



SPRINGER NATURE

SDG – Forschung, Konzepte, Lösungsansätze zur Nachhaltigkeit

Daniel Sonnet · Andreas Moring ·
Joseph Bethge · Hendrik Müller

Nachhaltige Künstliche Intelligenz

Eine Zukunftsvision und ihre
Hintergründe



Springer Vieweg

SDG – Forschung, Konzepte, Lösungsansätze zur Nachhaltigkeit

Die nachhaltige Entwicklung unserer Welt ist eine der wichtigsten Herausforderungen in Gegenwart und Zukunft und zugleich eine Aufgabe, an der alle Wissenschaften beteiligt sind. Um einen sichtbaren Beitrag auf diesem Weg zu leisten, gibt SPRINGER NATURE die Buchreihe SDG – Forschung, Konzepte, Lösungsansätze zur Nachhaltigkeit heraus, in der Arbeiten aus allen Disziplinen publiziert werden können, die die wissenschaftliche Analyse oder die praktische Förderung von Nachhaltigkeit zum Ziel haben, wie sie insbesondere in den Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen definiert sind.

Daniel Sonnet · Andreas Moring ·
Joseph Bethge · Hendrik Müller

Nachhaltige Künstliche Intelligenz

Eine Zukunftsvision und ihre
Hintergründe

 Springer Vieweg

Daniel Sonnet
Hochschule Fresenius
Hamburg, Deutschland

Joseph Bethge
Potsdam, Brandenburg, Deutschland

Andreas Moring
International School of Management
ISM
Hamburg, Deutschland

Hendrik Müller
Hochschule Fresenius
Hamburg, Deutschland

ISSN 2731-8826

ISSN 2731-8834 (electronic)

SDG – Forschung, Konzepte, Lösungsansätze zur Nachhaltigkeit

ISBN 978-3-658-46049-5

ISBN 978-3-658-46050-1 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-658-46050-1>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://portal.dnb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2025

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jede Person benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des/der jeweiligen Zeicheninhaber*in sind zu beachten.

Der Verlag, die Autor*innen und die Herausgeber*innen gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autor*innen oder die Herausgeber*innen übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: David Imgrund

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Wenn Sie dieses Produkt entsorgen, geben Sie das Papier bitte zum Recycling.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung und Problemstellung	1
Problemstellung	1
UN-Agenda 2030: 17 Nachhaltigkeitsziele und KI	4
Aufbau des Buches	7
Literatur	9
Nachhaltigkeit in KI	11
Deep Learning: Innovation oder ein wachsendes Problem?	13
Technische Grundlagen	16
Technische Möglichkeiten zur Reduzierung des Energieverbrauchs	19
Lösungen für praktische Anwendungen	22
Literatur	25
Nachhaltigkeit durch KI	27
Einleitung	27
Stand der Forschung	29
Typen von KI für Nachhaltigkeit	34
Decision Trees	34
Support Vector Machines	36
K-Nearest Neighbor (KNN)	37
Clustering	38
Deep Learning und neuronale Netze	39
Reinforcement Learning	41
Few Shot Learning	41
Long-Short-Term-Memory (LSTM)	43
KI für (mehr) Nachhaltigkeit	45

Use-Cases KI für Nachhaltigkeit	52
Leitfaden für die KI-Implementierung im Unternehmen	63
Phase 1 – Zielsetzung und Folgenabschätzung	68
Phase 2 – Planung und Gestaltung	68
Phase 3 – Vorbereitung und Implementierung	69
Phase 4 – Evaluation und Anpassung	72
Literatur	72
Nachhaltigkeitsethik und Künstliche Intelligenz	75
Ethische Implikationen der Nachhaltigkeit	75
Ethische und nachhaltige Maßstäbe des Handelns	76
Die Verantwortung von Unternehmen	76
Digitale Ethik	77
Freiwillige Standards vs. gesetzliche Regulierungen	78
Digitale Ethik im Unternehmen	80
Fazit	82
Literatur	82
Zusammenfassung und Ausblick	85
Zusammenfassung	85
Ausblick	91



Einleitung und Problemstellung

Problemstellung

Künstliche Intelligenz (KI) ist spätestens seit der Veröffentlichung von ChatGPT 3.5 im November 2022 durch das Unternehmen OpenAI deutlich stärker in das kollektive Bewusstsein der Gesellschaft gerückt. Allerdings kann sowohl die Erforschung als auch die Anwendung von KI bereits auf eine viel längere Tradition zurückblicken. Die aktuell in vielfältigen beeindruckenden KIs zum Einsatz kommenden neuronalen Netze (Deep Learning) haben beispielsweise ihren Ursprung bereits in den 50er-Jahren des letzten Jahrhunderts.¹ Anders als heute war jedoch der Zugang zu KI-Technologien bzw. zu KI-Anwendungen eher technisch ausgebildeten Menschen vorbehalten. Dies hat sich in den vergangenen Jahren deutlich verändert und KI hat alle gesellschaftlichen Schichten durchdrungen und findet breite Anwendung. Beispielsweise im Gesundheitswesen, in der Industrie wie auch in Bildungseinrichtungen und im alltäglichen Leben ist die Nutzung von KI-Technologien mittlerweile präsent. Unterschiedliche Technologien unterstützen nicht nur Fachleute in spezialisierten Bereichen, sondern auch alle Menschen bei der effizienten Bewältigung verschiedenster Aufgaben. Die Medien liefern täglich neue Beispiele für beeindruckende KIs und weitere Einsatzfelder, mit dem Ergebnis, dass KI breit von der Gesellschaft eingesetzt bzw. erkundet wird. Aktuell empfindet die Mehrheit (73 %) der Bundesbürger:innen KI als Vorteil bzw. als

¹Ein kompakter historischer Abriss der neuronalen Netze findet sich z. B. in Kapitel 1 von Sonnet in [13].

Chance, wie die Bitkom im November 2023 erhob [4]. Vorteile gehen jedoch oft mit diversen ggf. auch nachteiligen Implikationen einher. Exemplarische Beispiele für negative ökologische Auswirkungen von KI sind der enorme CO₂-Fußabdruck (siehe Chien et al. [5]) sowie der Wasserverbrauch (siehe George et al. [1]) von generativen KIs wie beispielsweise ChatGPT, Dall-E 2 oder Stable Diffusion. Schätzungen in diesen Bereichen sind oft schwierig zu erstellen. Hinsichtlich des Gesamtenergieverbrauchs von KIs beispielsweise erscheint es selbst für Spezialisten schwierig, vollständige und valide Schätzungen abzugeben, wie Vincent [7] zusammenfasst. Dies verwundert nicht, denn in der Informatik (als Mutterdisziplin der KI) treten ähnliche Herausforderungen zutage, wie Sonnet et al. [14] herausstellen. Die Autoren argumentieren für die IT, dass es in jedem Fall versucht werden müsse, bei IT-Fachleuten und Nutzenden von IT ein Bewusstsein bzgl. der ökologischen Konsequenzen ihres Handelns zu fördern. Die gleiche Argumentation gilt darum in analoger Weise für die Künstliche Intelligenz.

Glücklicherweise sind für KI und im Speziellen für das Deep Learning in der Vergangenheit bereits Beiträge z. B. im Themenspektrum KI und Ökologie erschienen. Schwarz et al. [11] benutzen den Term „Red AI“, der sich auf KI-Forschung und KI-Anwendungen bezieht, bei der ökologische Auswirkungen keine Rolle spielen und lediglich die Genauigkeit von Modellen unter dem Einsatz beliebiger Rechenleistung realisiert werden soll. Sie weisen darauf hin, dass dies ein Hemmnis in der KI-Forschung darstellen kann und talentierte Menschen ggf. abschrecken könnte, mitzuwirken, wenn ökologische Nachhaltigkeit vernachlässigt wird. Patterson et al. [9] beziffern konkrete Berechnungen für den Energieverbrauch sowie den CO₂-Abdruck unterschiedlicher KI-Modelle (T5, Meena, GShard, Switch Transformer und GPT-3). Darauf aufbauend formulieren sie Empfehlungen, dass die geografische Lage des Trainingsortes der KI (bzw. des maschinellen Lernmodells) wichtig sei. Standorte mit leichter zu erschließender regenerativer Energie seien zu bevorzugen. Weiter empfehlen sie, das Training der Modelle in Clouddatenzentren durchzuführen, wegen ihrer Überlegenheit in Bezug auf Energieeffizienz (Faktor 1,4 bis 2) gegenüber lokalen Rechenzentren. Die meisten Volkswirtschaften der Erde, Deutschland eingeschlossen, produzieren aktuell jedoch noch keinen Überschuss an regenerativen Energien. Unternehmen, die während des Trainings oder des Betriebes von KI-Modellen immense Mengen an regenerativer Energie verbrauchen, entziehen anderen Marktteilnehmern darum diese regenerativen Energien. Gesamtheitlich betrachtet, ist die Empfehlung der Nutzung von regenerativen Energien für KI zum aktuellen Stand somit noch nicht zielführend. Solange kein Überschuss an regenerativen Energien vorliegt, ist es ratsam, parallel zu erkunden, wie KI-Modelle energieeffizienter trainiert und betrieben werden können.