmengen aktuell vorherrschender, datenintensiver Anwendungen des maschinellen Lernens, insbesondere des Deep Learning. Neben der Benennung der Quantität der Daten für die Großzahl der derzeit eingesetzten ML Anwendungen, wird auch die erforderliche Qualität der Daten beleuchtet. Die Erzeugung hochwertiger, annotierter Trainingsdaten, welche insbesondere bezüglich der immer höher angestrebten Genauigkeit des generierten Outputs erforderlich sind, ist zeit- und kostenintensiv und führt so zu einem Defizit. Um dieser Herausforderung zu begegnen, benennen die drei Experten Alternativansätze.

Ng und LeCun beschreiben zwar unterschiedliche Ansätze (datenzentrierte KI und selbstüberwachtes Lernen) postulieren dennoch beide den Trend bzw. Bedarf einer reduzierten Menge eingespeister Daten. Um eine angestrebte Genauigkeit zu erreichen, liegt es nahe, dass es bei dieser Auswahl der Daten auf die Qualität ankommt. Ein verschärfter Qualitätsfokus für datenzentrierte KI-Modelle aber potenziell auch für selbstüberwachte Systeme, erlaubt einen ressourcenschonenderen Input mit gleichzeitig verbessertem Output. Bei gleichzeitiger Modularisierung und verstärkter Nachnutzung (offene Daten und Modelle im Sinne der Green AI) werden die Umweltwirkungen geringer.

Unsere erste Handlungsempfehlung ist daher, den Schwerpunkt bei zu entwickelnden ML-Modellen auf den Ansatz der reduzierten Menge der Input Daten zu legen, welche eine hohe Qualität aufweisen und gezielt gegenüber möglichen Inkonsistenzen wirken.

Die hybride KI verspricht das Beste aus zwei Welten: das Nutzen statistischer Verfahren wie Deep Learning, wo komplexe Datenmengen relevante Informationen enthalten, gepaart mit dem Einfluss menschlichen Wissens und seiner Expertise, wo kontextuelle Adaption nötig ist. Diese Kombination erlaubt es statistischen Verfahren bessere Ergebnisse, trotz des Zurückgreifens auf eine geringere Datenmenge, zu erzielen. Wenn Wissen nicht über große Datensätze mühsam gelernt, sondern nachvollziehbar und effizient inkorporiert werden kann, dann wird diese Symbiose auch den Energiebedarf positiv beeinflussen.

Ein Ausbau hybrider KI-Modelle ist eine weitere Handlungsempfehlung. Der Trend ermöglicht die Chance eines neuen Ansatzes, der Transparenz, Nachhaltigkeit und Performanz vereinen kann.

Die Analyse der drei hier vorgestellten Trends in der KI zeigt Potentiale auf, die direkten Umweltwirkungen von KI-Anwendungen und deren Entwicklung geringer zu gestalten. Diese Potentiale zu nutzen, wird weiterer wissenschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen bedürfen, da die existierenden ressourcenintensiven Ansätze weit verbreitet und in ihrer Spezialisierung auch performant sind. Das Bewusstsein für ressourceneffiziente KI-Lösungen zu stärken und deren Ausbau zu fördern ist eine drängende Aufgabe dieser Dekade.

Literaturverzeichnis

- Altmeyer, M, Schubhan, M., Kerber, F. (2022). Automatisieren, Personalisieren, Optimieren: Chancen & Herausforderungen von KI-Anwendungen auf Basis des Digitalen Produktpasses im Handel. Online: https://codina-transformation.de/wp-content/uploads/CO-DINA-Kurzstudie_1-KI-im-Handel-1.pdf
- Barrie, J., Buckley, K., Caminade, C., Chen, J., Cortez, F., Emejulu, D. A., ... & Wäspi, F. (2022). Recommendations on Using Digitalisation for Our Common Future: A Report by the Policy Network on Environment and Digitalisation. Internet Governance Forum.
- Bauer, S., Kollosche, I., Uhl, A., de Melo, G., & Fritzsche, K. (2022). Die digitale Vermessung der Zukunft. Welche Rolle spielt Künstliche Intelligenz in Foresight zur Gestaltung von Nachhaltigkeitstransformationen?. Online: https://codina-transformation.de/wp-content/uploads/CODINA_Positionspapier-9_Die-digitale-Vermessung-der-Zukunft.pdf
- Boll, S., Schnell, M., Dowling, M., Faisst, W., Mordvinova, O., Pflaum, A., ... & Riss, U. (2021). Mit KI zu nachhaltigen Geschäftsmodellen – Nachhaltigkeit von und Nachhaltigkeit durch Künstliche Intelligenz. Whitepaper aus der Plattform Lernende Systeme. Online: https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG4_WP_KI_und_Nachhaltigkeit.pdf
- Cowls, J., Tsamados, A., Taddeo, M., & Floridi, L. (2021). The AI gambit: leveraging artificial intelligence to combat climate change—opportunities, challenges, and recommendations. *Ai & Society*, 1-25.
- Dhar, P. (2020). The carbon impact of artificial intelligence. *Nature Machine Intelligence*, 2(8), 423–425.
- Europäische Kommission (2021). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Fostering a European approach to Artificial Intelligence, COM (2021) 205 final, Brüssel.

- Fritzsche, K., & Ramesohl, S. (2021). Gemeinsam für eine sozial-ökologische Digitalisierung. Welche Themen jetzt auf die Agenda müssen. Online: https://codina-transformation.de/wp-content/uploads/CODINA_Positionspapier-1_Februar-2021-1.pdf
- Henderson, P., Hu, J., Romoff, J., Brunskill, E., Jurafsky, D., & Pineau, J. (2020). Towards the Systematic Reporting of the Energy and Carbon Footprints of Machine Learning. arXiv:2002.05651 [cs].
- Hoos, H. & Kersting, K. (2020). Die dritte Welle der Künstlichen Intelligenz. Frankfurter Allgemeine Zeitung. 14.12.2020. <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/digitec/die-dritte-welle-der-kuenstlichen-intelligenz-17100377.html> [Zugriff: 03.05.2022]
- International Energy Agency; IEA (2017). Digitalization & Energy. IEA, 1-188.
- IEEE Spectrum (2022). Andrew Ng: Unbiggen AI. Online: <https://spectrum.ieee.org/andrew-ng-data-centric-ai> [Zugriff: 03.05.2022]
- Jones, N. (2018). How to stop data centres from gobbling up the world's electricity. Nature, 561(7722), 163-166.
- Kersting, K. (2020). Rethinking Computer Science Through AI. KI-Künstliche Intelligenz, 34, 435-437.
- Landing AI (2022). <https://landing.ai/about/> [Zugriff: 16.05.2022]
- Lee, K. F. (2021). How AI Will Completely Change the Way We Live in the Next 20 Years. TIME2030, <https://time.com/6097625/kai-fu-lee-book-ai-2041/> [Zugriff: 03.05.2022]
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (1955). A proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. <https://ojs.aaai.org/index.php/aimagazine/article/download/1904/1802>. [Zugriff: 12.05.2022]
- Schmid, U., Tresp, V., Bethge, M., Kersting, K., & Stiefelhagen, R. (2021). Künstliche Intelligenz - Die dritte Welle. INFORMATIK 2020.
- Schneider, J., Basalla, M., & Seidel, S. (2018). Principles of Green Data Mining. Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Hawaii.
- Sühlmann-Faul, F., Fritzsche, K., Haenel, F., Strobel, H., & Mayer, S. (2022). Wachstum und Digitalisierung: ein ambivalentes Verhältnis. Ermöglicht

- die Digitalisierung neue Spielräume hin zu einer Wachstumsunabhängigkeit?. Online: https://codina-transformation.de/wp-content/uploads/CODINA_Positionspapier-6_Wachstum-und-Digitalisierung-Ein-Ambivalentes-Verha%CC%88ltnis-1.pdf
- Schwartz, R., Dodge, J., Smith, N. A., & Etzioni, O. (2020). Green AI. *Communications of the ACM*, 63(12), 54-63.
- Strubell, E., Ganesh, A., & McCallum, A. (2019). Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP. arXiv:1906.02243 [cs].
- The Next Web (2022). Meta's Yann LeCun is betting on self-supervised learning to unlock human-compatible AI. <https://thenextweb.com/news/metasyannlecun-is-betting-on-self-supervised-learning-to-unlock-human-compatible-ai> [Zugriff: 03.05.2022]
- van Wynsberghe, A. (2021). Sustainable AI: AI for sustainability and the sustainability of AI. *AI and Ethics*, 1(3), 213-218.
- Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I., Balaam, M., Dignum, V., Domisch, S., ... & Fuso Nerini, F. (2020). The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *Nature communications*, 11(1), 1-10.
- Wu, C. J., Raghavendra, R., Gupta, U., Acun, B., Ardalani, N., Maeng, K., ... & Hazelwood, K. (2022). Sustainable AI: Environmental Implications, Challenges and Opportunities. *Proceedings of Machine Learning and Systems*, 4.
- Wurm, D., Zielinski, O., Lübben, N., Jansen, M., Ramesohl, S. (2021): Wege in eine ökologische Machine Economy: Wir brauchen eine Grüne Governance der Machine Economy', um das Zusammenspiel von Internet of Things, Künstlicher Intelligenz und Distributed Ledger Technology ökologisch zu gestalten. In: Wuppertal Report No 2. Online: https://codina-transformation.de/wp-content/uploads/Positionspapier_WEGE-IN-EINE-ÖKOLOGISCHE-MACHINE-ECONOMY-1.pdf
- Zielinski, O. (2021): Grüne Künstliche Intelligenz, The Pioneer. <https://www.thepioneer.de/originals/thepioneer-expert/articles/gruene-kuenstliche-intelligenz> [Zugriff: 10.05.2022]

Über die Autor*innen

Oliver Zielinski

Prof. Dr. Oliver Zielinski ist Physiker, Meeresforscher und Entwickler intelligenter Sensoren für die Umweltbeobachtung. Er leitet im Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) den Forschungsbereich „Marine Perception“ und ist Sprecher des DFKI-Kompetenzzentrums „Künstliche Intelligenz (KI) für Umwelt und Nachhaltigkeit“ (DFKI4planet). Prof. Zielinski hat die Professur für Marine Sensorsysteme an der Universität Oldenburg inne.

Neeske Lübben

Neeske Lübben ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Forschungsbereich „Marine Perception“ am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI). Sie ist Ansprechpartnerin für das DFKI-Kompetenzzentrum „Künstliche Intelligenz (KI) für Umwelt und Nachhaltigkeit“ (DFKI4planet).

Über CO:DINA

Das Verbundvorhaben CO:DINA – Transformationsroadmap Digitalisierung und Nachhaltigkeit vernetzt Wissenschaft, Politik, Zivilgesellschaft und Wirtschaft, um neue strategische Stoßrichtungen für eine sozial-ökologische Digitalisierung zu identifizieren. Vielfalt in Denkweisen, Perspektiven und Erfahrungen ist die Voraussetzung, um die Komplexität der Digitalisierung besser zu verstehen und grundlegenden Fragen insbesondere zur Künstlichen Intelligenz mit tragfähigen Lösungsansätzen zu begegnen. Dabei entstehen Netzwerke zwischen Akteursgruppen, die bislang unzureichend verbunden waren. So wird die politische und gesellschaftliche Handlungsfähigkeit für einen sozial-ökologisch-digitalen Wandel gestärkt.

Das Vorhaben wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) im Rahmen der KI-Leuchtturminitiative gefördert und gemeinsam vom IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung und dem Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie umgesetzt.

Impressum



IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gemeinnützige GmbH
Schopenhauerstr. 2614129 Berlin
Tel.: +49 (0) 30 803088-0
Fax: +49 (0) 30 803088-88
Email: info@izt.de
Internet: www.izt.de



Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
Döppersberg 19, 42103 Wuppertal
Tel.: +49 (0) 202-2492-101
Fax: +49 (0) 202-2492-108
E-Mail: info@wupperinst.org
Internet: www.wupperinst.org



Weitere Veröffentlichungen unter www.codina-transformation.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit
und Verbraucherschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages