



SPRINGER NATURE

SDG – Forschung, Konzepte, Lösungsansätze zur Nachhaltigkeit

Kai Gondlach ·  
Birgit Brinkmann · Mark Brinkmann ·  
Julia Plath *Hrsg.*

# Regenerative Zukünfte und künstliche Intelligenz

Band 1: PLANET



Springer VS

---

# **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.

---

Kai Gondlach · Birgit Brinkmann ·  
Mark Brinkmann · Julia Plath  
(Hrsg.)

# Regenerative Zukünfte und künstliche Intelligenz

Band 1: PLANET

 Springer VS



*Hrsg.*

Kai Gondlach  
Leipzig, Deutschland

Birgit Brinkmann  
Heilbronn, Deutschland

Mark Brinkmann  
Heilbronn, Deutschland

Julia Plath  
Schwentinental, Deutschland

ISSN 2731-8826

ISSN 2731-8834 (electronic)

SDG – Forschung, Konzepte, Lösungsansätze zur Nachhaltigkeit

ISBN 978-3-658-43585-1

ISBN 978-3-658-43586-8 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-658-43586-8>

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 2024

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: Frank Schindler

Springer VS 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.

---

# Geleitwort von Prof. Dr. Johan Rockström

Das Menschenzeitalter, das Anthropozän, hat um das Jahr 1950 begonnen. Das Verlassen der vorhergehenden Epoche, des Holozäns, hat eine für die Menschheit schicksalsbestimmende Bedeutung: Denn das Holozän hat die Entwicklung der Hochkulturen begleitet. Und in diesen über elftausend Jahren waren die Umweltbedingungen – das Klima, die Geochemie, das Leben um uns herum, das gesamte Erdsystem – außerordentlich stabil im Vergleich zu dem, was die modernen Gesellschaften aktuell an rapiden Umwälzungen verursachen (vgl. 1.1, Fischer).

Was genau hat also nun begonnen mit dem Anthropozän? (Und zwar jenseits der außerordentlich formellen und langwierigen Verfahren der Internationalen Kommission für Stratigraphie, welche harte geologische Kriterien an die Deklaration einer neuen Epoche anlegt.)

Zunächst einmal hat ein neuer Entwicklungsweg des Systems Erde begonnen, mit den Menschen als primärem Antrieb. Teil 1 dieses Bandes illustriert eindringlich anhand unterschiedlicher Beispiele, auf welche vielfältige Weise, an wie vielen Angriffspunkten unsere moderne Gesellschaft mittlerweile in die bio-physikalische Maschinerie des Erdsystems eingreift. Dabei hat in einem so komplexen Zusammenspiel physikalischer, biologischer und chemischer Prozesse eine Verschiebung an der einen Stelle oftmals Auswirkungen an ganz anderen, zunächst vielleicht unerwarteten Stellen. Der eingeschlagene Entwicklungspfad ist daher zum einen nicht in allen Details eindeutig vorhersagbar, und daher teilweise mit nur schwer abwägbaren Risiken verbunden. Vor allem aber ist der weitere Verlauf ganz entscheidend davon abhängig, an wie vielen Stellen und wie stark die Menschheit das Erdsystem manipuliert.

Wohin dieser Pfad im Menschenzeitalter langfristig führt, hängt also primär davon ab, wie gut unsere Gesellschaften es gemeinsam meistern werden, das Steuer bewusst in die Hand zu nehmen. Und mit Steuerung ist hier nicht etwa Ingenieurskunst gemeint, sondern vielmehr (neben der offensichtlichen Vermeidung von Schäden) die Bewahrung und Stärkung der natürlichen Widerstandskraft des Erdsystems gegenüber menschengemachten Klimaveränderungen und Klimafolgen. Diese Resilienz wird der Schlüssel sein, denn wir stehen am Scheideweg: Waren die ersten siebzig Jahre im Anthropozän der Auftakt zum Weg in eine Heißzeit, in einen gänzlich neuen Zustand des Erdsystems, der die Menschheit gewissermaßen auf einem neuen, unbekanntem Planeten aussetzen würde? Oder markiert dieser Auftakt den Übergang von einer unregelmäßigen Explosion menschlicher Eingriffe hin zur steuernden Übernahme von Verantwortung für den Planeten, der uns hervorgebracht hat?

Dieser Scheideweg erlaubt ab einem bestimmten Punkt keine Umkehr oder Abkürzung mehr. Das liegt daran, dass im Erdsystem etliche Kippunkte versteckt sind, die – einmal erreicht – Prozesse in Gang setzen, die sich nicht mehr aufhalten lassen. Prozesse, die massive globale Auswirkungen nicht nur auf uns Menschen, sondern auch auf andere Teile des Erdsystems haben, und im schlimmsten Fall sogar in einer Art Kettenreaktion weitere Kippelemente triggern können.

Ein Beispiel dafür ist das Abschmelzen des teilweise über drei Kilometer dicken Eispanzers auf Grönland. Sobald eine bestimmte Höhe der Eisoberfläche unterschritten wird, ist das Eis so warmen Temperaturen ausgesetzt, dass ein immer weiteres Abschmelzen nicht durch eine Stabilisierung, ja zunächst nicht einmal durch eine Reduzierung der globalen Mitteltemperatur erreicht werden kann. So ein Schmelzprozess dauert Jahrhunderte bis Jahrtausende, aber die Auswirkungen sind dann nicht mehr aufzuhalten: Dazu zählen die direkten Folgen (mehrere Meter Meeresspiegelanstieg), sowie die indirekten (Abschwächung der Atlantikzirkulation, die für Europa neben anderen Aspekten eine entscheidende Wärmezufuhr unterbrechen würde), und auch die weiterführenden Auswirkungen im Erdsystem (z. B. auf die Regennuster im Amazonasgebiet, welches auch ein Kippelement ist, vgl. 1.1, Fischer).

Dies ist ein Beispiel aus dem Klima, welches mit zu den wissenschaftlichen Begründungen dafür zählt, dass die 1,5 Grad-Grenze keine von der Politik gezogene imaginäre Linie ist, sondern vielmehr eine planetare Grenze, welche wir im Interesse unserer Nachkommen (und auch in unserem eigenen!) nicht überschreiten sollten.

Es gibt genau neun wohldefinierte planetare Grenzen dieser Art. Dazu gehören unter anderem die Integrität der Biosphäre, die Nährstoffkreisläufe von Stickstoff

und Phosphor, die Landnutzung und die Versauerung der Weltmeere. Nicht alle sind mit Kippelementen verknüpft, aber alle markieren entscheidende Wegmarken, Leitplanken also, die wir auf dem Pfad hin zu einer verantwortungsvollen Steuerung des Erdsystems im Sinne der Schadensvermeidung und Bewahrung von Resilienz beachten und respektieren sollten.

Die Menschheit muss sich also innerhalb dieser planetaren Grenzen entwickeln – die Explosion des frühen Anthropozäns muss eingehegt und in eine qualitative Entwicklung umgelenkt werden. Zu so einer Entwicklung zählt unbedingt auch die Berücksichtigung der Gerechtigkeit. Sicherheit wird es im Erdsystem nur dann geben, wenn diese Sicherheit für alle Menschen gleichermaßen gilt. Auch deshalb muss die Entwicklung innerhalb planetarer Leitplanken mit den nachhaltigen Entwicklungszielen Hand in Hand gehen.

Teil 2 und Teil 3 dieses Buches beschreiben sowohl konkrete Lösungen, die bereits umgesetzt werden (Teil 2, zum Beispiel Emissionshandel, 2.1) als auch konzeptionelle Lösungsvorschläge (Teil 3, zum Beispiel die Donut Ökonomie auf Basis der planetaren Grenzen, 3.1) als Ansätze für diesen Weg hin zu einer sicheren und gerechten Landung im Anthropozän. Technologie wird dabei sicher eine Rolle spielen – sei es in Form von Innovationen bei der Abscheidung von Kohlenstoffdioxid oder künstliche Intelligenz. Aber für die Utopien (Teil 4) einer sicheren und gerechten Zukunft ist die Grundvoraussetzung der gesellschaftliche Wille, das Ziel fest im Blick zu behalten und nicht vom Weg abzuweichen. Und die vielen bereits jetzt zur Verfügung stehenden Mittel auch tatsächlich zu nutzen.

Wir wissen genug, wir können genug. Wir müssen uns jetzt trauen, den richtigen Weg einzuschlagen.

Prof. Dr. Johan Rockström  
Potsdam-Institut für  
Klimafolgenforschung, Universität  
Potsdam

---

## Geleitwort von Orsola de Castro

Clothes have something to do with everything, and with everyone, every day.

Whether you grab your outfit without thinking just to throw something on, or enjoy spending time planning it the night before, every single one of the clothes and accessories you choose to wear carries a story. And I don't just mean the stories you've lived while wearing them, I mean the stories of the animal or vegetable yarns used to knit or weave them, of the fabrics, of the factories they came from, and the people who made them.

Today's clothing industry is one of the most polluting and socially exploitative of all industries, a gigantic sequence of supply chains intertwining into one massively opaque, toxic, and oppressive system, which nevertheless touches our bodies on a daily basis. It is deeply rooted in colonial practices, in the systemic and unchecked abuse of people and natural resources; it has grown and flourished from people's misery while inflicting continuous harm to our planet.

The wealth it promised never turned into prosperity for all, and this excessive proliferation of products has turned abundance into catastrophic levels of waste.

Have you heard about planned obsolescence? The fashion industry was built on a system that deliberately designs breakages, and I am not just talking about badly sewn hemlines, but entire social and environmental structures and ecosystems.

At the same time, a large-scale industry that touches almost 100% of the world's population has a big potential, and an equally big moral obligation, to put its wrongs right, as we, their customers, the wearers of clothes, have an opportunity to make considerate improvements to our habits and lessen our fashion footprint.

There are periods in history that are so pivotal, they require immediate action, and we are in the midst of one of these periods right now. As a species, we are all potential victims of an environmental and social disaster we weren't quick enough to remedy, but, because of increased public awareness, we are also seeing a monumental shift pushing for radical change.

Fashion Revolution (the organization I co-founded in 2013) has grown into a global movement with teams in over 80 countries worldwide, each campaigning for changes that will empower their local communities, sharing valuable knowledge and accurate information so that we collectively can do what we can to practice, or advocate, for a fair and just fashion industry.

In today's scenario, mainstream brands greenwash at every opportunity; we are witnessing first-hand the environmental impact of mass-production turning into accelerated disposal (the Atacama Desert in Chile and the landfills in Ghana a stark reminder of how we dump our unwanted clothes, often made with synthetic materials which will take centuries to decompose); we know that fashion supply chain workers are exploited and underpaid, and that human rights abuses are going unchecked.

In Fashion Revolution's 2023 edition of our Fashion Transparency Index (first published in 2013) we have seen that:

- The climate crisis is growing in intensity and urgency but 94% of major fashion brands still don't disclose what fuel is used in the manufacturing of their clothes.
- The overwhelming majority (99%) of major fashion brands still do not disclose the number of workers in their supply chains being paid a living wage.
- On the whole, the global fashion industry has made unimpressive progress on transparency with major fashion brands achieving an overall average score of 26%, up just 2% from the previous year.

There is absolutely no excuse anymore. We all have to do what is required of us as people, in companies, governments, education, communities, the media, and at home, to challenge the status quo and create a sustainable and ethical industry. We can't do this without information, and we can't access verifiable, comparable and understandable information without transparency and public disclosure. And we can't do it without the impetus to care, and the willingness to become, all of us, a part of the solution, just as we are, as clothes wearers, a part of the fashion supply chain.

We should be made to feel responsible for every piece of clothing we own, and that responsibility includes good care in its lifespan. We have to radically

---

reconsider our values and place respect, for natural resources and for each other, before every deed and every process.

We all have the opportunity to engage emotionally with the clothes that are already in our wardrobes, to think about our life within those clothes, to choose them as our companions, not just for one wear, but for as long as possible, maybe even for a lifetime, maybe even for another lifetime after yours.

After all, the only way out of a throwaway society is to keep.

Orsola de Castro  
Co-Founder and Creative Director  
Fashion Revolution & Associate  
Visiting Professor for the Arts  
and Creative Industry at Middlesex  
University

---

## Geleitwort von Prof. Dr. Oliver Zielinski

Wir wissen, dass weder das Meer noch andere Naturräume unendlich sind, sondern dass die Erde ein geschlossenes System ist und alle ihre Ressourcen begrenzt sind. Wer mit diesen knappen Ressourcen seine Existenz langfristig gestalten will, muss sich in seinem Verbrauch innerhalb des Korridors bewegen, den das System Erde zur Verfügung stellt – kurzum, wir müssen nachhaltig handeln. Dabei ist der Einfluss des Menschen auf seine Umwelt zu einer Dimension angewachsen, die den Planeten als Ganzes betrifft. Und an dieser Entwicklung haben technologische Innovationen entscheidend mitgewirkt.

Angesichts der globalen Herausforderungen unserer Zeit, insbesondere in Bezug auf schwindende Ressourcen, steigende Naturgefahren und einen rasant fortschreitenden Klimawandel, stellt sich mehr denn je die Frage: Was kann das „Werkzeug KI“ zum Umweltschutz beitragen? KI ist eine Querschnittstechnologie – geschaffen, um Muster in komplexen Daten zu erkennen, aus diesen Daten zu lernen und das Gelernte durch flexible Anpassung zur Erreichung bestimmter Ziele einzusetzen. KI birgt Risiken, aber auch Chancen für den Umweltschutz und den Wandel unserer Gesellschaft hin zu ökologischer, sozialer und wirtschaftlicher Nachhaltigkeit.

Werfen wir zunächst einen Blick auf den Schutz der Umwelt durch den Einsatz von KI. Anwendungen, die die oben genannten Herausforderungen adressieren, gibt es bereits heute. In vielen Fällen handelt es sich dabei um Ansätze des maschinellen Lernens, die große unstrukturierte Datensätze aus modernen Erdbeobachtungssystemen auswerten und Informationen für menschliche Entscheidungsprozesse schneller bereitstellen. Es entstehen digitale Bilder



und Zwillinge natürlicher Systeme, die das Testen umfangreicher Szenarien als Grundlage für informiertes Handeln ermöglichen.

In einer Welt mit begrenzten Ressourcen ist der Übergang von einer linearen Ökonomie zu einer umfassenden Kreislaufwirtschaft die einzige Möglichkeit, um Produktion und Verbrauch nachhaltig zu gestalten. Diese Kreislaufwirtschaft ist komplexer, wandelbarer und durch mehr Zielkonflikte gekennzeichnet als die lineare Wirtschaft. Mit ihrer Fähigkeit, komplexe Prozesse zu optimieren und zu automatisieren, ist die KI ein „enabler“, eine Technologie, die einen großen Schritt vorwärts in diesem Übergang ermöglicht. Klassische Anwendungsfelder für KI-Algorithmen finden sich vor allem in den Bereichen Land- und Abfallwirtschaft, Energie und Mobilität. Sie sind durch eine zunehmende Anzahl von Akteuren und dezentralen Strukturen gekennzeichnet, deren wachsende Komplexität herkömmliche Ansätze zur Vorhersage und Steuerung übersteigt. KI ermöglicht es, die Sicherheit von Systemen zu erhöhen und deren Effizienz zu verbessern.

Aber auch der Aspekt des Nachhaltigkeitspotenzials innerhalb der KI sollte nicht außer Acht gelassen werden, da die meisten KI-Anwendungen nicht in einem ökologischen Kontext zu finden sind. Der Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien soll sich bis 2030 gegenüber heute Schätzungen zufolge verdreifachen. Künstliche Intelligenz wird dabei eine wichtige Rolle spielen, sowohl im Cloud- als auch im Edge-Computing, dem Teil, dem durch verteilte autonome Systeme und das Internet der Dinge ein exponentielles Wachstum vorausgesagt wird. Diese Trends erfordern ein Umdenken in der KI-Entwicklung, weg von der „roten“ KI hin zu einer nachhaltigeren, „grünen“ KI. Die Farbtheorie von grüner und roter KI ist nicht politisch zu verstehen, sondern orientiert sich an der von Roy Schwartz und Co-Autoren im Jahr 2020 veröffentlichten Arbeit zu „Grüner KI“ und der dort formulierten Behauptung, dass grüne KI den ökologischen Fußabdruck der KI reduziert und ihre Inklusivität fördert. „Rote KI“ steht dort für den wachsenden Rechenbedarf immer größerer KI-Modelle und die damit verbundenen Kohlenstoffemissionen sowie die zunehmenden Barrieren beim Zugang zu Daten, Rechenkapazität und (vor-)trainierten Modellen.

Die Übertragung von Forschungsergebnissen in innovative Lösungen, die eine breite Wirkung haben, ist manchmal schwierig. Dies ist kein einzigartiges Problem ökosystemorientierter KI, aber es betrifft sie umso mehr, als die kommerziellen Möglichkeiten gemeinwohlorientierter Technologieansätze in der Regel geringer sind und daher die notwendigen kapitalintensiven Schritte zum „scale-up“ nicht stattfinden. KI für den Umweltschutz verliert sich dann in

kontrollierten Laborumgebungen mit begrenzten Datensätzen und Forschungsprototypen. Eine Möglichkeit, hier Abhilfe zu schaffen, sind Reallabore, in denen umweltorientierte KI-Anwendungen in einem gemeinsamen Prozess von Akteuren aus Wissenschaft und Zivilgesellschaft in realen Kontexten entwickelt und evaluiert werden.

Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Transformation der Gesellschaft und Wirtschaft brauchen wir einen realistischen und aufgeklärten Umgang mit dem neuen „Superwerkzeug“. Was kann KI, was kann sie nicht? Die Beiträge dieses ersten Buchbandes der Reihe „Regenerative Zukünfte und künstliche Intelligenz“ zeigen eindrucksvoll die Herausforderungen auf dem Weg zur Erreichung ökologischer Nachhaltigkeitsziele – und was noch wichtiger ist: sie zeigen auch mögliche Lösungen auf. Die Autor:innen entwerfen Erzählungen und Konzepte, schaffen Visionen und Utopien. Kann KI unseren Planeten retten? Oder ist sie ein weiterer Beschleuniger von Wachstumsmustern jenseits der ökologischen Nachhaltigkeit? Die Antwort auf diese Frage liegt, wie bei allen technologischen Errungenschaften, in unseren Händen.

Prof. Dr. Oliver Zielinski  
Direktor des Leibniz-Instituts für  
Ostseeforschung Warnemünde (IOW),  
ehemaliger Sprecher des  
DFKI-Kompetenzzentrums KI für  
Umwelt und Nachhaltigkeit  
(DFKI4planet)

---

# Vorwort

Sehr geehrte Leser:in,

wir freuen uns, dass Sie sich für dieses Buch interessieren! In diesem Vorwort möchten wir Ihnen einen Einstieg ins Thema, den Aufbau des Buchs sowie einen Ausblick auf die Beiträge geben.

---

## **Zwei Megatrends fordern die Menschheit heraus**

Nachhaltigkeit und Digitalisierung sind zwei der wirkmächtigsten Metatrends unserer Epoche, daran besteht für uns als Herausgeberinnen und Herausgeber kein Zweifel. Allerdings sieht sich die Menschheit im Zuge dessen auch mit scheinbar unüberwindbaren Herausforderungen konfrontiert, die viele von uns nicht ohne Grund überfordern. Mit diesem dreiteiligen Sammelband möchten wir Ihnen umfangreiche Einblicke in die Wissenschaft, Unternehmen, Nichtregierungsorganisationen und öffentliche Einrichtungen geben, die sich intensiv mit Nachhaltigkeit befassen – und stets die Frage stellen: Wie können wir die gigantischen Herausforderungen unserer Zeit lösen?

Über Jahrzehnte, wenn nicht gar Jahrhunderte, hat die Menschheit vielfältige Schäden an der Umwelt mit weitreichenden Folgen für Teile der Gesellschaft in Kauf genommen, während ein kleiner Teil unermüdlich an innovativen Lösungsansätzen geforscht und realisiert hat, um den Lebensstandard der Menschen zu verbessern. Ob durch medizinische Errungenschaften wie die Entdeckung der Antibiotika oder Entwicklung bildgebender Diagnosegeräte wie Röntgen oder MRT, ob durch effiziente Fortbewegungsmöglichkeiten, um weltweiten Handel und touristische Reisemöglichkeiten zu schaffen, oder durch soziale und politische Innovationen, die das Zusammenleben einer wachsenden Weltbevölkerung angenehmer und partizipativer zu gestalten. So ist die Geschichte der Menschheit immer auch eine Geschichte der Zuversicht und der Verbesserungen durch Innovation, die maßgeblich durch unternehmerische Persönlichkeiten geprägt wurde; gleichwohl erodiert das klassische Fundament der Wirtschaft im Angesicht der erwähnten Herausforderungen. Dieser Sammelband soll dazu dienen, die Hoffnung in eine lebenswerte Zukunft zu bestärken und somit erfolgversprechende Lösungsansätze und nachhaltige Gemeinschaften zu stärken – nicht zuletzt, nachdem die Corona-Pandemie die Welt nachhaltig verändert hat.

Aktuelle Entwicklungen in der Forschung und Anwendung künstlicher Intelligenz (KI) lassen den Schluss zu, dass einige der weltweiten Herausforderungen mithilfe von Innovationen besser bewältigt werden können als zuvor. Einige der Beiträge in diesem Sammelband stellen neuartige Lösungsansätze vor oder diskutieren die Vor- und Nachteile der Technologie. Doch technologische Lösungen fallen nicht vom Himmel, sie müssen erprobt, weiterentwickelt und – im Fall von KI – beaufsichtigt werden. Ob KI die ökologischen Probleme in den Griff bekommen kann, diskutieren einige Beiträge in diesem Buch; einige liefern auch konkrete Handlungsempfehlungen für Organisationen, die sich dem Thema im Nachhaltigkeitskontext nähern.

## 17 Ziele für Nachhaltigkeit

Infolge des Klimawandels, der maßgeblich durch menschliche Eingriffe in Ökosysteme verschärft wird, steht die Menschheit vor einer beispiellosen, globalen Herausforderung. Keine Region wird von den Auswirkungen der Klimakrise verschont bleiben. Und, wie unsere Autor:innen in zahlreichen Beiträgen zeigen werden, das Problem ist vielschichtiger als es normalerweise in der Öffentlichkeit diskutiert wird, denn: Nachhaltigkeit ist mehr als Umweltschutz.

Ein Orientierungspunkt für jede Beschäftigung mit dem Klimawandel und möglichen Lösungsansätzen sind die Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (kurz SDG, engl. Sustainable Development Goals, s. Abb. 1). Diese 17 Ziele veranschaulichen die Komplexität der Nachhaltigkeit, denn alle Einzelziele sind wechselseitig miteinander verwoben und beinhalten darüber hinaus jeweils Unterziele, sodass wir insgesamt von 231 SDG-Indikatoren sprechen.<sup>1</sup> Im jährlichen SDG-Report stellen die Vereinten Nationen detaillierte Messungen zu jedem der Indikatoren zusammen und arbeiten sowohl Fort- als auch Rückschritte heraus.<sup>2</sup> Für Deutschland erhebt das Statistische Bundesamt zusammen mit der Bundesregierung auf [www.sdg-indikatoren.de](http://www.sdg-indikatoren.de) den aktuellen Stand der Umsetzung.

---

<sup>1</sup> United Nations Statistics Division Development Data and Outreach Branch (2023): SDG Indicators Global indicator framework for the Sustainable Development Goals and targets of the 2030 Agenda for Sustainable Development, URL: <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/indicators-list/> (Zugriff: 24.07.2023).

<sup>2</sup> s. United Nations (2023): The Sustainable Development Goals Report 2023: Special Edition, URL: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/> (Zugriff: 24.07.2023).



**Abb. 1** Die 17 SDG-Symbole der Vereinten Nationen, eingesetzt auf der SDG-Online Plattform für Deutschland. (Quelle: [www.sdg-indikatoren.de](http://www.sdg-indikatoren.de))

Um das Trendwort „Nachhaltigkeit“ zu relativieren, haben wir uns für einen anderen Titel entschieden: „Regenerative Zukünfte“. Damit werden zwei neuartige Konzepte direkt auf dem Titelblatt adressiert. Es geht vielmehr um die Regenerationsfähigkeit ökologischer und sozialer Systeme. Wir Menschen müssen verinnerlichen, dass unser Handeln Auswirkungen auf Umwelt und Lebewesen hat und wir nur insofern eingreifen dürfen, dass die Fähigkeit der Systeme zur eigenen Wiederherstellbarkeit nicht verloren geht. Der möglicherweise ungewohnte Plural von „Zukunft“ spricht eine in der Zukunftsforschung weit verbreitete Erkenntnis an: Zukunft existiert nicht im Singular, sondern ist grundsätzlich durch die Gleichzeitigkeit nahezu unendlicher Szenarien vorhanden. Dieser Sammelband betrachtet insofern einen Korridor vieler möglicher Zukunftsaussichten und spitzt diese im vierten Kapitel sogar so weit zu, dass nur positive Zukunftsbilder erlaubt sind. Denn wir gehen davon aus, dass Sie sich als interessierte:r Leser:in bereits mit den beunruhigenden, teils dystopischen Zukünften beschäftigt haben. Nun ist es Zeit für erstrebenswerte Perspektiven, die ihrerseits einen Sog in die richtige Richtung erzeugen sollen.

---

## Drei Säulen der Nachhaltigkeit

Diese Veröffentlichungsreihe erscheint in drei Teilen mit jeweils einem inhaltlichen Schwerpunkt. Dies ist der erste (PLANET) von drei Bänden, welche wir nach dem Drei-Säulen-Modell<sup>3</sup> der Nachhaltigkeit (engl. triple bottom line) aufgeteilt haben – Dopplungen intendiert:

1. PLANET: Hier geht es um die ökologische Dimension der Nachhaltigkeit, in der vor allem Umweltaspekte eine Rolle spielen. Dieser erste Band umfasst vor allem Beiträge, die sich explizit oder implizit auf SDGs aus dieser Dimension beziehen. Das sind also die Ziele 6 (Sauberes Wasser und sanitäre Einrichtungen), 11 (Nachhaltige Städte und Gemeinden), 13 (Klimaschutz und Anpassung), 14 (Leben unter Wasser) und 15 (Leben an Land). Diese Dimension ist die Grundlage für alles weitere, weshalb wir sie auch als Start in diese Veröffentlichungsreihe gewählt haben.

---

<sup>3</sup> Ursprünglich entwickelt von der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“ im „Konzept Nachhaltigkeit. Vom Leitbild zur Umsetzung“, Deutscher Bundestag, 13. Wahlperiode, Drucksache 13/11200 vom 26.06.1998, URL: <https://dserver.bundestag.de/btd/13/112/1311200.pdf> (Zugriff: 24.07.2023).

2. PEOPLE: Hier geht es um die soziale Dimension der Nachhaltigkeit, in der vor allem Gesellschaftsaspekte eine Rolle spielen. Der zweite Band dieser Reihe umfasst vor allem Beiträge, die sich mit den SDG 1 (Keine Armut), 2 (kein Hunger), 3 (Gesundheit und Wohlergehen), 4 (Chancengerechte und hochwertige Bildung), 5 (Geschlechtergleichheit), 7 (Bezahlbare und saubere Energie), 11 (Nachhaltige Städte und Gemeinden) und 16 (Frieden, Recht und starke Institutionen) beschäftigen. Die menschliche Welt hängt unmittelbar von der ökologischen ab, weshalb wir sie als zweiten Teil dieser Reihe gewählt haben.
3. PROFIT: Hier geht es um die ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit, in der vor allem Wirtschaftsaspekte eine Rolle spielen. Der dritte Band dieser Reihe umfasst vor allem Beiträge rund um die SDG 8 (Gute Arbeit und Wirtschaftswachstum), 9 (Industrie, Innovation und Infrastruktur), 10 (Weniger Ungleichheiten) und 12 (Nachhaltiger Konsum und Produktion). Die wirtschaftliche Sphäre kann nicht ohne ein intaktes Ökosystem und stabile Gesellschaften existieren, weshalb die dritte Veröffentlichung dieser Reihe sie in den Fokus stellt.

Das 17. Nachhaltigkeitsziel (Partnerschaft zur Erreichung der Ziele) ist keinem der drei Bände explizit zuzuordnen und kommt in vielen Beiträgen direkt oder indirekt zum Tragen. Selbstverständlich behandeln viele Beiträge mehrere Nachhaltigkeitsziele oder lassen sich nicht eindeutig einzelnen Zielen zuordnen; der Anspruch der Bände ist vielmehr, einerseits einen übergeordneten Blick auf Nachhaltigkeit zu vermitteln und andererseits einzelnen Zielgruppen eine Hilfestellung anzubieten.

---

## **Vier Kapitel für den Aufbau des Buchs**

Dieser Band gliedert sich in vier Kapitel:

1. Herausforderungen: Die Beiträge in diesem Kapitel behandeln die drängendsten Probleme der ökologischen Nachhaltigkeitsdimension und werfen sowohl theoretische als auch anwendungsbezogene Perspektiven auf die entscheidenden Fragen der Nachhaltigkeit. Dieses Kapitel enthält tendenziell sehr fachliche Beiträge.



2. Lösungsansätze: In diesem Kapitel drehen sich die Beiträge um konkrete Lösungsansätze, die oft von den Autor:innen selbst entwickelt und/oder vorangetrieben werden. Diese Beiträge sind in der Regel sehr anwendungsbezogen und allgemeinverständlich.
3. Konzepte: Dieses Kapitel wirft die Perspektive auf konzeptionelle, oft eher globale Ideen und Betrachtungen, wie ökologische Nachhaltigkeit erreicht werden kann. Diese Beiträge sind sehr unterschiedlich in Form und Stil.
4. Konkrete Utopien: Das Buch wird abgerundet durch positive Ausblicke in die Zukunft, die einerseits visionär, andererseits auch potenziell erreichbar sein könnten – vorausgesetzt, die Menschheit entschließt sich zu beherztem Handeln. Einige Utopien sind narrativ als Erzählungen beschrieben, einige eher sachlich beschrieben. Alle eint die Zuversicht auf das Jahr 2050.

In kurzen Einleitungen in die Kapitel geben wir aus Sicht der Herausgebenden einen Überblick über die Themen und blinden Flecken der Beiträge, abschließend fassen wir in einer kurzen Reflexion das Wichtigste zusammen.

---

## Über die Herausgebenden

Die Idee zu diesem Dreiteiler hatte Kai Gondlach Anfang 2022. Zuvor hatte der renommierte Zukunftsforscher, Soziologe, Politik- und Verwaltungswissenschaftler einen Sammelband bei Springer Gabler über „Arbeitswelt und KI 2030“ herausgegeben und nicht nur Freude am Prozess, sondern vor allem Freude angesichts der erfolgreichen und nachhaltigen Verbreitung des Werks, das inzwischen auch auf Englisch übersetzt wurde. Als nächstes wollte er sich noch stärker mit seinem Herzensthema, dem Klimawandel, befassen und schlug dem Springer-Verlag ein Konzept für dieses Buch vor, das Sie nun in der Hand halten. Wenig später wurde der Zuschlag erteilt. Doch klar war auch, dass ein derart großes Thema oder vielmehr: zwei derart große Themen, Nachhaltigkeit und KI, durch eine Person nicht zu bewältigen waren. Also suchte er sich Unterstützung und fand schnell Zuspruch der drei Mitherausgeber:innen. Gemeinsam haben die vier in vielen tausend Telefonaten, Video-Calls und E-Mails die fast 200 Autor:innen angesprochen, von der Idee überzeugt und im Prozess begleitet.

Julia Plath ist studierte Biologin und Geographin mit dem Titel Master of Education und berufsbegleitend im Masterstudiengang ZukunftsDesign involviert. Zurzeit arbeitet sie als Projekt- und Marketingmanagerin am TransMarTech Schleswig-Holstein in Kiel, wo sie im maritimen Inkubator Akteuren aus Forschung und Wirtschaft Innovationstechniken für technologiebasierte Lösungen

u. a. in Hackathons vermittelt. Birgit Brinkmann ist eine erfahrene Account Portfolio Managerin bei einer internationalen Unternehmensberatung. Sie befasst sich außerdem intensiv mit Nachhaltigkeitsstrategien und der Geschäftsentwicklung, wobei ihr Schwerpunkt auf der Kreislaufwirtschaft liegt. Mark Brinkmann, ist studierter Wirtschaftsinformatiker und Inhaber eines Master of Business Administration. Er verantwortet bei der Schwarz IT, dem IT-Dienstleister der Schwarz Gruppe, Europas größtem Handelsunternehmen, alle nicht-handelsbezogenen Künstliche Intelligenz Themen.

Wir wünschen Ihnen eine inspirierende und erkenntnisreiche Lektüre sowie die Motivation, anschließend regenerative Zukünfte mitzugestalten.

Ihre Herausgeber:innen

Kai Gondlach, Julia Plath, Birgit Brinkmann und Mark Brinkmann  
im Frühjahr 2024 in Leipzig, Schwentinal bei Kiel, Heilbronn

---

## Danksagung

Nach etwa zwei Jahren harter Arbeit neben Vollzeitjobs und Familie sind wir glücklich und stolz, ein so umfangreiches Werk mit internationaler Expertise und Renommée entwickelt zu haben. Wir möchten uns ausdrücklich bei einigen Personen bedanken, ohne die dieses Projekt nicht hätte realisiert werden können. Allen voran sind dies die hunderten Autor:innen aus aller Welt, die sich für die Veröffentlichungsreihe begeistert und herausragende Beiträge aus ihrer theoretischen und praktischen Arbeit im Nachhaltigkeitskontext aufgeschrieben haben. Enno W. Steffens hat insbesondere zu Projektbeginn in zahlreichen Gesprächen mit uns die Inhalte geschärft und war Impulsgeber als international vernetzter UNSDG-Advokat. Elisabeth Gondlach hat einen nennenswerten Teil der Beiträge korrekturgelesen und so die sprachliche und formelle Qualität vieler Beiträge spürbar erhöht. Frank Schindler hat als unser Cheflektor bei Springer VS nicht nur geduldig unsere Fragen beantwortet, sondern auch diverse organisatorische Hürden genommen, um unser Vorhaben zu realisieren und eine bestmögliche Grundlage für die internationale Verbreitung zu schaffen. Herzlichen Dank!

**Randnotiz Lektorat**

Die Beiträge in diesem Sammelband sind so divers wie ihre Autor:innen. Deshalb haben wir keine Vorgaben hinsichtlich des Stils, der Zitierregeln oder des Gender Mainstreamings gemacht.

Kai Gondlach  
Birgit Brinkmann  
Mark Brinkmann  
Julia Plath

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Herausforderungen der ökologischen Nachhaltigkeitsdimension</b>	
<b>Biodiversität, Klimawandel und Lebensmittelversorgung: Drei mal Krise, mehr als eine Lösung</b> .....	3
Frauke Fischer	
<b>Klimawandel und Sicherheit: Einsatzfeld für künstliche Intelligenz</b> ...	13
Henning Riecke	
<b>Boden fürs Klima – Wieso Klimaschutz und Klimaanpassung eine bodenpolitische Herausforderung ist</b> .....	25
Thomas Hartmann	
<b>Digitale Zwillinge des Ozeans: Chance für eine zukunftssichere, nachhaltige Meeresentwicklung</b> .....	33
Martin Visbeck und Joana Kollert	
<b>Der Meeresspiegelanstieg: Anpassung und Klimakommunikation mit Beispielen der Ostseeküste</b> .....	43
Jana Koerth und Anna Lena Bercht	
<b>Berichterstattung über die Klimakrise: Warum Aufklärung so wichtig ist</b> .....	59
Norman Schumann	

<b>Transformationspfad Moor: Technologische Lösungen für eine nachhaltige Zukunft</b> .....	67
Ann Christin Kornelsen und Alexander Kornelsen	
<b>Pflanzenbasierte Ernährung und Nahrungsmittelalternativen gegen den Welthunger</b> .....	79
Moritz Möller	
<b>Energiewende und Energiekosteneinsparung in milchverarbeitenden Betrieben</b> .....	87
Lothar Abicht	
<b>Microfactories: Regionalisierung von Produktion am Beispiel der Textilbranche</b> .....	97
Katarina Winands, Kai Müller und Thomas Gries	
<b>Innovative Lösungen der ökologischen Nachhaltigkeitsdimension</b>	
<b>Emissionshandel: Vom unerkannten Problem zum innovativen Lösungstreiber am Beispiel ForTomorrow gGmbH</b> .....	113
Ruth von Heusinger	
<b>Global Solar Link (GSL) – 100 % Renewable Power to the World</b> .....	125
Ralf Leutz und Johannes Pohl	
<b>Künstliche Intelligenz und Datenvisualisierung für ein grünes und klimafreundliches München</b> .....	139
Stefanie Lämmle, Leon Lukas, Gregory Neumann und Laura Dornheim	
<b>Urbanes Rooftop-Farming der Zukunft</b> .....	149
Franz Pretenthaler und Sabine Marx	
<b>Kommunen als Schlüssel zur Umsetzung konkreter Klimaschutzziele</b> .....	169
Sebastian Krug und David-Willem Poggemann	
<b>Das neue Drees &amp; Sommer-Innovationsgebäude OWP12 – Eine Büroimmobilie nach Cradle to Cradle®</b> .....	183
Thomas Berner	
<b>Wie Weltraumtechnologien mithilfe von KI Nachhaltigkeitsbestrebungen unterstützen (Teil I)</b> .....	195
Birgit Weimert und Nadya Ben-Bekhti-Winkel	

<b>Wie Weltraumtechnologien mithilfe von KI Nachhaltigkeitsbestrebungen unterstützen (Teil II) .....</b>	<b>209</b>
Birgit Weimert und Nadya Ben-Bekhti-Winkel	
<b>Ressourcen schonen durch KI im Weinbau – geht das? .....</b>	<b>229</b>
Andreas Stutz, Jörn Strassemeyer, Jan-Philip Pohl, Frederik Braum, Oliver Trapp und Anna Kicherer	
<b>Sonar meets AI: Revolutionäre Ansätze in der Geisternetzearbeit .....</b>	<b>243</b>
Gabriele Dederer, Mareen Lee, Anne Röhling, Andrea Stolte, Stefanie Werner, Mia Schumacher, Crayton Fenn, Christian Howe, Wolfgang Frank, Finn Viehberg und Jochen Lamp	
<b>MicroBubbles: Der Gamechanger. Wie wir mit einer Sprunginnovation den Mikroplastikeintrag in unsere Meere senken ...</b>	<b>259</b>
Roland Damann	
<b>Der GreenTec Campus in Schleswig-Holstein: Innovation und Nachhaltigkeit am regionalen Campus .....</b>	<b>275</b>
Stefanie Steible und Marten Jensen	
<b>Ireland’s Data Centre Energy Question: How the Planet can Solve a very Human Problem .....</b>	<b>289</b>
Stuart Evers	
<b>Gamification: Spielerisch gegen die Klimakrise .....</b>	<b>305</b>
Ben Lenk-Ostendorf	
<b>Konzepte zur Erreichung von Entwicklungszielen der ökologischen Nachhaltigkeitsdimension</b>	
<b>Donut-Ökonomie: Ein holistisches Konzept für regenerative Zukünfte .....</b>	<b>321</b>
Kai Gondlach	
<b>Digitalisierung – Enabler oder Stolperstein für Klimaschutz in Unternehmen? .....</b>	<b>331</b>
Lara Waltersmann	
<b>The Future of Industry 5.0: A Comprehensive Reflection on Sustainable Industrial Evolution .....</b>	<b>341</b>
Michael Rada und Achim Schaller	

---

**Konkrete Utopien regenerativer Zukünfte 2050 innerhalb der ökologischen Nachhaltigkeitsdimension**

<b>„Stellen Sie sich vor, es geschieht ein Wunder“</b> .....	353
Felix Peter	
<b>Technikoptimismus</b> .....	361
Rafael Laguna de la Vera und Thomas Ramge	
<b>LEISURE &gt; Work</b> .....	367
Birthe Menke	
<b>What About Us? And Our Sole Planet in 2050?</b> .....	373
Achim Schaller	
<b>Abschlussworte der Herausgebenden</b> .....	385

---

## Autorenverzeichnis

**Prof. Dr. Lothar Abicht** Themis Foresight, Senior Associate Scientist

**Dr. Nadya Ben-Bekhti-Winkel** Fraunhofer INT

**Dr. Anna Lena Bercht** Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Geographie

**Thomas Berner** Drees & Sommer SE

**Roland Damann** MicroBubbles GmbH

**Gabriele Dederer** WWF Deutschland, Referentin für Geisternetze

**Dr. Laura Dornheim** Landeshauptstadt München, Leitung IT-Referat

**Orsola de Castro** Fashion Revolution & Middlesex University

**Rafael Laguna de la Vera** SPRIN-D/Bundesagentur für Sprunginnovation,  
Direktor der Agentur

**Stuart Evers** NEW RATIONALE, Managing Partner

**Crayton Fenn** Owner of Fenn Enterprises, specialized in the field of hydrographic surveys

**Dr. Frauke Fischer** Biodiversitätsexpertin, Autorin und Mitgründerin PERÚ PURO GmbH

**Wolfgang Frank** Inhaber der Tauchbasis Prora

**Kai Gondlach** PROFORE Gesellschaft für Zukunft mbH Leipzig



**Prof. Dr. Thomas Hartmann** Technische Universität Dortmund, Leiter des Lehrstuhls Bodenpolitik, Bodenmanagement und kommunales Vermessungswesen an der Fakultät Raumplanung

**Christian Howe** H<sub>2</sub>OWE – Natur und Wissenschaft, Forschungstaucher

**Marten Jensen** GreenTec Campus GmbH

**Dr. Anna Kicherer** Julius-Kühn-Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen

**Dr. Jana Koerth** Landeshauptstadt Kiel, Meeresschutzreferentin

**Joana Kollert** GEOMAR Helmholtz Zentrum für Klima- und Ozeanforschung in Kiel, Wissenschaftskommunikation, Ozeanzirkulation und Klimadynamik FE Physikalische Ozeanographie

**Alexander Kornelsen** Gründer:in der Mission to Marsh gGmbH

**Ann Christin Kornelsen** Gründer:in der Mission to Marsh gGmbH

**Dr. Sebastian Krug** Zeiten°grad – Kompetenz im Klimaschutz, Gründer

**Dr. Stefanie Lämmle** Landeshauptstadt München, Leitung InnovationLab

**Mareen Lee** WWF Deutschland, Projektmanagerin Websites & Apps

**Ben Lenk-Ostendorf** Technische Universität München, ProLehre

**Dr. Ralf Leutz** Co-CEO/CTO/Co-Founder at Concentrator Optics GmbH

**Sabine Marx** Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH

**Dr. Birthe Menke** University of Southern Denmark, PhD fellow in sustainable tourism development

**Moritz Möller** Veganz AG, Chief Marketing Officer (CMO)

**Kai Müller** RWTH Aachen, Lehrstuhl für Textilmaschinenbau und Institut für Textiltechnik

**Dr. Felix Peter** Psychologists For Future

**Prof. Dr. Johannes Pohl** Gründer von PEOPEX Beratung, IU Internationale Hochschule, Professor für Wirtschaftsingenieurwesen am Standort München

**Dr. David Poggemann** Zeiten°grad – Kompetenz im Klimaschutz, Gründer

**Franz Pretenthaler** Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH

**Michael Rada** Gründer Industry 5.0, Tschechien

**Dr. Thomas Ramge** SPRIN-D/Bundesagentur für Sprunginnovation, Wissenschaftsjournalist an den Schnittstellen von Technologie, Ökonomie und Gesellschaft

**Dr. Henning Riecke** Bundesakademie für Sicherheitspolitik

**Prof. Dr. Johan Rockström** Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Universitäten Stockholm, Potsdam, Gent und Amsterdam, Conservation International

**Anne Röhling** Online-Journalistin, Freelancerin

**Achim Schaller** moraleda – E-Learning 4.0 GmbH, Geschäftsführer

**Mia Schumacher** GEOMAR Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung in Kiel, Geoscientist specialised in Geoinformatics and Data processing/data science

**Dr. Norman Schumann** KLIMA<sup>o</sup> vor Acht, politisch unabhängige Initiative

**Ulrike Schweizer** Drees & Sommer SE

**Stefanie Steible** GreenTec Campus GmbH

**Andrea Stolte** WWF Deutschland, scientific interest in marine ecology is marine pollution, especially plastic pollution

**Andreas Stutz** Besitzer Ökoweingut Stutz

**Sabrina Stutz** Besitzerin Ökoweingut Stutz

**Dr. Finn Viehberg** WWF Deutschland, Leiter Büro Stralsund

**Prof. Dr. Martin Visbek** GEOMAR Helmholtz Zentrum für Klima- und Ozeanforschung in Kiel, Ozeanograph und Klimaforscher, Leiter Ozeanzirkulation und Klimadynamik FE Physikalische Ozeanographie

**Ruth von Heusinger** Gründerin ForTomorrow gGmbH

**Dr. Lara Waltersmann** Fraunhofer IPA

**Dr. Birgit Weimert** Fraunhofer INT

**Stefanie Werner** Umweltbundesamt Deutschland

**Katarina Winands** RWTH Aachen, ITA Institut für Textiltechnik

**Prof. Dr. Oliver Zielinski** Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde