

Perspektiven ökologischer Transformation im digitalen Zeitalter

Masterarbeit

Zur Erlangung des akademischen Grades
Master of Arts der RWTH Aachen University

Vorgelegt am Institut für Politische Wissenschaft der philosophischen Fakultät der RWTH
Aachen University

Erstgutachter: Professor Dr. Ralph Rotte
Zweitgutachter: Dr. Raphaela Kell

vorgelegt
von
Anna Eva Andersen

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	3
1 Einleitung	5
1.1 Problemstellung	7
1.2 Forschungsstand und Untersuchungsverlauf	9
1.3 Forschungsperspektiven zu Digitalisierung und Nachhaltigkeit	12
2. Zum Nachhaltigkeitsverständnis	14
2.1 Die Ära des Anthropozäns.....	16
2.2 Auswirkungen des Wirtschaftswachstums auf die Umwelt	18
2.3 Umweltpolitische Implikationen	23
3 Gestalt und Content der Digitalisierung	27
3.1 Digitale Tools und Anwendungen	31
3.2 Die neue Auflösung der Gesellschaft	37
4 Effekte der Digitalisierungswelle auf die Umwelt.....	41
4.1 Bewertungskriterien der Nachhaltigkeit im digitalen Kontext.....	43
4.2 Nachhaltigkeitsdefizite der Digitalisierung	46
5 Die ökologischen Potentiale digitaler Transformation.....	48
5.1 Effizienz und Konsistenz als Kernelemente der industriellen Ökologie.....	50
5.2 Kommunikationsmittel einer digitalen Innovationskultur	56
5.3 Neue Energiestrukturen und ihre Nutzung in der digitalen Sphäre	60
5.4 Verknüpfung von Energieverbrauch und neuen Nutzungsmustern	63
5.5 Die kollaborative Ära.....	66
6 Auswertung der nachhaltigkeitsorientierten Potentiale der Digitalisierung	71
6.1 Nachhaltigkeitsstrategien der Ökoeffizienz und Konsistenz	72
6.2 Die ökologische Bedeutung kollaborativer Commons.....	77
6.3 Entkopplung vom quantitativen Wirtschaftswachstum	81
7 Konklusion und Ausblick	86
Literaturverzeichnis.....	90

Abkürzungsverzeichnis

BCG	Boston Consulting Group
BDI	Der Bundesverband der Deutschen Industrie e.V.
BMI	Das Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat
BMWI	Das Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie
BVDW	Das Bundesverband Digitale Wirtschaft
CBD	Convention on Biological Diversity
DDT	Dichlordiphenyltrichlorethan
DENA	Deutsche Nachrichtenagentur
EEA	European Environment Agency
GBO	Global Biodiversity Outlook
GeSi	Global e-Sustainability Initiative
GHG	Greenhouse Gas
IAEA	International Atomic Energy Agency
IBM	International Business Machines Corporation
ICT	Information and Communications Technology
IDMC	Internal Displacement Monitoring Centre
IEA	International Energy Agency
IML	Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik
IoE	Internet of Energy
IoT	Internet of Things
IPCC	The Intergovernmental Panel on Climate Change
IPMC	International Displacement Monitoring Centre
ISE	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme
IT	Informationstechnik
ITK	Informations- und Telekommunikationstechnologien
IUGS	International Union of Geological Sciences
KI	Künstliche Intelligenz
LANUV	Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW
MIT	Massachusetts Institute of Technology

MOOC	Massive Open Online Course
OICA	Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles
SBD	Secretariat of the Convention on Biological Diversity
SDJ	Sustainable Development Goals
UBA	Das deutsche Umweltbundesamt
UN	United Nations
UNEP	International Resource Pane
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development
WBGU	Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen
WCED	World Commission on Environment and Development
WGBU	Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen

1 Einleitung

Die *Z1* gilt als der erste Computer der Welt, der bereits 1936 den Beginn des Computerzeitalters eingeleitet hat. Bei diesem Modell handelt sich um eine frei programmierbare mechanische Rechenmaschine, die der gebürtige Berliner Konrad Zuse gebaut hat. Noch nie zuvor hat eine Maschine mit binären halblogarithmischen Zahlen gearbeitet. Nur fünf Jahre später folgte das Modell *Z3*, das bereits „die erste voll funktionsfähige, vollautomatische, programmgesteuerte und freiprogrammierbare Rechenanlage – ein Prototyp des modernen Computers“ war (Technikmuseum 2019). Entgegen der weit verbreiteten Auffassung über die US-amerikanische Herkunft des ersten Computers, gilt Deutschland als die historische Wiege der digitalen Revolution. Nur 60 Jahre später gelingt es dem ersten *IBM-Computer Deep Blue* den Sieg gegen mehrfachen Schachweltmeister Garry Kasparov davonzutragen. Die Tragweite des digitalen Wunders lässt sich anhand von eindrucksvollen Leistungen der Algorithmen illustrieren.¹ Bei der fachmedizinischen Diagnose und Patientenbehandlung leistet die künstliche Intelligenz (KI) *Watson* eine kompetente Assistenz. Autonom gesteuerte Fahrzeuge gehören nicht mehr zum Repertoire der Science-Fiktion-Szene, sondern sind bereits die Realität (Mayer-Schönberger/Ramge 2017: 136ff). Die sprachbasierten Programmsysteme schreiben literarische Texte, während einige besonders *musikalisch begabte* Codes bald das Genie der weltberühmten Komponisten wie Beethoven oder Tschaikowsky in den Schatten stellen werden (Williams et al. 2019). Neben den faszinierenden Triumphen innovationstechnischen Fortschritts reifen nicht nur die Fragen nach ethisch-moralischen Aspekten dieser Entwicklung, sondern auch nach den zivilgesellschaftlichen, wirtschaftspolitischen und vor allem ökologischen Herausforderung und Perspektiven dieser Entwicklung. Der aktuelle IPCC-Sonderbericht informiert über den wissenschaftlichen Kenntnisstand zu den Folgen der globalen Erwärmung um 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau, die für die planetarischen Ökosysteme ein besorgniserregendes Risiko darstellt (IPCC 2019: 453ff). Das große Ziel dabei ist, im Rahmen des *United Nations*-Programms zu *Sustainable Development Goals* (SDG) die Reduktion der Treibhausgasemissionen zu erzielen. In Anbetracht der umweltinduzierten Entwicklungsdynamik wäre hier die Perspektive einer digital-ökologischen Synergie denkbar. Die internationale wirtschaftspolitische Elite zweifelt nicht an der Umsetzbarkeit des ambitionierten Vorhabens, das die Einhaltung der bio-physischen Grenzen des Planeten mit technologischen Mitteln sichern soll (Fatheuer et al. 2015: 11-12).

Das Phänomen der Digitalisierung gilt als eine disruptive Innovation, die die Verschmelzung von komplexen Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) zu einem hochleistungsfähigen und automatisierten Mechanismus markiert. Das BMWI plädiert für die umgehende Ausgestaltung des digitalen Wandels, der mit der Hoffnung auf die Steigerung des Lebensqualitäts verbunden

¹ Als weiterführende Literatur eignet sich das Buch von Udo Küppers „Die Humanoide. Herausforderung. Leben und Existenz in einer anthropozänen Zukunft (2018).

wird. Die Chancen für Digitalisierung dürfen dabei nicht „verpasst werden“ (BMWI 2019/a). Die Welt soll der Logik der Technik folgen, indem jeder entlegenste Ort über einen Breitbandanschluss verfügen muss (Lange/Santarius 2018: 191-192). Aus diesem Grund wurde die Umsetzungsstrategie „Digitalisierung gestalten“ als Fortsetzung des politischen Leitkonzepts „Digitale Agenda 2014-2017“ im November 2018 von der Bundesregierung verabschiedet (vgl. ebd.). Die Leitidee der Strategie ist auf die Sicherung der ökonomischen Wettbewerbsfähigkeit und die Förderung von „Anwendungsmöglichkeiten von KI in allen Bereichen der Gesellschaft,“ die Wohlstand und Grundwerte sichert, ausgelegt. Ferner sollte „der Nutzen für Mensch und Umwelt“ in den Mittelpunkt gestellt werden (BMWI 2019/a). Allerdings wird in diesem Kontext nicht weiter ausgeführt, welchen konkreten Nutzen die IKT für die Umwelt mit sich bringen. An diese Divergenz möchte ich den Forschungsschwerpunkt anknüpfen und die Chancen und Risiken digitaler Technologien für die Umwelt herausarbeiten.

1.1 Problemstellung

Mit der Digitalisierung sind strukturelle Veränderungen von Lebens- und Arbeitsphilosophie sowie der Wirtschaftsweise verbunden. Vor diesem Hintergrund gehören Themen über die Zukunft digitaler Arbeitswelt, den Datenschutz und die Verwaltung von *Big Data*, neuen Gestaltungsmöglichkeiten der Produktions- und Dienstleistungsprozesse und der KI längst zum Alltag politischer, sozialer und wissenschaftlicher Debatten (Morozov 2013; Kucklick 2016; Mayer-Schöneberger/Ramger 2017). Die aktuellen Verordnungen werden dabei der Entwicklung kaum gerecht. Diese bestimmen heute vor allem die wirtschaftspolitische Zielrichtung, die in Bezug auf die drängenden umweltpolitischen Implikationen viel zu kurz greift (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 83ff). Mit der Digitalisierungsdebatte kommen Fragen über Fragen auf: Welche Wirkung üben die Mechanismen der Digitalisierung auf ökonomischer, sozialer und politischer Ebene der modernen Gesellschaft aus? Wird die Digitalisierung als politisch legitimes Mittel zur rigorosen Verfolgung von kapitalistischen Interessen instrumentalisiert? Kann die digitalisierte Welt ein Ort demokratischer Freiheit, globaler Gerechtigkeit und des allgemeinen Wohlstandes sein? Werden die digitalen Technologien die Menschheit auf die nächste Entwicklungsstufe der Zivilisation manövrieren? Die Untersuchungsmaterie ist facettenreich, komplex und dynamisch zugleich. Unzählige Akteure, Institutionen und Systeme stehen in „ständiger, fluktuierender Wechselwirkung“ zum Phänomen (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 26). Aus diesem Grund handelt es sich um einen Forschungsbereich, der immer stärker an Bedeutung gewinnt und dessen Expertise sich auf die Pfeiler der Umweltpolitik, Sozialökonomie und Naturwissenschaften stützen muss. Berücksichtigt man unterdessen, wie progressiv und wandelbar der Prozess von Digitalisierung ist, wird es für die Arbeit eine besondere Herausforderung sein, den analytischen Fokus auf seine Wechselverhältnisse zu richten.

Es ist offenkundig, dass die historische Zeitpunkt und damit verbundene Chance für den tiefgreifenden Wandel einmalig ist: Technologische Labore bringen intelligente und effiziente Lösungsansätze hervor, die sich verstärkt auf die Optimierung von Produktions- und Distributionsprozessen sowie Dienstleistungen konzentrieren. In Hinblick auf die ökologische Transformation entstehen Möglichkeiten zur Entkopplung der industriellen Wertschöpfung von Umweltschäden. Hier reifen neue Fragen heran, die die Antwort nach Veränderungselementen digitaler Technologien in Bezug die ökologische Nachhaltigkeit und die geltenden Wirtschaftsprinzipien suchen. Um eine scharfe Momentaufnahme des Sachbestands zu ermöglichen, wird es notwendig sein, die Relation zwischen der *Digitalisierung* und *Nachhaltigkeit* mit Hilfe von konkreten Anwendungsbeispielen darzustellen und diesen Zusammenhang aus sozial- und umweltpolitischer Perspektive zu beleuchten.

Vor diesem Hintergrund konzentriert sich die vorliegende Untersuchung auf den umweltpolitischen Kontext des neuzeitlichen Phänomens der Digitalisierung. Das

Hauptaugenmerk der Arbeit liegt auf der Herausarbeitung von Potentialen und Chancen digitaler Innovationen im Kontext nachhaltiger Entwicklung. Dafür werden die Nachhaltigkeitsdefizite und ökologischen Risiken digitaler Transformation identifiziert und kritisch bewertet. Die Analyse geht der Frage nach, welche Nachhaltigkeitseffekte der Digitalisierung Einfluss auf die Herausbildung von umweltverträglichen Handlungsmustern und zukunftsfähigen Lebensstilen nehmen und beantwortet die Leitfrage, ob und welche Digitalisierungsprozesse zur ökologischen Transformation beitragen. Das Arbeitsziel besteht weniger in der Präzisierung von umweltpolitischen Rahmenbedingungen oder einer Aufstellung von konkreten Steuerungsinstrumenten zur Lenkung und Flankierung von umwelt- und gerechtigkeitsorientierter Digitalisierung. Vielmehr wird die Aufgabe verfolgt, die Momentaufnahme der gegenwärtigen Entwicklung der Digitalisierung im umweltpolitischen Kontext zu vergegenwärtigen. Den Ausgangspunkt der Untersuchung bildet die Arbeitsthese, dass die moderne Gesellschaft grundlegender Veränderungen bedarf, die in der Entkopplung des Wirtschaftssystems vom Wachstum liegt, um einen ökologisch nachhaltigen, sozialgerechten und zukunftsfähigen Lebensraum zu schaffen.

Im Rahmen der Untersuchung werden, neben der ausführlichen Darstellung von Grundprinzipien technologischen Fortschritts, die Leitbilder nachhaltiger Entwicklung im digitalen Zeitalter vermittelt. Unter der Beobachtung und Bewertung sowohl ökonomischer als auch ökologischer Effekte digitaler Anwendungen und Tools² wird der fundierte Überblick über die Gesamtbilanz der Digitalisierung und der damit verbundenen zivilgesellschaftlichen und politischen Herausforderungen verschafft. Gleichwohl werden die Chancen und Risiken dieser technologischen Entwicklung dargelegt. Dafür wird die analytische Strategie bewusst interdisziplinär ausgerichtet. Zur besseren Orientierung im komplexen Forschungsfeld werden die zentralen Größen des digitalen Trends und besonders einschneidende Nachhaltigkeitsaspekte herausgearbeitet.

Die Untersuchung verfolgt die Intention, eine produktive Reibung zu erzeugen. Es wird bewusst auf die Aufstellung eines Gegenentwurfs zur gegenwärtigen umweltpolitischen und ökonomischen Entwicklung verzichtet. Ebenso wenig wird sich die Analyse auf ein konkretes Fallbeispiel konzentrieren, weil es anderenfalls zur thematischen Einschränkung des multidimensionalen Untersuchungsfelds führen würde. Vielmehr dient es dem Zweck, die umweltinduzierten Prozesse der Digitalisierung in Bezug auf die Nachhaltigkeitsdebatte offen zu legen und kritisch zu hinterfragen.

² Damit sind smarte Technologien, u.a. die KI und neuronale Netze, *Internet of Things (IoT)*, *Augmented Reality* und *Robotics* gemeint.

1.2 Forschungsstand und Untersuchungsverlauf

Die Untersuchung des Themenkomplexes erfasst zwei hochaktuelle Bereiche, die in enger Wechselwirkung zueinander stehen — die Digitalisierung und ihre Folgen auf die Leitprinzipien der ökologischen Nachhaltigkeit. Der Untersuchungsfeld erfährt eine große interdisziplinäre Aufmerksamkeit in der wissenschaftlichen Literatur und wird aus den sozialpolitischen als auch naturwissenschaftlichen Disziplinen eingehend untersucht.

Um sich dem Thema der vorliegenden Arbeit anzunähern, wird ein breites Spektrum an Forschungsliteratur wie Monografien, Sammelwerken und aktuellen wissenschaftlichen Aufsätzen herangezogen. Der Hauptteil der Quellen beschäftigt sich mit dem Phänomen der Digitalisierung als wichtigster Komponente des *grünen* Wirtschaftswachstums (Fatheuer et al. 2015). In diesem Zusammenhang richten sich die klassischen Publikationen auf die Untersuchung von gesellschaftlichen Veränderungen und wirtschaftlichen Auswirkungen des technologischen Fortschritts. Vor allem im deutschsprachigen Raum war noch vor wenigen Jahren das wissenschaftliche Interesse für den Untersuchungsbereich mäßig ausgeprägt, was der Neuheit des Themas zugeschrieben werden kann. Bei der Sichtung der Literatur ließen sich zwei kürzlich erschienene Monografien zur Aufarbeitung der Thematik finden, die besonders hervorgehoben werden müssen: „Smarte, grüne Welt? Digitalisierung zwischen Überwachung, Konsum und Nachhaltigkeit“ (2018) von Steffen Lange und Tilman Santarius und „Der blinde Fleck der Digitalisierung. Wie sich die Nachhaltigkeit und digitale Transformation in Einklang bringen lassen“ (2018) von Felix Sühlmann-Faul und Stephan Rammler, die sich aus der umwelt- und sozialpolitischen Perspektiven dem Dilemmata über die ökologischen Potentiale der Digitalisierung kritisch angenähert haben. Aufgrund der Aktualität des Themas können in diesem Zusammenhang diese Neuerscheinungen als potentielle Standardwerke hervorgehoben werden.

Um die Forschungsfragen dieser Arbeit zu beantworten, werden zur Orientierung die Grundlagen von zwei theoretischen Ansätzen angewendet, die sich mit den breitgefächerten Potentialen der Digitalisierung auseinandersetzen. Zum einen wird die Auslegung des US-amerikanischen Ökonoms Jeremy Rifkin in die Arbeit miteinfließen. Dieser beschäftigte sich mit dem Rückzug des Kapitalismus als eine Folge digitaler Technologien. Als Wirtschaftswissenschaftler der neuen Garde sieht er im technologischen Wandel große Chancen für eine nachhaltigkeitsorientierte, gemeinschaftlich ausgerichtete Gesellschaft (Rifkin 2016). Den zweiten Ansatz bieten die bereits erwähnten deutschen Wissenschaftler Felix Sühlmann-Faul und Stephan Rammler, die den Digitalisierungstrend in Bezug auf die Nachhaltigkeitsthematik aus mehreren Gründen kritisch bewerten. Eine ähnliche wissenschaftliche Position vertreten die Nachhaltigkeitsforscher Steffen Lange und Tilman Santarius. Auch sie sehen in der Digitalisierung die Ursache für den globalen zivilgesellschaftlichen Wandel, der in eine ökologisch vertretbare Richtung gelenkt werden muss. Die beiden Konzepte gehen von der digitalen Technologie als einem Instrument für die

Veränderung wirtschaftspolitischer Maxime, die nach ihrer Argumentation unumgänglich ist. Die beiden Ansätze stehen sich nicht konträr gegenüber; vielmehr bilden sie für die Untersuchung eine Auseinandersetzungsplattform.

Neben der bereits aufgeführten Literatur sind weitere Quellen wegweisend. Dazu zählt der Bericht an den Club of Rome von dem Ehepaar Meadows und Jorgen Randers „Grenzen des Wachstums. Das 30-Jahre-Update“ (2009) sowie die Monografie von Tim Jackson „Wohlstand ohne Wachstum. Grundlagen für eine zukunftsfähige Wirtschaft“ (2017). Zu den sozialpolitischen Auswirkungen der Digitalisierung eignen sich die Bücher von Evgeny Morozov „To Save Everything, Click Here“ (2013) und von Christoph Kucklick „Die granuläre Gesellschaft. Wie das Digitale unsere Wirklichkeit auflöst“ (2016). In diesem Forschungszusammenhang sind besonders die wissenschaftlichen Publikationen des deutschen Ökonomen Niko Paech (2013; 2017) hervorzuheben. Ebenso werden die Beiträge zum Thema der Digitalisierung von dem *Bundesverband der Deutschen Industrie* (BDI) und dem *Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie* (BMWi) für die Arbeit verwendet.³ Zu den globalen Umweltauswirkungen werden die Berichte des *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) sowie das aktuelle „Jahrbuch Ökologie“ (2018), herausgegeben von Maja Göpel und Heike Leitschuh, herangezogen. Als weiterführende Literatur sollte das Werk von Ernst Friedrich Schumacher „Small is beautiful. Economics as if people mattered“ (1973) nicht unerwähnt bleiben.

Besonders auffallend bei der Studienlage war die Tatsache, dass es zu bestimmten Themenbereichen der Digitalisierung, wie der *Industrie 4.0*, vergleichsweise viel datengestütztes Forschungsmaterial gibt, während die wissenschaftlichen Auswertungen industrieferner Anwendungsfelder unterpräsentiert sind. Ebenfalls wurde bei einigen Studien eine vorherrschend eindimensionale Darstellungsweise repräsentiert, die ausschließlich die positiven Effekte der Digitalisierungswelle aufzeigt, deshalb konnten diese Untersuchungen keinen aufschlussreichen Datenbestand für die Arbeit liefern. Aus diesen Gründen wurde auf die Verwendung von Prognosen, Vergleichswerten und nicht standhaften Informationen, die diesen Quellen entstammen, bewusst verzichtet.

Als Ausgangspunkt der Forschungsarbeit wird eine theoretische Fundierung der Begriffe von Nachhaltigkeit und Digitalisierung, sowie ihres konzeptuellen Rahmens vorgenommen. Aus diesem Grund werden im zweiten Kapitel die zentralen Probleme der anthropogenen Umwelteinwirkung dargestellt. Im Anschluss daran findet ein einführender Exkurs in die Einzelheiten der umweltpolitischen Vorkehrungen. Hier wird der Zusammenhang zwischen der Umwelt- und Ressourcenökonomie und der traditionellen Wirtschaftsverständnis hergestellt. Im dritten Kapitel folgt die Darstellung der Entwicklungsdynamik der Digitalisierung sowie ihrer

³ In Bezug auf die Nachhaltigkeitsdebatte muss die Digitalisierung im globalen Kontext erfasst werden, dennoch wird im Rahmen dieser Arbeit der Fokus primär auf den industriellen Standort Deutschland gelegt.

Nachhaltigkeitsdefizite. Besondere Beachtung wird dem *Internet of Things (IoT)*⁴ als der zentralen informationstechnischen Kommunikationsplattform geschenkt. Nach der ersten Überblick über die zentrale Untersuchungselemente verschaffen wird, richtet sich der Arbeitsfokus im vierten Kapitel auf die Indizien struktureller Veränderungen im ökologischen, ökonomischen und sozialen Koordinatensystem. Nachdem die Indikatoren digitalen Wandels offengelegt werden, knüpft die Argumentationslinie an die Herausarbeitung der Nachhaltigkeitsdefizite digitaler Entwicklung an. In Anlehnung daran folgt der thematische Übergang zu der Identifikation von den nachhaltigkeitsorientierten Potentialen technologischer Entwicklung. Im Anschluss daran findet die Analyse und Auswertung von digitalen Technologien auf ihre umweltinduzierten Potentiale hin statt. Daraufhin werden im Fazit die Ergebnisse der Ausführung rekapituliert und offene Fragen beantwortet. Abschließend werden im Ausblick die Erkenntnisse aus der Untersuchung in Hinblick auf die ökologische Transformation vorgetragen.

Die Relevanz dieser Untersuchung resultiert aus der Notwendigkeit der sozialpolitischen Auseinandersetzung mit dem Phänomen der Digitalisierung und seiner Auswirkung auf die Umwelt. Es werden Fragen auf neue Perspektiven der digitalen Entwicklung aufgeworfen, die in der Eile der aktuellen Entwicklungen im wirtschaftspolitischen Sichtfeld unterbeleuchtet sind.

⁴ Im deutschsprachigen Raum wird der Begriff *Internet der Dinge* verwendet.

1.3 Forschungsperspektiven zu *Digitalisierung* und *Nachhaltigkeit*

Das 20. Jahrhundert zeichnet sich durch die einmalige Geschichtsperiode des wissenschaftlichen und technischen Fortschritts aus. Die kulturelle Blütezeit machte sich durch die Verbreitung demokratischer Leitideen und menschenrechtlicher Grundprinzipien die vom kulturellen und ökonomischen Aufschwung auf der ganzen Welt begleitet war. Zugleich war es eine historische Epoche, die von den verheerenden Folgen zweier Weltkriege, totalitärer Regimes und dem Genozid geprägt war. Inmitten dieser Ereignisse entwickelte sich der Mensch zur „young technical species,“ der mit neuartigen Herausforderungen des Klimawandels, der Ressourcenverknappung und der Überbevölkerung konfrontiert wird (Grinspoon 2016: 264). Gleichwohl hindert die Beeinträchtigung ganzer Ökosysteme sowie das massive Artensterben den Homo sapiens nicht daran, sich von der „mentalen Pfadabhängigkeit“ loszulösen (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 16).

Die Aporie des Untersuchungsgefüges *Digitalisierung* und *Nachhaltigkeit* ist ein spannendes Forschungsfeld und stellt ein hochkomplexes Beziehungsgeflecht der Wirtschaft-Geellschaft-Umwelt-Interaktion dar. Bisher wurden die wissenschaftlichen Diskussionen über die beiden Größen als „komplementär zu unseren modernen Kultur“ geführt, obwohl sie in nahezu allen Teilbereichen „antagonistisch“ zueinander stehen (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 16). Gerade in der Abwägung von Risikofaktoren und Chancen digitaler Technologien liegen die Herausforderungen, die der Zivilisation bevorstehen. Auf der einen Seite sind wir Zeugen eines rasanten technologischen Fortschritts, der uns — zumindest in der Theorie — vor eine unendliche Zahl an potentiellen Möglichkeiten zur Lebensführung und Selbstentfaltung stellt. Auf der anderen Seite sind wir — um es literarisch auszudrücken — die *Sklassen* unseres Ehrgeizes, der nach der Naturbezwungung *trachtet*. Als Krönung der biologischen Schöpfung sind wir gezwungen, unsere Eitelkeit der geistig überlegenen Spezies mit neuen Triumphen zu befriedigen. Die Ausgrenzung von Natur wird als notwendiges Übel, gar als ein unbestreitbares Faktum hingenommen. Dabei handelt es sich um eine biologisch manifestierte Tatsache: „Human system is a subsystem within the larger ecological system“ (Constanza 1991: 6). Bis in die jüngste Vergangenheit hinein wurde dieser Umstand weitgehend ignoriert — zu unrecht, wie wir später feststellen werden.

Die Einwände für ein *Mehr* oder *Weniger* an Digitalisierung gehen weit über die ökologische Perspektive hinaus. Die Frage nach der ökologischen Notwendigkeit zur Digitalisierung wird hier aufgrund der fortgeschrittenen Implementierungsprozesse erst gar nicht gestellt. Ganz zu Beginn haben wir konstatiert: Der Megatrend wirft zahlreiche technische, gesellschaftswissenschaftliche und ethisch-moralische Fragen auf, u.a. nach sozialer Gleichheit, Verteilungsgerechtigkeit — schließlich unserem Dasein und der Bestimmung auf diesem Planeten. Welche Mittel stehen uns zur Verfügung, um eine integrative, zukunftsfähige und resiliente Gesellschaft zu bilden, die den

Prinzipien der Nachhaltigkeit folgt? Der Biologe Edward O. Wilson schreibt in seinem Buch „The future of life“ folgende Zeilen, die eine Antwort auf diese Frage liefern, auf:

[T]he immediate future is usefully conceived as a bottleneck. Science and technology, combined with a lack of self-understanding and a Paleolithic obstinacy, brought us to where we are today. Now science and technology, combined with foresight and moral courage, must see us through the bottleneck and out (Wilson 2002).

Mit dieser Ausführung bildet Wilson die perfekte Brücke, um die starre Dichotomie zwischen der Nachhaltigkeit und Technologie aufzubrechen. Das nächste Kapitel widmet sich der Ausdifferenzierung des Nachhaltigkeitsverständnisses. Darin werden die Verflechtungen der anthropogenen Einflussfaktoren auf die biophysischen Grenzen der Umwelt und ihre Auswirkungen beleuchtet. Anzustreben ist dabei die Vermittlung von einer umfassenden ökologischen Gesamtdarstellung, um die umweltpolitische Notwendigkeit zum Handeln darzulegen.

2. Zum Nachhaltigkeitsverständnis

*In der lebendigen Natur geschieht nichts,
was nicht in der Verbindung mit dem Ganzen steht.
(Johann Wolfgang Goethe)*

Zum Begriff „Nachhaltigkeit“ liefert die Google-Suche über 51 Millionen Ergebnisse⁵ in der deutschen Sprache. In der englischsprachigen Suche ergibt „sustainability“ 258 Millionen Treffer, die die Reihe definitorischer Interpretationsmöglichkeiten des Wortes deutlich verlängert. Die *Nachhaltigkeit* wird verschieden konzeptualisiert und erlebt eine breite Verwendung sowohl in den wissenschaftlichen Disziplinen als auch der Zivilgesellschaft. Ursprünglich kommt der Begriff *Nachhaltigkeit* aus der Forstwirtschaft. Er wurde in der Mitte des 18. Jahrhunderts von dem Oberberghauptmann Carl von Carlowitz⁶ geprägt (vgl. Grober 2010: 18). Seiner Argumentation zufolge durfte im Wald nur eine bestimmte Menge an Bäume abgeholzt werden, um den Waldbestand nicht zu gefährden. Diese Art der Waldbewirtschaftung galt als vorausschauend und klug, weil sie nicht die regenerativen Fähigkeiten der Natur überstrapazierte. Damit wurde der nachhaltige Umgang mit natürlichen Ressourcen kultiviert, der die Erfordernisse kommender Generationen nicht beeinträchtigen sollte (vgl. Sachs/Santarius: 49ff). Die Achtung regenerativer Fähigkeiten ist zum Grundprinzip der Nachhaltigkeit geworden. Das Ziel dabei ist die Achtung integrativer Fairness für das Wohlergehen der zukünftigen Gesellschaft (vgl. Weitzman 2017: 313). Heute gehört die Definition der Nachhaltigkeit aus dem Brundtland-Bericht von 1987 zur gängigen Erklärung: „Humanity has the ability to make development sustainable to ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs“ (WCED 1987: 16). Diese Definition impliziert den Gedanken über die Notwendigkeit der sozialen Gerechtigkeit heute und in der Zukunft.

Der US-Amerikanische Ökonom Jeremy Rifkin legt eine ähnliche Definition von *Nachhaltigkeit* wie folgt fest:

Nachhaltigkeit definiert sich als relativ stabiler Zustand, in dem der Verbrauch von Ressourcen zur Ernährung der menschlichen Bevölkerung nicht die Fähigkeit der Natur übersteigt, die Abfallprodukte in den Kreislauf zurückzuführen und den Bestand wieder aufzufüllen (Rifkin 2016: 399).

Ferner gibt Rifkin an, dass für die Nachhaltigkeit der ökologische Fußabdruck ein „direktes Maß für die Ansprüche, die die Aktivitäten der Menschheit an die Biosphäre“ stellt (Rifkin 2016: 23). Der Nachhaltigkeitsgedanke legt eine schonende Nutzung der natürlichen Ressourcen fest. Damit ist der Umgang mit den Umweltmedien wie Wasser, Luft und Boden gemeint, die ein lebenswichtiges Biotop erzeugen (vgl. Sachs/Santarius 2005: 49). Unter den natürlichen

⁵ Der Stand bezieht sich auf den 18.01.2019. Am 18.03.2019 ist die Zahl auf 55.9 Millionen Suchtreffer gestiegen.

⁶ Herr Carl von Carlowitz lebte von 1645 bis 1714.

Ressourcen werden auch die nicht erneuerbaren Rohstoffe, wie fossile Energieträger, Bodenschätze und seltene Erden⁷ verstanden, die „nicht innerhalb menschlicher Zeitmaßstäbe regenerieren können“ (vgl. Sachs/Santarius 2005: 49). Dazu zählen auch erneuerbare Energien aus Biomasse, die nachwachsen können, aber unter bestimmten Voraussetzungen einer Übernutzung unterliegen können. Als weitere natürliche Ressource gilt die Artenvielfalt, die sowohl „den Grad des Artenreichtums in einem bestimmten Ökosystem“ als auch „die genetische Vielfalt innerhalb einer Population“ kennzeichnet (Sachs/Santarius 2005: 49). Die Biodiversität ist eine Grundvoraussetzung für die stabile Funktion der weltweiten Ökosysteme, die der anthropogenen Gefährdung ausgesetzt sind. Darauf werde ich noch in Kürze eingehen.

Auf der internationalen Ebene wurde keine völkerrechtlich definierte Auslegung des Begriffs *Nachhaltigkeit* festgelegt. Die Wiederentdeckung des Prinzips der Nachhaltigkeit ist mit dem Aufkommen der umweltpolitischen Debatten auf das Ende der 1980er Jahre zu datieren. Vor allem die Nachwehen der Klimakonferenz in Rio de Janeiro 1992 haben auf die Herausbildung ökologischer Leitbilder einwirken können, die im Laufe der Jahre soziokulturell determiniert wurden. Drei Jahrzehnte nach der Klimakonferenz verwendet man den Begriffsarchetyp *nachhaltig* als Synonym für alle Prozesse, Produkte, Dienstleistungen und Handlungsweisen in der Gesellschaft, die sich nur im Ansatz der *grünen* Thematik angehängt haben (Fatheuer et al. 2015: 121ff). Ob es sich um die Themen der Mobilität, des Wohnens oder des Konsum handelt – alles dreht sich im Informationszeitalter um die Nachhaltigkeitsthematik. Auch die eingangs angesprochene umweltpolitische Kursrichtung der Bundesregierung ermahnt zu nachhaltiger Wirtschaftsweise. Gleichwohl wurde der Begriff *Nachhaltigkeit* durch seine Allgegenwärtigkeit in der Öffentlichkeit stark verwässert. Zuweilen geht der Begriff mit Attributen wie „inhaltsleer“ und „verbraucht“ einher (Fatheuer et al. 2015: 54). Im sozialpolitischen Raum führt die weite Verbreitung des Sammelbegriffs zur verschwommenen Inhaltsvermittlung. Es stiftet Unverständnis und leitet zu Fehlinterpretationen, die von der thematischen Quintessenz ablenken. Nichtsdestotrotz weist die weite Verbreitung des Nachhaltigkeitstrends auf das Erwachen des ökologischen Problembewusstseins hin und bietet Perspektiven auf neue Entwicklungsmöglichkeiten. Im weiteren Arbeitsverlauf gehe ich auf die Nachhaltigkeitsproblematik ein, die sich in der Überlastung von Biokapazitäten abzeichnet.

⁷ Der Begriff *seltene Erden* ist irreführend. Es handelt sich zwar um die nicht erneuerbaren Rohstoffe, deren Vorkommen auf dem Planeten im begrenzten Umfang vorhanden ist, aber als „selten“ werden sie aufgrund der schweren Zugängen zu den Rohstoffquellen sowie ihrer energieintensiven Förderung genannt.

2.1 Die Ära des Anthropozäns

*We borrow environmental capital from future generations
with no intention or prospect of repaying
(WCED 1987: 16)*

Der technologische Fortschritt aktivierte den industriellen Metabolismus, der einen tiefgreifenden wirtschaftlichen und sozialpolitischen Strukturwandel bewirkte. Der menschliche Faktor sorgt seit über 250 Jahren für ernstzunehmende ökologische Belastung der Umweltkompartimenten wie der Atmosphäre, Hydrosphäre, Pedosphäre und der Biosphäre. Dem kontinuierlichem Wachstum unterworfenen Wirtschaftsaktivität ist für die Überschreitung der biophysischen Grenzen verantwortlich (GBO 4). Diese Entwicklung führt zu biochemischen und klimatischen Veränderungen auf dem Planeten (IPCC 2014; 2019). Seit den späten 1970ern wurde das Produktionszentrum der Industriestaaten des globalen Nordens auf die südliche Hemisphäre übertragen. Die massive Produktivitätszunahme in den Weltregionen mit unzureichenden Umweltauflagen haben zur Verschärfung der ökologischen und sozialen Situation beigetragen (Meadows/Randers 2009: 81-82). Diese Situation wurde durch den hohen Bevölkerungsanstieg⁸ in den letzten Jahrzehnte zusätzlich verschlimmert (vgl. ebd. 47).

Der anthropoge Einfluss auf die Umwelt ist dermaßen signifikant, dass zwei renommierte Naturwissenschaftler vor der internationalen akademischen Gemeinde den Antrag vorgelegt haben, den geologischen Übergang von der 11.700-jährigen Periode des Holozäns in das Anthropozän⁹ zu markieren (Crutzen/Stroermer 2000:17-18; Schneidewind 2013: 116-117). Den Grund dafür haben der niederländische Meteorologe und Nobelpreisträger Paul Crutzen und sein US-amerikanischen Kollege Eugene Stoermer in der systematisierten Einwirkung des Homo sapiens gesehen, die im Rahmen des planetarischen Maßstabs erfolgt. Nach ihrer Argumentation haben die massiven Eingriffe in die planetarische Biosphären die natürliche Welt stark verändert. In seinem Buch „Earth in human hands“ beschreibt der US-amerikanische Astrophysiker David Grinspoon das Menschenzeitalter als „dominion over earth“ — der Mensch hat mit Instrumenten der Wissenschaft und Technik die Erde zu seinem Untertan gemacht (vgl. Grinspoon 2016: 258). Die Errungenschaften auf den Gebieten der Wissenschaft, Technik und Medizin stehen im Kontrast zu den Schattenseiten der zivilisatorischen Entwicklung, die sich in der Zerstörung von Naturräumen, der Übernutzung von Ökosystemen und dem Verlust der Artenvielfalt¹⁰

⁸ Je geringer ist das Durchschnittseinkommen, desto höher fällt das Bevölkerungswachstum aus (vgl. Meadows/Randers 2009: 47ff).

⁹ Die Bezeichnung des neuen „Menschenzeitalters“ wurde vom internationalem geologischen Kongress aufgenommen, unterliegt jedoch einer künftigen Ratifizierung durch das Komitee des IUGS.

¹⁰ Neben dem Erhalt intakter Ökosysteme, trägt die biologische Vielfalt trägt zu Evolutionsprozessen bei.

widerspiegelt (Daly 1996: 102-103). Der Preis für den Fortschritt ist die Konfrontation mit der Herausforderung, die sich in der Naturbewahrung vor der systematisierten Umweltzerstörung niederschlägt. Die Lösungen von damals sind zu Problemen von heute geworden. Die industriellen Erfolge ließen tiefe ökologische Risse entstehen, die das Gleichgewicht der planetarischen Ökosysteme beeinträchtigen. Bei Ernst Schumacher lassen sich dazu folgende Worte finden:

Modern man does not experience himself as a part of nature but as an outside force destined to dominate and conquer it. He even talks of a battle with nature, forgetting that, if he won the battle, he would find himself on the losing side. Until quite recently, the battle seemed to go well enough to give him the illusion of unlimited powers [...], nourished by astonishing scientific and technological achievements, has produced the concurrent illusion of having solved the problem of production (Schumacher 1973: 3-4).

Bereits Anfang der 1960er Jahre wurden die folgenschweren Umweltauswirkungen der linearen Wirtschaft industrialisierter Moderne von einigen Wissenschaftlern aufgedeckt. In diesem Zusammenhang können besonders die Werke „Silent Spring“ von Rachel Carson zum Einsatz von dem Insektizid Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT) und „Contaminated and Natural Lead Environments of Man“ von Clair Cameron Patterson über die starken Umweltbelastung mit Benzin-Tetraethylblei-Gemisch hervorgehoben werden (Carson 1962; Patterson 1965). Bahnbrechend für die damalige Zeit gilt nach wie vor der Bericht an den *Club of Rome* „Die Grenzen des Wachstums.“¹¹ Der an umfassenden Untersuchungen beteiligten Wissenschaftler waren sich einig, dass die Expansion der wirtschaftlichen Bestrebungen die Biosphäre der Erde überlastet. Sie wiesen nicht nur auf die strukturellen Dellen des kapitalistischen Wirtschaftssystems hin und stellten die Expansionsbestrebungen der Industrie in Frage, sondern suchten nach Alternativen und zukunftsfähigen Modellen, die die implodierende neoliberale Wirtschaftsdynamik ersetzen könnten. In dem Bericht appellieren die Verfasser an die breite Öffentlichkeit mit dem Ziel, den zerstörerischen Kurs des vorherrschenden Wirtschaftssystems aufzugeben und sich auf die nachhaltige Richtung des ökologischen Wandels zu fokussieren (Meadows/Randers 2009: 232). Im nächsten Arbeitsschritt werden die folgenschweren Umwelteinwirkungen im Detail dargestellt.

¹¹ Die erste Ausgabe des Berichts wurde 1972 veröffentlicht. Für die vorliegende Ausführung wurde das nachfolgende Buch „Grenzen des Wachstums. Das 30-Jahre-Update. Signal zum Kurswechsel“ (2009) herangezogen.

2.2 Auswirkungen des Wirtschaftswachstums auf die Umwelt

Der wirtschaftliche Einfluss auf die Umwelt ist vor allem in der Verstärkung der natürlichen Treibhauseffekte¹² zu finden. Mit Hilfe von datenbasierten Simulationen wird bis zum Jahr 2100 die Erderwärmung von 4 bis 6°C vorhergesagt. Diese Prognose lässt sich anhand von klimatischen Anomalien illustrieren (Meadows/Randers 2009: 113f; Randers 2012: 118f; IPCC 2014). Die Zunahme von Extremwetterereignissen ist ein repräsentatives Beispiel für den voranschreitenden Klimawandel. Von den Auswirkungen dieser Anomalien sind insbesondere die wirtschaftsschwachen Länder der südlichen Hemisphäre betroffen, darunter der südasiatische Raum,¹³ China sowie die großen Teile des afrikanischen Kontinents wie die Sahelzone (Angenendt 2011: 185). Es treten nicht nur meteorologische Ereignisse in Form von Starkregen, Überschwemmungen, Stürmen und Dürreperioden auf, sondern auch langfristige Veränderungen von ganzen Landschaften und ihren ökologischen Systemen (IPCC 2014; Martin 2015).

Doch nicht nur die klimatischen Bedingungen führen zum gravierenden Verlust von vitalen Lebensräumen — die Bodenübernutzung, Entwaldung und Gleichgewichtsverlust saisonabhängiger Wetterzyklen führen zur unumkehrbaren Desertifikation der betroffenen Regionen. Dort lebt der überwiegende Teil der Bevölkerung in ärmlichen Verhältnissen. Die Menschen sind von den Fremdversorgungssystemen unabhängig und führen subsistenzorientierten Lebensstile, die von intakten Kreisläufen der Ökosysteme bestimmt sind (Kartiki 2011: 25-27). Vor diesem Hintergrund sind jegliche Schwankungen natürlicher Umweltbedingung für das Wohlbefinden der Menschen verantwortlich, weil sie nicht über ausreichende technische und infrastrukturelle Kapazitäten zum Schutz vor klimatisch bedingten Katastrophen verfügen. Die Folgen dieser Entwicklungen lassen sich anhand von vielen Katastrophen illustrieren. Die verheerenden Ereignisse der letzten Jahre wie der Taifun Haiyan¹⁴ und der Zyklon Pam¹⁵ zeugen von der Wucht der Naturgewalten. Langanhaltende Dürreperioden¹⁶ und Überschwemmungen führen zu Hungersnöten, Elend und Flucht. Immer mehr Menschen verlassen die ländlich geprägten Heimatregionen und wandern in die benachbarten Großstädte aus. Die dicht besiedelten und verslumten Großstadt-Areale sind ein

¹² Wenn sich die klimarelevanten Gase wie Kohlendioxid, Stickoxid und Methan in der Atmosphäre anstauen, verhindern sie damit das Zurückstrahlen der Sonnenwärme ins Weltall. Die Folge diesen Effekts ist die Erderwärmung.

¹³ Zu dieser Weltregion gehören Bangladesch, Indien und Pakistan.

¹⁴ Taifun Haiyan wütete im November 2013 auf den Philippinen und riss ca. 10.000 Menschen in den Tod (Spiegel Online, vom 10.11.2013).

¹⁵ Zyklon Pam schlug auf 80 pazifischen Inseln des Staates Vanuatu und des Inselstaates Tuvalu im März 2015 auf (Spiegel Online, vom 21.03.2015).

¹⁶ Am Horn von Afrika mussten über 710.000 Menschen vor der sechs-monatigen Dürreperiode fliehen (Deutschlandfunk Kultur, vom 25.04.2017).

Zufluchtsort für Familiengenerationen, die ihr Dasein als Kleinarbeiter auf der Straße oder in den Großfabriken fristen (Fabritius 2018). Die Zahlen der umweltinduzierten Vertriebenen zeigen besorgniserregende Tendenzen auf: den Schätzungen des International Displacement Monitoring Centre (IDMC) zufolge, befinden sich jährlich rund 18,7 Millionen Menschen durch Auswirkungen von Naturkatastrophen¹⁷ auf der Flucht (IDMC Global Report 2018).

Die wirtschaftlichen Aktivitäten der Großinvestoren und transnationaler Konzerne sind für den Klimawandel und die irreversiblen Folgen für die Umwelt verantwortlich (Jackson 2017: 127). In den Entwicklungs- und Schwellenländern werden schwache Governance Strukturen genutzt, um den Zugang zu Rohstoffen zu verschaffen. So werden in der Demokratischen Republik Kongo seit mehreren Jahrzehnten Gewaltkonflikte ausgetragen. Die politische Instabilität begünstigt einen einfachen Zugang zu Rohstoffen für die Digitalisierung wie z.B. Neodym, Lanthan, Zink, Wolfram oder Coltan (Bleischwitz et al. 2012: 19ff). Der Rohstoffabbau hat gravierende Auswirkungen auf die Lebenskultur der in den betroffenen Regionen lebenden Menschen (Meadows/Randers 2009: 181ff). Sie sind die Leidtragenden des Expansionsdrangs moderner Konsumgesellschaften, der mit exzessiver Ressourcenausbeutung verbunden ist. Das wirtschaftliche Aufstreben geht mit den fehlenden Arbeitssicherheitsbestimmungen, Umweltauflagen und nichtmenschenwürdigen Arbeitsbedingungen — „modern slavery“ — einher. Damit sind die Grundlagen der sozialen und ökologischen Gerechtigkeit nicht gegeben. Doch nicht nur die Menschen fallen zum Opfer von Wachstumsbestrebungen transnationaler Konzerne. Besonders rigoroser Vernichtung sind die Regenwälder und Torfmoorgebiete mit ihren einzigartigen Beständen an Flora und Fauna in Südamerika¹⁸ und Indonesien ausgesetzt (Martin 2015: 63; 112-115). Die kommerzielle Ausbeutung des Urwalds geht mit dem Verlust seiner artenreichen Vegetation einher. Der Amazonaswald ist die *Lunge der Erde*. Er reguliert das Weltklima und gilt als natürlicher Kohlenstoffspeicher. Durch die systematisierte Waldabholzung und Brände gelangen große Mengen klimaschädlicher Gase in die Atmosphäre und verstärken die anthropogene Erderwärmung (WWF 2007: 4). Die Veränderung der globalen Biosphäre durch Umweltverschmutzung und systematisierte Zerstörung führt zum massiven Artensterben. Die Maßstäbe dieser Massenausrottung übersteigen das bisher größte „Perm-Trias-Massensterben“ vor 250 Millionen Jahren (Fatheuer et al. 2015: 34-35).

Die ökologische Problem-Matrix wäre ohne die Erwähnung von voranschreitender Ressourcenverknappung nicht vollständig. Der steigende Verbrauch von endlichen Ressourcen geht mit dem Anwachsen der Produktions- und Konsumsphären einher — ein Teufelskreis, der

¹⁷ Zum Vergleich: Die jährliche Zahl der Vertriebenen durch Gewaltkonflikte beträgt ca. 11.774 Millionen Menschen (IPMC Global Report 2018).

¹⁸ Der Amazonas-Regenwald ist das größte verbliebene Reservoir an biologischer Artenvielfalt. Bis heute sind viele Pflanzen- und Tierarten dieser Region noch nicht bekannt. Nach Expertenschätzungen entstand der Tropenwald vor mehr als 55 Millionen Jahren in der Epoche des Eozäns (Zemp et al. 2017).

sich durch die Nutzung preiswerter, fossiler Energieträger finanzieren lässt. Die Förderung von Erdöl erreichte bereits vor einem Jahrzehnt ihren Höhepunkt. Seither bewegt sich die Menschheit auf das „Peak Everything“¹⁹ zu (Heinberg 2007).

Die Verknappung von natürlichen Ressourcen betrifft nicht nur die fossilen Rohstoffvorkommen. Der industrielle, mechanisierte Landwirtschaftsbetrieb stellt die Menschheit vor neue Herausforderung — dem Verlust von naturbelassenen Landflächen und ertragreichen Böden (Meadows/Randers 2009: 121ff). Zum einen bedeutet dieser Umstand die Freilassung des Kohlenstoffs in die Atmosphäre, der über mehrere Jahrtausende in diesem Erdreich gespeichert war. Zum anderen stellt sich die Frage nach der Ernährungssouveränität für sieben Milliarden Menschen. Die Ausweitung von Anbau- und Weideflächen in den Entwicklungs- und Schwellenländern zur landwirtschaftlichen Produktion nehmen seit den 1980er Jahren massiv zu (Fatheuer et al. 2015: 39). Dem Bericht des *International Resource Panel* (UNEP) zufolge werden bis 2050 rund 849 Millionen Hektar²⁰ Freiland in Ackerflächen umgewandelt, was die Grenze einer ökologisch verträglichen Land- und Bodennutzung bei weitem übersteigen wird (UNEP 2014: 59). Allein zwischen 1961 und 2009 hat sich der weltweite landwirtschaftliche Ertrag von Nutzpflanzen verdreifacht:

This was primarily achieved with a technological development that increased yields through increased inputs—irrigation, improved seeds, fertilizer (mainly nitrogen), machinery and pesticides. Also negative environmental and health effects of agriculture increased significantly in terms of salinization, soil erosion, eutrophication, and agrochemical contamination (UNEP 2014: 29).

Der verstärkte Einsatz von mineralischen Düngern, Herbiziden, Pestiziden und weiteren chemischen Additiven ließ das Produktionswachstum der Nahrungs- und Tierfuttermittel drastisch steigern (Meadows/Randers 2009: 108ff). Jedoch führt die Anwendung konventioneller landwirtschaftlicher Methoden zu starker Bodendegradation und zunehmender Produktionsabnahme. Die Folgen intensiver Landwirtschaft sind verseuchte Landflächen und Gewässer. Wie sich die Landschaftszerstörung und Bodenübernutzung durch den gezielten Aufbau von natürlicher Bodenstruktur teilweise regenerieren lassen, wird im vierten Kapitel eingehend beleuchtet.

Aktuellen Prognosen zufolge wird die weltweite Nachfrage nach Fleischkonsum bis 2050 mit bis zu 144 Prozent an Zuwachs die neuen Rekorde setzen (Godfray et al. 2018 ff). Im Jahr 2018 wurden über 300 Millionen Tonnen Rotfleisch produziert — Tendenz steigend. Die Massentierhaltung ist zum großen Produktionsimperium geworden, das den Anbau und Transport

¹⁹ Als „Peak Everything“ bezeichnet Richard Heinberg den Zustand, in dem der Menschheit nach und nach die zum Leben benötigten Ressourcen ausgehen.

²⁰ Zum Vergleich: Die gesamte Landoberfläche der Erde beträgt 13,4 Milliarden Hektar. Davon sind 5 Milliarden Hektar Agrarflächen, die mit 1,45 Milliarden Hektar für Ackerland und 3,55 Milliarden Weideland genutzt werden (Umweltbundesamt 2013: 2). Kohlenstoffdioxid, Distickstoffmonoxid und Methan, die bei der Nahrungsmittelproduktion entstehen, zählen zu den größten Quellen von klimaschädlichen Gasen.

von Futtermitteln wie Mais und Soja²¹ für die Viehzucht quer über den Erdball sicherstellt und die Nachfrage der Großinvestoren nach potentiellen Agrarflächen²² erhöht. Die industrielle Tiermassenhaltung und die damit verbundene Logistik²³ erzeugen schwerwiegende soziale und ökologische Folgen, weil sie nicht nur zu Vertreibungen von Kleinbauern von ihrem Land führt, sondern auch immense Natur- und Energieressourcen kostet und damit die Ernährungssicherheit großer Bevölkerungsmassen gefährdet. Angesichts der steigenden Weltpopulation und damit proportional wachsender Lebensmittelnachfrage werden die ertragreichen Anbauflächen und die Reserven an Süßwasser immer größerer Beanspruchung ausgesetzt (Meadows/Randers 2009: 57ff). In der nahen Zukunft droht das Schwinden rarer Agrarflächen ernstzunehmende Versorgungsengpässe zu verursachen. Die Erzeugung von pflanzlicher Biomasse zur Gewinnung von nachwachsender Bioenergie erfordert ebenfalls viel Landfläche, geht aber mit der reglementierenden politischen Haltung der Europäischen Union zum grünen Wachstums und der Weichenstellung für die Mobilitätswende einher (BMU 2018). Im weiteren Arbeitsverlauf werde ich dieses Themenfeld kurz anschneiden.

Unter der Leitung von Johan Rockström veröffentlichte das Stockholm *Resilience Centre* im renommierten Journal *Nature* einen vielbeachteten Forschungsbericht zu den planetarischen Prozessen, die die Stabilität und Resilienz für das Leben auf der Erde garantieren (Rockström et al. 2009). Diese Merkmale legten die zulässigen Werte — die „critical values“ fest und wurden in den wissenschaftlichen Kreisen vor einem Jahrzehnt unter dem Begriff von planetarischen Grenzen²⁴ bekannt (vgl. ebd. S. 473). Die Grenzwerte der Indikatoren wie der Klimawandel, die Versauerung der Weltmeere, die Beeinträchtigung der Ozonschicht in der Stratosphäre, zeigen heute alarmierende Wertüberschreitungen an. Die Übertretung der biophysischen Restriktionen zeigt auf, dass die maximale Belastbarkeitsspanne der betroffenen planetarischen Grenzen längst erreicht ist. Der Bericht konstatierte die schwerwiegenden Folgen von Überschreitung der festgelegten Bereiche. So wurde neben dem Klimawandel auch die Sorge um die Störungen des Stickstoffkreislaufs sowie dem Verlust von Biodiversität bekundet. Das hat zur Folge, dass das

²¹ Die pflanzlichen Kulturen wie Mais und Soja gehören aus drei Gründen zu umstrittenen Nahrungsmitteln: Zum einen werden sie hauptsächlich als Futtermittel für die Massentierhaltung angebaut, zum anderen wird der Anbau von Monokulturen als Störfaktor für die fragilen Ökosystemen bewertet. Ein weiterer Grund besteht in der kommerziellen Vermarktung des genmodifizierten Saatguts, die von Industriegiganten wie *DuPont* und *Bayer AG* (ehem. *Monsanto*) eingesetzt wird. Gerade die Monopolisierung des Agrarmarkts von biochemischen Konzernen sollte als Kontrollverlust über die Nahrungsmittelsicherheit gelten.

²² In der Fachliteratur wird das Phänomen der Nutzungskonflikte als *Landgrabbing* bezeichnet.

²³ Der Ausbau von logistischen Kapazitäten hat zur Verdichtung des globalen Flug- und Schiffsverkehrs geführt.

²⁴ Der Leiter des Resilience Center in Stockholm, Johan Rockström, sowie sein Forschungsteam führten den Begriff planetary boundaries ein. Insgesamt haben sie neun Grenzen festgelegt, u.a. Klimawandel, Versorgung der Meere, Ozonabbau in der Stratosphäre, Stickstoff- sowie Phosphorzyklus, Verschmutzung durch Chemikalien, Feinpartikelbelastung der Atmosphäre, der Verlust genetischer Vielfalt, Landnutzung und Süßwasserverbrauch.

Naturkapital in seiner Funktionalität, die Umweltgüter und Naturdienstleistungen hervorzubringen, auf Dauer beeinträchtigt ist (Fatheuer et al. 2015: 69-70).

Die Forschungsergebnisse des *Resilience Centre* liefern keine revolutionären Erkenntnisse auf dem Gebiet. Schon seit der Mitte des vergangenen Jahrhunderts warnen die WissenschaftlerInnen mit bestürzend wenig Einfluss vor den Auswirkungen des anthropogenen Einflusses auf die Biosphären des Planeten. Die Wissenschaft erfüllt nur die Rolle einer Frühwarninstanz. Mit ihren Erkenntnissen weist sie in die Richtung der ökologischen Entwicklung, die das zukünftige Fortbestehen der Erde *wie wir sie kennen*, gefährdet. Aus den naturwissenschaftlichen Disziplinen wissen wir, dass sich der Grundstein der Evolution durch Organismen und ihre Fähigkeit bildet, in Symbiose mit anderen Lebensorganismen zu koexistieren (Constanza 1991: 6-7). Die Fähigkeit scheint der menschlichen Spezies abhanden gekommen zu sein. Die Evolution impliziert sowohl biologische als auch kulturelle Veränderungen und stellt „a dynamic and adapting nonequilibrium system, rather than the static equilibrium system often assumed in conventional economics“ (vgl. ebd. 6). Darin sieht der britische Ökonom Robert Constanza eine zentrale Gefahr in der Beziehung zwischen den Menschen und der Natur. Deshalb führt er weiter fort: „The price human cultures pay for their ability to adapt rapidly is the danger that they have become too dependent on short-run payoffs and thereby usually ignore long-run payoffs and issues of sustainability“ (vgl. ebd. 6). In Anlehnung an den destruktiven Charakter der neoliberalen Wirtschaftslogik, müssen die Grundpfeiler dieses Systems überdacht werden. Die Anzeichen einer tiefen ökologischen Krise sind Grund genug. Im weiteren Arbeitsverlauf wird die theoretische Perspektive auf die umweltpolitischen Diskursräume dargestellt.

2.3 Umweltpolitische Implikationen

Die Folgen des Klimawandels, wie die Erwärmung der Erdoberfläche und der Anstieg des Meeresspiegels haben sich im sozialpolitischen Gedächtnis fest eingebrannt. Der Weltgemeinschaft ist das Ausmaß der ökologischen Probleme längst bekannt. Schon in den 1950er Jahren war man sich den negativen Auswirkungen anthropogener Emissionen bewusst (Brannon 1957).

Global warming is only the most visible of several accelerating and interconnected challenges confronting humanity now, others being issues of energy, population, environmental pollution, and global supplies of food and potable water. Among these are the nexus of artificial intelligence, genetic engineering, and nanotechnology, which together suggest the possibility of dangerous self-reproducing and evolving agents being loosed on the world by accident or malice (Grinspoon 2016: 266).

Trotz dieses Wissens und der umweltpolitischen Maßnahmen, die wir in diesem Kapitel thematisch anschnitten werden, konnte die Menge der klimarelevanten Gase in der Atmosphäre stark zunehmen. Den aktuellen Studienergebnissen zufolge erreicht die Emissionsbelastung ihren historischen Höchststand, der sich auf einen jährlichen Wert von 32.5 Gigatonnen beläuft (IEA 2018: 4). Die meisten Energieanalytiker gehen davon aus, dass der weltweite Energieverbrauch weiterhin steigen wird: Bis 2040 werden 30 Prozent mehr Energie benötigt als zum aktuellen Zeitpunkt (Meadows/Randers 2009: 87; IEA 2017: 3). Aus diesem Blickwinkel lassen sich die umweltpolitischen Geschehnisse der letzten Jahrzehnte in prägnanter Form nachzeichnen.

Ende der 1950er Jahre haben die ersten öffentlichen Diskurse zum Thema des Umweltschutzes stattgefunden. Die ökologischen Probleme galten als Nachwirkung industrieller Euphorie, die auf die fehlgeleiteten Entscheidungen der Wirtschaft und Politik schließen ließen (Sommer 2013: 23). Die erste Umweltkonferenz der Vereinten Nationen in Schweden 1972 wurde zum Ausgangspunkt umweltpolitischer Debatten auf internationaler Ebene und ebnete den Weg für weitere Projektabskommen zu Klimaschutzmaßnahmen. Mit der Gründung des Weltklimarats 1988 wurde die schädliche Wirkung der CO₂-Emissionen durch wissenschaftliche Analysen belegt und von der Weltgemeinschaft weitgehend anerkannt. Im Jahr 1992 setzte die *United Nations Conference on Environment and Development* (UNCED) in Rio de Janeiro die entscheidende Zäsur in der Geschichte der internationalen Klima- und Umweltschutzpolitik. Neben der Biodiversitätskonvention²⁵ nahmen an den Klimaverhandlungen über die Ziele der nachhaltigen Entwicklung Delegierte aus 178 Staaten teil, die sich für den globalen Umweltschutz und die Reduktion der klimarelevanten Emissionen ausgesprochen haben (Stock 2018: 134-135). Trotz der starken Publicity über die Notwendigkeit eines Klimaschutzplans wurden keine konkreten Handlungsvorgaben und verbindliche Umsetzungsstrategien formuliert. Die freiwillige

²⁵ *Convention on Biological Diversity (CBD)* ist die internationale umweltpolitische Maßnahme zum Schutz vor dem Verlust von biologischer Vielfalt und Ökosystemen.

Selbstverpflichtung zur Durchführung von Klimaschutzmaßnahmen scheiterte an mangelndem Interesse der Teilnehmerstaaten. Die Ratifizierung des Kyoto-Protokolls, eine Erweiterung der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen von 1997, wurde von Kanada und den USA abgelehnt. Im Herbst 2015 wurde im Rahmen des Pariser Klimagipfels erneut über die Folgen des anthropogenen Umwelteinflusses verhandelt. Der Austritt der USA aus dem Schutzabkommen im Sommer 2017 markierte den Wendepunkt in der internationalen Klimaschutzpolitik, die nach Donald Trump nicht nur für die amerikanischen Steuerzahler „a vast fortune“ wäre, sondern auch für die Produktivität „very, very big economic disadvantage“ darstellen würde (Donald Trump, Official Statement, vom 01.06.2017). Mit der Weigerung der Ratifizierung des Pariser Vertrags war die umweltpolitische Grundhaltung der Führungsspitze einer der größten Umweltsünder-Staates manifestiert. Die Klimaskepsis ist ein weitläufiges Phänomen, das auf der Annahme fusst, dass die ökonomische Realität vor den ökologischen Erfordernissen steht. Damit wird das Verhältnis zwischen den beiden Maximen durch die Ausgrenzung von Naturfaktoren besiegelt.²⁶ Allgemein werden die Umweltauflagen als einschränkendes Hindernis für das Wirtschaftswachstum im digitalen Zeitalter gesehen, weil sie auf diese Weise Wettbewerbsvorteile minimieren und Ausgaben für den notwendigen Umbau der fossilen Energiematrix in die Höhe steigen lassen (Fatheuer et al. 2015: 28). Die kurzfristigen wirtschaftspolitischen Entscheidungen, die teilweise stark von der Lobby der fossilen Industrie beeinflusst werden, bestimmen den umweltpolitischen Kurs, der mit ungelösten ökologischen Problemen behaftet ist (Kemp 2017). Wissenschaftlichen Prognosen zufolge, wird die Devise *economic first* noch eine bestimmte Zeit die Industrie begleiten. Sie wird nicht die Initiative ergreifen und den ersten Schritt zu „dramatischen und schnellen Veränderungen“ nehmen (Morris/Jungjohann 2016: 391).

Die fossile Energie ist und bleibt der Industrialisierungstreiber. Bis heute genießt diese Energiequelle die Vormachtstellung. Die Möglichkeiten einer neuen Weichenstellung in der politischen Praxis sind da und so zahlreich wie nie zuvor. Doch die einflussreichen Privatunternehmen und staatseigene Konzerne sind im gleichen Maße an der Fortsetzung der Förderung von fossilen Energieträgern interessiert. In diesem Sinne überrascht die Tatsache nicht, dass die wirtschaftspolitische Elite die Exploration neuer Erdöl-Felder subventioniert. Die Trennung zwischen den Industrie- und Politikinteressen ist hier kaum möglich, da die Ausbeutung fossiler Rohstoffe für den Ausbau des lukrativen Industriezweigs Sorge trägt (Morris/Jungjohann 2016: 29). Gerade die neuen Technologien energieintensiver Produktionsmethoden ermöglichen die ökologisch hoch umstrittene Förderung von Teersand-Erdöl oder des Schiefergas (Emmerton et al. 2018; Brantley et al. 2018).

²⁶ Dazu weiterführende Literatur von ökologisch orientierten Ökonomen wie Robert Constanza „Ecological economics: The science and management of sustainability“ (1991), Herman Daly „Beyond Growth. The Economics of Sustainable Development“ (1996) und Tim Jackson „Wohlstand ohne Wachstum“ (2017).

Die wachsende Weltbevölkerungszahl, krisenanfällige Finanzmärkte und schwer einschätzbare Konfliktpotentiale aufgrund von Knappheit der natürlichen Ressourcen führen zu sozialer Ungerechtigkeit und verstärken damit die Auswirkungen der Externalisierung von ökologischen Kosten der neoliberalen Wirtschaftsweise in Entwicklungsländern (Fatheuer et al. 2015: 50-51). Mit dem Abkommen von Paris zum Klimaschutz und den SDGs der Vereinten Nationen, die in der Agenda 2030 verankert sind, verpflichtet sich die internationale Gemeinschaft zu einer nachhaltigen Klimaschutzpolitik. Die ambitionierten Zielsetzungen der Vereinten Nationen schreiben die Vorgaben für eine Nachhaltigkeitsstrategie fest, die u.a. in der Ressourcenschonung, dem Klimaschutz und dem Erhalt von funktionierenden Ökosystemen liegt. Sowohl das Pariser Klimaschutzabkommen als auch die Agenda 2030 sensibilisieren die breite Öffentlichkeit für die Umweltschutz- und Nachhaltigkeitsthemen und tragen zur zivilgesellschaftlichen Bewusstseins-schaffung bei (UNDP 2016: 43). Allerdings gibt es an der Wirksamkeit von sozial und ökologisch orientierten Leitplanken der Nachhaltigkeitsziele viele Zweifel (Fatheuer et al. 2015: 17).

Business as usual sollte keine ökonomische Option mehr sein, weil ihr der ökologische Raubbau zugrunde liegt. Der Bericht *World Commission on Environment and Development* (WCED) warnt die Weltöffentlichkeit vor den Konsequenzen der Umweltverschmutzung, die eine ökonomische Destabilisierung und Beeinträchtigung von staatlicher Wettbewerbsfähigkeit verursacht. Die Anwendung von innovativen Technologien verspricht diese Probleme zu lösen: „New combustion techniques simultaneously raise combustion efficiency [...]. Innovative products and process technologies [...] promise energy- and resource-efficient modes of production, reducing pollution and minimizing risks of health hazards and accidents“ (WCED 1987: 179). Aktuelle umweltpolitische Tendenzen steuern auf die große Vision des grünen Wachstums zu. Das Konzept fusst auf der Annahme, dass das Wunder technologischer Innovationen die „Effizienzrevolution“ und die „Entkopplung der Wirtschaftsleistung vom Energie- und Materialverbrauch“ zur Folge haben wird (Fatheuer et al. 2015: 14). Die komplexen Probleme werden damit einer starken Simplifizierung unterzogen. Es wird suggeriert, der Prozess sei ein Automatismus. Dabei werden die strukturellen Ursachen der Klima- und Naturkrise missachtet. Irreführend sind hier auch die verkürzten und fehlgeleiteten Entscheidungen der ökonomischen und wirtschaftspolitischen Eliten, die Erfahrungswerte des industriellen Zeitalters anwenden und damit kontraproduktive Entwürfe für die Zukunft liefern.

Ferner gibt es Überlegungen, im Rahmen einer wirtschaftlichen Transformation die natürlichen Güter sowie Dienstleistungen der Ökosysteme in das ökonomische Preissystem einzubinden. Allerdings müssen die dafür notwendigen Bewertungsmechanismen und Messverfahren entworfen werden. Bei diesem Konzept wird die Natur durch das ökonomische Prisma erfasst. Ökologisch orientierte Ökonomen wie Herman Daly argumentieren dagegen anders — anstelle einer Monetarisierung des Naturkapitals sollte es materialisiert werden: „The ecosystem is

sensitive to quantity, not price“ (Daly 2014: 35). Damit bezieht er sich auf die ursprüngliche Idee der nachhaltigen Wirtschaft, die darauf abzielt dem natürlichen Güterfluss zu folgen, ohne dem Naturbestand einen bleibenden Schaden zuzufügen.

Trotz politischer Maßnahmen zur Bewältigung der Klima- und Biodiversitätskrise steuern wir auf die Überschreitung der 2°C Marke zu. Die Dienstleistungen der Ökosysteme sind stark durch die Übernutzung beeinträchtigt, sodass die Wissenschaftler bereits vom Beginn des großen Massensterbens sprechen. Vor diesem Hintergrund lassen sich zwei Schlussfolgerungen ableiten, nämlich dass die klassische Ökonomie endgültig versagt hat und die umweltpolitischen Bemühungen gescheitert sind. Heute liegt dem wirtschafts- und umweltpolitischen Kurs der frühindustriellen Staaten der feste Glaube zugrunde, dass die durchdigitalisierte Industriebranche mit Hilfe von Ökoeffizienz und Konsistenz²⁷ das grüne, klimaneutrale Wachstum erzeugen wird. Der Fortschritt von Informationstechnologien wird steigende Lebensqualität, Sicherheit und Wohlstand bringen, wodurch die strukturellen Entwicklungsasymmetrien der Weltwirtschaft aufgehoben werden (Leitschuh 2013; Fatheuer et al. 2015). Dabei würde eine zielgerichtete und entschlossene Klima- und Umweltpolitik nicht nur ökologischen, sondern auch ökonomischen Sinn, z.B. durch Investitionen und Umstrukturierung etablierter Prozesse ergeben. Es bleibt zu betonen, dass die Umweltpolitik das zerrissene Nachhaltigkeitsbild nach außen trägt, was zu keiner einheitlichen Formulierung von gesellschaftlichen Nachhaltigkeitszielen beiträgt.

Nachdem die Lage auf der *umweltpolitischen Front* einführend dargestellt wurde, lässt sich zusammenfassend festhalten, dass die anthropogene Umwelteinwirkung zur Herausbildung von vier großen Problemblocken geführt hat, nämlich dem Klimawandel, der Umweltverschmutzung, der Ressourcenverknappung von Land, Wasser und endlichen Rohstoffen wie z.B. den seltenen Erden und dem massiven Artensterben. Die ökologischen Defizite sind alarmierend und es besteht umgehender Handlungsbedarf. Nachdem die Problematik der anthropogenen Umweltfaktoren sowie die entscheidenden Nachhaltigkeitsaspekte herausgearbeitet wurden, wird im folgenden Kapitel der Fokus auf die Narrative der Digitalisierung und damit verbundener Prozesse im wirtschaftlichen, sozialpolitischen und ökologischen Kontext gelegt. Bei der Untersuchung werde ich die ökologischen Problemfelder im Hinterkopf behalten und schauen, welche Digitalisierungsbereiche die Potentiale haben, diesen Umweltherausforderungen entgegenzuwirken.

²⁷ Mit Konsistenz ist das Prinzip der Kreislaufwirtschaft gemeint, der beispielsweise der Ansatz *Cradle-to-Cradle* von Michael Braungart zugrunde liegt (Braungart/McDonough 2016).

3 Gestalt und Content der Digitalisierung

*Our accelerating development of science and technology carries both
great promise and great peril
(Grinspoon 2016: 267).*

Die technologische Welle der Digitalisierung hat den Einzug in alle Lebens- und Wirtschaftsbereiche gehalten. In Anbetracht der Beschleunigung von weltumspannenden Prozessen nimmt der ubiquitäre Digitalisierungstrend immer weiter an Bedeutung zu. Der fließende Übergang von analogen Strukturen und Prozessen in digitale Formate räumt der menschlichen Zivilisation eine beispiellose Möglichkeit ein, den Zugang zu den digitalen Chroniken des systematisierten Wissens²⁸ zu erhalten. Die einst utopische posthumanistische Vorstellung von der technologischen Singularitätstheorie, der zufolge der technologische Fortschritt zur seiner eigenen Beschleunigung, z.B. durch die KI zu Umvorhersehbarkeit des Zukunftswandels führt, gehört spätestens seit der Aufstellung des Mooreschen Gesetzes²⁹ der Realität an. In den informationstechnischen Wissenschaften sind neue Forschungsfelder wie *Deep Learning*, *Machine Learning* und *Natural Language Processing* entstanden. Die von Elon Musk geförderte Forschungseinrichtung *OpenAI* in San Francisco entwickelte ein *Language Prediction System* mit dem Namen *GPT-2*, das mit Hilfe von acht Millionen Webseiten hochwertige Texte generiert, die logisch aufgebaute Verknüpfungselemente und Schlussfolgerungen enthalten (Radford et al. 2019). Die Verwendung des KI-Programms ist nun unter eingeschränkten Bedingungen³⁰ möglich — zu groß ist das Risiko, dass eine derart *smarte* Anwendung in die unerwünschten Hände gerät. Der ausführende Direktor Jack Clark kommentiert diese Entwicklung folgendermaßen: "The rules by which you can control technology have fundamentally changed" (The Guardian, vom 14.02.2019). In diesem Sinne möchte ich in vorliegendem Kapitel auf die grundlegenden Strukturen der neuen Technologieplattform des *IoT* eingehen und die Verknüpfungen zwischen dem Kommunikationsinternet, einer Energiequelle und einem logistischen Mechanismus darstellen, die nach Jeremy Rifkin die grundlegende Infrastruktur für eine tiefgreifende Transformation in allen Bereichen der Gesellschaft einleiten werden (Rifkin 2016: 30).

²⁸ Als *cloud* wird eine „Datenwolke,“ d.h. eine informationstechnische Infrastruktur, die zur Speicherung von digitalisierten Informationen in Form von Bites und Bytes verwendet wird. Die Infrastruktur zur Speicherung des Datenvolumens besteht aus Informationsblöcken der Rechenzentren.

²⁹ Das Moorsche Gesetz geht auf den Mitbegründer von *Intel* Gordon Moore zurück, der 1965 eine physikalische Regelmäßigkeit feststellte, dass sich die Zahl der Transistoren von integrierten Schaltungen alle 12 bis 24 Monaten verdoppelt.

³⁰ Aufgrund ihres hohen Schadenrisikos ist zur Zeit nur die Pilot-Version des Sprachsystems zugelassen. Es besteht die Gefahr des Missbrauchs der neuen Entwicklung zur Verfälschung von *fake news* und ähnlichen Aktivitäten im Internet.

Während sich der digitale Nutzungstrend von durchschnittlichen Internet-User³¹ auf die Funktionen der Suchmaschinen, des E-Mails- Accounts und Online-Shoppings beschränken, konzentriert sich der industrielle Sektor im Rahmen von *Industrie 4.0* auf die selbstlernenden und teilautonomen Systeme, die verschiedene Prozesse und Abläufe steuern können.

In der Öffentlichkeit wird das Phänomen der Digitalisierung als ein Präzedenzfall stilisiert, allerdings reicht seine Geschichte weit in die Vergangenheit zurück, die maßgebend von Interessen und Machtverhältnissen einflussreicher Akteure bestimmt war. Die ursprüngliche Triebfeder der Informations- und Kommunikationstechnologien war das Militär, das während des Kalten Krieges ein großes Interesse an der Entwicklung von digitalen Anwendungen hatte. Die Sicherheitsfragen und das Wettrüsten mit dem kommunistischen Sowjetblock formten das Bestreben, sich immer höhere Ziele im Bereich der Forschung und Innovation zu setzen. Unterstützt vom wissenschaftlichen Komplex, ging es dem Militär in erster Linie um die technologischen Möglichkeiten der Informationssammlung über die Menschen und Organisationen, um sie auf diese Weise zu überwachen (Lange/Santarius 2018: 15; 144). Ende der 60er Jahre vergangenen des Jahrhunderts folgte dem technischen Opportunismus auch die Wirtschaftsbranche. Mit der Erschließung des neuen Horizonts an Möglichkeiten konnten zahlreiche Geschäftsfelder erschlossen werden. Mit der Optimierung von Produktions- und Distributionsprozessen wurden die Kosten für Ressourcenförderung, Herstellung, Logistik und Personal reduziert und die Gewinnspanne maximiert (vgl. ebd.). Zur gleichen Zeit betrat die alternative Szene die Bühne der digitalen Welt und gründete eine „Gegenkultur,“ die dem ausbeuterischen Wirtschaftssystem und der sozialkulturellen Unterdrückung trotzte. Überwiegend von den jungen Rebellen dominiert, sah die Bewegung in der Informationstechnik ein Instrument zum Abbau von Hierarchien und verkrusteten patriarchalischen Gesellschaftsstrukturen. Mit den neuen Technologien bewaffnet kämpften sie gegen das kapitalistische System der Ausbeutung und Unterdrückung, um sich von den sozioökonomischen Zwängen befreien zu können (vgl. ebd.). Aus diesen Ursprungsmotiven lassen sich die Hintergrundmotive der Digitalisierung ableiten, die Akzente auf Überwachung und Kontrolle zur Durchsetzung von Machtinteressen und wirtschaftlicher Potenzsteigerung setzen. Ebenso werden die Weltverbesserungsmotive der alternativen Bewegung in der sozialpolitischen Transformation erkenntlich, die in Richtung sozialer Gerechtigkeit und den Willen zur Wachstumsentschleunigung zeigt.

Das Thema der Digitalisierung ist Dreh- und Angelpunkt hitziger sozialpolitischer Debatten. Die Kontroverse dieses Themenfelds wird überwiegend von zwei ideologischen Lagern beherrscht — den Fortschrittsopportunisten und Technologieskeptikern (vgl. Santarius 2012: 6). Sie beschäftigt die Frage, welche Entwicklungspfade die Digitalisierung hinsichtlich des Wandels zu mehr Nachhaltigkeit beschreiten muss. Die Perspektiven digitaler Zukunftsentwicklung sind breit

³¹ In Deutschland sind 54 Prozent der Nutzer zwischen 14 und 24 Jahren alt immer im Online-Modus. Bei den 25 bis 34-jährigen sind es 45 Prozent. Der Internetzugang erfolgt zu 74 Prozent über das *Smartphone* (BVWD 2018:10; 15).

gefächert und lassen sich nur durch weitsichtig konzipierte Rahmenbedingungen gestalten. Bislang hat sich die Entwicklungsrichtung auf eine abstrakte, vernetzte Virtualität einer *durchdigitalisierten* Welt hin ausgerichtet, in der technologischer Fortschritt für ökonomischen Wachstumsbestrebungen instrumentalisiert wird (Lange/Santarius 2018: 78-79). Sowohl die Regierungen der Industrieländer als auch die führenden Wirtschaftsbranchen sehen in der Digitalisierungswelle den Königsweg für die Stimulierung des Wirtschaftswachstums, der die Arbeitsplätze und den Wohlstand für alle sichern soll. Mit der Konferenz „Digital Economy“ im Frühjahr 2017 in Berlin wurde innerhalb des G20-Kreises ein *Digitalisierungsprozess* angestoßen. Das zentrale Thema der Diskussion war die Digitalisierung als „wichtiges Element für ein starkes, nachhaltiges, ausgewogenes und inklusives Wachstum der Weltwirtschaft“ in den Fokus zu nehmen (BMWl 2019). Im Anschluss an die Konferenz folgte das erste Stakeholder Forum "Digitalising European Industry," organisiert von dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und der Europäischen Kommission. Im Rahmen dieser Veranstaltung betont der Staatssekretär im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie Mathias Machnig die Bedeutung der Digitalisierung:

Für eine erfolgreiche Digitalisierung der Wirtschaft und für Industrie 4.0 braucht Europa dringend einen digitalen Binnenmarkt und die richtigen Rahmenbedingungen. Eine enge Zusammenarbeit von Industrie, Gewerkschaften, Wissenschaft sowie der EU-Mitgliedstaaten und der Europäischen Kommission sind hierzu notwendig. Als Vorreiter bei Industrie 4.0 wollen wir als Gastgeber des ersten Stakeholderforums die Notwendigkeit internationaler Kooperation unterstreichen und erwarten wichtige Impulse für Politik und Wirtschaft (BMWl 2017).

Der politischen Strategie der Bundesregierung „Digitalisierung gestalten“ zufolge wird der Trend in den zentralen Basissektoren der Wirtschaft und Gesellschaft wie der Bildung, Energie, Gesundheit, Verkehr, Verwaltung die optimale Nutzung durch Vernetzung erzielen und einen „wesentlichen Beitrag zu Wohlstandssteigerungen im gesamtwirtschaftlichen und gesellschaftspolitischen Interesse“ leisten (BMWl 2019). Die Kernpunkte der politischen Umsetzungsstrategie gehen auf die digitalen Kompetenzen in der Infrastruktur und Ausstattung, Innovation und digitale Transformation, Gesellschaft und den Staat ein (BMWl 2019: 5). Die wirtschaftspolitischen Debatten zum Thema der Digitalisierung transportieren in die Öffentlichkeit den Konsens über die Notwendigkeit disruptiver Digitalisierung, die unumgänglich und kompromisslos ist. So wird argumentiert, dass eine ausreichende Investitionsfront für den Aufbau einer erforderlichen Infrastruktur richtig ist. Als Beispiel hierfür kann die Einführung einer flächendeckenden Breitbandinfrastruktur von mindestens 50 Mbit pro Sekunde aufgeführt werden (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 79). Diese wirtschaftspolitische Orientierung ist angesichts einer Kaskade von Umweltproblemen anzuzweifeln.

In der heutigen Welt nehmen die technologischen Innovationen die Schlüsselrolle ein (Fatheuer et al. 2015: 95). Smarte Tools und Anwendungen wie das sprachgesteuerte *Alexa* oder auf Sensoren basierte Überwachungs- und Steuerungsmechanismen von *Smart Home* erobern

unseren privaten Lebensraum. Die Prognosen zukünftiger ökonomischer Entwicklungen tendieren zu der Feststellung, dass die Alltagsrealität immer mehr von *Big Data* bestimmt wird. Nach der Auffassung der deutschen Soziologen und Nachhaltigkeitsforscher Felix Sühlmann-Faul und Stephan Rammler erleben wir einen „gigantischen ökonomischen, gesellschaftlichen und kulturellen Öffnungsprozess ins Ungewisse“ (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 14). Mit anderen Worten: „Wir wissen in Wirklichkeit sehr wenig, erwarten sehr viel und befürchten zu wenig“ (vgl. ebd). Gleichermaßen findet ein „Handeln und Entscheiden im tiefen Nebel der Ungewissheit“ bei gleichzeitiger „Beschleunigung aller gesellschaftlichen und ökonomischen Prozesse“ statt (vgl. Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 14). Dem gegenüber steht die Position des Bundeswirtschaftsministeriums:

Technologische Trends wie Maschine-zu-Maschine-Kommunikation und das Internet der Dinge bedeuten eine erhebliche Effizienzsteigerung in Produktion und Service. Sie ermöglichen eine stärkere Individualisierung in Richtung maßgeschneiderter Kundenlösungen. Gleichzeitig setzen diese Trends aber auch die Geschäftsmodelle, die heute Wettbewerbsfähigkeit und Wohlstand für Deutschland garantieren, unter den Druck disruptiver Veränderungen (BMWi 2015: 6).

Vor diesem Hintergrund sehen die beiden Autoren die zentrale Gefahr in den Prozessen der Entscheidungsfindung, die aus der „Rationalität, den Interessenmustern und der Pfadabhängigkeit der Vergangenheit“ heraus getroffen werden (vgl. Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 15). Dieses Verhalten kommt einem „Gießen des kostbaren Weines der digitalen Technologien in die alten, überkommenden Schläuche“ gleich (vgl. ebd.). Der ehemalige CEO von *Google*, Eric Schmidt, hat in seiner Rede „The Future of the Global Mind“ vor MIT-Studenten in 2011 folgende Aussage getroffen: „Technology is not really about hardware and software any more. It's really about the mining and use of this enormous data to make the world a better place“ (MIT News 2011). Im Rahmen dieser Arbeit wird dieses Versprechen auf seinen Wahrheitsgehalt in Bezug auf die ökologische Perspektive überprüft. Ebenfalls wird eine Bestandsaufnahme der prägnantesten Entwicklungspfade der Digitalisierung skizziert. Ohne den Anspruch auf Vollständigkeit werde ich mich der Leitidee dieser technologischen Hauptströmung — dem „kostbaren Wein“ — auf der konzeptionellen und praktischen Ebene widmen.

3.1 Digitale Tools und Anwendungen

Die Nutzungsintensität von digitalen Anwendungen im Alltag steigt kontinuierlich an (BVWD 2018:15). Damit gehört das analoge Zeitalter der Vergangenheit an. So erstreckt sich das digitale Medienangebot über die elektronischen Bücher, Smart-TV's und Streaming-Portale bis hin zu den *Self-Tracking* und *Life-Logging* Technologien.³² Diese und noch viele weitere Geräte können zu einem Kommunikationsinternet vernetzt werden, was zur Herausbildung von *IoT* führt. Rifkin gibt eine definitorische Auslegung des Begriffs an:

Das Internet of Things (IoT) setzt sich aus einem Kommunikationsinternet, einem Energieinternet und einem Logistikinternet zusammen, die gemeinsam als Betriebssystem funktionieren. Ziel ist die unablässige Suche nach Möglichkeiten zur Erhöhung thermodynamischer Effizienz und der Produktivität bei der Organisation von Ressourcen, der Produktion und Verteilung von Gütern und Dienstleistungen sowie dem Recycling von Abfallstoffen (Rifkin 2016: 30).

In diesem Kontext findet ganz besondere Beachtung eine von zahlreichen Anwendungen des *IoT*-Sektors — das *smart home*. Im Jahr 2018 wurde der globale Markt im Bereich *smart home* auf 36 Milliarden US-Dollar geschätzt und bis 2023 wird die jährliche Umsatzsteigerung auf 151 Milliarden US-Dollar erwartet (Zuboff 2019: 4). Als Teilsystem von *aware home* sammelt ein smarterer Thermostat wie *Nest* die technischen Messdaten aus der Umgebung auf. Das Gerät ist mit einem digitalen Steuerungsassistenten sowie zahlreichen Sensoren und Bewegungsmelder ausgestattet. Mit ihrer Hilfe werden Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Beleuchtungsstärke gemessen. Darüber hinaus ist die Funktion für Video- und Audioaufnahmen verfügbar. Die gesammelten Informationen werden unter den vernetzten Geräten automatisch geteilt und ausgewertet. Das Ziel dabei ist, das smarte System mit Datensätzen zu versorgen, damit es die Verhaltensmuster der Hausbewohner *lernt* und entsprechend den Vorgaben das Wissen *anwendet*. Anhand von gesammelten Daten werden individuelle Profile erstellt, die auf den Google-Servern zur Weiterverarbeitung gespeichert werden. Das *smart home* trifft Vorhersagen anhand von Verhaltensmuster und steuert eigenständig u.a. den Energie- und Wärmeverbrauch. Die intelligente Systemsteuerung des Haushalts verspricht ihren Nutzern den gewünschten Lebenskomfort und Sicherheitsstandard zu ermöglichen (Zuboff 2019: 21ff). Derselbe Anwendungsprinzip lässt sich auch auf die Industrie übertragen.

Die *Industrie 4.0* wird als ein wirtschaftlich erfolgreiches Konzept gefeiert, das soziale und ökologische Verträglichkeit voraussetzt. Es soll anhaltendes Wirtschaftswachstum und Wettbewerbsfähigkeit garantieren. Nach Prognosen der Unternehmensberater werden zwischen fünf und acht Prozent an Produktivitätssteigerung innerhalb der nächsten zehn Jahren erwartet

³² *Self-Tracking* und *Life-Logging* Technologien können in Form von *Wearables* — speziellen Messgeräten zum Tragen kommen. Sie zeichnen individuelle Bewegungsmuster und Körperwerte auf und sind in der Lage sie in Echtzeit auszuwerten.

(Roland Berger Strategy Consultants 2015: 11). Die technologischen Treiber von *Industrie 4.0* lassen sich vier Kategorien zuordnen, nämlich:

1. *Cyber-Physische Systeme*, die Vernetzung der Geräte und Maschinen untereinander garantieren, die sich im kontinuierlichen Datenaustausch befinden.
2. Datenströme und *Big Data*, die durch die Vernetzung von Maschinen und vernetzten Objekten entstehen. Die Datenverknüpfung erlaubt es, die Eigenschaften von Bauteilen und Produkten schon während der Entwicklungs- und Designphase zu erproben.
3. Cloud-Technologien erlauben standortunabhängigen Zugriff auf zentral gespeicherte Daten eines Prozesses. Darüber hinaus ist ihre unmittelbare Verwaltung und Bearbeitung möglich. Datenbasierte Analyse- und Auswertungsdienste können z.B. spezifische Maschinendaten auswerten und somit Effizienzsteigerungsprogramme in den Gang setzten.
4. Additive Fertigungsverfahren wie 3D-Druck, der eine vollständige Individualisierung von Produkten ermöglicht (BMW 2015: 8ff).

Die vernetzten Komponenten der *Industrie 4.0* orientieren sich an die Steigerung der Effizienz bei den industriellen Fertigungsprozessen, die auf intelligenten Automations- und Vernetzungssystemen sowie dezentralisiert gesteuerten Energieversorgung basieren. Die massive Umstrukturierung der Prozessabläufe wird mit der Integration von Mikro- und Elektrotechnik in der Hardware und damit einhergehenden Automatisierung der Fertigungsprozesse erreicht. Diverse Sensor- und Aktor-Komponenten liefern produktionsrelevante Informationen in Echtzeit-Modus, die von komplexen Algorithmen gezielt verarbeitet werden können. Dank programmierter Sensoren-Technik können Warnsignale noch vor dem Auftreten von Störungen in den Industrieanlagen oder Produktionsstätten erkannt und an die zuständige Stelle übermittelt werden. Damit können die vorausschauenden Wartungs- und Reparaturarbeiten kostenintensive Ausfallzeiten ausschließen. Auch im Software-Bereich hat sich Einiges getan, wie die bereits aufgeführten Beispiele über die Möglichkeiten von KI veranschaulicht haben. Grundsätzlich zeichnet sich die *Industrie 4.0* durch automatisierte Prozesse und Datenvernetzung, die in Relation zueinander gesetzt werden. Das Bundeswirtschaftsministerium stellt sich *Industrie 4.0* folgendermaßen vor:

Unter dem Stichwort „Industrie 4.0“ werden die Möglichkeiten und Implikationen einer immer stärkeren Verschmelzung von physischer und virtueller Welt für industrielle Wertschöpfungsprozesse diskutiert (BMW 2015: 6).

Damit eröffnen sich unzählige Anwendungspotentiale, die in ihrem ganzen Umfang noch gar nicht erschlossen werden können (Wittpahl 2016: 5). So wird im Kontext der Digitalisierungsprozesse auch der Mobilitätswende eine besondere gesellschaftspolitische Aufmerksamkeit zuteil.

Die Auslastung des Verkehrssektors ist ein weltweites Problem, das starken Einfluss auf die Umweltverschmutzung und die Ressourcenverknappung nimmt. Im Jahr 1999 wurden weltweit über 56 Millionen Fahrzeuge hergestellt. In den letzten 20 Jahren kam es fast zur Verdopplung der Herstellungsrate. Sie stieg auf eine jährliche Summe von 97,5 Millionen Automobilen (OICA 2019). Der Verkehrssektor ist für 20 Prozent der weltweiten Treibhausgasemissionen verantwortlich, deshalb ist die nachhaltige Entlastung des Verkehrssektors durch den Ausbau von klimaverträglichen Alternativen ein wichtiger Faktor für den Umweltschutz (OICA 2019). Ein klassischer Weg für die Verbesserung des Verkehrsflusses besteht in der Optimierung der Verkehrsinfrastruktur. Zu den verbreiteten Lösungen gehört die Neuaufteilung der Verkehrsfläche und die Erweiterung von fußgänger- und fahrradfreundlichen Wegen. Erst mit den Mitteln digitaler Technologien entstehen neue Möglichkeiten der Vernetzung zwischen den Fahrzeugen und der Verkehrsinfrastruktur. Damit wird die Optimierung des Fahrverhaltens, der Routenauswahl und der Fahrauslastung erreicht. Ergänzend dazu können intelligente intermodale Mobilitätsangebote sowie autonome Fahrsysteme zu einer zusätzlichen Entlastung des Verkehrs beitragen (Lange/Santarius 2018: 66ff). Der Ausbau eines verbraucherorientierten öffentlichen Nahverkehrsnetzes, der den Strom aus erneuerbaren Energiequellen nutzt, kann eine optimierte Auslastung des Linienverkehrs bewirken. Auch die Elektromobilität steht hoch im Kurs und wird in den urbanen Räumen als Flaggschiff nachhaltiger Entwicklung gesehen. Das autonome, vernetzte Fahren weckt die Faszination für neue Antriebstechnologien der Zukunft. Hier werden die Verbrennungsmotoren durch elektrisch aufladbare Batterien sowie durch den Elektroantrieb ergänzende Wasserstofftechnologie ersetzt. Damit der Übergang von den klimaschädlichen Verbrennungsmotoren zu den elektrischen Antriebswerken gelingen kann, müssen Zwischentechnologien entwickelt werden. Die *E-Fuels* könnten die notwendige Brückentechnologie darstellen und die digital eingeleitete Mobilitätswende unterstützen. Die Vorteile der E-Kraftstoff finden sich die Energieeffizienz betreffend, entlang der gesamten Bereitstellungskette: der Nutzung von erneuerbaren Energien zur Kraftstoffsynthese, der hohen Energiedichte und dem geringen CO₂-Ausstoß.³³ Weitere Faktoren wie die Weiternutzung der Tankstellen-Infrastruktur und der Erhalt der Bestandsflotte der Fahrzeuge, die nur schwer elektrifizierbar sind, bringen positive ökologische Effekte der unabdingbaren Energiewende mit sich (Dena 2019). Die aktuelle Dena-Studie „*E-Fuels*³⁴ — The potential of electricity-based fuels for low-emission transport in the EU“ untersucht die unterschiedlichen Entwicklungsszenarien der Antriebsarten und Kraftstoffe in der EU im Personen- und Güterverkehr (Dena 2019). Anhand der

³³ Laut der Studie ist die CO₂ der *E-Fuels* vier bis sechs Mal geringer als bei den Verbrennungsmotoren und zwei Mal geringer als bei den batterieelektrischen Fahrzeugen (Dena 2019).

³⁴ *E-Fuels* werden auf Basis von erneuerbarem Strom hergestellt. Es sind gasförmige und flüssige Kraftstoffe wie Wasserstoff, Methan, synthetische Otto- und Dieselmotoren sowie Kerosin (Dena 2019).

Prognosen zur Verkehrsentwicklung aller Verkehrsträger bis 2050 sowie der Erreichung des EU-Klimaschutzzieles 2030 für den Verkehrssektor³⁵ kommen die Studienverfasser zu dem Ergebnis:

Even in a world with a very high share of renewable power, energy efficiency will be of major importance in transport. Just as in the past, continuous powertrain efficiency improvements will also be needed in the future to offset energy demand from rising levels of freight and passenger transport [...] The growing demand for transport has outweighed past progress in energy efficiency. It is now, and will be in the future, the main driver of additional GHG emissions. [...] The EU'S GHG reduction targets – especially the 2030 targets – can be achieved cost-effectively and more realistically with lower transport demand (Dena 2019: 110-111).

Ferner gibt die Studie eine Empfehlung zur erfolgreichen Wende im Transportsektor: „Transport will be probably more efficient and effective with an integrated approach that aims to increase renewable energy and energy efficiency, control transport demand, and guarantee grid stability,“ (Dena 2019: 113). Aus den Studienergebnissen lässt sich neben der Notwendigkeit der grünen Energieerzeugung und der effektiven Energienutzung ein wesentlicher Punkt ableiten, nämlich die Reduktion der Transportnachfrage. Mit dem digitalen Wandel sind verschiedene Konzepte zur problematisierenden Frage nach der Entlastung des Verkehrssektors in den Ballungszentren entstanden. Eins dieser Modelle ist aufgrund seines hohen sozialen Innovationsgrades und der ökologischen Aspekte besonders interessant — das *Carsharing* als konzeptueller Teil von der *Sharing Economy*. Die Autorin Rachel Bootsman, die diesen Begriff maßgeblich in der Öffentlichkeit prägte, versteht darunter eine dezentralisierte Wirtschaftsform, die, im Gegensatz zur vertikal skalierten Organisationsstrukturen der gegenwärtigen Wirtschaftsordnung, auf Netzwerken sozialer Commons³⁶ basiert (Botsmann 2011). Die Nachfrage nach dem kommerziellen Geschäftsmodell, das sich auf die Vermittlung von Dienstleistungen wie *Carsharing* und *Mobility-on-demand*, wie z.B. *Uber*, spezialisiert hat, ist in den letzten zehn Jahren enorm gestiegen (Future Mobility 2018). Die Geschäftsidee wird durch das Grundprinzip des Teilens statt Besitzens charakterisiert. Heute legen die *Carsharing*-Unternehmen einen besonderen Wert auf hochmoderne Hybridfahrzeuge und E-Autos, die mit der Lithium-Ionen-Batterietechnik zwecks Reduktion der unmittelbaren Schadstoffbelastung betrieben werden. Dank digitaler Informationstechnik kann mit Hilfe der *Sharing Economy* eine Mobilitätswende eingeleitet werden. Die Vorbedingung dafür ist eine umfassende Energiewende.

Wie wir wissen, zählten die Wind- und Wassermühlen zu ihrer Zeit zu den bedeutendsten technologischen Erfindungen, die zur neuen Art der Energiegewinnung beigetragen haben. Damit haben sich damals neue Perspektiven in Bezug auf die Steigerung des

³⁵ Nach den EU-Klimaschutzziele müssen bis 2030 rund 30 Prozent Emissionen gegenüber dem Stand vor 2005 reduziert werden (Dena 2019: 15-16).

³⁶ Als *Commons* werden die Allmenden bezeichnet, wobei bei Jeremy Rifkin der Begriff sehr umfassend ausgelegt wird und u.a. alle Bereiche des gemeinschaftsorientierten Handelns und Lebens miteinschließt (Rifkin 2016: 243ff).

Produktivitätspotentials eröffnet, die den Ausbau erforderlicher Infrastrukturen voraussetzen. Die Inbetriebnahme der ersten Dampfmaschine in der Textilbranche hat den Beginn einer neuen Innovationswelle eingeleitet. Damit wurde der Übergang der Menschheit ins fossile Industriezeitalter markiert. Die Mechanisierungswelle der zweiten industriellen Revolution ermöglichte den Aufbau von Fabriken und Fertigungskomplexen, die den Grundstein für die heutige Produktionsanlagen gelegt haben. Seit der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts sicherten die erdölbasierten Energiequellen den technischen Durchbruch in der Fertigungsindustrie (Rifkin 2016: 75ff). Seither zeichnete sich die Energielandschaft durch das Monopol großer Energiekonzerne wie das französische *Areva* aus. Der neoliberalen Wirtschaftslogik folgend, unterlagen die relevanten *top down*-Entscheidungen der Energieindustrie und ihrer Profitorientierung. Die wirtschaftlichen Kosten wurden auf die Natur externalisiert. Dementsprechend basierte das zentralisierte Stromsystem auf großen Kraftwerken, die ihr Stromangebot flexibel an die Nachfrage angepasst haben. War die Stromnachfrage zu bestimmten Tageszeiten zu hoch, konnte durch das kurzfristige Zuschalten von Kohle- und Gaskraftwerken der Mehrbedarf gedeckt werden (Lange/Santarius 2018: 35). Die Effekte dieser langjährigen Praktik sind anhand der Akkumulation der Treibhausgase in der Erdatmosphäre ersichtlich, was bereits im ersten Teil dieser Arbeit umfassend dokumentiert wurde. Ob es sich nun um Kohle- und Gaskraftwerke, hochmoderne Biogas-Anlagen oder emissionsarme, aber technisch unberechenbare Atomkraftwerke handelt — der ökologische Schaden der konventionellen Energieerzeugung ist die längst zum Politikum geworden und zählt zu den größten umweltpolitischen Herausforderung unserer Zeit. Für die Energieerzeugung werden nach wie vor überwiegend die fossilen Brennstoffe wie Erdöl, Erdgas und Kohle verwendet (Meadows/Randers 2009: 86ff). Aus dem Bericht an den *Club of Rome* geht hervor, dass der jährliche Energieverbrauch zwischen 1950 und 2000 im Schnitt um 3,5 Prozent angestiegen ist.

Wie wir bereits konstatiert haben, werden bei den Prozessen der Digitalisierung die materiellen Ressourcen in energetische Bits und Bytes umgewandelt. Dieser Prozess, wie auch der kürzlich beleuchtete Umstieg auf die Elektromobilität ist für den steigenden Energiebedarf verantwortlich, der möglichst klimaneutral zur Verfügung gestellt werden muss. Der Ausbau erneuerbaren Energieträger bietet die Möglichkeit, den Energiesektor nachhaltig zu verändern, indem kleine und dezentralisierte Energieerzeugungseinheiten zu flexiblen Energieversorgungsstrukturen gebündelt werden. Bei der Neukonzeptionierung der Stromversorgung ist es wichtig zu beachten, dass das Stromangebot feiner auf die Nachfrage abgestimmt wird (Lange/Santarius 2018: 35-36). Gerade in der Flexibilisierung der Stromnachfrage liegt der Weg zu der Energiewende, um den Zielen des Pariser Klimaabkommens gerecht zu werden. Der Ausgleich zwischen dem Stromüberschuss und der Stromknappheit kann mit intelligent gesteuerten Mechanismen erreicht werden.

Eine neue technologische Ära, die jeden Lebensbereich massiv verändert, veraltete Prozessabläufe vereinfacht, beschleunigt oder sogar komplett gegen neue Geschäftssegmente austauscht, wurde im Eiltempo eingeläutet. Anhand von oben aufgeführten Beispielen habe ich einige der bedeutenden Einflüsse der Digitalisierung illustriert, die darauf hindeuten, dass der Übergang von analoger Information auf ein digitales Medium die Art und Weise verändert, wie wir produzieren, konsumieren und uns selbst wahrnehmen. Mit der ubiquitären Verbreitung vernetzter Systeme wie *IoT* werden Standardarbeitsabläufe optimiert und an die Nutzerbedürfnisse kraft zentralisierter Kundendaten angepasst. Eine integrative Zusammenführung von gesammelten Informationen in Datenbanken kann die Arbeitsabläufe verkürzen, die Nutzung von verschiedenen Anwendungen erleichtern und schnelle, reibungslose Abläufe gewährleisten. Die Bereiche der Elektromobilität und des autonomen Fahrens zeugen von der Herausbildung vernetzungsaktiver und intelligenter Infrastrukturen, die den Verkehrssektor in Richtung Mobilitätswende nachhaltig verändern können. Besonders wichtig für das digitale Zeitalter ist eine dezentral und flexibel gesteuerte Energieversorgung aus den erneuerbaren Energiequellen. Im weiteren Arbeitsverlauf werden wir im Einzelnen auf die Aspekte der intelligenten Vernetzung eingehen. Darum gilt es, die verfestigte Narrative digitaler Innovation aufzulösen. Im folgenden Kapitel widme ich mich der Schilderung von struktureller Veränderungen in der Gesellschaft zu, die mit der Digitalisierung einhergehen.

3.2 Die neue Auflösung der Gesellschaft

Aus historischer Sicht führen neue technologische Wellen zu rasanten sozialpolitischen Veränderungen. Die Erfindung des Buchdrucks markierte die Einführung der neuen Kommunikationsmöglichkeiten, die den Umgang mit Informationen veränderte. Nun konnte das Wissen zweckmäßig systematisiert und überliefert werden — neue Weltbilder und Paradigmen sind entstanden (Rifkin 2016: 54ff). Auch die Digitalisierung, die in ihrer Mehrdimensionalität bisher noch keinen Präzedenzfall hatte, bringt viele Veränderungspotentiale mit. Der deutsche Soziologe Christoph Kucklick schreibt:

Die bisherige Gesellschaft war wie aus Billardkugeln zusammengesetzt, die wir im Laufe der Zeit gelernt haben, zu einem belastbaren Gebilde zu arrangieren. Nun werden diese Kugeln nach und nach durch winzige Schrotkugeln ersetzt. Das verändert radikal den sozialen Aggregatzustand und die gesellschaftliche Statik — und zwingt uns dazu, neue Wege zu finden, aus den feineren Partikeln eine stabile Ordnung zu bauen (Kucklick 2016: 16).

Vollständigkeitshalber wird im Folgenden auf die Nachhaltigkeitsdefizite der Digitalisierung in der sozialen Sphäre eingegangen. Diese Perspektive ist für die Analyse unentbehrlich, weil die profilierten Auswirkungen digitaler Transformation auf die Zivilgesellschaft erfasst werden müssen, um daraus die Potentiale ökologischer Transformation ableiten zu können.

Die digitale Technologie liefert ein hochaufgelöstes Bild unserer Gesellschaft und erzeugt ein neues Weltverständnis. Kucklick merkt dazu an: „Mit der Detailgenauigkeit, mit der wir unsere Realität wahrnehmen, verändert sich diese Realität selbst“ (Kucklick 2016: 10). Gerade die exklusiven Zentren der sozialen Medienmacht wie *Facebook*, *Instagram* oder *Twitter* tragen zur „Differenz-Revolution“ bei, die unsere Unterschiede hervorhebt, uns radikal vereinzelt und singularisiert (vgl. ebd. 11). Damit werden die Gefahren des Missbrauchs durch die Monopolisierung des Internets und des Datenflusses sowie die digitale Überwachung³⁷ verstärkt. Kucklick beobachtet die Umverteilung von Wissen und wirtschaftlichen Chancen unter den Menschen, die eine „Intelligenz-Revolution“ auslöst (Kucklick 2016: 69ff). Von dieser Entwicklung werden die Akteure profitieren, die die intelligenten Maschinen und ihre Einsatzbereiche kontrollieren. Damit verbundene wirtschaftliche Ungleichheit wird zur Polarisierung in der Gesellschaft führen. Deshalb ist eins der wichtigsten Probleme des Digitalisierungsprozesses die Rationalisierung von Arbeitsplätzen (Lange/Sanataris 2018: 96). Durch den zunehmenden Einsatz von Automatisierungstechnik im industriellen Produktionssektor, wird der Bedarf an menschlicher Arbeit stark sinken. Gerade die einfachen Routine-Jobs werden von den Maschinen übernommen, wie ein aktuelles Beispiel aus Japan zeigt. Dort wurden 34 Mitarbeiter eines Versicherungsunternehmens durch die KI *IBM Watson Explorer* ersetzt (The Guardian, vom 07.01.2017). Paech nennt diesen Automatisierungsprozess „lebenserleichtend“, weil er nach

³⁷ Als weiterführende Literatur ist das Buch von Shoshana Zuboff „Das Zeitalter des Überwachungskapitalismus“ (2019) ist empfehlenswert.

seiner Meinung von der Notwendigkeit befreit, „etwas Substantielles“ machen zu können (Paech 2013: 205). Gleichzeitig sollte die Technik die Optimierung und Ausweitung von Tätigkeitsbereichen gewährleisten. Damit wird die Entkopplung von Produktivität und Beschäftigung stattfinden (Rifkin 2016: 195). Mit der Effizienzsteigerung werden höhere wirtschaftliche Wachstumsraten erwartet. Von dem Einsatz neuer Technologien versprechen sich die Führungskräfte einen ökonomischen Vorteil anhand von Lohnkosteneinsparungen. Gleichwohl als Nebeneffekt dieser Entwicklungsdynamik wird die nachhaltige und umweltfreundliche Produktionsweise erwartet. Von der Änderung der Produktionsverhältnisse werden nahezu alle beruflichen Sparten betroffen sein. Einige wissenschaftliche Studien prognostizieren den Wegfall von 47 Prozent aller Arbeitsplätze (Frey/Osborne 2013). Zunächst werden die Jobs im Niedriglohnbereich der „Intelligenz-Revolution“ zum Opfer fallen. Eine digitale „Rating-Gesellschaft“ bildet sich aus, die durch einen Konkurrenzkampf um Leistung, Qualität und Reputation bestimmt ist (Kucklick 2016: 132-133). Selbst die Bemühungen der Unternehmen zur Umstrukturierung werden weitgehend scheitern. Die Forscher kommen dem Entschluss, dass es in der Zukunft nur wenige hochqualifizierte Berufe wie Software-Entwickler, Programmierer und Data-Analysten geben wird. Hier sind sich die Wissenschaftler einig: trotz der heterogenen Arbeitsprofile wird die Wegrationalisierung von Arbeitsplätzen in den nächsten zwei Jahrzehnten zunehmen und zur sozialen Spaltung führen (Lange/Santarius 2018: 88-89). Kucklick sieht im Zuge der Entwicklung das neue Menschenbild aufkommen, das als unberechenbar, störungsanfällig und störend gegenüber der von Algorithmen beherrschten Maschine auftritt (Kucklick 2016: 15). Vor dem Hintergrund dieser Entwicklung werden die Menschen bestimmte neuen Bewertungsmaßstäbe setzen und „eine Aura der Unfehlbarkeit“ um sich kultivieren (Kucklick 2016: 134). Wie wir anhand der Veränderungen in der sozialen Sphäre sehen können, bestimmt die Digitalisierung die Richtung gesellschaftlicher Veränderungen, die primär auf die Stimulierung der Wirtschaft ausgelegt ist.

Die politischen Entscheidungsträger müssen eine umfassende Arbeitsreform zur langfristigen Stabilisierung der Lage auf dem Arbeitsmarkt auf den Weg bringen. Zurzeit werden auf der sozialpolitischen Ebene diverse Lösungsvorschläge diskutiert. Eine besondere Aufmerksamkeit genießt der Ansatz, der für die Halbierung von Arbeitszeit plädiert. Neben der Diskussion über die Zielvorgaben und Rahmenbedingungen von Umschulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen, deren methodische Formgebung noch im Raum offen steht, wird die Reduktion der Vollzeitbeschäftigung als eine Alternative für den Erhalt von sozial etablierten Verhaltensnormen wie der sozialen Netzwerkkommunikation, persönlicher Entfaltung und Prestige gehandelt. Auch für die nachhaltigkeitsorientierten Zielsetzungen sollte dieser Vorschlag diskussionsfähig sein. Der deutsche Wirtschaftswissenschaftler Paech plädiert schon seit Jahren für eine feste Integration der Arbeitszeitreduktion in die gesellschaftlichen Strukturen. Seine Grundidee basiert auf der Annahme, dass der Wohlstand nicht durch den Kapitalismus und Konsum definiert wird.

Der Wegfall von finanziellen Mitteln durch die Arbeitszeitreduktion ist nach seiner Meinung ökologisch förderlich, weil er „Einkommenseffekte“ verursacht d.h. die Befähigung zum umfassenden Konsum entzieht (Paech 2013: 218). Ferner argumentiert er, dass die steigende Arbeitsproduktivität sich positiv auf die gerechte Arbeitsverteilung sowie das ehrenamtliche Engagement in den Kommunen, Selbstversorgung und kreativen Tätigkeiten auswirkt. Diese These wird ebenfalls von den Nachhaltigkeitsforschern Steffen Lange und Tillman Santarius als mögliche Lösungsalternative in Erwägung gezogen, wo die Digitalisierung als „Zeitschenkung“ und „wichtiger Beitrag zu einer sozialökologischer Transformation“ fungiert (Lange/Sanatorius 2018: 95).

Ergänzend zum Thema kann eine weitere Maßnahme gegen die drohende Arbeitslosigkeit und finanzielle Unsicherheit erwähnt werden. Es handelt sich um die Einführung des bedingungslosen Grundeinkommens als Zeichen sozialer Gerechtigkeit im digitalen Zeitalter. Kürzlich fand das soziale *Jahrhundertexperiment* mit zweitausend frei ausgewählten Teilnehmern in Finnland statt, die innerhalb von zwei Jahren monatlich 560 Euro zusätzlich zu ihrem Einkommens bzw. sozialen Transferleistungen erhalten haben. Wie der Name schon verrät, war die finanzielle Stütze nicht als Sozialleistung dekodiert und an keine Bedingungen gebunden. Nach der Beendigung der Probephase Ende Dezember 2018 haben sich die Teilnehmer zur Wort gemeldet. Die Resonanz ist überwiegend positiv ausgefallen. Viele Menschen konnten in das Berufsleben zurückfinden oder sich selbstständig machen (De Wispelaere et al. 2018).

Zuguter Letzt identifiziert Kucklick die „Kontroll-Revolution,“ die nach seiner Auffassung die digitalisierte Welt bestimmen wird, wo wir „sozial neu sortiert, bewertet, verglichen — und durchschaut werden“ (Kucklick 2016: 11). In diesem Zusammenhang ist die Frage nach Datensicherheit zu stellen, denn die Spannweite der öffentlichen Diskussionen über die Sicherheit in der virtuellen Welt reicht von der Sorge um die personenbezogenen Datensätze bis hin zu den Cyber-Attacken von Terroristen auf sicherheitsempfindliche Staatsstrukturen (vgl. end.: 107; 172-178). Eine der umstrittensten Aussagen zum Thema Datenverwaltung kam von Eric Schmidt, der zwischen 2011 und 2015 der CEO von Google war: „We know where you are. We know where you've been. We can more or less know what you're thinking about“ (vgl. Eric Schmidt für *The Atlantic* 2010). Unter dem Schlagwort *der gläserne Mensch* hat diese Entwicklungstendenz Einzug in die Strukturen der Gesellschaft gehalten. Die Frage ist, ob die personenbezogene Datenfreigabe³⁸ ein bedeutender Beitrag zum Umweltschutz leistet. Jeremy Rifkin nimmt in Bezug auf die digitale Transparenz eine klare Position ein: „Kommt es nicht zu einer angemessenen Balance zwischen Transparenz und Recht auf Privatsphäre, wird dies die Entwicklung des Internets der Dinge verlangsamen oder, schlimmer noch, auf irreparable Weise

³⁸ In diesem Kontext entstehen zahlreiche Forschungsfragen auf, z.B. welchen Leitlinien folgen die Drahtzieher im Umgang mit der Privatsphäre ihrer Klienten? Wer prüft die Daten verarbeitende Algorithmen und wem sind sie rechenschaftspflichtig?

kompromittieren oder gar verhindern“ (Rifkin 2016: 117). Die Fortschrittsopportunisten kritisieren, dass der gesetzlich festgelegte Rahmen zum Datenschutz eine Innovationsbremse auslösen kann. Andere fordern die Einschränkung von Monopolrechten einflussreicher Internet-Dienste, um dem „Straflager der Überwachung“ entgegenzuwirken (Kucklick 2016: 22). Mitunter verlangen sie die Nutzungseinschränkung bestimmter digitaler Dienste sowie einen konsequenten Schutz persönlicher Daten. Nach wie vor fehlen in dem sozialpolitischen Werkzeugkasten die standardisierten Verfahren und Methoden zur Datenverarbeitung und -speicherung. Womöglich droht uns mitten im Kontrollwahn und die Zahlenfixierung der totale Kontrollverlust über unsere Wahrnehmung und unsere Entscheidungen:

Vom Ordnen ist es dann nur ein winziger Schritt zum Bewerten. Aus den Zahlen werden Normen, aus Maßen werden Maßstäbe. Anhand der Berechnung beginnen wir, Menschen zu sortieren zu diskriminieren und zu kontrollieren. Das ist der [...] Grund, warum Big Data so riskant ist (Kucklick 2016: 125).

Zahlreiche sozial- und kommunikationswissenschaftliche Studien befassten sich eingehend mit der ethisch-moralischen Problematik, die durch die Sammlung und Verarbeitung von persönlichen Daten entsteht. Oftmals ist die Rede von Durchsetzung der Machtinteressen, die mit der Überwachung und Kontrolle der „smarten Diktatur“ sowie der Einschränkung von Meinungsfreiheit einhergehen. Digitalisierung führt zur Konzentration riesiger Mengen von Finanzkapital in Händen weniger Unternehmen. Sechs der zehn einflussreichsten Wirtschaftsakteure gehören der digitalen Player-Liga an. Die Rede ist von weltbekannten Markt Giganten wie Microsoft, Google, Amazon, Apple und Facebook. Auf der globalen Ebene üben diese wirtschaftlichen Kolosse einen großen gesellschaftlichen Einfluss aus. Sie kontrollieren die Datenströme und die medialen Räume, in denen die sozialpolitische Gestaltung stattfindet. Wenn man *dazugehören* möchte, so ist es kaum möglich, sich diesem Einfluss zu entziehen. Die renommierte Sozialwissenschaftlerin Shoshana Zuboff widmete sich der Ausarbeitung dieses Problems, das sie unter dem Sammelbegriff *surveillance capitalism* zusammenfasst: „unilaterlly claims human experience as free raw for translation into behavioral data,“ (Zuboff 2019: 4). Während ein Teil von gesammelten Daten für die Produktions- und Serviceverbesserungen verwendet wird, führt Zuboff fort, wird der andere Teil als „proprietary *behavioral surplus*, fed into advanced manufacturing processes known as ‘machine intelligence,’ and fabricated into prediction products than anticipate what you will do now, soon, and later“ genutzt (vgl. ebd.). Das bedeutet, dass die Verhaltensmuster nicht nur observiert werden — sie werden von den intelligenten Algorithmen geformt. „New automated protocols are designed to influence and modify human behavior at scale as the means of production is subordinated to a new and more complex *means of behavior modification*,“ (Zuboff 2019: 5). Diesen Übergang von Wissen zu Macht begegnet Zuboff mit Skepsis: „If industrial capitalism dangerously disrupted nature, what havoc might surveillance capitalism wreak on human nature?“ (vgl. ebd.). Im weiteren Arbeitsverlauf versuche ich darauf eine Antworten zu finden.

4 Effekte der Digitalisierungswelle auf die Umwelt

Als größte technologische Innovation unserer Zeit unterliegt die Digitalisierung einem rasanten Wachstum. Mit großer Euphorie begegnet man auf hohen wirtschaftspolitischen Ebenen der Welle der Digitalisierung. Nach der offiziellen Verlautbarung der Bundesregierung sollte dieser Prozess weder von politischen noch von wirtschaftlichen Flanken eingeengt werden, um damit nicht dem technologischen Fortschritt im Weg zu stehen (BMWi 2019). Auch wenn die Kritik aus den wirtschaftspolitischen Reihen, die die Rückständigkeit der technischen Infrastrukturen bemängelt, laut wird, kommt die Digitalisierung, z.B. bei der Breitbandversorgung gut voran. So liegt der Gesamt-Indexwert³⁹ für Deutschland 2019 mit 67,6 Punkten rund fünf Punkte über dem von 2017 (BMI 2019: 38). Die spezifizierten Teilbereiche werden als Indikatoren für die Index-Erstellung ausgewertet. So erreicht eins der fünf Bereiche — das *Digitale Leben*⁴⁰ den höchsten Wert an Digitalisierung. Dazu lesen wir:

Die Digitalisierung prägt auch das Privatleben und bietet komfortable Möglichkeiten zur Informationsbeschaffung, Unterhaltung, Kommunikation, Pflege zwischenmenschlicher Beziehungen und Beschaffung von Waren und Dienstleistungen. Daher ist die Frage nach der digitalen Durchdringung des Privatlebens verknüpft mit dem Interesse an digitalen Angeboten und dem durch die breite Bevölkerung in sie gesetzten Vertrauen (BMI 2019: 14).

In hohen wirtschaftspolitischen Kreisen wird der technologische Fortschritt als Allheilmittel deklariert (Fatheuer et al. 2015: 28-29). Die Digitalisierung wird als etwas „Unbedingtes, Notwendiges und uneingeschränkt Wünschenswertes“ dargestellt (Sühlmann-Faul/Rammner 2018: 23). Diese technisch-gesellschaftliche Entwicklung ist „alternativlos und notwendig,“ nicht zuletzt, weil so viele Lebensbereiche davon betroffen sein werden (vgl. ebd). Das ist mit der Grund, warum die grüne Ökonomie⁴¹ zum jetzigen Zeitpunkt Hochkonjunktur erlebt. Weniger öffentlicher Beachtung finden Diskussionen über die negativen ökologischen Einflüsse der Digitalisierung. Im vergangenen Kapitel haben wir festgestellt, dass mit dem digitalen Anwendungstool und seinen Kernbereichen wie der *Industrie 4.0*, dem *IoT* und der *künstlichen Intelligenz* das grüne Wachstum einhergehen soll. Mit der Anwendung dieser Technologien hegt man die Erwartungen, die Wirtschaftsaktivität produktiver und nachhaltiger zu gestalten.

³⁹ Die Zusammensetzung des Deutschland-Indexes der Digitalisierung wird für das Jahr 2019 wie folgt aufgeteilt: 84 Prozent für Digitales Leben, 72,5 Prozent für Infrastruktur, 69,8 für Wirtschaft und Forschung, 72,4 Prozent für den Bereich des Bürger-Services und 46 Prozent für digitale Kommunen (BMI 2019: 37).

⁴⁰ Das Themenbereich *Digitales Leben* umfasst die Auswertung digitaler Infrastruktur, u.a. *E-Commerce*, digitale Plattformen und soziale Medien, die als „fester Bestand des Alltags“ für die Menschen gelten sollen (BMI 2019: 9).

⁴¹ Als grüne Ökonomie bezeichnet man eine umweltschonende und ressourcensparende Wirtschaftsaktivität, die kraft technologischer Möglichkeiten zum grünen Wachstum verhelfen soll, damit der materielle Wohlstand auf seinem hohen Niveau weiter bestehen bleibt. In diesem Kontext eignet sich das Buch von Thomas Fatheuer et al. „Die Kritik der grünen Ökonomie“ (2015).

Im Rahmen dieser Untersuchung wird der Notwendigkeit der eingehenden Reflexion von negativen ökologischen Nebeneffekten der Digitalisierung eine besondere Rolle zugeteilt. Dabei gilt es, die kausalen Zusammenhänge zwischen digitalen Prozessen und ihren Auswirkungen auf die Umwelt darzustellen.

4.1 Bewertungskriterien der Nachhaltigkeit im digitalen Kontext

Der technologische Fortschritt ist das konstituierende Element der Digitalisierung, die mit tiefgreifenden strukturellen und soziokulturellen Veränderungen verbundenen ist. Um die Veränderungen in der post-säkularisierten Welt in die nachhaltigen Bahnen zu lenken, müssen zunächst die Kriterien für eine Nachhaltigkeitsbewertung von digitalen Prozessen festgelegt werden. Zur Orientierung können dafür Anhaltspunkte wie der Ressourcenbedarf, Energieversorgung und die Produktionsweise genommen werden, weil diese Indikatoren zum grundlegenden Teil der Wertschöpfung gehören.

Jede Technologie braucht eine materielle Basis und Infrastruktur für ihre Nutzung. Bislang konnte das neoliberale Wirtschaftswachstum durch die Implementierung immer neuer Technologien und den hohen Verbrauch von natürlichen Ressourcen in Form von fossilen Energieträgern und anderen natürlichen Rohstoffen wie Phosphor, Kupfer, Lithium oder Coltan⁴² sichergestellt werden. Die Förderung von seltenen Erden ist mit der intensiven Energienutzung, Umweltverschmutzung und fragwürdigen Arbeitsbedingungen verbunden (Bleischwitz et al. 2012: 51-52; Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 96-97). Mit der Verbreitung technologischer Anwendungen steigt die Nachfrage nach zahlreichen Naturressourcen an. Nach der Aussage von Ferdinand Dudenhöffer, dem Leiter des Centers Automotive Research an der Universität Duisburg-Essen, dominieren mit knapp 90 Prozent die führenden Technik-Konzerne wie *Samsung*, *Panasonic* und *LG Chem* den globalen Markt auf dem Gebiet der Rohstoffförderung für die Batterieherstellung. Darin sieht er die Gefahr einer zunehmenden Rohstoff-Monopolisierung (Zeit Online, vom 21.11.2018). Eine weit größere Gefahr besteht in der Verknappung endlicher Rohstoffe. Die Markteinführung von Smartphones veranschaulicht die Maßstäbe dieser Entwicklung. Mit dem *Nokia 9000 Communicator* von 1996 revolutionierte der Aufstieg von tragbaren Mini-Computern die Welt der Technik und ließ einen Milliarden-US-Dollar schweren Industriekomplex entstehen. Seither wurden über sieben Milliarden Smartphones hergestellt. Allein für die Herstellung von elektronischen Komponenten u wurden in demselben zeitlichen Rahmen ca. 157 Tausend Tonnen Aluminium, 38 Tausend Tonnen Cobalt und 107 Tausend Tonnen Kupfer verwendet (Lange/Santarius 2018: 24). Unter den Umweltschützern sind die Förderungsmethoden des Fertigungsmaterials sehr umstritten, weil sie immensen ökologischen Schaden in den Ökosystemen der betroffenen Regionen hinterlassen (Bleischwitz et al. 2012: 56ff). Allein die Forderung von Aluminium hinterlässt mit Chemie versuchte Landschaften, wo kein Leben auf lange Zeit nicht mehr möglich ist.

Der Ausbau digitaler Infrastruktur erfordert eine beachtenswerte Menge von Energieressourcen. Immer größere Datenmenge werden in den Rechenzentren verwaltet und gespeichert, was den

⁴² Coltan gilt als seltenes und daher auf dem Weltmarkt begehrter Erzgestein und wird verstärkt in der Produktion von digitalen Geräten, u.a. in Smartphones und Tablets verwendet. Der Rohstoff wird im Demokratischen Republik Kongo gefördert und gilt aufgrund seiner Herkunft als Konfliktmineral.

Energieverbrauch drastisch ansteigen lässt. Aus diesem Grund betrifft das weitere Kriterium für die Bewertung der Nachhaltigkeit digitaler Prozesse die Energienutzung. Die ökologischen Kosten von Bites und Bytes hinterlassen schon bei den Herstellungsprozessen einen erheblichen CO₂-Fussabdruck. Unter anderem ist es darauf zurückzuführen, dass sich die Hersteller in den Weltregionen mit problematischer Energieerzeugung befinden (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 45). Der CO₂-Fussabdruck von mobilem Datenverkehr beträgt jährlich mehrere Millionen Tonnen. Die weltweite Nutzung mobilen Internets überstieg 2016 zum ersten Mal mit 51,3 Prozent den Desktop-Traffic mit 48,7 Prozent. (Bodmeier; Scheck et al. 2018: 3). Anteilig macht die Internetnutzung rund 10 Prozent des gesamten Energieverbrauchs der Welt aus. Trotz der europäischen Energiewende werden u.a. in Finnland Atomkraftwerke in Betrieb genommen, während der französische Konzern Areva die Ausweitung von Atomkraftwerken in Asien plant (IAEA 2018). Gleichzeitig geben die Regierung der G20 mehrere Millionen US-Dollar an öffentlichen Subventionen für die Exploration neuer fossiler Reserven aus (Fatheuer et al. 2015: 29). Wie kann nun der wachsende Energiebedarf der vernetzten Weltgemeinde auf eine umweltschonende Weise gedeckt werden, damit die ökologischen und sozialen Kosten unserer Wirtschaftsweise nicht mehr externalisiert werden? Bisher ist diese Energie-Frage weitgehend ungelöst geblieben.

Im Kosmos des herrschenden Wirtschaftssystems wird der technische Fortschritt zur Optimierung von Produktions- und Dienstleistungsprozessen eingesetzt. Die Potentiale digitalisierter Wirtschaft basieren auf den wachstumsfördernden Leitprinzipien der Effizienz, die Energie- und Ressourceneinsparung garantieren soll (Braungart/McDonough 2016: 75-76). Mit der Einführung von Automatisierungstechnik erhöht sich die Produktivitätsleistung, was zum Herabsinken von Kosten und zur Schmälerung des Arbeitskräftebedarfs führt. Das dritte Bewertungskriterium der Nachhaltigkeit innerhalb von digitalen Prozessen bezieht sich auf die Produktionsabläufe. Die klassische Wirtschaftstheorie blendet die physikalischen Gesetze der Thermodynamik aus, indem sie das exponentielle Wachstum als zielführend proklamiert. Unabhängig von der Energieeffizienz oder besonders schonender Produktionsweise — die Umwandlung von verfügbaren Rohstoffen in Güter und Dienstleistungen ist immer mit dem Verbrauch natürlicher Ressourcenvorkommen verbunden. Die materiellen oder energetischen Ressourceneinsparungen, die dank effizienter Technologien möglich sind, schaffen einen Mehrwert in Form von Kapitalzuwächsen, die entweder investiert oder an einer anderen Stelle, z.B. für Konsumgüter, ausgegeben werden. Auf diese Weise wird die Effizienzsteigerung vom entstandenen Mehrwert kompensiert, was in der Forschung unter dem Prinzip des *Reboundeffekts*⁴³ bekannt ist. Mit anderen Worten heißt es, dass die Optimierung von Produktionsabläufen durch digitale Effizienzsteigerung die

⁴³ Weiterführende Literatur zu Rebound-Effekten ist im Beitrag von Mathias Binswanger „Technological progress and sustainable development: what about the rebound effect?“ (2001) zu finden.

energetischen und materiellen Einsparungen erhöht und damit die neuen Potentiale für weitere Wertschöpfungszuwächse stellt (Schneidewind 2013: 127-128). Daraus folgt, dass eine materielle, produktionsbedingte Leistungsübertragung von der Angebotsseite auf die Nachfrageseite niemals von der ökologischen Inanspruchnahme entkoppelt ist (Daly 1996: 106). Damit findet die Aushebelung der Nachhaltigkeit statt. Wenn es darum geht, den Verbrauch von natürlichen Rohstoffen durch den Einsatz neuer Technologien zur Reduktion von Umweltbelastung einzuschränken, müssen zwangsläufig neue Flächen,- Energie- und Materialkapazitäten beansprucht werden, die wiederum „den gleichen Schaden in noch größerem Maßstab verursachen“ können (Illich 1980: 87). Damit erzeugen die Bestrebungen zu mehr Ökoeffizienz negative Effekte auf die ökologische Gesamtbilanz (Löhr 2009: 329). Sowohl in der Produktherstellung als auch der individuellen Nutzung lassen sich die Reboundeffekte verringern, in dem man die Produktionsmenge an den Bedarf anpasst und auf den übermäßigen Konsum verzichtet. Dadurch lässt sich sowohl die Verschwendung von Rohstoffen und als auch der Energieverbrauch einsparen.

Nachdem ich die Bewertungskriterien digitaler Nachhaltigkeit zusammengefasst habe, werde ich auf den folgenden Seiten die ökologischen Nebeneffekte digitaler Anwendungen und damit verbundener Lebensstile eingehen. Um eine isolierte Thematisierung des Problems zu meiden, werde ich verstärkt den Fokus auf die Herstellungs- und Nutzungsprozesse, den Energieverbrauch und die Angelegenheit der Entsorgung legen. Damit decke ich bereits hier besprochenen thematischen Blöcke ab

4.2 Nachhaltigkeitsdefizite der Digitalisierung

Digitale Anwendungen und Geräte nehmen in dem beschleunigten Lebenstempo einen besonderen Stellenwert ein. Vor allem digitale Endgeräte wie Smartphones erfreuen sich aufgrund ihrer Funktionalität großer Beliebtheit bei Verbrauchern. Dabei erzeugt der technologische Fortschritt eine extreme Dynamik, die neben der großen Auswahl an digitaler Hardware, wie z.B. *Smartphones*, *Tablets*, *Smart Watches*, *E-Book Readers*, ebenso zu ihrer verkürzten Nutzungsphase führt. Die digitale Schnelllebigkeit lässt die neuen technischen Standards innerhalb kurzer Zeitpannen verfallen. Auf diese Art lassen sich neue Programme und Anwendungen nicht mit der alten Hardware bedienen, die infolgedessen einen Austausch verlangt. Neue technologische Leistungen, wie der Ausbau von 5G-Mobilfunknetzen, erhöhen zwar die Geschwindigkeit und Qualität der Datenübertragung, stiften aber die Verbraucher zum Erwerb von neuen Geräte an. Unter diesem Gesichtspunkt ist interessant zu beobachten, dass die Popularität digitaler Massenanäle und großer *E-Commerce*-Plattformen gestiegen ist. Für den Erfolg werden virtuelle Assistenten eingesetzt, die das Kundenverhalten „beobachten“ und „antizipieren“ und aufgrund gesammelter Informationen personalisierte Kaufangebote erstellen (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 101). Gleichwohl bietet Digitalisierung die Tools zum Kaufverzicht an, auf die ich im nächsten Arbeitsschritt zu sprechen komme. Um bei dem Kontext der Technik-Suffizienz zu bleiben, kann noch ein weiterer Punkt genannt werden — eine geplante Obsoleszenz bzw. der „beabsichtigte Verschleiß“ der Hersteller, damit die längere Nutzungsdauer elektronischer Geräte nicht gewährleistet werden kann. Ein zusätzliches Kriterium für den Austausch der Hardware ist die fehlende Reparaturmöglichkeit (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 60-61).

Evolutionsbedingt liegt es in der menschlichen Psyche, die materiellen Dinge mit gesellschaftlicher und psychologischer Bedeutung aufzuladen. Das heißt, dass die Konsumgüter „eine Symbolsprache zur Verfügung“ stellen, mit der wir über Gemeinschaft, Identität oder das Zugehörigkeitsgefühl sprechen (Jackson 2017: 119). Die digitalen Besitztümer wie *Smartphones* werden als „the extended self“ verstanden, die durch den emotionalen Bezug eine Schnittstelle zwischen materiellen und sozialen Bereichen darstellen (Belk 1988). Damit wachsen die Ansprüche an Qualität und die Erwartungen an das Optimum technischer Leistungen. Hier wird nicht mehr der physische Verschleiß, sondern der immaterielle Symbolgehalt „psychologischer Obsoleszenz,“ gemessen am Release-Datum über die Nutzungsdauer entscheiden (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 99). Vor allem digitale Endgeräte wie Smartphones sind zu einer „Nabelschnur zu den dematerialisierten Kostbarkeiten“ geworden und werden von den Verbrauchern oft ausgetauscht (vgl. ebd.: 101). Dieser Trend zeigt nicht nur die globale Tendenz zur beschleunigten Produktivitätssteigerung auf, sondern resümiert auch die gesellschaftliche Verhaltensänderung zum „Geltungskonsum“ (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 100-101).

Wie wir sehen können, sind die Gründe für Obsoleszenz unterschiedlich ausgeprägt und gehen auf technische und psychologische Ursachen zurück. Diese Entwicklung greift den energetischen und stofflichen Rohstofffluss an und verstärkt die Reboundeffekte, deren Wirkungsstärke auf der Makroebene nur schwer zu bestimmen ist (Santarius 2012: 9). Nichtsdestotrotz gehört die Obsoleszenz zu einem bedeutenden Defizit, das sich über die ganze Wertschöpfungskette hindurch zieht und sich damit negativ auf die Nachhaltigkeitsziele auswirkt. Gerade die Beschleunigung der Produktions- und Konsumprozesse verkürzt den Lebenszyklus digitaler Anwendungen und führt zur Entstehung großer Mengen an Elektroschrott, der auf den offenen Mülldeponien in Ghana (Agbogbloshie), Nigeria (Lagos) oder Bangladesh (Chittagong) landet. Nach Expertenschätzungen betrug die weltweite Menge am *E-Waste* im Jahr 2017 über 60 Millionen Tonnen (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 53). Es fehlen spezialisierte Recycling-Anlagen, notwendige Vorrichtungen zum Umweltschutz und geschultes Fachpersonal, um toxische Komponenten elektronischer Geräte aus dem Verkehr zu ziehen und entsprechend zu verwerten. Dabei bestehen Akkus, Platinen und weitere Komponente digitaler Geräte aus hochgiftigen Stoffen wie Quecksilber, Blei, Kadmium und Beryllium (vgl. ebd. 53). Um an die wertvollen Metalle wie Kupfer zu gelangen, wird das Kunststoffgehäuse verbrannt, was zur Entstehung von gesundheitsschädigenden Dämpfen beiträgt. Die Lebenserwartung der ArbeiterInnen ist niedrig. Gesundheitsschädliche Gifte finden ungehinderten Zugang in die Ökosphären und tragen zur Umweltverschmutzung bei. Die Folgen dieser Praktik sind international bekannt: die Klimarahmenkonvention sieht vor, die Entsorgung von *E-Waste* in den Entwicklungs- und Schwellenländern zu verbieten. Allerdings wird die Entsorgung oft als Handel mit *E-Waste* deklariert. Bisher scheitert die Umsetzung der Richtlinie an *unternehmerischen Bestrebungen* involvierter Akteure und mangelnder Staatskontrolle (vgl. ebd. 54).

Als vorläufiges Fazit können wir festhalten, dass die bisherigen ökologischen Kosten digitaler Technologien mit intensivem Energieverbrauch und Materialströmen verbunden sind. Bisher weist der digitale Trend viele Defizite in Bezug auf die Nachhaltigkeit auf. Vor allem werden ökologische Nachteile im Bereich der Energie- und Materialflüsse konstatiert, die schon bei der Ressourcenförderung vorhanden sind. Zusätzliche Belastung stellen Reboundeffekte und die Beschleunigung der dar. Verwunderlich ist, dass im Kontext gesamtgesellschaftlicher und ökologischer Transformation die Auswirkungen innovativer Ansätze bislang kaum als kritisch oder risikoreich bewertet wurden (Lange/Santarius 2018: 201). Vielmehr werden von wirtschaftspolitischer Seite optimistische Zukunftsszenarien präsentiert, die den Wohlstand für alle garantieren sollen. Um die Erwartungen dieser Perspektive auf ihren Wahrheitsgehalt zu untersuchen, werde ich mich im Folgenden den nachhaltigkeitsorientierten Potentialen digitaler Transformation widmen.

5 Die ökologischen Potentiale digitaler Transformation

Der materielle Wohlstand der Industriestaaten, der mit hohem Mobilität- und Konsumniveau einhergeht, beruht auf dem technischen Fortschritt und der damit verbundenen Steigerung der Arbeitsproduktivität. Nach drei industriellen Revolutionen stehen wir an einer historischen Umbruchstelle. Neue Erfindungen lösen die alten Normen, Produktionsweisen und hierarchischen Organisationsarchitekturen ab. Mit der Digitalisierung nimmt die Entwicklung und Nutzung intelligenter Informations- und Kommunikationstechnologien revolutionäre Ausmaße an. Die Menschheit wird in das digitale Zeitalter katapultiert, dessen Technologien, Produkte und Infrastruktur effizient und nachhaltig gestaltet werden können. Gleichzeitig werden wir mit den ökologischen Herausforderungen des Klimawandels, der Umweltverschmutzung, des Verlustes der Artenvielfalt und der Ressourcenverknappung konfrontiert. Doch welche Möglichkeiten und Alternativen bietet die Digitalisierung angesichts dieser destruktiven Dynamik an, um unseren ökologischen Fußabdruck zu reduzieren und nicht die planetarischen Grenzen zu überschreiten? Wie wir bereits konstatiert haben, beschränkt sich die proaktive Rolle der Politik zum gegebenen Zeitpunkt der auf die Förderung der *Industrie 4.0* und die dafür notwendiger Infrastrukturen (BMWi 2019). Dabei fehlt nach wie vor eine „transformative politische Vision, die die Digitalisierung und eine global nachhaltige Entwicklung zusammendenkt“ (Lange/Santarius 2018:168).

Wie wir wissen, sind die umweltschutzrelevanten Lösungen *auf digitaler Basisgrundlage* breit aufgestellt. Sie reichen von intelligenten Energie- und Verkehrssystemen — darunter *smart logistics* und *smart grids*, über *Industrie 4.0*, die sich mit den intelligenten Steuerungsmechanismen industrieller Produktionsprozesse zwecks Optimierung und Effizienzsteigerung auszeichnet — bis hin zu *smart buildings* und *smart cities*. Die Palette an potentiellen technologischen Möglichkeiten für die nachhaltigkeitsorientierten Anwendungen ist umfassend ausgelegt und bietet einen strukturierten Maßnahmenkatalog an. Im Rahmen dieser Ausführung bleibt die Erfassung von Potentiale der Digitalisierung aufgrund ihrer Komplexität und des Umfangs ein schweres Unterfangen. Nichtsdestotrotz können besonders sinnvolle und erfolgsversprechende Technologien sowie ihre interdisziplinäre Teilbereiche untersucht werden.

Auf den Seiten des vergangenen Kapitels wurden die Eckpfeiler der Digitalisierungswelle und ihre defizitären Nachhaltigkeitsmerkmale identifiziert. Nun werden die Perspektiven einer digitalen Reise in Richtung Nachhaltigkeit diskutiert. Wir werden uns entlang der *Achse* von Energie- und Kommunikationsmittel bewegen, die theoretisch auf den US-amerikanische Ökonom Jeremy Rifkin zurückgeht (Rifkin 2016: 60). Er unterscheidet einen strukturellen Mechanismus, der jede Zivilisation zu unterschiedlichen Zeitperioden formte und bestimmte: „Die ganze Geschichte hindurch kam es immer zu großen ökonomischen Veränderungen, wenn der Mensch eine neue Energieordnung entdeckte und neue Kommunikationsmittel schuf, um sie zu organisieren“ (Rifkin

2016: 42). Diese Struktur besteht aus einem Kommunikationsmedium (*IoT*) und einer neuen Energiequelle (erneuerbare Energien), die zusammen eine Kombinationsmatrix bilden. Diese Matrix löst — in unserem konkreten Fall das *IoT* und die erneuerbaren Energien — die zentralisierten Technologieplattformen der vergangenen Industriellen Revolution ab und bildet neuen Gesellschaftsstrukturen. Anhand dieser strukturstiftenden Schablone werden wir die ökologischen Potentiale digitaler Anwendungsfelder herausarbeiten. Das Ziel der Untersuchung wird es sein, die Einwirkung nachhaltigkeitsrelevanter Potentiale digitaler Transformation auf die anthropogenen Umweltprobleme — Klimawandel, Umweltverschmutzung, Ressourcenverknappung und Artensterben — zu erarbeiten und einer kritischen Begutachtung zu unterziehen.

5.1 Effizienz und Konsistenz als Kernelemente der industriellen Ökologie

Die Verschmelzung digitaler Technologien mit dem Wirtschaftskomplex ist auf die sparsame Nutzung von natürlichen Ressourcen, schonenden und effizienten Produktionsmethoden sowie Dienstleistungen gerichtet. Das Ziel der industriellen Ökologie besteht in der Wohlstandsmehrung bei gleichzeitiger Reduktion von Umweltschäden, die zu einer Disbalance der Ökosysteme geführt haben. In der Entwicklung neuer Strategien und Technologien für optimale Ressourcennutzung besteht die „zentrale Hoffnung“ bioökonomischer Ansätze (Fatheuer et al. 2015: 59). Es handelt sich um die Versöhnung von Wirtschaft und Ökologie, die ein grünes Wachstum, soziale Gerechtigkeit und globales Wohlergehen verspricht. Damit ist das Vertrauen in technologieausgerichtete Lösungskompetenz und die „Neuorientierung der Wirtschaft unter Einbezug von Natur“ verbunden (vgl. ebd. 60).

Die Digitalisierung wird zum Leitmotiv der vierten industriellen Revolution⁴⁴ erklärt, das das Image einer umweltverträglichen industriellen Wirtschaftsaktivität für sich beansprucht. Der Effizienzgedanke richtet sich in erster Linie auf die Dekarbonisierung des Industriesektors dank regenerativer Energien und intelligenter Steuerungssysteme. Die wirtschaftspolitisch gelenkte Implementierung schlanker Technologien im Industrie- und Dienstleistungsbereich sollte zur Förderung von Ökoaktivität beitragen und die „Begrünung des Wirtschaftssektors“ ermöglichen (Glaab 2015: 96). Die Integration von vernetzten Systemen und Hightech-Lösungen soll dabei die umweltschonende Energie- und Ressourcennutzung garantieren. Digital vernetzte Steuerungssysteme können zur Optimierung von automatisierungstechnischen Prozessen in der Industrie beitragen. Bei der Reduktion von Energie- und Materialaufwand sollen die effizienten Arbeitsmethoden unter der Substitution von Automatisierungstechnik mehr Güter produzieren. Wichtige Arbeitsschritte bei der Simulation, Modellierung oder dem Controlling werden dank technischer Möglichkeiten verkürzt und rationalisiert. Durch optimierte Wertschöpfungsketten wird das Wirtschaftsleben effizienter und produktiver gestaltet. Die Effizienz generiert mehr Arbeitsproduktivität und treibt das Wachstum voran (Jackson 2017: 170). Dem stimmt auch Jeremy Rifkin zu und stellt die Behauptung auf, dass wir uns in der „Abenddämmerung der kapitalistischen Ära“ befinden, in der immer mehr Güter und Dienstleistungen nahezu kostenlos angeboten werden (Rifkin 2016: 12; 220ff). Die technischen Durchbrüche sorgen für den „Anstieg der Produktivität und ein Sinken der Preise“ und bilden den Höhepunkt des erfolgreichen kapitalistischen Systems (Rifkin 2016: 12; 21). Darauf kommen wir später noch einmal zurück. Vorher wenden wir uns einem konkreten Anwendungsbeispiel zu, wie die Strategie der Ökoeffizienz im digitalisierten Koordinatensystem funktionieren kann. Mit Hilfe einer neuen Generation digital gesteuerter Abfallmanagementsysteme wurde das kommunale Abfall-Dilemma

⁴⁴ *Industrie 4.0*

in nordamerikanischen und westeuropäischen Großstädten überwunden. Spezielle Abfallcontainer von *BigBelly Solar*, die mit Sensorentechnik ausgestattet sind, sammeln Daten über die Beschaffenheit des Mülls sowie die Notwendigkeit seiner Entleerung (Bigbelly 2019). Diese Informationen werden zur Verarbeitung an die zuständige Zentrale geleitet. Ist der Füllstand des Abfallbehälters noch gering, verzichtet die Müllabfuhr auf die Entleerung des Containers. Indem sich die Fahrzeuge deutlich weniger im Einsatz befinden, werden die betriebliche und personelle Kosten reduziert. Gleichzeitig kann das energieintensive Mülltrennungsverfahren verbessert werden, weil eine sortenreine Trennung höhere Recyclingquoten garantiert und damit die Qualität des recycelten Materials verbessert (MacBride 2012: 88ff; Morozov 2013: 4). Der *smarte* Abfallcontainer verringert den Zeitaufwand für Transportwege, schont die Ressourcen und reduziert den Materialdurchsatz. Damit tragen die digital vernetzten Systeme des Abfallmanagements zur Steigerung des energetischen und materiellen Einsparpotentials bei.

Nach gleichem Prinzip können intelligente Energiemanagementsysteme durch Mess- und Steuerungstechniken Vorteile durch flexible Energieverteilung bringen. Damit wird die Nachfrage an das verfügbare Stromangebot im Netz anpasst (Lange/Santarius 2018: 35). Im Vordergrund der Ökoeffizienzgedanken steht die Implementierung bedarfsorientierter Handlungsweisen, um bestmögliche Konditionen zu erwirken. Der Einsatz von intelligenten Kommunikationsnetzen und automatisierten Techniken orientiert sich auch in den Bereichen des *smart manufacturing*, *smart buildings*, *smart logistics* auf die Reduktion von Kosten, Energieverbrauch, Materialdurchsatz und Emissionen von Treibhausgasen. Prognosen zufolge kann durch eine intelligente Steuerung des Verkehrsflusses die Emissionsbelastung mit Treibhausgasen im Transportsektor bis zu 20 Prozent gesenkt werden (GeSi/BCG 2012: 10). So gilt die Hauptstadt Dänemarks Copenhagen als Paradebeispiel für die nachhaltige Mobilität. Die skandinavische Stadt verfügt über das emissionsärmste Transportsystem weltweit, was sich positiv auf die ökologische Bilanz auswirkt. Seit Anfang der 1990er Jahre arbeitet Copenhagen an der Verkehrswende, was den Umstieg von motorisierten Beförderungsmöglichkeiten auf umweltfreundliche Alternativen bedeutet. Den Kern des politisch geforderten Verkehrsentwicklungsplans der Mobilitätsstadt bildete die Klimafreundlichkeit. Bei dem „Green Mobility“-Aktionsplan war die Beachtung der zukünftigen Rahmenbedingungen, die von ökologischen und ökonomischen Aspekten bestimmt waren, wichtig (Baykal/Jensen 2012: 11-12). Die strategische Implementierung dieser Leitziele führte zur Abnahme des Verkehrsgeschehens.⁴⁵ Auf diese Weise konnten seit 1990 mehr als 40 Prozent der klimaschädlichen Emissionen eingespart werden (vgl. ebd. 11-12). Maßgebend hat zu dieser Entwicklung die digitale Wende im Transportsektor beigetragen:

⁴⁵ Mit guter Anbindung des öffentlichen Personennahverkehrs an den Schienenverkehr und dichter Erschließungsqualität aller Raum- und Siedlungsstrukturen, konnte der Individualverkehr deutlich reduziert werden. Die Reparaturen und der Ausbau von Radwegen, Installation von flachen Straßenkanten trugen zu der Zunahme des Radverkehrs bei.

Though the use of eco-driving, real-time traffic alerts, and the proliferation of ICT-enabled logistics systems, ICT stands to reduce total mileage and the amount of fuel required to transport people and goods [...] by synthesizing maps with real-time traffic data and making this available on mobile devices these tools enable users to optimize routing decisions, reduce fuel consumption, and lower emissions (GeSi SMARTer 2012: 9).

Die neuen Mobilitätstechnologien gehören zum attraktiven Konzept des Verkehrssektors; vor allem das autonome Fahren erfährt in der Öffentlichkeit einen großen Zuspruch (Aachener Nachrichten vom 11.09.2018). Auf diese Weise wird die Umwelt von der hohen Feinstaubbelastung⁴⁶ und den klimaschädigenden Emissionen entlastet. Weltweit sind die Emissionen für den Klimawandel und eine geschädigte Biosphäre verantwortlich (Baer/Singer 2008). Eine durch Digitalisierung eingeleitete Mobilitätswende ist ein nachhaltigkeitsfördernder Faktor, der zur Reduktion von klimafeindlichen Emissionen beiträgt. Im Rahmen der ökologischen Transformation ist dieses Potential unentbehrlich. Die Voraussetzung dafür ist der verstärkte Einsatz erneuerbarer Energien.

Einen weiteren Zugang zu mehr Nachhaltigkeit im digitalen Zeitalter bietet die Integration einer Kreislaufwirtschaft. Die Konsistenzstrategie⁴⁷ lässt sich im disziplinären Bereich der industriellen Ökologie ansiedeln. Der normative Ansatz von Konsistenz geht vom Leitbild einer nachhaltigen Rohstoffnutzung aus, dem die Vereinbarkeit von Technik, Industrie und Ökologie zugrunde liegt. Im Gegensatz zu Ökoeffizienz, geht die Konsistenz von der Prämisse aus, dass mit dem Einsatz neuer technologischer Ideen die Nebenprodukte wirtschaftlicher Aktivitäten innerhalb geschlossener Kreislaufsysteme zirkulieren können.

Eine besondere Beachtung verdient deshalb das Konzept *Cradle-to-Cradle*,⁴⁸ das vom deutschen Chemiker Michael Braungart und dem US-amerikanischen Architekten William McDonough entwickelt wurde. Der Ansatz stellt ein *Zero-Waste* Modell dar, das auf der Konsistenzstrategie basiert. Damit leisten sie einen wichtigen Beitrag zum Thema der zirkularen Wirtschaft. Die Gründer sprechen sich gegen die Ökoeffizienz als einen Weg der „intelligenten Verschwendung“ aus, weil sie den Grundsatz „mehr mit weniger erreichen“ vertreten (Braungart; McDonough 2016: 75). Mit der Ökoeffizienz wird die Einschränkung des Ressourcen- und Energieverbrauchs sowie der Emissionen und der Abfälle erreicht. Mit anderen Worten wird eine Verminderung von Umweltgiften erzielt, was in den Umweltkreisen unter dem Begriff *Dematerialisierung* geläufig ist (vgl. ebd. 78). Bei dem Konzept *Cradle-to-Cradle* werden die Akzente nicht auf die quantitative Einsparung ökonomisch relevanter Substanzen mittels

⁴⁶ Die durchschnittlichen Messwerte der Luftqualität am 22.02.2019 um 15:00 Uhr (MEZ) in der Wilhelmstraße, Aachen zeigen 44 µg/m³ (relativ gut) von Stickstoffdioxid (NO₂) und 64 µg/m³ (schlecht) von Feinstaubpartikel (PM₁₀) (LANUV 2018).

⁴⁷ Die Konsistenz ist mit den Ansätzen der *Bionik* verwandt.

⁴⁸ *Cradle-to-Cradle* wird ins Deutsche als *von der Wiege zur Wiege* übersetzt.

Effizienzsteigerung gelegt, vielmehr geht es um die qualitative Umwandlung und verlustfreie Nutzung von Rohstoffen innerhalb der industriellen Produktionskreisläufe. In der Effizienz sehen die Konzeptentwickler nur eine zeitlich begrenzte Übergangsphase zu einer abfallfreien Zukunft. Der Kern des *Cradle-to-Cradle*-Ansatzes besteht in der qualitativen Transformation alter Technologien und ihren umweltschädlichen Produktdesigns sowie offenen Rohstoffkreisläufen. Michael Braungart unterscheidet dabei zwei Arten von Kreisläufen — den biologischen und den technischen. Der biologische Kreislauf verzichtet auf die umweltschädlichen Werkstoffe und funktioniert auf der Grundlage von biochemischen Metabolismen der Natur, dessen Abfälle gefahrlos in den Rohstoffkreislauf reintegriert werden können (Braungart/McDonough 2016: 136-137). Der technische Kreislauf nimmt alle Produkte des industriellen Metabolismus wieder zurück (vgl. ebd.142ff). Wichtig dabei ist, das Konzept eines „Dienstleistungs- und Serviceprodukts“ einzuführen, damit nicht *Produkte*, sondern *Dienstleistungen* erworben werden können. In Verbindung mit einem intelligenten Produktdesign wird dieses Vorgehen eine verlustfreie Reintegration technischer Rohstoffe in den Kreislauf erleichtern. Die Quintessenz des Konzepts basiert auf der Nachahmung biologischer Prozesse, denn: „Die Natur funktioniert nach einem System von Nährstoffen und Metabolismen, in dem kein Abfall vorkommt“ (vg. ebd. 123). Der Ansatz *Cradle-to-Cradle* imitiert die biologischen Naturprozesse zur Neugestaltung von mechanisierten und automatisierten Prozessen. Damit lassen sich beispielsweise kompostierbare Textilien und essbare Verpackungsmaterialien auf der Algenbasis herstellen. Die wiederverwendbaren Kunststoffe und Metalle können ohne Nebenwirkungen für den Menschen und die Umwelt beliebig oft genutzt werden. Das zukunftsorientierte Innovationskonzept ermöglicht eine intelligente Übertragung von natürlichen Prinzipien des Stoffwechsels der Biosphäre auf die industriellen Herstellungsprozesse, die abfallfrei, d.h. nicht mehr materialintensiv beansprucht werden. Auf diese Weise lassen sich die Prinzipien der klassischen Wirtschaft „reerfinden“ und „redefinieren“ (Braungart/McDonough 2016: 47). Dabei werden Konsummuster und Produktionsvorgänge nachhaltig umgestellt. Das impliziert auch die Vision, im ersten Schritt die Produktionsverfahren auf die Verlängerung ihrer Nutzungsdauer umzustellen. Im zweiten Schritt können die Produktionshersteller zu Dienstleistungsanbietern werden und die Produkte ausleihen und nach Notwendigkeit warten, bis sie wieder in den technischen Kreislauf eingeführt werden können. Das technologische Experiment *Cradle-to-Cradle* bietet einen Weg, Rohstoffverluste nachhaltig zu vermeiden. Hier besteht das unmittelbare Potential, die technologischen Anwendungen und intelligenten Vernetzungssysteme zu nutzen, um die Konsistenzstrategie zu adaptieren. Auf diese Weise kann eine netzwerkgestützte Datenverknüpfung es erlauben, die Eigenschaften von Bauteilen und Produkten gemäß den Bestimmungen des Kreislaufsystems einzuordnen.

Zahlreiche Unternehmen haben die wirtschaftlichen und ökologischen Potentiale des *Cradle-to-Cradle*-Ansatzes für sich entdeckt. So können Teppiche und Bodenbeläge, Textilien und Möbel

ohne Schadstoffbelastung und materielle Verluste vollständig verwertet werden. Zurzeit werden ganze Gebäudekomplexe nach *Cradle-to-Cradle*-Technologien gebaut, die über ihre eigenen Mikro-Infrastrukturen verfügen. Zu den Vorreitern der nachhaltigen Wirtschaftsweise gehören Länder wie Dänemark und die Niederlande. Zum heutigen Zeitpunkt gibt es weltweit 260 Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Städtekooperationen, die nach den Kriterien des *Cradle-to-Cradle*-Prinzips produzieren, forschen und politisch relevante Entscheidungen treffen. Zu den bekanntesten Namen⁴⁹ gehören der deutsche Branchenführer für Büro- und Schreibwaren *Stabilo*, der belgische Naturkosmetikhersteller *Aveda* oder der US-amerikanische Farbenhersteller *Benjamin Moore & Co* (C2C-Centre 2019). Aber auch die im Osten der Niederlande liegende Stadt Venlo gehört zu den Kooperationspartnern des *Cradle-to-Cradle* — es werden dort Gebäude- und Stadtpläne ausgearbeitet, die den ökologischen Fußabdruck reduzieren sollen. Diese Projekte können als integrative Prototypen von *Smart Cities* werden.

Im vergangenen Kapitel sind wir auf das problematisierende Thema des Elektroschrotts eingegangen. Wie die Verfasser des Buches „Der blinde Fleck der Digitalisierung“ Felix Sühlmann-Faul und Stephan Rammler dargestellt haben, nimmt das Smartphone eine wesentliche Rollenfunktion in der digitalen Gesellschaft ein (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 57-60). Unterdessen sind die sozial-ökologisch kontroversen Herstellungsweisen sowie die verkürzte Produktlebenszyklen der Geräte zum Politikum geworden. Deshalb gehört zum Element einer erfolgreichen Ressourcenschonungspolitik die Technik-Suffizienz, die zu Minderung des Ressourcenverbrauchs führt. Angesichts der steigenden Nachfrage nach endlichen Ressourcen kann dieser Weg als Anpassung an die zukünftigen Herausforderungen im digitalen Zeitalter gewertet werden. Aus diesem Grund ist an der Stelle die Vorstellung der technischen Alternativen für die vorliegende Untersuchung nicht unbedeutend. Es werden keine Behauptungen aufgestellt, dass die Herstellung von modularen Smartphones ein ökologisches Nullsummenspiel ist. Allerdings unterscheiden sich die Produktionsfaktoren der konventionellen Hersteller⁵⁰ deutlich von denen der nachhaltigkeitsorientierten Marktmitbescheiter. Das modulare *Fairphone*⁵¹ ist ein es „ethisch korrektes“ Produkt, das neben der robusten Verarbeitung über austauschbare Bauteile verfügt (Fairphone 2019). Die Bauweise forciert die Verlängerung der durchschnittlichen Nutzungsdauer von über zwei Jahren, während die regelmäßigen Software-Updates für die technische Aktualität sorgen (BVDW 2018). Die Komponenten des Geräts werden unter fairen

⁴⁹ Überraschenderweise haben große Weltkonzerne wie C&A sowie L’Oreal Paris die *Cradle-to-Cradle* Zertifikate und stellen ökologisch unbedenkliche Produkte her (C2C-Centre 2019).

⁵⁰ Der US-amerikanische Konzern *Apple* wirbt mit ökologisch nachhaltigen. Die Zulieferketten bleiben nicht transparent (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 63ff).

⁵¹ Das niederländische Fairphone wird seit 2013 produziert und gehört zum ersten Smartphone, das einen *Blaue Engel* Zertifikat erhalten hat. Allerdings muss dazu angemerkt werden, dass zahlreiche Nutzer sich über lange Lieferzeiten der neuen Ersatzteile — teilweise von bis zu einem Jahr — warten. Das veranlasst sie zum Umstieg auf die Nutzung konventioneller Geräte.

Arbeitsbedingungen hergestellt. Der Hersteller achtet auf die ethische und ökologisch verträgliche Produktionsweise, u.a. durch die konfliktfreie Herkunft und Förderung von Rohstoffen wie Zinn, Wolfram, Gold und Tantal. Die ersetzbaren Komponenten verlängern die Nutzungsdauer des Gerätes, was die energieintensive und materialaufwendige Neuproduktion spart. Innovatives Konstruktionsdesign und fair gehandelte Materialien schaffen zwar Abhilfe, befreien aber die Umwelt nicht von den ökologischen Folgeschäden. Die Produkteinführung des *Fairphones* sendet Impulse in Richtung nachhaltiger Transformationsprozesse des Elektronikmarktes — insbesondere im ökologisch problematisierenden Bereich mobiler Endgeräte, die einer verkürzten Nutzungsphase unterliegen. Die Möglichkeit einer selbstständigen Reparatur und Austauschbarkeit von Bauteilen kann allerdings ökologisch weitergedacht werden, indem die ausrangierten elektronischen Komponenten nach dem Prinzip des *Cradle-to-Cradle*-Konzepts wieder in den technischen Kreislauf integriert werden.

In diesem Zusammenhang werde ich etwas inhaltlich vorgeifen müssen, wenn ich auf die kollaborativen Praktiken und das Phänomen der *Sharing Economy* schon an dieser Stelle zu sprechen komme. Immer mehr Menschen entscheiden sich bewusst für die Option einer Reparatur oder gar Eigenproduktion. Die sozialen Innovationen wie Repair-Cafés und frei zugängliche Werkstätten für Bastler oder Do-it-Yourself-Plattformen bieten ein großes Möglichkeitsspektrum, die Grundidee der Konsistenz im Alltag umzusetzen. Indem man die Nutzungsdauer von Gegenständen durch die eigenhändig durchgeführten Reparaturen verlängert, trägt man zur Entstehung von positiven ökologischen Effekten bei. Dazu erforderliches Wissen wird in der kollaborativen, vernetzten Weltgemeinschaft via IKT kostenlos zur Verfügung gestellt (Rifkin 2016: 33ff). Infolgedessen entstehen in der globalen Gemeinschaft neue Lebenspraktiken, die sich zunehmend zu den Leitprinzipien einer umweltverträglichen Lebensweise bekennen. Auch hier wirkt sich die positive Einflussnahme von Digitalisierung auf die ökologische Bilanz aus — nicht zuletzt, weil sie zu der Herausbildung einer *Nahezu-null-Grenzkosten-Gesellschaft*⁵² beiträgt, auf die ich im weiteren Verlauf dieser Arbeit kurz eingehen werde.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Ansätze der Ökoeffizienz und der Konsistenz als standhafte Nachhaltigkeitsstrategien im digitalen Zeitalter zu bewerten sind, weil sie das Problem der materiellen und energetischen Dualität auflösen. Natürlich müssen die unterschiedlichen Zugänge zu technologischen Strategienumsetzung bewusst auf die Vor- und Nachteile für die Umwelt hin überprüft werden. Im Folgenden werde ich den Wirkungsradius des digitalen Kommunikationsmittels *IoT* konkretisieren und die ökologischen Potentiale dieser Innovation herausarbeiten.

⁵² Im englischsprachigen Raum als *The Zero Marginal Cost Society* bekannt (Rifkin 2016).

5.2 Kommunikationsmittel einer digitalen Innovationskultur

Rufen wir uns kurz die transformative Maxime in Erinnerung, die laut Jeremy Rifkin in der Menschheitsgeschichte die entscheidende Bedeutung für die Zivilisationsentwicklung gespielt hat. Die Rede ist von der Zugangsmöglichkeit zu neuen Energiequellen und Kommunikationsmitteln. Diese technisch fortschrittliche Kommunikations- und Energiematrix verkürzte die Entfernung und beschleunigte die Zeit, was zu neuen Formen der Mobilität und Logistik führte (vgl. Rifkin 2016: 60; 314). Die Erfüllung dieser Voraussetzungen verhalf der menschlichen Spezies zu ungeahnten technischen Innovationen, auf die ich im vergangenen Kapitel zu sprechen gekommen bin. Der Gedanke grenzt an die „schöpferische Zerstörung“ von Josef Schumpeter an, der die Wellen der Innovation mit ihren tiefgreifenden Umwälzungen die alten Technologien verdrängt, sieht. Die Folge davon ist die dynamische Umstrukturierung der politischen Institutionen, des soziokulturellen Kosmos sowie des ökonomischen Bewusstseins und seiner Expansion (vgl. Schumpeter 1987). Seinerzeit haben einige renommierte Ökonomen wie John Maynard Keynes, Robert Loïs Heilbroner und Vassily Leontief das Erliegen des Wirtschaftswachstums vorausgesehen, das sie dem beispiellosen Erfolg der technisch-ökonomischen Entwicklung zugeschrieben haben (vgl. Heilbroner 1976; Leontief 1983; Keynes 2002). Dabei gehen die Grenzkosten von Güterproduktion und Vertrieb nahezu gegen null, wie es in den Verlags-, Kommunikations-, und Entertainmentbranchen, den Online-Bildungsangeboten oder den schwindenden Kundenstämmen des lokalen Einzelhandels zu sehen ist (vgl. ebd. 14-15). Dank der technischen Möglichkeiten der digitalen Ära stehen wir in der „Anfangsphase einer alles verändernden Ablösung des ökonomischen Paradigmas“ (vgl. ebd. 21).

Die Verschmelzung von Energie, Kommunikationsmitteln und Logistik zum „kognitiven Nervensystem“ und „physischen Mittel“ führt die ganze Menschheit zum „vernetzten globalen Commons, das die gesamte Gesellschaft umfasst“ (Rifkin 2016: 325). Das Ziel dieser Gesellschaft wird die Abschaffung von vertikal integrierter Unternehmensarchitektur mit ihrer zentralisierten Befehls- und Kontrollstruktur sein. Anstelle dieser alter Normen wird das neue ökonomische Paradigma treten, das auf Sozialkapital und Dezentralisation gesellschaftlicher Strukturen fußen wird (vgl. Rifkin 2016: 326). In diesem Zusammenhang ist unter dem Begriff *Commons* bzw. der *Allmende* eine dezentrale, lateral skalierte und kollaborative *Peer-to-Peer*-Architektur der Gesellschaftsstrukturen gemeint (vgl. ebd. 245-246).

Den Knotenpunkt der neuen wirtschaftlichen Entwicklung bildet das global agierende Netzwerk von Dingen — *IoT*. Das digitale Kommunikationssystem verbindet alle Elemente der komplexen Infrastruktur, wie Datenströme der vernetzten Prozessabläufe, Maschinen, Geräte, Wohnräume und Personen zu einem integrierten Systemnetz. Der Ökonom ist überzeugt, dass mit dem *IoT* eine große Wirkungsmacht verbunden ist: „Das dezentralisierte, kollaborative und lateral skalierte Wesen des Internets der Dinge wird in der kommenden Ära zu einer grundlegenden Änderungen

der Produktion, Vermarktung, und Auslieferung von Gütern führen“ (Rifkin 2016: 133). Die neue technologische Plattform schafft neuartige Möglichkeiten, die Energie- und Logistikinternet miteinander zu einer nahtlosen intelligenten Infrastruktur verschmelzen zu lassen. Der industrielle Betriebsmechanismus der Kommunikationsplattform wird mittels Sensoren-Technik verwaltet. Durch die Verwaltung von *Big Data*⁵³ und *Cloud*-Technologien lassen sich automatische Prozesse in Gang setzen, die dezentral und flexibel gesteuert werden können. Da sich die Messdaten im automatisierten Übertragungsmodus befinden, werden sie für die Optimierung thermodynamischer Effizienz innerhalb der vernetzten Strukturen kontinuierlicher Analyse unterworfen. Mit dem großflächigen Einsatz von *IoT* werden die Organisation von Ressourcen-, Produktions- und Handelsketten sowie die Güterverteilung und die Systemausscheidung neustrukturiert und verwaltet werden (Rifkin 2016: 30). Das Ziel des *IoT* ist die nahtlose Verknüpfung von virtuellen und realen Welten, wo jedes physische „Ding“ in der digitalen Sphäre seine „Identität“ findet (vgl. ebd: 28).

Die Erhebung und Verwertung der großen Datenmengen bringt Informationen und Erkenntnisse, die zur Umsetzung von bestimmten Zielen genutzt werden können. Allein bis 2025 soll es 150 Milliarden vernetzte Messsensoren geben (Helbing et al. 2015). Dank der Automatisierung von Big-Data-Analyse liefert *IoT* Berichte über den Strom- und Energieverbrauch, die Konditionen bei der Produktionsweise, die Verfügbarkeit von Rohstoffen und ihre Marktpreise sowie zahlreiche weitere Informationen in Echtzeitmodus, die zur effizienten Verbesserung von Geschäftsprozessen führen. Das kann die wirtschaftlichen Verhältnisse neu kalibrieren, denn alle Produktions- und Verwaltungsstrukturen werden nach den letzten technischen Standards modernisiert und an die nachhaltigkeitsorientierten Bedürfnisse angepasst.

Im vergangenen Kapitel haben wir festgestellt, dass sich mit digitalem Know-How die Einsparung von Energieverbrauch und der Menge des Materialflusses innerhalb des Industrie- und Dienstleistungssektors (je nach der Wirkungsstärke der Reboundeffekte) als ökologisch vorteilhaft erweist. Eine umfangreiche Implementierung von Kommunikationstechnologien steht noch in ihren Anfängen. Vereinzelt Netzwerke sind bereits fest in die Produktionsstrukturen integriert, arbeiten aber in ihren Systemen noch überwiegend isoliert. Dennoch wird ihre Funktionsweise von der absatzorientierten Wirtschaft als eine Art der wirtschaftlichen Renaissance erlebt (Sühlmann-Faul; Rammler 2018: 79). Mit *IoT* lassen sich nachhaltigkeitsorientierte Potentiale ableiten: Der digitale Strukturwandel steigert die thermodynamische Effizienz und die Produktivität bei der „Organisation von Ressourcen, der Produktion, und der Verteilung von Gütern und Dienstleistungen sowie dem Recycling von Abfallstoffen,“ (Rifkin 2016: 30). Die Verschmelzung von drei *IoT*-Komponenten, dem Kommunikationsinternet mit dem Energieinternet und einem Logistikinternet erschafft ein

⁵³ Als *Big Data* bezeichnet man große und komplexe Datenmengen, die zur analytischen Auswertung gesammelt werden. Mittlerweile wird der Begriff als Synonym für digitale Technologien verwendet.

Betriebssystem, das „die Physiologie des neuen ökonomischen Organismus“ sein wird (vgl. ebd.). Die Entwicklung von *IoT*-Plattformen stößt die Herausbildung von neuartigen Geschäfts- und Handlungspraktiken an. Unter der Berücksichtigung von sich öffnenden Möglichkeiten, die mit der Verkürzung von Wertschöpfungsketten und der Beschleunigung von Prozessabwicklungen einhergehen, lassen sich nachhaltige Konzepte entwickeln. Primäre Aufgabe wird nach wie vor die Reduktion des globalen CO₂-Ausstoßes sein, um die Umwelt und ihre Ökosysteme vor den anthropogenen Einwirkungen dauerhaft zu schützen. Ferner wird angenommen, dass das Monitoring von Arbeitsequipment und Fachpersonal die Sicherheitsstandards verbessert und zur Reduktion von kostenintensiven Betriebsausfällen beitragen wird. Auf diese Weise können technische Defekte, z.B. in den Industrieanlagen, auf den Frachtschiffen oder Off-Shore-Vorrichtungen präventiv behoben werden, die anderenfalls zu Betriebsverzögerungen bis hin zu tragischen Unglücken führen könnten.

Der Logistikbereich gehört zu einem der ersten Industriezweige, der die Technologie des *IoT* in seinen Geschäftsprozessen angewendet haben. Das deutsche Logistikunternehmen *DHL* hat in Kooperation mit dem *Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen* (IIS) ein hochkomplexes Netzwerksystem des Trackings und Monitorings entwickelt. Während der Auslieferungs- und Zustellprozesse werden die Bewegungsdaten und genauen Standorte der Sendungen in Echtzeit-Modus bestimmt. Damit sollten sichere und effiziente Arbeitsprozesse gewährleistet werden (DHL/Cisco 2015: 16ff). Die Optimierung der logistischen Netzwerke führt zum Produktivitätsanstieg und minimiert die Verzögerungen im Betriebsablauf.

Im Bereich des Energiemanagements ermöglicht die Verknüpfung von verschiedenen Sektoren die Ermittlung von Verbrauchs- und Erzeugungswerten der Energienetze, die nach Bedarf synchronisiert werden können. Auf diese Weise lassen sich ebenfalls Umweltpotentiale für die effiziente Energie- und Ressourcennutzung konstatieren (Lange/Santarius 2018: 35-36). Grundsätzlich ist der Einsatz intelligenter Netzwerke in nahezu allen Lebens- und Wirtschaftsbereichen möglich:

IoT sensors are ideally suited to tracking all kinds of resources, including petroleum and natural gas, electricity, and water. And IoT technology has strong potential to enable greater environmental sustainability. IoT can reduce waste, prevent disasters, and be a critical component of the smart energy grid of the future. Utility organizations, municipalities, oil and gas companies, and consumers themselves are among the many entities and individuals tapping into IoT capabilities to optimize their use of resources (DHL/Cisco 2015: 11).

Die technologische Fortschrittlichkeit des *IoT* fungiert als Modernisierungstreiber industrieller Fertigungsmechanismen (BMW 2015). Bereits heute können die schlanken, intelligenten und miteinander vernetzten Technologien die Steigerung von Effizienz und Produktivität mit geringem Energie- und Materialaufwand sowohl in Industrie- als auch in Logistik- und Handelsbereichen gewährleisten (Rifkin 2016: 25). Mit der Verknüpfung von Fachdisziplinen wie dem Maschinenbau, Elektrotechnik und der Informatik können die Fertigungstechnologien kostengünstig und

individuell unter der Verwendung neuester Technik entwickelt werden (Fraunhofer IML 2018). Rifkin zählt *IoT* zu einer Schlüsseltechnologie, die den Menschen die „Reintegration in die komplexe Choreographie der Biosphäre“ ermöglicht (Rifkin 2016: 23). Das *IoT* gestaltet die Versorgungsketten in energiesparender und flexibler Weise, ohne die „ökologischen Beziehungen zu kompromittieren“ (Rifkin 2016: 29). Das Ziel dieser Entwicklung sieht er in einer „nachhaltigere[n] Zukunft im Überfluss“, die in ihrem strukturellen Kern den Übergang von fossilen Brennstoffen auf die erneuerbaren Energien beinhaltet und die Etablierung der zirkularen Wirtschaft voraussetzt (vgl. ebd.).

Mit dem *IoT* werden die Pforten für ein neues wirtschaftspolitisches und soziokulturelles Narrativ der vierten industriellen Revolution geöffnet. Die technologischen Perspektiven intelligenter Infrastruktur legen neben den sozialen, wirtschaftlichen und bildungspolitischen Veränderungen auch hohe ökologische Erwartungen an den Tag. Die ubiquitäre Vernetzung von Industrie, Messtechnik und Hochleistungscomputern schaffen vielseitige Steuerungsmechanismen und ermöglichen eine Verschlankung von Geschäftsprozessen (BDI 2019). Die Einsatzoptionen des Kommunikationsinternets verfügen über das Potential, der ökologischen Erosion hinsichtlich der Reduktion klimaschädlicher Gase nachhaltig entgegenzuwirken. Im folgenden Abschnitt möchte ich auf den innovationstechnischen Aspekt der neuen Energiequelle eingehen und weitere ökologische Transformationspotentiale identifizieren.

5.3 Neue Energiestrukturen und ihre Nutzung in der digitalen Sphäre

Im dritten Kapitel bin ich bereits auf das Problem des steigenden Energiebedarfs eingegangen, der in enger Verbindung zur Digitalisierung steht. Die weltweite Energieanfrage stieg 2017 im Vergleich zum Vorjahr auf 3,1 Prozent an. Davon fallen rund 70 Prozent des Nachfrage-Zuwachses auf Indien und China (IEA 2018: 2). Gleichzeitig stieg der weltweite Anteil an der Nutzung erneuerbarer Energien im Vergleich zum Vorjahr um knapp 3 Prozent an (vgl. ebd.). Vor diesem Hintergrund lässt sich feststellen, dass bei der zukünftigen Energieversorgung der *IKT* eine Schlüsselrolle zugeteilt wird. Die Wissenschaftler sind sich einig, dass die zukünftige Energieinfrastruktur durch den Einsatz von „elektronischen sowie kommunikations- und leittechnischen Komponenten und Systemen“ geprägt sein wird (BDI 2008: 19; Lange/Santarius 2018: 147). Der Übergang zu *Internet of Energy (IoE)* wird durch elektronische Vernetzung aller Komponenten des Energiesystems zustande kommen:

Durch diese verstärkte Vernetzung können Erzeugungsanlagen, Netzkomponenten, Verbrauchsgüter und Nutzer des Energiesystems untereinander Informationen austauschen und selbstständig ihre Prozesse aufeinander abstimmen und optimieren. So entwickelt sich das bisherige Energienetz mit passiven, informationsarmen Komponenten und einer überwiegenden Einweg-Kommunikation hin zu einem marktorientierten, dienstbasierten und dezentral organisierten System, in dem interaktive Optimierungsmöglichkeiten und neue Energiedienstleistungen geschaffen werden können (BDI 2008: 5).

Die intelligenten Messsysteme — auch bekannt als *smart metering*, können die Energieerzeugung und den Verbrauch effizient regulieren und Verbrauchstransparenz schaffen. Dafür müssen die einzelnen Komponenten und Technologien miteinander in dichten Vernetzungsstrukturen stehen, damit die intelligente Integration von Informations- und Kommunikationstechnologie und den energietechnischen Systemen maximale Effizienzgewinne erzielt (vgl. BDI 2008: 16ff). Zusätzliche Produktkomponenten für die Steuerung von elektronischen Verbrauchsgütern ermöglichen eine individuelle Anpassung der Energienutzung an das verfügbare Angebot im Stromnetz. Mit anderen Worten bedeutet das, dass die Automatisierung der Verteilungsprozesse bei der Energieversorgung klare ökologische Vorteile mit sich bringt. In diesem Kontext lassen sich keine für die Arbeit verwertbaren Studien finden, die verlässliche Aussagen über die tatsächlichen Einsparungspotentiale liefern.

Dem wachsenden Energiebedarf kann nur mit der Organisation dezentraler und flexibler Energiesysteme begegnet werden. Eine hohe Vernetzungsdichte der Netzkomponenten wird den Prozess effizient gestalten und beschleunigen: „Das Ziel ist die Echtzeitverfügbarkeit relevanter Betriebsdaten, um kritische Betriebszustände zu vermeiden,“ um so die zusätzliche Energieeinspeisung in Zeiten des Spitzenbedarfs zu gewährleisten (BDI 2008: 19). Autonom gesteuerte Wechselstromübertragungssysteme können bei einer besonderen Netzbelastung den unkalkulierbaren Verschiebungen der Lastflüsse entgegensteuern (vgl. ebd.). Bisher spielte das

Thema der Energiewende in der Öffentlichkeit eine untergeordnete Rolle, allerdings reichen seine Wurzeln bis in die 1970er Jahre. Noch lange vor dem Super-GAU im März 2011 in Fukushima konnten die ersten Anzeichen einer Energiewende in Gestalt von „grassroots movement“ wahrgenommen werden (Morris/Jungjohann 2016: 389-390). Heute sind immer mehr Menschen an Energieunabhängigkeit interessiert. Gerade die neuen Technologien erlauben Kommunen die Veränderung gegen „privatizing profit and socializing risks“ vorzunehmen (vgl. ebd. 13-14; 413). Dafür müssen sich die Gemeinden den Zugang zu der Landschaftsplanung für die Organisation von Solaranlagen und Windparks verschaffen (vgl. ebd. 419). Durch die Errichtung von Mikrokraftwerken und Wasserstoffspeichern kann die nachhaltige Energieerzeugung von zentralen Verwaltungsstrukturen der Fremdversorgung entkoppelt werden (Rifkin 2016: 123). Die Erschließung einer dezentralen Elektrizitätsinfrastruktur wird den Anstoß zum Ausbau von E-Mobilität und zur Verkehrswende geben. Auch Rifkin plädiert für die Dezentralisierung von Energiesystemen, damit die Erzeugung und Nutzung der erneuerbaren Energien auf lokaler Ebene stattfinden kann (Rifkin 2016: 105-106). Die „Intelligenz“ des dezentralen Energiemanagementsystems geht dabei aus der „leittechnischen Beherrschung der Komplexität aus unterschiedlich beeinflussbaren Erzeugungsanlagen und dem optimierten Stromverbrauch“ hervor (BDI 2008: 20).

Um weitere nachhaltigkeitsorientierte Aspekte digitaler Technologien in Bezug auf die Energiefrage zu finden, müssen wir nach Rifkin der neuen Energiequelle besondere Beachtung schenken (Rifkin 2016: 60). Den größten Anteil an den Treibhausgasemissionen haben energiebedingte CO₂-Emissionen (Fraunhofer ISE 2015: 6). Angesichts von schwindenden fossilen Energiereserven und der Umweltbelastung, die beim Verbrennen der endlichen Rohstoffe entsteht, ist die nachhaltige Energieversorgung mit fluktuierenden Erzeugungstechnologien zum zentralen umweltpolitischen Thema geworden. Wenn ein Umbau von Energieversorgungsstrukturen nach aktuellen Klimaschutzvorgaben deutschlandweit realisiert wird und die Kapazitäten der Windenergie- und Photovoltaikanlagen innerhalb der nächsten dreißig Jahre bis auf 540 Gigawatt⁵⁴ erhöht werden, können zwischen 85 und 95 Prozent der Treibhausgasemissionen gegenüber dem Referenzwert von 1990 eingespart werden (Fraunhofer ISE 2015: 6-7). Akteure aus Wirtschaft und Industrie schlagen einen sanften Übergang von den konventionellen Methoden der Energiegewinnung auf die erneuerbaren Energien vor, der nicht „automatisch mit einer Dezentralisierung“ und einem „Machtverlust der alten Energiegiganten“ einhergeht (Fatheuer et al. 2015: 31). Gerade die großen Energiekonzerne investieren seit Jahren in den Ausbau von Solar- und Windparksanlagen (vgl. ebd. 31-32). Der weltweite Anteil an regenerativen Energiequellen aus Sonnen-, Wind-, und Wasserkraft sowie der Geothermie steigt kontinuierlich an (IEA 2019: 2) Allerdings liegt die europäische Gemeinschaft mit der *Renewables*-Energietechnik weit hinter asiatischen Staaten zurück. Im Bereich des

⁵⁴ Ende 2017 betrug die Leistung aus den erneuerbaren Energien rund 43 Gigawatt (BMW 2018).

Solaranlagenbaus ist China der Vorreiter auf dem globalen Markt (Xie; Ruan et al. 2018: 658). Dank neuer Technologien ist die Erzeugung erneuerbarer Energien gegenüber den konventionellen Methoden nicht zuletzt durch das intelligente Management von Spitzen- und Grundlasten konkurrenzfähig. Ebenfalls ist die grüne Energie umweltverträglicher, versorgungssicher und nicht zuletzt auch wirtschaftlicher in der Produktion sowie Exploration (EEA 2018). Angesichts des Ausbaus von digitalen Infrastrukturen und der energieintensiven Verdichtung von Netzwerksystemen ist dieser Entwicklungstrend in der Energiestromerzeugung zu begrüßen (Aleixandre-Tudó; Castelló-Cogollos et al. 2019).

Der Bedarf an zukunftsfähigen intelligenten Energiesystemen ist hoch. Im Einzelnen kann man keine konkreten Aussagen über die Energieeffizienz der smarten Vernetzung von Energiemanagementsystemen machen. Es fehlen aussagekräftigen Studien, die die umfassenden empirischen Daten zu *smart grids* und ihren ökologischen Effekten untersucht haben. Allerdings werden in diesem Kontext überwiegend optimistische Entwicklungsszenarien erwartet. Dafür müssen die Bereiche der Informations- und Energietechnik entsprechend koordiniert werden, um einen verstärkten Fokus auf die umweltverträgliche Energieerzeugung zu legen.

Im diesem Kontext liefern die technologischen Errungenschaften der Digitalisierung standfeste Entwicklungsmodelle für die ökologisch verantwortbaren Wirtschafts- und Lebensstile, die auf dezentralisierten und souveränen Energieversorgungsstrukturen fußen. Die Förderung von regenerativen Energien ist ein nachhaltigkeitsorientiertes Unterfangen, das mit neuen Technologien das Ende des fossilen Zeitalters einleiten wird.

5.4 Verknüpfung von Energieverbrauch und neuen Nutzungsmustern

Wie wir bereits wissen, sind die Ursachen für den weltweiten steigenden Energieverbrauch zum einen das explosionsartige Bevölkerungswachstum und die Produktivitätssteigerung⁵⁵ im Industrie- und Dienstleistungsbereich und zum anderen auch die deutlich zunehmende Internetnutzung. Heute sind drei Milliarden Menschen täglich online und jedes Jahr steigt die Zahl der Internetnutzer um neun Prozent an (Meeker 2016). Diese Entwicklung gibt auch der Digitalisierungsindex für Deutschland wider (BMI 2019: 6). Der Datenverkehr ist energieintensiv und wird mit 79 Prozent durch Streaming verursacht (vgl. ebd.). Greenpeace veröffentlichte 2017 einen Bericht, der die zunehmende Bedeutung der Energiefrage und des Internets hervorhebt:

The Energy footprint of the IT sector is already estimated to consume approximately 7% of global electricity. With an anticipated threefold increase in global internet traffic by 2020, the internet's energy footprint is expected to rise further, fueled both by our individual consumption of data and by the spread of the digital age to more of the world's population, from 3 billion to over 4 billion globally (Greenpeace 2017: 5).

Eine *Google*-Suchanfrage erzeugt 0,2 Gramm an CO₂. Pro Sekunde werden weltweit ca. 65 Tausend Suchanfragen getätigt, was im Durchschnitt pro Tag über 5,6 Milliarden Anfragen ausmacht (Internet Live Stats, vom 23.03.2019). Im Jahr 2018 wurde die *Google*-Suche 1,2 Billionen Mal genutzt — Tendenz steigend. Angaben von Greenpeace zufolge, verbraucht die jährliche Kaskade an Suchanfragen im Internet so viel Energie, wie ein ganzer Industriestaat in derselben Zeitperiode (Lange/Santarius 2018: 34-35). Seit 2017 setzt das weltweit führende kalifornische Unternehmen *Google* auf den Ausbau erneuerbaren Energien, die mehr als 30 Prozent ihrer Anlagen mit Strom versorgen (Google Rechenzentren 2019). Nach eigenen Angaben hat *Google* bereits eine Milliarde US-Dollar in Energieprojekte, wie beispielsweise große Windpark- und Solaranlagen investiert.⁵⁶ Allerdings finden wir in der offiziellen Erklärung folgende Aussage:

Nun, leider sind die Orte, die am besten zur Erzeugung regenerativer Energien geeignet sind, in der Regel nicht mit jenen identisch, an denen ein Rechenzentrum am effizientesten und zuverlässigsten betrieben werden kann, um die Bedürfnisse der Benutzer bestmöglich zu erfüllen. Unsere Rechenzentren laufen rund um die Uhr. Dies gilt für die meisten erneuerbaren Energiequellen bedauerlicherweise nicht. Noch nicht. Deswegen müssen wir uns an das Stromnetz anschließen, das zum gegenwärtigen Zeitpunkt leider nicht besonders umweltfreundlich ist (Google Rechenzentrum 2019).

⁵⁶ Einige Skeptiker hegen die Zweifel an der Umsetzung nachhaltigkeitsorientierter Ziele. Sie werfen dem Unternehmen vor, unter dem Nachhaltigkeitsvorwand die marktstrategischen Bestrebungen zu verfolgen (vgl. Fatheuer et al. 2015; Paech 2013).

Dem Beispiel von *Google* folgen weitere Großkonzerne wie *Apple*, *Facebook* und *eBay*.⁵⁷ Sie alle verbindet das Ziel, ihren Rechenzentren-Betrieb in naher Zukunft auf 100 Prozent erneuerbarer Energie umzustellen. In dem 2017 erschienenen Bericht von Greenpeace „Click Clean“ wurden die weltweit größten Marktführer im IT-Bereich in Hinblick auf ihren Nachhaltigkeitsgrad evaluiert. Den Angaben zufolge, gelang der vollständige Umstieg auf den grünen Betrieb nur dem Grünstrom-Anbieter *Switch* (Greenpeace 2017: 9). Ferner wurde im Greenpeace-Report „Click Clean“ dem *Publikumsliebling* unter den Streaming-Diensten *Netflix* die Note „D“ auf einer Skala von „A“ bis „D“ vergeben. Aus dem Bericht geht hervor, dass er nur 17 Prozent seinen Energiebedarfs⁵⁸ aus den regenerativen Energiequellen bezieht (Greenpeace 2017: 10). Im Vergleich zu *Netflix* schneidet *Youtube* deutlich besser ab. Der Video-Dienst sichert seine Energieversorgung zu 56 Prozent aus grüner Energie und erhält damit die Note „A“ (vgl. ebd: 10). Im Bericht „Click Clean“ wurde besonders die fehlende Transparenz bezüglich der Energiequellen vieler Unternehmen bemängelt: „The continued lack of transparency by many companies regarding their energy demand and the supply of electricity powering their data centers remains a significant threat to the sector’s long-term sustainability,“ (Greenpeace 2017: 7). Mit der Digitalisierung — einem Prozess der Umwandlung von psychischen Formaten in digitale — geht Dematerialisierung einher. Die Herausbildung von *Video-on-Demand*-Portalen illustriert, wie die Unterhaltungsbranche mit dem Herstellungsrückgang der physischen Trägern revolutioniert wurde. Besonders nachhaltigkeitsorientiert ist dabei die Reduktion der Umweltbelastung, die mit Herstellung, Transport, Lagerung, Distribution und Entsorgung der CDs, DVDs u.a. Träger einhergeht. Damit entlastet zwar die Nutzung von Flatrate-Angeboten auf der einen Seite die Emissionsbelastung, auf der anderen Seite aber gehen 79 Prozent der Datenübertragung auf das *Streaming* zurück, was energietechnisch schwer ins Gewicht fällt (Meeker 2016). Daher setzt dieses Energie-Dilemma einige Kriterien voraus, die u.a. darin bestehen, die Energienutzung der Datenzentren auf die erneuerbaren Energien umzustellen sowie individuelles Konsumverhalten in nachhaltige Bahnen zu lenken.

In den letzten Jahren sind einige *grüne* Alternativen zu *Google* auf den digitalen Markt gekommen. *Ecosia*, beispielsweise, ist eine Suchmaschine, die sich durch Aufforstungsprogramme dem Ausgleich des ökologischen Fußabdrucks verpflichtet hat. Für ihre Datenzentren nutzt *Ecosia* solare Energiequellen: Für das *renewably powered Internet* Konzept haben sie 2017 eigene Solaranlagen mit 531 kWp⁵⁹ gebaut (Ecosia Blog, vom 07.05.2018). 100 Prozent ihrer Werbeeinnahmen lassen sie in die Projekte zur Begrünung besonders gefährdeter

⁵⁷ Die führende Rolle bei der Nutzung erneuerbaren Energien übernimmt *Apple* mit 83 Prozent, gefolgt von *Facebook* mit 67 Prozent. Danach folgen *Google* mit 56 Prozent und *Ebay* mit 38 Prozent.

⁵⁸ Weitere Aufteilung der Energienutzung von *Netflix* geht mit 24 Prozent auf Gas zurück, 30 Prozent auf die Kohle und 26 Prozent auf die Atomenergie (Greenpeace 2017: 10)

⁵⁹ Die Abkürzung *kWp* steht *Kilowatt peak*. Damit wird die Leistung einer Photovoltaikanlage angegeben.

Weltregionen, wie z.B. in der Sahelzone, Burkina Faso, oder dem brasilianischen Regenwald fließen. Im Rahmen der umweltsozialen Projektarbeit werden in Äthiopien Akazienbäume gepflanzt, weil diese sich besonders die biochemische Regeneration des dortigen Bodens eignen (Ecosia Blog, vom 13.02.2019). Insgesamt werden neun verschiedene Baumarten sowie landesüblichen Sträucher und Gräser gepflanzt. Auf diese Weise lässt sich mit *Ecosia* das CO₂ in der Atmosphäre um ca. ein Kilogramm reduzieren, was sogar eine „negative CO₂-Bilanz“ verursacht (vgl. ebd.). Mit 50 *Ecosia*-Suchanfragen kann ein Baum gepflanzt werden, der das Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre anbindet. Statistisch gesehen wird durch *Ecosia* jede Sekunde ein neuer Setzling gepflanzt. Insgesamt betreibt das ökologisch ausgerichtete Unternehmen 21 Aufforstungsprojekte auf der ganzen Welt. Seit der Entstehung des Projektes im Jahr 2014 wurden 53.255 Millionen Bäume gepflanzt,⁶⁰ die mehr als 2,5 Millionen Tonnen klimaschädlicher Gase aus der Atmosphäre neutralisiert haben (*Ecosia* Blog, vom 13.02.2019). Zusätzlich unterstützt *Ecosia* soziale Entwicklungsprojekte für die Verbesserung von Lebensbedingungen der Menschen vor Ort. Aus dem Geschäftsmodell der alternativen Suchmaschine leitet sich eine Idee ab, die den globalen Anstieg des Energiebedarfs mit der Forderung nach neuen Energiekonzepten begegnet. Den Studienprognosen des *Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE)* zufolge, wird sich der aktuelle Wert des Durchschnittsverbrauchs an Strom bis 2050 auf 40 Prozent erhöhen (Henning/Palzer 2015). *Ecosia* hat das Energieproblem intelligent gelöst, indem es dezentralisierte Energieversorgungsstrukturen geschaffen hat. Daraus leitet sich die Schlussfolgerung ab, dass der weltweit steigender Energiebedarf potentiell mit Hilfe neuer Technologien der Energieerzeugung- und Verteilung auf eine nachhaltige Weise gedeckt werden kann. Im weiteren Arbeitsverlauf werde ich noch auf die strukturellen Fragen der Umsetzung dieses Vorhabens eingehen, indem ich die neue, gemeinwohlorientierte Unternehmensform vorstelle.

⁶⁰ Aktualisierter Stand der Statistik auf der *Ecosia*-Startseite vom 26.03.2019.

5.5 Die kollaborative Ära

Mit der Digitalisierung befinden wir uns mitten in der Phase eines ökonomischen Paradigmenwechsels. Die ökonomische Aktivität wird von Algorithmen intelligenter Technologien übernommen, die nur von wenigen hochqualifizierten Fachkräften überwacht werden. Prognosen zufolge wird es durch die Digitalisierung zu einem extremen Produktivitätsschub kommen (Lange/Santarius 2018: 131). Das zeitlich parallele Aufkommen von kollaborativen Praktiken wird den Schwerpunkt des Produktions- und Dienstleistungssektors auf die Massen übertragen (Rifkin 2016: 133ff). Dabei werden die selbstverwaltenden Einheiten bedarfsorientiert zu nahezu null gehenden Grenzkosten produzieren und zur wirtschaftlichen Effizienzsteigerung beitragen.

In den technologischen Möglichkeiten des *IoT* sieht Rifkin den „Seelenverwandten“ von kollaborativen Commons (vgl. ebd. 35). Das Aufkommen der Hightech-Kultur führt uns nach Rifkin zu quelloffenen Technologien, die die Wertvorstellungen kapitalistischer Ethik in Bereichen der Arbeitsbeschäftigung und Eigentumsrechte verändern (vgl. ebd. 152). Das wird den Wandel von passiven Konsumenten zu aktiven Prosumenten nach sich ziehen, indem die Informations- und Dienstleistungsprodukte teilweise kostenlos im Internet zur Verfügung gestellt werden.

Im Rahmen digitaler Entwicklung findet eine ökonomische Umstrukturierung statt. Die Grenzen der Herstellungsprozesse werden ausgeweitet. Mit der Errichtung von lokalen Netzen der regenerativen Stromversorgung wird sich die Gestalt der Produktionsstätte verändern. Bislang waren die virtuellen Inhalte von der materiellen Substanz entkoppelt. Mit der Technologie des 3D-Drucks hat sich das Blatt gewendet — es findet eine schleichende Demokratisierung des Produktionssektors statt. Bemerkenswert dabei ist die Möglichkeit der Anfertigung einer bedarfsorientierten Menge an Produktionseinheiten. Das spart Zeit, Kosten und ohnehin schon knappe Ressourcen. Unter dem 3D-Druck versteht Rifkin eine universelle Technologie, die eine zentrale Rolle in der Herausbildung einer autarken und nachhaltigkeitsorientierten Gesellschaft einnimmt (Rifkin 2016: 156). Man stelle sich eine bedingungslose Marktunabhängigkeit vor, die von den wirtschaftlichen Außenfaktoren entkoppelt ist. Hier sieht der britische Ökonom eine „wirkliche Revolution“, deren Kern in der Transformation des ökonomischen Paradigmas unter der Einwirkung von technologischen Verflechtungen des 3D-Drucks und der dezentralisierte Energienetze aus regenerativen Quellen besteht (Rifkin 2016: 155). Die leistungsfähige Massenproduktion als tragende Säule der aktuellen Wirtschaftsordnung wird von dem Modell einer bedarfsorientierten „Produktion durch die Massen“ ersetzt (vgl. ebd.155). Mit anderen Worten wird die Digitalisierung die Menschheit aus dem Griff der Marktwirtschaft befreien, indem man den smarten Technologien die Produktionsruder überlässt (vgl. ebd. 196). Um die Erschöpfung natürlicher Ressourcen zu verhindern, sollte die Verwaltung smarterer Technologien gemeinsam durch das Common-Management mit Hilfe des neuen Kommunikationsmediums gesichert werden. Doch was ist schon heute davon Realität?

Im dritten Kapitel habe ich bereits darauf hingewiesen, dass der stattfindende sozialen Wertewandel die Verlagerung vom Eigentumsverständnis zum demokratischen Wirtschaftsverständnis nach sich zieht. Das wird an den Leitprinzipien *Teilen statt Besitzen* erkenntlich, das die Zivilgesellschaft zunehmend mit *Sharing Economy*⁶¹ erobert. Dabei handelt es sich um einen Sammelbegriff für Geschäftsmodelle der geteilten Nutzungspraktik. Interessant ist die Beobachtung, dass der erste *Carsharing*-Anbieter Deutschlands „Statt-Auto“ bereits 1988 seinen Dienst in Berlin aufgenommen hat. Laut dem *Bundesverband Carsharing* blickt die Branche nach dreißig Jahren ihres Bestehens auf 165 Dienstanbieter und über 2,1 Millionen aktive Nutzer (DriveNow 2018). Vor allem unter den jungen Menschen sind die Angebote des *Carsharings* bzw. *Free Floating Carsharings* oder digital vermittelte Mitfahrgelegenheiten wie *BlablaCar* besonders populär. Das führt in erster Linie zur Herausbildung neuer Strukturen des Personenverkehrs, trägt zur Abnahme der innerstädtischen Verkehrsdichte bei und erhöht die Intensität der gemeinschaftlichen Fahrzeugnutzung. Diese Art von Dienstleistung kann als nachhaltig gewertet werden, weil der bewusste Verzicht auf den Besitz des eigenen Fahrzeuges die Anschaffungs- und Wartungs- sowie die Betriebskosten spart und damit die Umwelt entlastet. Allerdings ist die Bewertung der erzielbaren Effizienzsteigerung und der Energieeinsparung eng mit den technischen Spezifikationen des Fahrzeugs sowie weiteren Randbedingungen, wie der Fahrweise, Nutzungsmuster sowie des Strommixes, verbunden (Lange/Santarius 2018: 68-69). Aus diesem Grund können in diesem Zusammenhang keine zuverlässigen Messwerte des Einsparungspotentials bei der Nutzung des *Carsharings* aufgeführt werden.

Grundsätzlich ist jeder Art der Kultur des privaten oder kommerziellen Teilens ein wichtiger Faktor des schonenden und bewussten Umgangs mit den natürlichen Ressourcen, weil dabei das Konsumniveau gesenkt wird (Paech 2013: 212-213). Dank technologischer Möglichkeiten besteht ein großes Angebot an *Sharing*-Diensten und Verleih-Services, die sich immer größerer Verbreitung erfreut (Lange/Santarius 2018: 47ff). Allerdings kann es unter Umständen zur „individuellen Flexibilität“ des Nutzerverhaltens und nicht der Umweltentlastung missbraucht werden.

Die zunehmende Verbreitung von *Commons* markiert einen tiefgreifenden sozialen und wirtschaftspolitischen Umbruch, der neue Arten von Lebensweisen hervorbringt. Die Informationstechnologien ermöglichen einen hohen Austausch von interdisziplinärem Know-How, das auf diversen Internetplattformen und *open-source*-Webseiten zirkuliert. Das Fundament einer neuen Wirtschaftsordnung werden die Unternehmensstrukturen auf Dienstleistungsbasis bilden, wo die „Arbeit als Teilhabe, Investitionen als Zusage an die Zukunft und Geld als soziales Gut“ gewertet werden (Jackson 2017: 228). *Collaborative consumption* ist eine neue soziale Innovation, die durch die technologischen Möglichkeiten neue *peer-to-peer* Märkte entstehen

⁶¹ Als weiterführende Literatur eignen sich die Buch von Rachel Botsman „What's mine is yours. The Rise of Collaborative Consumption“ (2011).

lässt. Dabei kommen neue Arten der Arbeitsbeschäftigung auf, die auf einer nachbarschaftlichen und gering-kommerziellen Basis beruhen (Lange/Santarius 2018: 47). So gehören Internetplattformen wie *MyHammer*, *TaskRabbit* oder *Mila*⁶² zum Konzept des *Crowdworkings*, das die neuen Möglichkeiten der Arbeitsbeschäftigung mit unterschiedlichen Spezialisierungsrichtung anbietet (vgl. ebd. 98-99). Die Erfolgsgeschichten der Konzepte *Airbnb*⁶³ und *Etsy*⁶⁴ veranschaulichen die Funktionsweise kollaborativer Netzwerke. Innerhalb dieser Marktstrukturen werden ungenutzte Kapazitäten der *micro-preneurs* wie etwa leerstehende Wohnobjekte oder persönliche Fähigkeiten und Vorlieben aktiviert und innerhalb der kollaborativen Konsumsphäre geteilt. Selbst im Bildungsbereich werden durch *open source* Plattformen starke Veränderungen herbeigeführt. In den frei zugänglichen und kostenlosen Online-Seminaren findet für die interessierte Öffentlichkeit eine qualitativ hochwertige Wissensvermittlung statt. Das Teilen von Bildungsinhalten beeinflusst soziokulturelle Praktiken und verbessert die Lebensstandards vieler Menschen. Der populäre enzyklopädische Online-Dienst *Wikipedia* wird durch das freiwillige Engagement der Menschen zur Wissensvermittlung kann nicht nur neue Arbeitsmöglichkeiten schaffen, sondern auch zur Entkopplung des Wirtschaftswachstums von der Umweltbelastung beitragen. Somit bieten zahlreiche Flohmarkt-Handelsplattformen und Onlinebörsen für Kleidung, Möbel und Bücher wie *eBay Kleinanzeigen*, *Kleiderkreisel*, *MediMops* oder *Booklooker* die Möglichkeit, den Individualkonsum einzuschränken (Lange/Santarius 2018: 47). Vor allem der Kauf von elektronischen Gebrauchtgegenständen gehört aufgrund der Nutzungsdauerverlängerung zur umweltschonenden Konsumpraktik (Meadows/Randers 2009: 103). Natürlich gilt zu beachten, dass unter der Berücksichtigung von entstehenden Transaktionskosten durchaus auch eine negative ökologische Bilanz auftreten kann. Deshalb ist die Begrenzung der ressourceneinsparenden Konsumpraktik auf regionale Aktionsräume ratsam.

Mit der Herausbildung von kollaborativen Elementen sozialer Praktik werden zentralisierte, statische Strukturen des ökonomischen Organismus durch gemeinschaftliche Angebote dezentralisiert. Sie sind die Impulsgeber für eine nachhaltige Gesellschaft und führen zur Demokratisierung des Wirtschaftslebens. Die Unternehmen zeichnen sich nicht mehr durch „spekulative, profitmaximierende ressourcenintensive Arbeitsteilung“ aus (Jackson 2017: 229). Die neu entstehenden Zusammenschlüsse und Partnerschaften können die produktive und nachhaltige Diversität innerhalb von regionalen Grenzen fördern. Die ökonomische Landschaft wird durch soziale Organisationsformen dominiert, die in der Harmonie mit den natürlichen Ökosystemen den Übergang in eine ökologische Transformation im digitalen Zeitalter einleiten werden.

⁶² Plattformen wie *MyHammer*, *TaskRabbit* und *Mila* bieten Servicedienste verschiedenster Art.

⁶³ Auf der *Airbnb*-Internetplattform werden privat genutzte Immobilien vermietet.

⁶⁴ *Etsy* ist ein Händlerportal für selbsthergestellte Gebrauchsgüter.

Die quelloffenen Wissensreservoirs von *Massive Open Online Course* (MOOC) wie *Coursera* oder *FutureLearn* geben die Möglichkeit zur Herausbildung von neuen bildungskulturellen Praktiken innerhalb der Gesellschaft. In diesem Zusammenhang gehört die Vermittlung von Grundwissen zum bedeutenden Teil der persönlichen Entfaltung und nicht zuletzt der ökologischen Alphabetisierung. Das Thema der konventionellen Nahrungsmittelproduktion, das als Paradebeispiel industrieller Fertigungsmechanismen gilt, eignet sich für die Konkretisierung der kollaborativen Zusammenarbeit im digitalen Zeitalter. Die Digitalisierung ist zum Katalysator zahlreicher ökologischer Bildungsprogramme wie *Holostic Planned Grazing*⁶⁵ geworden, die ihren hohen Bekanntheitsgrad erst mit digitaler Vernetzung, z.B. durch Online-Auftritte und Kurse erlangt haben. Auf diese Weise können bestimmte Personengruppen zielgerichtet angesprochen werden und so die Möglichkeit erhalten, die Prozesse in der Natur auf eine neue, systematisierte Weise kennenzulernen und zu ihrem Vorteil anzuwenden. Bereits heute wird die *Holostic Planned Grazing*-Technik als Teil des *Agricultural Managements* erfolgreich für die Regeneration von desertifizierten Landflächen in betroffenen Weltregionen wie Kenia, Zimbabwe und Brasilien angewendet. Die Vorteile von „rotational grazing“ bestehen in der vollständigen Rekultivierung der Erdbodenschicht, damit die Flächen wieder nachhaltig bewirtschaftet werden können (Savory/ Butterfeld 1999; Savory 2015). Zu dieser thematischen Kategorie gehört das Konzept der *Permakultur*, welche eine nachhaltige und produktive landwirtschaftliche Produktion ermöglicht. Im Kontrast zu Produktionsstrukturen industrieller Agrarsysteme konzentriert sich die Idee der *Permakultur* auf die Nutzung von Naturverhältnissen zu einer nachhaltigen und umweltschonenden landwirtschaftlichen Praktik, die auf die Verwendung von mineralischen Dünger und chemischen Zusätzen verzichtet, um die Ökosysteme nicht mit Giftstoffen zu belasten (Mollison 1979). Der Erfolg dieser Konzepte verdeutlicht die Zukunftsfähigkeit ökologisch verträglicher Modelle, die im starken Gegensatz zu industriellen Fertigungsmechanismen der Nahrungsmittelproduktion stehen. Im Kontext kollaborativer Zusammenarbeit im digitalen Zeitalter wird der landwirtschaftlicher Sektor große strukturelle Veränderungen erfahren müssen. Die Elemente der ökologisch verantwortungsbewussten Landwirtschaft haben das Potential, die industriellen Produktionsmechanismen nach und nach aufzulösen. Unter diesen Umständen kann die Lebensmittelversorgung überwiegend auf der regionalen Ebene stattfinden und von den kollaborativen Zusammenschlüssen getragen werden.

⁶⁵ Die Entwicklung dieser Technik geht auf den Ökologen und Umweltaktivisten Allan Savory zurück, der Mitbegründer von Savory Institute in Colorado ist. Seit Mitte der 1950er Jahre polarisiert die holostic planned grazing Methode die Forschungswelt. Mehr dazu im Beitrag „Origin, Persistence, and Resolution of the Rotational Grazing Debate: Integrating Human Dimensions Into Rangeland Research“ von David D. Briske und Nathan F. Sayre (2011).

Zahlreiche Aktivisten und Umweltschützer sind zu Multiplikatoren dieser Bewegungen geworden. Rob Hopkins,⁶⁶ Geoff Lawton,⁶⁷ Allan Savory,⁶⁸ Bea Johnson⁶⁹ und viele weitere nutzen digitale Kommunikationsmedien zur Wissensvermittlung, indem sie Vorträge und Seminare geben oder Beiträge und Blogs schreiben. Auf diese Weise erreichen sie mit digitalen Kommunikationskanälen breite Bevölkerungsmassen, regen sie zum nachhaltigen Handeln an und animieren zur Bildung von *Commons*. Damit lösen sie die exklusiven Zentren der sozialen Medienmacht und wirken den Prozessen der radikalen Vereinzelung und Singularisierung entgegen, die Kucklick als „Differenz-Revolution“ bezeichnet (Kucklick 2016: 11). Die mit der digitalen Transformation stattfindende Umverteilung des Wissens, die eine gesellschaftliche „Intelligenz-Revolution“ auslöst, wird durch die neuen Chancen der kollaborativen Zusammenarbeit die Ungleichheit und Polarisierung in der Gesellschaft nachhaltig beeinflussen (vgl. ebd. 69). In diesem Sinne werden Verhaltensmuster erzeugt, die sich gegen Optimierung und Rationalisierung unterschiedlicher Lebensbereiche aussprechen. Im Kern geht es um die Stärkung des Sozialkapitals und der Ermächtigung der Gesellschaft, in den Weiten der digitalen Welt sinnstiftende Verbindungen aufzubauen. Bei kollaborativen Netzwerken geht es um die Verteilung von *wants and haves* auf eine demokratische Weise, um mehr Nachhaltigkeit und soziale Gerechtigkeit. Der britische Ökonom Robert Constanza schreibt dazu folgende Zeile a „To ensure sustainability, we may have to reimpose long-term constraints by developing institutions (or using the ones we have more effectively) to bring the global, long-term, multispecies, multiscale, whole systems perspective to bear on short term cultural evolution“ (vgl. Constanza 1991: 6). Das bedeutet, dass die kollaborative Ära durch die Digitalisierung neu definiert wird. Damit wird das Versprechen einer nachhaltigen Zukunft ausserhalb des pekuniären Rahmens garantiert. Im letzten Kapitel des analytischen Blocks werden die Ergebnisse der Untersuchung summiert und die Frage diskutiert, welche ökologischen Anwendungspotenziale der digitalen Technologien zur ökologischen Transformation beitragen können.

⁶⁶ Rob Hopkins ist der Dozent und Umweltaktivist. Er ist der Begründer von *Transition-Towns*-Bewegung.

⁶⁷ Geoff Lawton ist der Permakultur- Designer und Umweltaktivist.

⁶⁸ Allan Savory ist der Ökologe und Entwickler der *holistic planned grazing* Technik.

⁶⁹ Bea Johnson ist die Umweltbloggerin und Buchautorin. Sie setzt sich für *zero-waste* Lebensstile ein.

6 Auswertung der nachhaltigkeitsorientierten Potentiale der Digitalisierung

Wissenschaft kann nicht mehr an der Objektivität aufgehängt werden. Die Isolation und Fragmentierung hat sich als falscher Weg erwiesen. [...] Wir müssen uns am neuen Paradigma des Lebendigen orientieren (Dürr 2009: 166).

Der *BDI* gibt ein Versprechen ab: „Die Vernetzung über alle Grenzen und Entfernungen hinweg macht das Leben einfacher und bequemer – wenn es Wirtschaft und Politik gelingt, die Herausforderungen dieser Entwicklungen zu meistern“ (BDI 2019). Mit solcher Aussage wird der Digitalisierungstrend dem Publikum besonders *schmackhaft* präsentiert. Im Anschluss wird ergänzt: „Die Welt wird bequemer, schneller, flexibler. Auch für die Industrie“ (vgl. ebd.). Ohne Zweifel wird die Interaktion des globalen neuronalen Informationsnetzwerks den entscheidenden Einfluss auf verschiedene Lebens- und Wirtschaftsbereiche ausüben und die gesellschaftlichen Grundstrukturen verändern. Bereits heute werden in zahlreichen Wirtschaftsbereichen intelligent gesteuerte Anwendungen zur Sammlung von relevanten Daten entsprechend der Unternehmenspolitik eingesetzt, um Entscheidungen zur Steuerung von Optimierungsprozessen zu treffen. Besonders viel Zuspruch erfahren die intelligenten Energiesysteme, weil sie als Motoren der Energiewende gelten und damit auch große Aufmerksamkeit aus der umweltpolitischen Ecke genießen (BMW 2019). Allerdings wird diese Vernetzung „über alle Grenzen und Entfernungen hinweg“ auch einen ökologischen Beitrag leisten? Genau hier setzt sich der Gedanke einer umfassenden ökologischen Transformation an:

Infrastrukturen und Technologien sind wichtige Treiber des Wohlstands. Gleichzeitig legen sie ökologische Profile oft auf Jahrzehnte fest [...]. Gelingt es, Infrastrukturen und Technologien radikal zu ökologisieren, dann ist damit eine Wohlstandsproduktion mit sehr viel geringeren ökologischen Belastung möglich (Schneidewind 2013: 124).

Auf den vergangenen Seiten habe ich die ambivalente Wirkung von nachhaltigkeitsorientierten Digitalisierungseffekten auf die ökologische Sphäre herausgearbeitet. Nun gilt es die nachhaltigkeitsorientierten Potentiale des digitalen Megatrends auszuwerten und der Frage nachzugehen, ob die umweltinduzierten Leitprinzipien der Digitalisierung zu einer ökologischen Transformation beitragen oder ob es sich um eine Illusion ambitionierter Öko-Visionäre handelt.

6.1 Nachhaltigkeitsstrategien der Ökoeffizienz und Konsistenz

Die digitale Innovationswelle entspringt der Verbindung aus neuartigen Energiequellen und Kommunikationsmitteln, die sich durch erhöhte Transparenz, effiziente Produktivität sowie Einsparungstendenzen von Energie- und Materialfluss auszeichnen (Rifkin 2016: 81-82). Die technischen Möglichkeiten haben virtuelle Produkte und Kommunikationsplattformen erschaffen, die nach und nach die analogen Strukturen der Arbeits- und Lebensweisen ablösen. Bei diesem Dematerialisierungsprozess geschieht der Transfer von physischen Produkten, manuellen Abläufen und Dienstleistungen in ein *digitales Format*, das unter Umständen gegenüber seinen materiellen Vorläufern weniger energie- und rohstoffintensiv ist. So kann sich die verstärkte Nutzung von digitalen Dienstleistungen, wie z.B. Video-Konferenzen oder Online-Kursen im Vergleich zu Flugreisen und langen Anfahrtswegen, als entlastend für die Umwelt erweisen, weil die physischen Ressourcen eingespart werden können. Freilich muss erwähnt werden, dass auch digitale Optimierungsstrategien mit Entstehung von Reboundeffekten verbunden sind und damit nicht als umweltneutral gelten können. Die vernetzten Systeme erfordern intensive Energienutzung — schließlich führt die erhöhte Anzahl von netzbetriebenen Geräte zu einem steigenden Stromverbrauch. Neusten Studienergebnissen zufolge liegt der Energieverbrauch durch Herstellung und Nutzung von *IKT* bei ca. 10 bis 12 Prozent des weltweiten Gesamtverbrauchs an elektrischer Energie. Die Höhe der energetischer Aufwendung für *IKT* steigt jährlich auf knapp 10 Prozent an (Sühlmann-Faul/Rammler: 49). Zahlreiche industrielle Modernisierungsprojekte sind darauf ausgelegt, die Einsparungspotentiale durch Dematerialisierung zu erhöhen, was zusätzlichen Materialaufwand verursacht. Um die Energieverluste bei den verzögerten Prozessabläufen und Transportwegen zu reduzieren, werden mit Hilfe von intelligenten und flexiblen Energiesystemen die Voraussetzungen für nachhaltige Energieerzeugung optimiert. Mit anderen Worten: digitale Anwendungen führen nicht zum erhöhten Nachhaltigkeitspotential und der Überkompensation von Reboundeffekten. Nichtsdestotrotz bietet die Digitalisierung technologische Optionen zur „Ersatzstrategie“ an, die darin bestehen, mit der Verwendung von einem Gerät oder einer Dienstleistung viele Funktionen abzudecken (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 160-161). Ein Smartphone beispielsweise ist durch seine zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten längst über seinen primären Funktionszweck — nämlich dem des Telefonierens hinausgewachsen. Das führt zu einem Verzicht des Erwerbs zusätzlicher elektronischer Geräte, wie etwa Fotokamera, Navigationsgerät oder Taschenrechner. Damit lassen sich viele Einsparungspotentiale erwirken, weil die Produktion von technisch überholten Geräten nahezu obsolet wird. Als weiteres Beispiel für die *Ersatzstrategie* kann die Installation von WLAN-Hotspots genannt werden, die kostspielige und aufwendige Verlegung von Glasfaserkabel für High-Speed-Internet vollständig ersetzt. Hier sprechen sich die Nachhaltigkeitsforscher gegen das wirtschaftspolitisch vorangetriebene Projekt zum Netzausbau

aus, indem sie die WLAN-Hotspots der Verlegung von Glasfaserleitungen aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen vorziehen (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 144). An diesem Beispiel wird deutlich, dass nicht jede digitale Modernisierung ökologische Vorteile mit sich bringt. Das Potential der Dematerialisierung wird aufgrund von sinkenden Lebenszyklen der Technik nicht realisiert, was zur steigenden Nachfrage und mehr Energie- und Rohstofffluss führt — die ökologische Eskalationsdynamik spitzt sich zu. In diesem Kontext sind auch die Perspektiven einer Mobilitätswende eng mit der Digitalisierung verknüpft. Der Verkehrssektor kann durch effektive intermodale und intelligente Lösungen digitaler Technologien entlastet werden. Ob und inwieweit sich das autonome Fahren in absehbarer Zeit auf die ökologische Bilanz auswirkt, bleibt offen. Man setzt auch weiterhin auf innovative und visionäre Optimierungskonzepte neuer Technologien, um den Nachhaltigkeitstrend zu genügen.

Der Einzug der Digitalisierung in unterschiedliche Lebens- und Wirtschaftsbereiche hat auch eine Kehrseite. Im Streben nach mehr materiellem Wohlstand werden die neuen Energiemanagementsysteme und Kommunikationsmittel wie *IoT* für die Steigerung der Arbeitsproduktivität genutzt. Wir haben bereits festgestellt: Je mehr Energie- und Materialfluss durch Strategien der Ökoeffizienz und Konsistenz eingespart wird, desto stärker fallen die Reboundeffekte aus. Die Einsparungen verfehlen die anvisierten Ziele einer ökologischen Entlastung der Umwelt. Trotz des hohen Potentials für Prozessinnovationen durch Ökoeffizienz, die mit Digitalisierung zu erreichen ist, bleibt das Ziel gleich: die Erhöhung der Ressourcenproduktivität. Eine notwendige Bedingung für die Entkopplung vom Wachstum ist mit Hilfe von Instrumenten digitaler Technologien nicht gegeben. Sühlmann-Faul und Rammler nehmen dazu eine Stellung:

Die Schädigung der Umwelt, der Verbrauch von Ressourcen, das Verfehlen von gesteckten Klimazielen erscheinen als unabdingbarer Teil eines Wirtschaftssystems, das als Grundprinzip ein stetiges Wachstum erfordert. Lediglich eine Abkehr vom Wachstumsparadigma würde ermöglichen, freigegebene Kapazitäten als Freiräume zu nutzen, anstatt neue Wachstumseffekte auszulösen (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 163).

Streben wir die Reduktion der klimaschädlichen Emissionen an, so greifen wir auf die intelligenten Kommunikations- und Steuerungsmechanismen, wie beispielsweise *IoT* zurück und übertragen die Verantwortung auf dicht ausgebaute Vernetzungssysteme, die die industriellen Prozesse einer optimalen Steuerung unterziehen. Dabei fallen die ökologischen Kosten für den massiven Ausbau der notwendigen Infrastrukturen an. Dazu zählen die Ressourcenförderung, die Abläufe der Produktion und Distribution sowie die unmittelbare Utilisation an. Nicht zu vergessen ist auch die Tatsache, dass der größte Energieverbrauch von der *IKT* nicht bei dem Gebrauch, sondern bei der Produktion entsteht (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 191). Die virulente Verbreitung von digitalen Tools und Anwendungen stellt uns vor Herausforderungen globalen Ausmaßes, die auf eine zentrale Frage zurückzuführen sind, nämlich: mit welchen Ressourcen sollte das größte technologische Projekt aller Zeiten verwirklicht werden? Denn eine ressourcensparende

Produktion kann niemals von dem Ressourcenverbrauch entkoppelt werden. Bisher wurde diese Fragestellung von den wirtschaftspolitischen Eliten ignoriert.

Ein weiteres Problem bezieht sich auf die Energiequelle, denn während der Stromverbrauch von Rechenzentren und Telekommunikationsnetzen einem stetigen Anstieg ausgesetzt ist, befinden wir uns noch im Aufbaustadium hinsichtlich der Nutzung von regenerativen Energiequellen (vgl. BMWI 2018).

Neben Kucklick beobachten auch die Autoren Sühlmann-Faul und Rammler die Veränderung der gesellschaftlichen Kultur, die eine Beschleunigung der sozialen Prozesse und des Lebenstempos evoziert. Die Auswirkungen des digitalen Wandels auf Verhaltensmuster, soziale Praktiken und Formen der Kommunikation lassen sich nach Ihrer Argumentation an den „ökonomischen Gesichtspunkten,“ wie etwa der steigenden Zahl an virtuellen Konsumenten ablesen, die digitale Angebote wie *E-Commerce* oder *Streaming* nutzen (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 190). Die Forscher konstatieren eine „sinkende Halbwertszeit“ von materiellen Gütern (vgl. ebd. 124). Allgegenwärtige Medienangebote und leichte Zugänglichkeit zu Onlinediensten, die teilweise kostenlos zur Verfügung stehen, stiften zum Mehrkonsum an und verursachen „negativen Nutzen“ (Jackson 2017: 101). Die Konsequenzen von Dematerialisierung durch digitale Mittel fallen nicht ökologisch positiv aus. Die Nutzung von *Netflix* setzt nicht nur die Verfügbarkeit eines digitalen Endgeräts voraus — es verleitet auch zum exzessiven Konsumverhalten. Es heißt: „ausschlaggebend für den Mehrkonsums“ ist die „Niedrigschwelligkeit des Angebots“ (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 126). Damit wird der Nachhaltigkeitsvorteil des Streamings gegenüber den Wertschöpfungsketten der physischen Träger wie Kassetten oder DVDs aufgehoben.

Die Entwertung der Dinge ist zum Leitmotiv der Informationsgesellschaft geworden, das von immer neuen technologischen Entwicklungen verursacht wird: „Der kollektive Glaube und die kollektiven Wünsche nach einem besseren Leben richten sich inzwischen nicht mehr an unberechenbare Mächte, sondern an den menschlich geschaffenen Fortschritt“ (vgl. ebd. 124). Zugleich werden die Zeichen von den beschleunigten Bestrebungen zu Optimierung und Rationalisierung des Lebenstempos sichtbar. Während die Zukunftsvision aus Silicon Valley mit dem Spruch „Innovate or Die!“ beschreiben werden kann, kommt die Zivilgesellschaft dem Tempo des technologischen Fortschritts nicht hinterher. Die Probleme und Herausforderungen verstricken sich zu einem unlösbaren Knoten.

Unter einer zielgesteuerten Digitalisierung in Richtung ökologischer Transformation können die umweltwirksamen Ziele unter der Bedingung erreicht werden, dass das Grundprinzip des Wirtschaftssystems vom Wachstum entkoppelt wird. Während Rifkin dafür den Weg der technologischen Möglichkeiten des *IoT* vorschlägt, die sich auf die Strukturen von kollaborativen Commons und der Gemeinnützigkeit stützen, schlagen Lange und Santarius eine Entkopplung mit den vereinten Mitteln der Effizienz, der Konsistenz und der Suffizienz vor (Lange/Santarius

2018: 200-201). Auch Sühlmann-Faul und Rammler sehen die Notwendigkeit einer nachhaltigen Ausrichtung von wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, die gegenwärtig entgegen aller physikalischer Gesetzmäßigkeiten auf Wachstumssteigerung zielen, anstatt diese für die Erhaltung unserer Lebensgrundlage einzudämpfen (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 191). Deshalb gilt folgende Maxime: „Die technologische Entwicklung ist zum Erreichen einer größeren Nachhaltigkeit durch Digitalisierung zwar *notwendig*, aber nicht *hinreichend*“ (vgl. ebd. 159).

Bislang stehen die theoretischen Grundprinzipien der ökologischen Verträglichkeit in starkem Gegensatz zu bestehenden wirtschaftspolitischen Machtsymmetrien, die in den Umweltproblemen wie der Erderwärmung, chemischen Umweltbelastung, massiven Artensterben und schwindender Ressourcenvorkommen zum Tragen kommen. Das ethisch-moralische Leitbild der sozialen Gerechtigkeit entspricht ebenfalls nicht der Realität. Während die neuen Experimentierfelder digitaler Möglichkeiten erschlossen werden, bleiben wir auf dem routinierten Weg des wirtschaftlichen Wachstums und halten uns an den alten Paradigmen fest. Wir denken in alten Kategorien und haben Angst, neue Strukturen zu implementieren und die Dogmen des industriellen Zeitalters über Bord zu werfen. Diese zögernde Haltung torpediert den zivilgesellschaftlichen Progress in Richtung ökologischer Transformation.

Die Skeptiker des Digitalisierungstrends rufen dazu auf, sich von der Illusion zukunftsrettender Technologien zu verabschieden (Wiesner 2014: 157). John Houghton bezieht die Stellungnahme zur Verwendung von Ökostrategien des technologischen Fortschritts, die für ihn eine Sackgasse bedeuten:

On the surface the 'technical fix' route may sound a good way to proceed; it demands little effort and no foresight. It implies that damage can be corrected when it has been created rather than avoided in the first place. But damage already done to the environment by human activities is causing problems now. [...] The 'technical fix' approach is neither balanced nor sustainable (Houghton 2004: 200).

Das blinde Vertrauen in die Lösungskompetenz technologischer Anwendungen kann zu einer ökologischen Problemverdichtung führen. Symptomatisch für den Fortschrittsoptimismus ist der Glaube an die uneingeschränkte Anwendbarkeit des technologischen Werkzeugkastens. Hochgefährlich ist auch die Annahme, dass mit digitalen Innovationen, die mehr Ökoeffizienz und Transparenz sicherstellen sollen, *business-as-usual* weiter ohne restriktive umweltpolitische Einschränkungen möglich ist. Die Produktivitätssteigerung ist immer mit dem Kapitalzuwachs und der ökonomischen Expansion verbunden, während die realen Kosten externalisiert werden (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 179). Es handelt es sich um eine zielgerichtete Initiative zur Erweiterung des ökonomischen Einflussrahmens. Diese symbolische Kompensationshandlung wird nicht zum ökologischen Kurswechsel führen. Aufgrund von vielen Nachhaltigkeitsdefiziten ist die Neubuchstabierung des ökologisch Verantwortbaren mit bloßen Dematerialisierungs- und Einsparpotentialen der Digitalisierung nicht realisierbar.

Diese Argumentation sollte nicht als technikdeterministisch ausgelegt werden und dazu verleiten, den Megatrend *Digitalisierung* im Kontext der Nachhaltigkeitsdebatte gänzlich zu verteufeln. Die neuen Informationstechnologien konterkarieren nicht die umweltpolitischen Nachhaltigkeitsziele und stehen nicht unter dem Generalverdacht, einen ruinösen Pakt *gegen* die Natur abzuschließen. Vielmehr geht es hier um unseren Umgang mit der Digitalisierung im Kontext nachhaltiger Entwicklung. Im nächsten Abschnitt werde ich auf die Nachhaltigkeitspotentiale der neuen Kommunikationsplattform eingehen.

6.2 Die ökologische Bedeutung kollaborativer Commons

Zu Beginn des Kapitels erinnern wir uns an die biologische Evolutionsmaxime, auf die ich im zweiten Kapitel zur Sprache gekommen bin. Es ging um die angeborene Fähigkeit von artverschiedenen Lebensorganismen, Kooperationen und Partnerschaften untereinander zu bilden und in einem gegenseitigen Verhältnis des Einvernehmens — der Symbiose — zu leben. Es handelt sich um eine evolutionäre Ratio, eine natürliche Begabung zwecks Erbringung eines biologischen Nutzens für Organismen. Über mehrere Millionen von Jahren konnte auf diese Weise das Überleben von Lebensformen auf dem Planeten sichergestellt werden. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welche Partnerschaften die menschliche Spezies für ihr Überleben eingehen wird. Wird sie sich auf ihre ursprünglichen Wurzeln zurückbesinnen, indem sie sich mit der Natur verbindet, um nicht die gegenseitige Koexistenz zu gefährden oder entscheidet sie sich für einen anderen Weg? Als Anregung kann an dieser Stelle die Theorie „original affluent society“ des Anthropologen Marshall David Sahlins aufgeführt werden, die er noch in den frühen 1970er Jahren aufgestellt hat. Die von ihm vertretene These besagt, dass die Gemeinschaften der Jäger und Sammler nicht als *primitiv*, sondern *wohlhabend* einstufung werden müssen:

For there are two possible courses to affluence. Wants may be “easily satisfied” either by producing much or desiring little. The familiar conception, the Galbraithian way, makes assumptions peculiarly appropriate to market economies: that man’s wants are great, not to say infinite, whereas his means are limited, although improvable: thus, the gap between means and ends can be narrowed by industrial productivity, at least to the point that “urgent goods” become plentiful. But there is also a Zen road to affluence, departing from premises somewhat different from our own: that human material wants are finite and few, and technical means unchanging but on the whole adequate (Sahlins 2017: 55).

Lassen sich diese Überlegungen nicht auch auf das digitale Zeitalter übertragen? Liefert der renommierte Wissenschaftler damit nicht ein Signal für die Veränderung des globalen Wertesystems, indem er das Instinktive und Naturgegebene der industriellen Rationalisierung gegenüberstellt? Müssen die Produktionsverfahren, Kommunikationsweisen und das Konsumverhalten mit den Mitteln technologischer Möglichkeiten automatisiert, optimiert und technisch erweitert werden, damit sie für einen weiteren Wachstumssprung sorgen können? Wann wird die natürliche Obergrenze für das Maximum an das, was wir unter dem Begriff *Wohlstand* verstehen, erreicht?

Die energetische und materielle Verschwendung der Konsumgesellschaft „zehrt essentielle natürliche Ressourcen auf“ und belastet die Ökosysteme, deshalb ist es unabdingbar für Ressourcenverbrauch und Umweltbelastung klare Grenzen zu setzen und sie zu „Fixpunkten in den Strukturen von Wirtschaft und Gesellschaft“ zu machen (Jackson 2017: 283). Ferner schlägt Jackson vor, sich von der schädlichen Dynamik des Konsum-Wohlstands zu befreien und nach

Möglichkeiten für nachhaltige und erfüllende Lebensentwürfe zu suchen. Allerdings erweist sich die vereinzelte Umsetzung dieser Motivation als schwierig, deshalb müssen „gesellschaftliche Verhaltensänderungen im großen Stil“ etabliert werden (Jackson 2017: 285). Als „Artefakt der Moderne“ verkörpert die Konsumgesellschaft ein Konglomerat an komplexen Anreizstrukturen, die aufgebrochen werden müssen (Jackson 2017: 285). Mit der Digitalisierung und der Herausbildung des Onlinehandels sind die Möglichkeiten entstanden, das Konsumverhalten von Produkten und Dienstleistungen nachhaltig zu beeinflussen. Das setzt zwei Aspekte voraus: zum einen muss das Konsumniveau reduziert werden, zum anderen sollen möglichst umweltschonende Güter und Dienste in Anspruch genommen werden. Was den ersten Punkt betrifft, so gelingt seine Umsetzung nur bedingt. Wie auch bei den Streaming-Diensten ist die Hemmschwelle zum Konsum zu niedrig und *per Mausklick* möglich. Freilich tritt bei der Zunahme von digitalen Anwendungen und Apps das Gegenteil der gewünschten Nachhaltigkeitsziele ein. So hat sich in den letzten Jahren der Bereich des *E-Commerce* etabliert, der sich im Laufe einer kurzen Zeitperiode zu einer Verschmelzung zwischen *E-Shopping* und *Social Media* herausgebildet hat. Die Adaption des *E-* und *Social Commerce* als Vertriebskanal begünstigte die Neuausrichtung der Retail Branche (Lange/Santarius 2018: 45ff). Durch den Ausbau dichter Logistik- und Transportnetze konnten zwar neue Arbeitsplätze überwiegend im Niedriglohnsektor geschaffen werden, allerdings führten diese Veränderung zum Erliegen des stationären Handels, der gegenüber *E-Commerce* ökologisch besser abschneidet. Die Umsetzung des zweiten Punktes über den nachhaltigen Konsum bietet aus mehreren Gründen mehr Spielraum, denn es haben sich neue Gebrauchtkauf- und Tauschbörsen wie *Kleiderkreisel* oder *eBay Kleinanzeigen* herausgebildet, die nicht zum Neukauf bzw. dem Erwerb einer Massenanfertigung animieren. Darüber hinaus sind alternative Onlineshops wie *Avocadostore* oder *Najoba* entstanden, die eine große Auswahl an nachhaltigen Produkten bereithalten. Zusätzlich sind *Open Source*-Dienste und internationale Community-Bewegung wie *iFixit* entstanden, die mit Hilfe einer kostenlosen *App* wichtige Produktinformationen und Reparaturanleitungen für die interessierte Masse zur Verfügung stellt. Mit über einer Million Downloads aus dem Google-Store besteht großes Interesse an den Möglichkeiten der Eigenreparatur. Neben den Plattformen für den Reparaturservice, wie etwa *Mila* bietet die *App* eine Alternative zu der gängigen Praktik offener Werkstätte. Es handelt sich um spezialisierte Orte, wo sich die Fachleute ihr Wissen und Werkzeuge mit interessierten TeilnehmerInnen teilen und Gegenstände wie Smartphones, Computer oder Drucker reparieren. Leider zeigt die Praktik, dass der Neukauf gegenüber einer Reparatur in der Praxis oft günstiger ist. Viele Verbraucher entscheiden sich für die sparsame, aber ökologisch nachteiligere Variante und tendieren zum Erwerb eines neuen und teilweise technisch weiterentwickelten Gerätes. Dieses Verhalten entspricht der Logik eines wachstumsfixierten Wirtschaftskreislaufs, der von immer schnelleren Produktionszyklen aufrechterhalten wird. Ebenso gehört dazu das Online-Portal *Codecheck*, das eine detaillierte Auskunft über die Inhaltsstoffe zahlreicher Drogerie-

Produkte gibt. Hierbei können die Nutzer ganz nach dem Vorbild von *Wikipedia* selbst aktiv werden und neue Produktinformationen per eine *App* hochladen.

Eine digitale Disruptionswelle hat zur Herausbildung zahlreicher Geschäftsmodelle und sozialer Netzwerkverbindungen beigetragen, die nachhaltige Umweltstile fördern können. Die Institutionalisierung strategischer Allianzen und Experimente virtueller Allmende konnten sowohl durch die auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Start-Ups als auch digital koordinierten Nutzergemeinschaften maßgeblich vorangetrieben werden. Flexible und offene Interaktion von miteinander vernetzten Konsumenten und Produzenten trägt zur ökonomischen Demokratisierung bei (Lange/Santarius 2018: 163). Die Veränderung des Bewusstseins zeigt sich darin, dass immer mehr Menschen sich für Nachhaltigkeitsthemen interessieren und nach und nach umweltorientierte Entscheidungen treffen. Unter Umständen stehen die neuartigen unternehmerischen Vorhaben im Vorzeichen von digitaler Neuerfindung des Kapitalismus.

In Hinblick auf die Arbeitsbeschäftigung könnte das digitale Zeitalter neue Möglichkeiten eröffnen. Die Anzeichen dieser Entwicklung lassen sich an Beispielen der kollaborativen Plattformen wie *Crowdworking*, *TaskRabbit* oder ähnlichen Formaten erkennen. Die Nutzung von Online-Bildungskursen könnten nicht nur die Aus- und Weiterbildung voranbringen, sondern zur persönlichen Selbstentfaltung der Nutzer beitragen. Bereichernd sind auch die Erfahrungen, die die Menschen innerhalb der globalen Internet-Gemeinschaft miteinander teilen. Letztendlich kann die Vernetzung über alle Grenzen und Entfernungen hinweg das Gefühl der globalen Verantwortung für die umweltpolitischen Herausforderungen wecken.

Die Digitalisierung kann als Mittel zur Entkopplung des wirtschaftlichen Wachstums von dem Energie- und Ressourcenverbrauch instrumentalisiert werden. Die Informationstechnologie liefert viele zukunftsweisende Tendenzen für Konzepte und Geschäftsideen, die auf Basis digitaler Tools und Anwendungen positiven Einfluss auf die nachhaltigkeitsorientierten Lebenswelten entwickeln. Dazu gehören bereits erwähnten sozialen *Open Source*-Plattformen und Distributionsnetzwerke, die das Gemeinwohl ins Zentrum ökonomischer Strukturen zugunsten der Umweltentlastung rücken. Für die Realisierung dieser Ansätze besteht noch viel Entwicklungsbedarf. Rifkin hofft, dass die Anwendbarkeit des informationstechnologischen Wissens zum Erliegen der kapitalistischen Strukturen führen wird, wenn jeder Konsument zum Produzenten wird und die Produkte durch reduzierte Wertschöpfung zu *Nahezu-null-Grenzkosten* vertrieben werden (Rifkin 2016: 220ff). Die Massenproduktion wird von der nicht profitorientierten Produktion *durch die Massen* abgelöst.

Zum Abschluss halten wir es noch einmal fest: Mit der Digitalisierung sind die Möglichkeiten einer selbstbestimmten und kooperativen Lebensführung der Zivilgesellschaft gestiegen. Durch die Entkopplung der Produkte und Dienstleistungen vom monetären Wert bietet die Digitalisierung technische Ressourcen und partizipative Gestaltungsräume, die die Gesellschaft von der ökonomischen Vorherrschaft befreien können. Um den Leitbildern der Ressourcengerechtigkeit

zu genügen, werden dezentralisierte und alternative Versorgungsstrukturen, bedarfsorientierte Produktionsabläufe und regionale Nahrungsmittelproduktion benötigt.

Diese Fülle von nachhaltigkeitsorientierten Potentialen und Lösungskompetenzen richtet sich an das gemeinwohlorientierte Miteinander. Mit der Nutzung von kollaborativen Plattformen, regenerativen Energiequellen und der menschlichen Schaffenskraft lassen sich ökologisch verträgliche Lebensstile ermöglichen, die fern von Automatisierungstechnik und selbstlernenden Algorithmen zu verorten sind. Mit sozialpolitischen Steuerungsmechanismen digitaler Technik können die ökologischen Herausforderungen des Anthropozäns in den Fokus genommen werden. In diesem Zusammenhang ist hervorzuheben, dass die wirtschaftliche Orientierung auf die Einhaltung von planetarischen Grenzen ausgerichtet werden muss. Die Verantwortung liegt bei der Informationsgesellschaft.

6.3 Entkopplung vom quantitativen Wirtschaftswachstum

Die Digitalisierung kann als "Symptom der gesamtgesellschaftlichen Konzentration auf Effizienz- und Expansionssteigerung" gewertet werden, das „Beschleunigung, Steigerung, ständige Entwertung vor Kurzem erst Erreichten, Konsumsteigerung, mehr Ressourcenverbrauch und in diesem Zuge auch die sozialen Probleme im Wachstumsparadigma erzeugt (Sühlmann-Faul/Rammler 2018: 164-165). Digitale Technologien können die gegenwärtigen Probleme des Klimawandels, der Umweltverschmutzung und der Ressourcenverknappung nicht lösen. Ganz im Gegenteil: Wir entfernen uns von dem Ziel, die planetarischen Grenzen einzuhalten, indem wir die neue Energie- und Kommunikationsmatrix für intensive Güterproduktion einsetzen. Eine Rückbesinnung auf das menschliche Maß und die Reduktion der materiellen Ansprüche findet nicht statt. Wieder fallen wir dem Produktivitätsdogma zum Opfer. Die Gefahr des globalen ökologischen Kollapses, den Meadows und sein Team noch 1973 vorhergesagt haben, wird mit der neuen Innovationswelle in weite Ferne gerückt. Dabei steigt das Gefahrenpotential komplementär zum wachsenden BIP an. Der deutsche Ökonom Niko Paech trägt zum Verständnis der Wachstumsfalle bei:

Qualitatives Wachstum ist erstens nie materiellos. Zweites ersetzt es das bisherige qualitative Wachstum nicht, sondern verleiht ihm buchstäblich Flügel. Es sind gerade die Wissens- und Kreativschübe, welcher der material- und energieintensiven Wertschöpfungsmechanik neue Spielräume zur Expansion eröffnen. Qualitatives und quantitatives Wachstum sind keine Alternativen, sondern untrennbare, einander verstärkende Triebkräfte (Paech 2010: 16).

Paech, wie auch seine Kollegen Lange und Santarius zweifeln an der ökologischen Entkopplung kraft der Möglichkeiten der technologisch gestützten Informationsgesellschaft. Mit intelligenten Steuerungssystemen und optimierten Informationsdaten wird der industrielle Metabolismus weiter angeheizt. Immer mehr Ressourcen werden für schnellere Prozesse benötigt. So erweisen sich bei der E-Mobilität die Wertschöpfungsketten und die Nutzung konfliktbehafteter, knapper Ressourcen wie Lithium als nachteilig. Die Produktionsspirale führt zur Verknappung von endlichen Rohstoffen und steigendem Energiebedarf, der zum heutigen Zeitpunkt von den erneuerbaren Energien nicht gedeckt wird. Paech schreibt dem Komfort generierender „Automatisierung und Mechanisierung“ die Produktivitätssteigerung zu, die zum verstärkten Konsum auf der Seite der wirtschaftlichen Triade der Industriestaaten führt, während die restlichen Weltgebiete primär als Rohstofflieferanten, billige Produktionsstätten und Abfalldeponien ausgebeutet werden (Paech 2010: 17). Speziell heißt es, dass die Chancen auf die Verengung der ökonomischen Kluft zwischen den nordischen Wohlstandsgesellschaften und den Verlierern des technologischen Wettbewerbs der südlichen Hemisphäre sich verringern werden (Sachs/Santarius 2005: 65-68). Insofern kann dem zu Beginn des Kapitels genannten Zitat des *BDI* nur mit Vorsicht und Einschränkung zugestimmt werden, denn ohne Frage wird

sich das Leben in den Wohlstandsgesellschaften in vielerlei Hinsicht verändern, u.a. wird die Schwerstarbeit der Automatisierungstechnik weichen. In Anlehnung an das zitierte Versprechen, wird der Lebenskomfort auf eine bequeme, schnelle und flexible Weise gestaltet — wovon auch die Industrie profitieren wird — zum Nachteil für die Umwelt. Die branchenübergreifenden Optimierungsprozesse können ökologisch vorteilhafte Einsparpotentiale ermöglichen, die für die Erreichung der politisch festgesetzten Klimaziele notwendig sind. Allerdings werden in den kapitalistischen Wirtschaftssystemen digitale Technologien zur Erhöhung von Arbeitsproduktivität genutzt. Die Automatisierung und ubiquitäre Vernetzung von Produktions- und Arbeitsprozessen arbeitet schnell und effizient. Folglich treibt sie die Effizienz das Wachstum an (Jackson 2017: 170). Mit anderen Worten befinden wir uns noch lange davon entfernt, die Güterproduktion quantitativ zu verringern. Der technologische Fortschritt sorgt für die Senkung der Kosten und höhere Produktionsleistung. Damit ist die Entkopplung vom Wirtschaftswachstum im digitalen Zeitalter nicht möglich, denn die Digitalisierung verstärkt den Konsum, der als „Wachstumsmotor“ der Wirtschaft gilt (Röpke 2010: 111). In diesem Zusammenhang ist die Digitalisierung ein effektivstes Instrument, um den Konsum auf eine neue Expansionsstufe heraufzubringen. Hierfür müssen zunächst die sozial- und umweltverträglichen Obergrenzen für die wirtschaftlichen Aktivitäten festgelegt werden, die von der Prämisse ausgehen, dass der luxusorientierte Mehrkonsum den Umweltzielen widerspricht.

Im Laufe der Arbeit haben wir mit der Auswahl an Beispielen digitaler Lebensführung nachweisen können, dass ganze Wertschöpfungsketten mit Nachhaltigkeitsdefiziten behaftet sind. Die ökoeffizienten Produktionssysteme werden die Erderwärmung und die Umweltverschmutzung nicht aufhalten, solange eine Produktivitätssteigerung angestrebt wird. Die ökologischen Nebeneffekte von aggressiver Produktionsweise und konventioneller Konsummuster können durch einen strukturellen wirtschaftspolitischen Kurswechsel beseitigt werden. Mit den Möglichkeiten gesellschaftlicher Interaktion wird der Umweltverbrauch von dem Wirtschaftswachstum nur zu einem geringen Teil entkoppelt werden. Viele Kriterien, die für die Umweltzerstörung verantwortlich sind, obliegen den individuellen Entscheidungen und Verhaltensmustern. Die Notwendigkeit des sozialpolitischen Handelns für die nachhaltige Entwicklung ist obligatorisch, was bereits im WCED-Bericht „Our Common Future“ 1987 festgehalten wurde:

Technology and social organization can be both managed and improved to make way for a new era of economic growth. [...] Sustainable development is not a fixed state of harmony, but rather a process of change in which the exploitation of resources, the direction of investments, the orientation of technological development, and institutional change are made consistent with future as well as present needs. We do not pretend that the process is easy or straightforward. Painful choices have to be made. Thus, in the final analysis, sustainable development must rest on political will (WCED 1987: 16).

Paech sieht in der „Kunst der Reduktion“ die Möglichkeit, die Eingriffe in die Biodiversität zu unterbinden. Alles Weitere verlagert nur die ökologischen Probleme „von einem Umweltmedium in ein anderes“ (Paech 2010: 17). Nach seiner Argumentation ist urbane Subsistenz ein zukunftsfähige Alternative, dem globalen Klimawandel entgegenzuwirken. Er und seine Zunftgenossen wie Hermann Daly und Tim Jackson plädieren für das Nullwachstum. Dazu schreibt Jackson:

Die Materialverschwendung der Konsumgesellschaft zehrt essenzielle natürliche Ressourcen auf und belastet die Ökosysteme des Planeten auf unhaltbare Weise. Es ist unabdingbar, für Ressourcenverbrauch und Umweltbelastung klare Grenzen festzusetzen und diese Grenzen zu Fixpunkten in den Strukturen von Wirtschaft und Gesellschaft zu machen (Jackson 2017: 283).

Das zukunftsorientierte Innovationskonzept *Cradle-to-Cradle* bietet dagegen eine andere Lösung an, die intelligente Übertragung von natürlichen Prinzipien des Stoffwechsels der Biosphäre auf die industriellen Herstellungsprozesse vorsieht. So wird das Abfallproblem durch das Prinzip der Wiederverwendung aufgehoben, das ohne digitale Technologien nicht möglich ist. Angesichts der voranschreitenden Ressourcenverknappung bietet die naturwissenschaftliche Methodik der industriellen Ökologie eine reale Chance auf den integrierten Umweltschutz. Postwachstumsökonomien wie Paech zweifeln an dem „ausgeklügelten“ Konsistenz-Konzept, weil damit nicht die „Axiome der Thermodynamik“ aufgehoben werden kann; vielmehr entsteht anstelle eines Entkopplungseffekts eine „Re-Materialisierung“ (Paech 2011: 136). Doch im Vergleich zum postkapitalistischen Subsistenz-Ansatz wird die strategische Methode der Kreislaufwirtschaft — die weder für den Verzicht noch für die Selbstbegrenzung plädiert — für die Mehrheit der Verbraucher attraktiver erscheinen. Die Strategie der Konsistenz kann auf kollaborativer, nicht auf Gewinnmaximierung ausgerichteter Grundlage fußen, die konkrete Nachhaltigkeitsziele verfolgt. Dabei können die Menschen „ihre Konsumgelüste ohne Schuldgefühle befriedigen“ (Braungart/McDonough 2016:146).

Die Vision einer zukunftsfähigen Informationsgesellschaft gestaltet sich im Hier und Jetzt. An der Macherhaltung interessierte Wirtschaftselite und ihre Lobby sind an dem Erhalt des Status quo interessiert. Sie werden keine Signale für den nachhaltigkeitsorientierten Wandel aussenden und ihre rückwärtsgewandten Denkansätze nicht ohne Verteidigung aufgeben. Wie wir bereits wissen, ist die Übertragung von tradierten Geschäftsmodellen auf die neue digitale Realität zum ökologischen Scheitern verurteilt. Die Verantwortung liegt in den Händen der zivilen Gesellschaft. Der politische Wille, den ökologischen Problemen unserer Zeit entgegenzutreten, ist unerlässlich. Dafür sollte auf der sozialpolitischen Ebene ein intensiver Diskurs über die grundlegenden Ziele ökologischer Transformation im digitalen Zeitalter stattfinden, die außerhalb wirtschaftsorientierter Interessen liegen. Die Vorgabe der Zielrichtung für weitere digitale Entwicklung sollte nicht unterschätzt werden, weil sie die Zukunft der Gesellschaft prägen wird. Dafür ist eine starke wissenschaftliche Front notwendig, die für die technologischen Lösungen, wirtschaftspolitischen

Randbedingungen und zukünftigen Perspektiven ökologischer Transformation im digitalen Zeitalter wegweisend sein wird. Um es mit den Worten von David Grinspoon auszudrücken: „We've tasted the fruit of science and technology, and now our best chance for survival lies in cultivating planetary knowledge and a planetary identity in awakening to and embracing our part in this world“ (Grinspoon 2016: 412).

Wir halten zwischenzeitlich fest, dass die hochfrequentierten Innovationsschübe der digitalen Welt bedingt in der Lage sind, den Energie- und Materialfluss zu reduzieren. Dafür werden die erzeugten Einsparungen an anderer Stelle, z.B. für weitere Produktionen, Investitionen oder den Konsum ausgegeben. Die wirtschaftspolitisch angestrebte Strategie der Effizienzsteigerung wird Einsparungspotentiale erzeugen, die die materiellen und energetischen Mehrausgaben durch höheren Produktionsaufwand und Ressourcenverbrauch nicht werden kompensieren können. Die auftretenden Reboundeffekte lassen sich nur durch den gebündelten Einsatz von Effizienz, Konsistenz und Suffizienz vermeiden (vgl. Santarius 2012). Dafür müssen die Weichen für konkrete Entscheidungen über die strategische Neuausrichtung des wirtschaftspolitischen Kurses gestellt werden. Diese Position widerspricht der aktuellen vorherrschenden Logik, die auf „disruptive und einseitig kapitalistisch getriebene“ Digitalisierung ausgerichtet ist (Lange/Santarius 2018: 202). Vor diesem Hintergrund erhalten die mahnenden Worte des österreichischen Ökonomen Illich eine besondere Bedeutung: „Es ist dringen nötig, sich die Vielzahl der Produktionsweisen bewußt zu machen, die eine Gesellschaft, um überlebensfähig zu sein, nebeneinander bestehen lassen muß. Eine solche Bewußtwerdung würde uns des industriellen Wachstums Herr werden lassen“ (Illich 1980: 133).

Auf den vergangenen Seiten habe ich die umweltinduzierten Potentiale digitaler Technologien aufgezeigt und auf ihre Nachhaltigkeitspotentiale zu einem tiefgreifenden ökologischen Transformationsprozess hin kritisch bewertet. Ich fasse die wichtigsten Nachhaltigkeitspotentiale der Digitalisierung zusammen, die ich an oben aufgeführten Beispielen detailliert illustriert habe: Die Digitalisierung besitzt das Potential, „in enormen Umfang physische Ressourcen zu sparen“ (Lange/Santarius 2018: 21). Vor allem die Speicherung riesigen Datenvolumens ruft den Effekt der Dematerialisierung hervor. Dabei verändert die Verlagerung der analogen Güter und Dienstleistungen in die digitale Sphäre die Art und Weise, wie wir produzieren und konsumieren. Damit hängen die Prozesse der *Industrie 4.0* zusammen, die sich primär auf die Effizienzsteigerung durch eine hohe Dichte an Vernetzungssystemen zwischen den Anlagen, Produktionsstätten, komplexen Prozessabläufen sowie einer dezentralisierten und flexibel angepassten Energieversorgung aus den erneuerbaren Energiequellen stützen. Das intelligente Kommunikationsplattform des *IoT* bildet eine Schnittstelle zwischen den dezentralisierten und optimierten Vermittlungsstrukturen, die auf Effizienzsteigerung ausgerichtet sind. Bei den kollaborativen Bereichen finden wir einen hohen Anstieg an vernetzungsaktiven, nutzungsgeteilten, personalisierten, rationalisierten, autonomen und integrativen Strukturen

wieder. Die digitalen Anwendungen verstärken die Strategien der Ökoeffizienz und Konsistenz, die das Potential zur Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltverbrauch besitzen. Die aufgezählten Kriterien stellen nur einen grobkörnigen Ausschnitt aus dem facettenreichen Gesamtbild der Digitalisierung und ihrer ökologischen Auswirkungen dar. Nichtsdestotrotz liefern diese Punkte eine gute Grundlage für die Beantwortung der Fragestellung, auf die wir im folgenden Arbeitsschritt eingehen werden.

7 Konklusion und Ausblick

Während digitale Technologien immer größere Teile unserer Lebenswelt beeinflussen und damit die Strukturen unserer Arbeits- und Wirtschaftsweise tiefgreifend verändern, werden die Anzeichen einer ökologischen Katastrophe durch die Ausgrenzung der Natur immer bedrohlicher. Der Klimawandel, die Umweltverschmutzung, der Verlust biologischer Vielfalt und die Verknappung natürlicher Ressourcen sind nur einige von einer Vielzahl an Herausforderungen des Anthropozäns. Die Flut der ökologischen Probleme wird durch die Gewaltkonflikte, massive Wanderbewegungen und populistische Tendenzen in der Politik in ihrer Gesamtwirkung verstärkt. Das Konglomerat an unbewältigten Aufgaben wird zunehmend unüberschaubar und komplexer, deshalb ist es die höchste Zeit, sich den gegenwärtigen Herausforderungen zu stellen. Die Problemlösung erfordert fundamentale Veränderungen des Wirtschaftssystems und die Wahrnehmung der Zivilgesellschaft. In diesem Zusammenhang werden disruptiven Kräften der Digitalisierung nachhaltigkeitsorientierte Potentiale zum umfassenden Wandel beigemessen. Das Hauptaugenmerk der Arbeit lag auf der Herausarbeitung von Potentialen und Chancen digitaler Innovationen im Kontext nachhaltiger Entwicklung. Die Thematik zeichnet besondere Komplexität und strukturelle Vielfalt aus, die sich aus der Verflechtung von kausalen Zusammenhängen sowie wirtschaftlichen, sozialpolitischen und technischen Prozessen ergibt. Zu diesem Zweck wurden die Nachhaltigkeitsdefizite und ökologischen Risiken digitaler Tendenzen herausgearbeitet und einer kritischen Auswertung unterzogen. Im Laufe der Arbeit haben sich die positiven Nachhaltigkeitseffekte der Digitalisierung herauskristallisiert, die einen Einfluss auf die Herausbildung von umweltverträglichen Handlungsmustern und zukunftsfähigen Lebensstilen nehmen können. In diesem Kontext ging das Forschungsvorhaben der Leitfrage nach, ob und inwieweit der digitale Megatrend zu einer ökologischen Transformation beitragen kann, damit sich die Gesellschaft in Richtung *Nachhaltigkeit* entwickelt. Die vorliegende Arbeit rezipierte die Perspektiven ökologischen Paradigmenwechsels im digitalen Zeitalter von der interdisziplinären Warte aus, um eine isolierte Problemdarstellung zu vermeiden. Auf den vergangenen Seiten wurden die umweltschutzrelevanten Nachhaltigkeitspotentiale der Digitalisierung identifiziert, systematisiert und anschließend zum Zweck der Beantwortung der Forschungsfrage ausgewertet. In den nächsten Zeilen werden die Untersuchungsergebnisse der Arbeit zusammenfassend dargestellt.

Die vorliegende Forschungsarbeit konnte eine Momentaufnahme der gegenwärtigen Entwicklung der Digitalisierung im umweltpolitischen Kontext machen. Dieser Auszug zeigte auf, dass je nach wirtschaftspolitischen und soziokulturellen Rahmenbedingung die Digitalisierung mit vielen umweltinduzierten Risiken verbunden ist, zugleich aber auch unter bestimmten Voraussetzungen die Chancen für ökologische Transformation bietet. Allerdings wird es eine Übung in

Vergeblichkeit sein, wenn die gegenwärtige wirtschaftspolitische Ausrichtung des digitalen Megatrends die Herausforderungen der globalen Umweltprobleme bewältigen wird. Den Fragen nach Erhalt biologischer Vielfalt und den Umgang mit der Ressourcenverknappung werden von der wirtschaftspolitischen Elite mit wenig Beachtung begegnet, deshalb bleiben sie nach wie vor unbeantwortet. Zugleich besteht die Gefahr, dass die Nachhaltigkeitsdefizite — verursacht durch die verstärkte wirtschaftspolitische Fixierung auf die Produktivitätssteigerung — mit der Zeit noch weiter zunehmen werden. Diesem Umstand lässt sich eine förmliche Novitätsbessesenheit gegenüber dem Trend zuschreiben, die die Einhaltung planetarischer Grenzen außer Acht lässt. Solange die digitalen Technologien zum Zweck der Absatzsteigerung und Gewinnmaximierung nach dem Prinzip *economic first* eingesetzt werden, wird der Zugang zum ökologischen Wandel auf breiter Front versperrt sein.

Das Abenteuer *Digitalisierung* ist ein spannendes und zugleich widersprüchliches Experimentierfeld, das von der essentiellen Notwendigkeit eines wachstumskritischen Diskurses ablenkt. Dabei nimmt die Digitalisierung bei dem wirtschaftlichen Wachstum eine zentrale Rolle ein. Diese wirtschaftspolitische Ausrichtung lässt sich nicht mit den grundlegenden Nachhaltigkeitszielen in Einklang bringen. Die Fixierung auf alte Pfadabhängigkeiten erzeugt das Spannungsverhältnis zwischen der *Digitalisierung* und *Nachhaltigkeit*, das durch stark ausgeprägte Defizite gekennzeichnet ist. Darum können die Symptome einer tiefen ökologischen Krise nur durch die Entkopplung vom Wachstumsparadigma gelindert werden. Insofern hat sich die eingangs aufgestellte Arbeitsthese bestätigt. Ob die Digitalisierung für die notwendige Loslösung vom quantitativen Wirtschaftswachstum zugunsten der Umweltentlastung instrumentalisiert werden kann, hängt in erster Linie von der Zivilbevölkerung ab. Damit ist eine gesellschaftspolitische Herkules-Aufgabe verbunden, deren Problemlösungskompetenzen nach den ökologischen und ethischen Leitprinzipien ausgerichtet werden müssen. Ein Gespür für die Prinzipien der Nachhaltigkeit entwickeln zu lassen und die Gesellschaft für die umweltpolitischen und ökologischen Themen zu sensibilisieren, ist ein großes sozialpolitisches Unterfangen. Hierfür ist die basale Grundlagenvermittlung über die Ursachen der Zerstörung von natürlichen Lebensräumen gefragt, die mit unkonventionellen Ideenkonzepten und alternativen Formen des Lebens, Wirtschaftens und Konsumierens die bestehenden Wissenslücken schließen muss. Ohne die Erweiterung des Wissenshorizonts wird der Aktionsrahmen für die Einleitung der ökologischen Transformation eingeschränkt bleiben, was unweigerlich zum Scheitern der Nachhaltigkeitsagenda im digitalen Zeitalter führen wird.

Die Ergebnisse der Arbeit haben aufgezeigt, dass eine routinierte Einbettung technologischer Möglichkeiten in den sozialen Kontext zu einer Veränderung von Wahrnehmungsmustern und Lebensstilen führt. Darüber hinaus wirkt sich der digitale Sog auf die Prozesse der Dematerialisierung und Dezentralisierung aus, das sich bei der Steigerung von Ökoeffizienz in

den Bereichen der Industrie, Energieerzeugung, *E-Commerce* und Mobilität bemerkbar macht. Vor allem gemeinschaftsorientierte Unternehmen und Kooperativen, die auf regionaler Ebene Dienstleistungen anbieten — sei es die Erzeugung des Stroms aus erneuerbaren Energiequellen oder landwirtschaftliche Aktivitäten — können von der Digitalisierung profitieren. Ebenfalls tragen digitale Technologien zur Herausbildung von sozialen Innovationen, wie beispielsweise *Sharing Economy* bei und reanimieren die Kultur der kollaborativen Praktiken, die über Jahrhunderten hinweg einen festen Platz in der Zivilisationskultur hatte. Wichtig hervorzuheben ist auch die Möglichkeit, die vernetzten Strukturen der *Industrie 4.0* zur Etablierung der Kreislaufwirtschaft einzusetzen, mit der die Technik-Suffizienz und verlustfreie Wiederverwertung von Ressourcen sichergestellt wird. Gerade der Elektroschrott gehört aufgrund der verkürzten Lebensdauer elektronischer Geräte zu einem eskalierenden Problemherd. Damit geht eine starke Verschmutzung der Ökosysteme einher, die einer dringenden Zuwendung bedarf.

Die digitalen Anwendungen sind ein herausragendes Werkzeug, um die strategischen Potentiale der Ökoeffizienz und Konsistenz zu bündeln. Unter der Voraussetzung einer nachhaltigkeitsorientierten Wirtschaftspolitik besteht für die systematisierte Anwendung der beiden Strategien eine zukunftsfähige Perspektive für die ökologischen Transformation. Auf diese Weise wird eine Vielzahl an Produktherstellungsverfahren und Dienstleistungen dem Nachhaltigkeitsprinzip genügen, während die energetische und materielle Einsparerfolge nicht durch Wachstumseffekte kompensiert werden. Allerdings kommt hier die Gefahr der Problemsimplifizierung auf, denn die Nachhaltigkeitsziele sind weder mit digitalen Mitteln einfach zu erreichen, noch können sie innerhalb längst überholter Wirtschaftsstrukturen auf unbestimmte Zeit konserviert werden. Erst mit der fundamentalen Bewusstseinsumkehr kann die Digitalisierung innovative Potentiale zur Einleitung einer sozioökonomischen Ära entfalten.

Wenn es darum geht, die ökologische Transformation in die Wege zu leiten, muss die Auswahl digitaler Werkzeuge mit Bedacht getroffen werden. Hierfür müssen bewusst formulierten Fragen gestellt werden, beispielsweise inwiefern konkrete Anwendungen und Tools bei der Lösung von Umweltproblemen förderlich sind. Oder: Welche Ideen und Konzepte sind aufgrund ihres zweifelhaften Nutzens entbehrlich oder gar schädlich. Deshalb ist die Forderung nach einer nachhaltigen Verbesserung von Produktdesigns, energiesparenden und umweltverträglichen Herstellungsprozessen, Technik-Suffizienz durch Nutzungsdauerverlängerung und menschengerechten Arbeitsbedingungen dringend notwendig. Dieses Handeln spiegelt die Grundprinzipien der gelebten Demokratie wider. Ohne einen soziokulturellen Bewusstseinswandel ist der ökologische Paradigmenwechsel nicht möglich. Nicht zuletzt muss gesagt werden, dass der Umweltschutz eine Frage der Gerechtigkeit ist. Die aktuellen ökologischen Entwicklungen stellen unsere Gesellschaft vor großen Herausforderungen. Die Menschen sind auf vitale Ökosysteme angewiesen, die die Lebensgrundlage aller biologischen Organismen bilden. Mit sozialen und ökologischen Folgen unserer imperialistischen Lebensweise stehen wir in der

Verantwortung für zukünftige Generationen. Im Zuge dessen müssen wir lernen, unseren Umgang mit der natürlichen Umwelt zu reflektieren und den wirtschaftspolitischen Kurs auf seine Zukunftsfähigkeit zu hinterfragen. Es ist höchste Zeit im digitalen Zeitalter, die festgefahrenen Handlungsabläufe aufzugeben und sie gegen neue nachhaltigkeitsorientierte Modelle zu ersetzen.

Die Geschichte lehrt uns, dass zahlreiche Außenfaktoren ihren Lauf ohne unseren Einfluss radikal verändern können. Man denke dabei an die weitreichenden Folgen klimatischer Ereignisse, die die hochentwickelten Zivilisationen der Maya und Etrusker vor mehr als 3000 Jahren v. Ch. in den Untergang getrieben haben. Damals waren nur begrenzte Weltregionen von dem Unglück betroffen. In der modernen, durch die Globalisierung geprägten und vernetzten Welt, sprechen wir von einer anderen Größenordnung der möglichen ökologischen Katastrophe. Die verheerenden Folgen werden für die gesamte Menschheit zu spüren sein. Die Auswirkungen von Nachhaltigkeitsdefiziten im digitalen Zeitalter lassen sich nicht geografisch lokalisieren; sie haben fließende Übergänge und besitzen eine hochkomplexe Struktur. Folglich ist unsere interkulturelle, vernetzte Welt einem deutlich höheren Risiko ausgesetzt als jemals zuvor. Je höher der Digitalisierungsgrad einer Gesellschaft ist, desto weniger resistent wird sie gegenüber umweltinduzierter Krisen sein. Für mehr Resilienz in der Weltgemeinschaft gilt es, den Spagat zwischen der Digitalisierung und der Nachhaltigkeit *klugen* umweltverträglichen Lösungen zu überbrücken. Dafür müssen die technischen Möglichkeiten zur Ausgestaltung von neuen Lebensmustern und Handlungsweisen instrumentalisiert werden. Nur in einer Partnerschaft mit der natürlichen Umwelt bleibt unsere Lebensgrundlage gesichert.

Es müssen Grenzen wirtschaftlicher Dogmen für eine sozial gerechte und solidarische Moderne überwunden werden. Die Stärkung des sozialen Zusammenhalts wird die Umsetzung nachhaltigkeitsorientierter Potentiale zugunsten ökologischer Transformationsprozesse unterstützen. Jenseits von kapitalorientierten Wachstumsparadigma wird die Entstehung von umweltverträglichen Wohlstandsmodellen ermöglicht. Das setzt zukunftsorientiertes Handeln, kritisches Denken und gemeinschaftswohlorientierten Kompetenzen voraus. Grundvoraussetzung für den notwendigen ökologischen Wandel im digitalen Zeitalter ist die Bündelung systematisierten Wissens, das zur zukunftsorientierten Denk- und Handlungsweise anregt. Die Untersuchung von Wechselwirkungen zwischen den ökonomischen Bestrebungen, den planetarischen Ökosphären und der Digitalisierung erfordert interdisziplinäres Wissen, Fachkompetenz und methodische Herangehensweise. Angesichts von tiefreichenden sozialpolitischen Veränderungen stehen vor allem die Geisteswissenschaften in der Pflicht, neuzeitliche Prozesse kritisch zu verfolgen. Die theoretisch sowie praktisch orientierten Forschungsanstrengungen müssen die Richtung digitaler Reise mitbestimmen. Damit wir nicht am digitalen Erfolgsversprechen zugrunde gehen, müssen neue sozialökologische Steuerungsmaßnahmen zum Digitalisierungstrend elaboriert werden.

Literaturverzeichnis

Aachener Nachrichten: Informationsveranstaltung „Antriebstechnologien der Zukunft“: Autonom vom Camp Astrid bis zum Hauptbahnhof, vom 11.09.2018, online im Internet: [https://www.aachener-nachrichten.de/lokales/stolberg/autonom-vom-camp-astrid-bis-zum-hauptbahnhof_aid-32876629].

Aleixandre-Tudó, José Luis; Castelló-Cogollos, Lourdes; Aleixandre, José Luis et al.: Renewable Energies: Worldwide Trends in Research, Funding and International Collaboration, in: Renewable Energy. Vol. 139/2019. S. 268-278, online im Internet: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148119302332>, [zuletzt aufgerufen am 05.03.2019].

Baer, Hans; Singer, Merrill: Global Warming and the Political Ecology of Health: Emerging Crises and Systemic Solutions, New York 2008.

BDI (Hrsg.): Besser Leben mit dem Internet der Dinge, 2019, online im Internet: <https://bdi.eu/themenfelder/digitalisierung/besser-leben-mit-dem-internet-der-dinge/>, [zuletzt aufgerufen am 21.02.2019].

BDI (Hrsg.): Internet der Energie: IKT für Energiemärkte der Zukunft. Die Energiewirtschaft auf dem Weg ins Internetzeitalter, 2008, online im Internet: <http://www.bdi-ide.de/output/publikationen.html>, [zuletzt aufgerufen am 22.02.2019].

Belk, Russell: Possessions as the Extended Self, in: Journal of Consumer Research. Vol.15, 2/1998. S. 139-68, online im Internet <https://academic.oup.com/jcr/article/15/2/139/1841428>, [zuletzt aufgerufen am 13.02.2019].

Belkhir, Lotfi; Elmeligi, Ahmed: Assessing ICT Global Emissions Footprint: TRends to 2040 & Reccomendations, in: Journal of Cleaner Production. Vol. 177/.2018. S. 448-463, online im Internet: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261733233X?via%3Dihub>, [zuletzt aufgerufen am 13.02.2019].

Bigbelly: Smart Solutions for Cities, online im Internet: <http://bigbelly.com/solutions/city/>, [zuletzt aufgerufen am 23.03.2019].

Binswanger, Mathias: Technological Progress and Sustainable Development: What about the Rebound Effect? In: Ecological Economics Vol. 36/2001. S. 119-132.

Bleischwitz, Raimund; Bahn-Walkowiak, Bettina; Ekardt, Felix et al.: International Resource Politics. New Challenges Demanding New Governance Approaches for a Green Economy, 2012, in: Heinrich Böll Stiftung (Ecology), Wuppertal Institute, online im Internet: <https://www.boell.de/sites/default/files/2012-06-International-Resource-Politics.pdf>, [zuletzt aufgerufen am 23.03.2019].

BMI (Hrsg.): Deutschland-Index der Digitalisierung 2019, in: Kompetenzzentrum Öffentliche IT, online im Internet: <https://www.oeffentliche-it.de/documents/10181/14412/Deutschland-Index+der+Digitalisierung+2019>, [zuletzt aufgerufen am 23.03.2019].

BMW (Hrsg.): Chancen Nutzen - Ordnungsrahmen und Strategien für das Digitale Zeitalter, 2019 (a), online im Internet: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/digitalisierung.html>, [zuletzt aufgerufen am 15.03.2019].

BMW (Hrsg.): „Digitising European Industry“: Gemeinsames EU-Stakeholderforum Gestartet, Pressemitteilung, 2017, online im Internet: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2017/20170131-digitising-european-industry-erstes-gemeinsames-eu-stakeholderforum-in-essen-gestartet.html>, [zuletzt aufgerufen am 14.02.2019].

BMW (Hrsg.): Digital-Made_In.De, Umsetzungsstrategie der Bundesregierung zur Gestaltung des Digitalen Wandels, 2019 (b), online im Internet: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1552758/c34e443dbe732e79c9439585b4fbade5/pdf-umsetzungsstrategie-digitalisierung-data.pdf?download=1>, [zuletzt aufgerufen am 16.03.2019].

BMW (Hrsg.): Erneuerbare Energie, 2018, online im Internet: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html>, [zuletzt aufgerufen am 25.03.2019].

BMW (Hrsg.): Industrie 4.0 und Digitale Wirtschaft. Impulse für Wachstum, Beschäftigung und Innovation, 2015, online im Internet: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/industrie-4-0-und-digitale-wirtschaft.pdf?blob=publicationFile&v=5>, [23.03.2019].

BMW (Hrsg.): Weltwirtschaftsgipfel (G7/20), 2019 (c), online im Internet: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Aussenwirtschaft/weltwirtschaftsgipfel.html>, [zuletzt aufgerufen am 14.02.2019].

BMW (Hrsg.): Industrie 4.0 und Digitale Wirtschaft. Impulse für Wachstum, Beschäftigung und Innovation, 2015, online im Internet: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/industrie-4-0-und-digitale-wirtschaft.pdf?blob=publicationFile&v=5>, [zuletzt aufgerufen am 23.03.2019].

BMU (Hrsg.): Innovation, Renovation, Transformation. Good Practice Examples of Projects Promoting Green Growth Across Central, Eastern and Southern Europe. Berlin 2018, online im Internet: <https://www.ecologic.eu/sites/files/publication/2018/2129-innovation-renovation-transformation-transformation-online.pdf>, [zuletzt aufgerufen am 23.12.2018].

Bodmeier, Rupper; Scheck, Daniel; Lieber, Katharina: Mobile Eats The Retail World, 2018, online im Internet: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-21692-4_5, [zuletzt aufgerufen am 23.03.2019].

Botsman, Rachel; Rogers, Roo: What's Mine is Yours. The Rise of Collaborative Consumption. London 2011.

Brannon H. R.; Daughtry L. H.; Perry, D.; et al.: Radiocarbon Evidence on the Dilution of Atmospheric and Oceanic Carbon by Carbon from Fossil Fuels, in: Transactions American Geophysical Union 'Eos.' Vol. 38, 5/1957. S. 643-650, online im Internet: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/TR038i004p00599>, [zuletzt aufgerufen am 23.03.2019].

Brantley, Susan Louise; Brasier, Kathryn Jo; Yoxtheimer, David Andrew et al.: Engaging Over Data on Fracking and Water Quality, in: Science. Vol. 359/2018. S. 359-397.

Braungart, Michael; McDonough, William: Cradle to Cradle. Einfach Intelligent Produzieren. Berlin 2016.

Briske, David D.; Sayre, Nathan F. Sayre; Huntsinger, Lynn et al.: Origin, Persistence, and Resolution of the Rotational Grazing Debate: Integrating Human Dimensions Into Rangeland Research, in: Rangeland Ecology and Management. Vol. 64/2011. S. 325–334, online im Internet: <https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/1354/75.%20REM-D-10-00084.1.pdf>, [zuletzt aufgerufen am 13.01.2019].

BVDW (Hrsg.): Digitale Nutzung in Deutschland 2018. Abbildung der Aktuellen Digitalen Mediennutzung in Deutschland und Darstellung Möglicher Trends, Sowie Analyse des Grundsätzlichen Verständnisses von Digitalisierung, 2018, online im Internet: https://www.bvdw.org/fileadmin/user_upload/BVDW_Marktforschung_Digitale_Nutzung_in_Deutschland_2018.pdf, [zuletzt aufgerufen am 28.03.2019].

Constanza, Robert: Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability. New York 1991.

Cradle-to-Cradle Centre: Companies and Organizations, 2019, online im Internet: <http://www.c2c-centre.com/companies-and-organizations?>, [zuletzt aufgerufen am 01.03.2019].

Crutzen, Paul J.; Stoermer, Eugene F.: The „Anthropocene“, in: The International Geosphere–Biosphere Programme: Global Change Newsletter 41/2000. S. 17- 18, online im Internet: <http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf>, [zuletzt aufgerufen am 21.12.2018].

Daly, Herman Edward: Beyond Growth. The Economics of Sustainable Development. Boston 1996.

Daly, Herman Edward: Use and Abuse of the “Natural Capital” Concept, 2014, online im Internet: <https://steadystate.org/use-and-abuse-of-the-natural-capital-concept/>, [zuletzt aufgerufen am 14.12.2018].

De Wispelaere, Jurgen; Halmetoja, Antti; Pulkka, Ville-Veiko: The Rise (and Fall) of the Basic Income Experiment in Finland, 2018, in: Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der

Universität München. Vol. 19, 3/2018. S.15-19, online im Internet: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/186082/1/CESifo-Forum-2018-3-3.pdf>. [zuletzt aufgerufen am 23.03.2019].

DENA (Hrsg.): E-Fuels — The Potential of Electricity-Based Fuels for Low-Emission Transport in the EU, Berlin 2017, online im Internet: <https://www.dena.de/themen-projekte/projekte/mobilitaet/e-fuels-the-potential-of-electricity-based-fuels-for-low-emission-transport-in-the-eu/>, [zuletzt aufgerufen am 14.02.2019].

DHL Trend Research; Cisco Consulting Services: Internet of Things in Logistics. A collaborative report by DHL and Cisco on Implications and Use Cases for the Logistics Industry, 2015, online im Internet: <https://www.logistics.dhl/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/glo-logistics-insights-internet-of-things.pdf>, [zuletzt aufgerufen am 23.02.2019].

DriveNow: Die Zukunft des Carsharings, 2018, online im Internet: https://www.carsharing-news.de/wp-content/uploads/2018/05/DriveNow_Carsharing_Thesenpapier.pdf, [zuletzt aufgerufen am 03.03.2019].

Dürr, Hans-Peter: Warum es ums Ganze Geht. München 2009.

Ecosia Blog: 50! Millionen! Bäume! Und wie Sie die Welt Verändert Haben, vom 13.02.2019, online im Internet: <https://de.blog.ecosia.org/50-millionen-baume/>, [zuletzt aufgerufen am 23.02.2019].

Ecosia Blog: Wie Wirken sich Suchanfragen mit Ecosia auf die CO2-Werte aus? Vom 07.05.2018, online im Internet: <https://de.blog.ecosia.org/wie-wirken-sich-suchanfragen-mit-ecasia-auf-co2werte/>, [zuletzt aufgerufen am 23.03.2019].

EEA (Hrsg.): Renewable Energy in Europe 2018: Recent Growth and Knock-on Effects. Vol. 12/2018 online im Internet: <https://www.eea.europa.eu/publications/renewable-energy-in-europe-2018/>, [zuletzt aufgerufen am 23.02.2019].

Emmerton, Graig A.; Cooke, Colin A.; Wentworth, Gregory R. et al.: Total Mercury and Methylmercury in Lake Water of Canada's Oil Sands Region, 2018, in: Environmental Science & Technology. Vol. 52/2018. S. 10946-10955, online im Internet: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.est.8b01680>, [zuletzt aufgerufen am 25.03.2019].

Fabritius, Franziska: Umweltmigration als Herausforderung für die Deutsche Sicherheitspolitik am Beispiel einer Möglichen Klimaflucht aus Nordafrika. Aachen 2018.

Fairphone: Fairphone 2, Produktbeschreibung, online im Internet: <https://shop.fairphone.com/en/?ref=header>, [zuletzt aufgerufen am 23.02.2019].

IAEA (Hrsg.): Finland Eyes Nuclear Power to Hit Climate Targets, vom 16.11.2018, online im Internet: <https://www.iaea.org/newscenter/news/finland-eyes-nuclear-power-to-hit-climate-targets>, [zuletzt aufgerufen am 23.03.2019].

IML (Hrsg.): Technology on Demand Lab. Dortmund 2018, online im Internet: <https://www.internet-der-dinge.de/de/technology-on-demand-lab.html>, [zuletzt aufgerufen am 13.10.2018].

ISE (Hrsg.): Was Kostet die Energiewende? Wege zur Transformation des Deutschen Energiesystems bis 2050. Freiburg 2015, online im Internet: [https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/Forschungsfelder/Energie-Rohstoffe/Fraunhofer-ISE_Transformation-Energiesystem-Deutschland_final_19_11%20\(1\).pdf](https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/Forschungsfelder/Energie-Rohstoffe/Fraunhofer-ISE_Transformation-Energiesystem-Deutschland_final_19_11%20(1).pdf), [zuletzt aufgerufen am 24.10.2018].

Fatheuer, Thomas Fuhr, Lili; Unmüßig, Barbara: Kritik der Grünen Ökonomie. München 2015.

Frey, Carl Benedikt; Osborn, Michael A.: The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation? Online im Internet: https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf, [zuletzt aufgerufen am 13.02.2019].

Galloway, Scott: The Four: The hidden DNA of Amazon, Apple, Facebook and Google devided and conquered the world. New York 2018.

GeSi/BCG (Hrsg.): GeSi SMARTer 2020: The Role of ICT in Driving a Sustainable Future, 2012, <https://www.bcg.com/publications/2012/energy-environment-technology-industries-smarter-2020-role-ict-driving-sustainable-future.aspx>, [zuletzt aufgerufen am 23.03.2019].

Glaab, Katharina; Fuchs, Doris: Religiös oder Grün? Die Rolle von Glaubensbasierten Akteuren im Globalen Diskurs der Nachhaltigen Entwicklung, in: Lena Partzsch, Sabina Weiland (Hrsg.): Macht und Wandel in der Umweltpolitik. Zeitschrift für Politikwissenschaft. Bd. 2. Baden-Baden 2015. S. 95-117.

Godfray, Charles J.; Aveyard, Paul; Garnett, Tara et al.: Meat Consumption, Health, and the Enviroment, in: Science. Vol. 361/2018, online im Internet: <http://science.sciencemag.org/content/361/6399/eaam5324>, [zuletzt aufgerufen 25.03.2019].

Google: Google Rechenzentrum. 2019, online im Internet: <https://www.google.com/about/datacenters/renewable/>, [zuletzt aufgerufen am 23.02.2019].

Greenpeace: Click Green Report 2017: Who is Winnig the Race to Build a Green Internet, online im Internet: <http://www.clickclean.org/international/en/>, [zuletzt aufgerufen am 21.12.2018].

Grinsppon, David: Earth in Humans Hands. Shaping our Planet's Future. New York/Boston 2016.

Grober, Ulrich: Die Entdeckung der Nachhaltigkeit. Kulturgeschichte eines Begriffes, München 2010.

Heilbroner, Robert Louis: Die Zukunft der Menschheit. Frankfurt am Main 1976.

Helbing, Dirk; Frey, Bruno; Gigerenzer, Gerd et al.: Wie Algorithmen und Big Data unsere Zukunft bestimmen, in: Spektrum der Wissenschaft, vom 17.12.2015, online im Internet: <https://www.spektrum.de/news/wie-algorithmen-und-big-data-unsere-zukunft-bestimmen/1375933>, [zuletzt aufgerufen am 23.03.2019].

Houghton, John: Global Warming. The Complete Briefing. Cambridge 2004.

IDMC (Hrsg.): Global Report on International Displacement 2018, online im Internet: <http://www.internal-displacement.org/global-report/grid2018/>, [zuletzt aufgerufen am 23.03.2019].

IEA (Hrsg.): Global Energy & CO2 Status Report 2017, online im Internet: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GECO2017.pdf>, [zuletzt aufgerufen am 23.03.2019].

Illich, Ivan: Selbstbegrenzung. Eine Politische Kritik der Technik. Hamburg 1980.

IPCC (Hrsg.): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, online im Internet: <https://archive.ipcc.ch/report/ar5/syr/>, [zuletzt aufgerufen am 12.12.2018].

IPCC (Hrsg.): Special Report: Global Warming of 1.5°C (Chapter 5). 2019, online im Internet: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/02/SR15_Chapter5_Low_Res.pdf, [zuletzt aufgerufen am 25.03.2019].

Internet Live Stats: Google Search Statistics, 2019, online im Internet: <http://www.internetlivestats.com/google-search-statistics/>, [zuletzt aufgerufen am 23.03.2019].

Jackson, Tim: Wohlstand ohne Wachstum — das Update. Grundlagen für eine zukunftsfähige Wirtschaft. München 2017.

Kemp, Luke: Limiting the Climate Impact of the Trump Administration, vom 31.10.2017, in: Nature. Vol. 9/2017, online im Internet: <https://www.nature.com/articles/s41599-017-0003-6>, [zuletzt aufgerufen am 23.03.2019].

Keynes, John Maynard: Allgemeine Theorie der Beschäftigung, des Zinses und des Geldes. Berlin 2002.

Kucklick, Christoph: Die Granulare Gesellschaft. Wie das Digitale Unsere Wirklichkeit Auflöst. Berlin 2016.

Küppers, Udo E.W.: Die Humanoide Herausforderung. Leben und Existenz in einer Anthropozänen Zukunft. Wiesbaden 2018.

Lange, Steffen; Santarius, Tilman: Smarte Grüne Welt? Digitalisierung Zwischen Überwachung, Konsum und Nachhaltigkeit. München 2018.

LANUV (Hrsg.): Messwerte der Aktuellen Luftqualität, online im Internet: <https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/luft/immissionen/aktuelle-luftqualitaet/>, [zuletzt aufgerufen am 22.02.2019].

Leitschuh, Heike; Michels, Gerd; Simonis, Udo (Hrsg.): Gesucht: Weltumweltpolitik. Herausforderungen im Anthropozän. Jahrbuch Ökologie 2016. Stuttgart 2015.

Leontief, Wassily: Technological Advance, Economic Growth, and the Distribution of Income, in: Population and Development Review. Vol. 9/3, 1983. S. 403-410, online im Internet: https://www.researchgate.net/publication/272569898_Technological_Advance_Economic_Growth_and_the_Distribution_of_Income, [zuletzt aufgerufen am 22.02.2019].

Löhr, Dirk: Die Plünderung der Erde. Anatomie einer Ökonomie der Ausbeutung. Ein Beitrag zur Ökologischen Ökonomik. Kiel 2009.

Martin, Claude: Endspiel. Wie wir das Schicksal der tropischen Regenwälder noch wenden können. Bonn 2015.

Mayer-Schönberger, Viktor; Ramge, Thomas: Das Digital. Markt, Wertschöpfung und Gerechtigkeit im Datenkapitalismus. Berlin 2017.

Meadows, Donella; Randers Jorgen; Meadows, Dennis: Grenzen des Wachstums. Das 30-Jahre-Update. Signal zum Kurswechsel. Stuttgart 2009.

Meeker, Mary: Internet Trends 2016 — Code Conference, vom 01.06.2016, online im Internet: <https://www.kleinerperkins.com/perspectives/2016-internet-trends-report>, [zuletzt aufgerufen am 23.03.2019].

MIT News (Hrsg.): Google's Schmidt: 'Global Mind' Offers New Opportunities, vom 15.11.2011, online im Internet: <http://news.mit.edu/2011/schmidt-event-1115>, [zuletzt aufgerufen am 12.02.2019].

Mollison, Bill: Permaculture Two: Practical Design for Town and Country in Permanent Agriculture. Norwich 1979.

Morozov, Evgeny: To Save Everything, Click Here. New York 2013.

Morris, Craig; Jungjohann, Arne: Energy Democracy. Germany's Energiewende to Renewables. Stuttgart 2016.

OICA (Hrsg.): Production Statistics, online im Internet: <http://www.oica.net/category/production-statistics/1999-statistics/>, <http://www.oica.net/category/production-statistics/2017-statistics/>, [zuletzt aufgerufen am 19.12.2018].

Paech, Niko: Der „grüne“ Fortschritt ist Gescheitert, in: Maja Göpel, Heike Leitschuh, Achim Brunnengräber, Pierre Ibisch et al.: „Leitkultur“ Ökologie? Was War, Was Ist, Was Kommt? Jahrbuch Ökologie. Vol. 18/2017. Stuttgart 2018. S. 207-220.

Paech, Niko: Mit Grünem Wachstum in die Zukunft? Zwischen Green New Deal und einer Postwachstumsökonomie, in: BUNDmagazin. Vol. 2/2010. S. 16-17, online im Internet: <http://www.postwachstumsoekonomie.de/wp-content/uploads/Paech-Oekonomie-jenseits-des-Wachstums.pdf>, [zuletzt aufgerufen am 23.03.2019].

Paech, Niko: Wege aus der Wachstumsdiktatur, in: Harald Welzer, Klaus Wiegandt (Hrsg.): Wege aus der Wachstumsgesellschaft. Frankfurt am Main 2013. S. 200-219.

Paech, Niko: Vom Grünen Wachstumsmythos zur Postwachstumsökonomie, in: Harald Welzer, Klaus Wiegandt (Hrsg.): Perspektiven einer Nachhaltigen Entwicklung. Frankfurt am Main 2011. S. 131-151.

Patterson, Clair: Contaminated and Natural Lead Environments of Man, in: Archives of Environmental Health (Hrsg.). Vol. 11, 1965. S. 344-404.

Randers, Jorgen: 2052. Der Neue Bericht an den Club of Rome. Eine Globale Prognose für die Nächsten 40 Jahre. München 2012.

Rifkin, Jeremy: Die Null-Grenzkosten-Gesellschaft. Das Internet der Dinge, Kollaboratives Gemeingut und der Rückzug des Kapitalismus. Frankfurt am Main 2016.

Rockström, Johan; Steffen, Will; Noone, Kevin et al.: A Safe Operating for Humanity, in: Nature .Vol. 461/ 2009. S. 472-475.

Röpke, Inge: Konsum: Der Kern des Wachstums, in: Irmi Seidl, Angelika Zahrnt (Hrsg.): Postwachstumsgesellschaft. Konzept für die Zukunft. Marburg 2010. S. 103-115.

Ronald Berger Strategy Consultants: Digital Transformation Industry, 2015, online im Internet: <https://www.rolandberger.com/de/Publications/Die-digitale-Transformation-der-Industrie.html>, [zuletzt aufgerufen am 23.02.2019].

Santarius, Tilman: Der Rebound-Effekt. Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH. Wuppertal 2012, online im Internet: <http://www.santarius.de/wp-content/uploads/2012/03/Der-Rebound-Effekt-2012.pdf>, [zuletzt aufgerufen am 12.12.2018].

Sachs, Wolfgang; Santarius, Tilman: Fair Future: Begrenzte Ressourcen und Globale Gerechtigkeit. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (Hrsg.). München 2005.

Sahlins, Marshall: Stone Age Economics. London/ New York 2017.

Savory, Allan; Butterfield, Jody: Holistic Management: A New Framework for Decision Making. Washington 1999.

Savory, Allan: What Is Holistic Planned Grazing? 2015, online im Internet: <https://www.savory.global/wp-content/uploads/2017/02/about-holistic-planned-grazing.pdf>, [zuletzt aufgerufen am 23.01.2019].

Schneidewind, Uwe: Wandel Verstehen — auf dem Weg zu einer „Trasformative Literacy“ in: Harald Welzer, Klaus Wiegandt (Hrsg.): Wege aus der Wachstumsgesellschaft. Frankfurt am Main 2013. S.115-140.

Schumacher, Ernst Friedrich: Small is Beautiful. Economics as If People Mattered. London 1973.

Schumpeter, Joseph Alois: Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung. Eine Untersuchung über Unternehmerrgewinn, Kapital, Kredit, Zins und den Konjunkturzyklus. Berlin 1987.

SBD (Hrsg.): Global Biodiversity Outlook 4. A Mid-term Assessment of Progress Towards the Implementation of the Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020, 2014, online im Internet: <https://www.cbd.int/gbo/gbo4/publication/gbo4-en-hr.pdf>, [zuletzt aufgerufen am 29.12.2018].

Sommer, Bernd: Entkopplung: Sind Stetiges Wirtschaftswachstum und eine Nachhaltige Entwicklung vereinbar? In: Harald Welzer, Klaus Wiegandt (Hrsg.): Wege aus der Wachstumsgesellschaft. Frankfurt am Main 2013. S.12-34.

Srinivasan, Sunderasan; Krishna, Vamshi; Kottam, Reddy: Solar Photovoltaic Module Production: Enviromental Footprint, Management Horizons and Investor Goodwill, in: Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol. 81/2018. S. 874-882, online im Internet: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117311759>, [zuletzt aufgerufen am 22.02.2019]

Sühlmann-Faul, Felix; Rammler, Stephan: Der Blinde Fleck der Digitalisierung. Wie sich Nachhaltigkeit und Digitale Transformation in Einklang bringen lassen. München 2018.

Technikmuseum: Der Erste Computer – Konrad Zuse und der Beginn des Computerzeitalters. Ausstellung für Mathematik und Informatik, 2019, online im Internet: <https://sdtb.de/technikmuseum/ausstellungen/95/>, [zuletzt aufgerufen am 23.03.2019].

The Guardian: Japanese Company Replaces Office Workers with Artificial Intelligence, vom 05.01.2017, online im Internet: <https://www.theguardian.com/technology/2017/jan/05/japanese-company-replaces-office-workers-artificial-intelligence-ai-fukoku-mutual-life-insurance>, [zuletzt aufgerufen am 23.02.2019].

The Guardian: New AI Fake Text Generator May be Too Dangerous to Release, Day Creators, vom 14.02.2019, online im Internet: <https://www.theguardian.com/technology/2019/feb/14/elon-musk-backed-ai-writes-convincing-news-fiction>, [zuletzt aufgerufen am 22.02.2019].

The Atlantic: Google's CEO: 'The Laws are Written by Lobbyists', Interview mit Eric Schmidt vom 01.10.2010, online im Internet: <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2010/10/google-ceo-the-laws-are-written-by-lobbyists/63908/>, [zuletzt aufgerufen am 16.02.2019].

UBA (Hrsg.): Globale Landflächen und Biomasse - nachhaltig und ressourcenschonend nutzen, Dessau 2013, online im Internet: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/globale_landflaechen_und_biomasse_kurz_deutsch_bf.pdf, [zuletzt aufgerufen am 19.12.2018].

UNEP (Hrsg.): Assessing Global Land Use: Balancing Consumption with Sustainable Supply. A Report of the Working Group on Land and Soils of the International Resource Panel, 2014, online im Internet: http://www.eeb.cornell.edu/howarth/publications/UNEP_2014_Assessing_Global_Land_Use.pdf, [zuletzt aufgerufen am 19.12.2018].

WCED (Hrsg.): Our Common Future Report, Greven 1987, online im Internet: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>, [zuletzt aufgerufen am 20.02.2019].

Weitzman, Martin L.: Sustainability and Technical Progress, in: John C.V. Pezzey; Michael Toman (Hrsg.): The Economics of Sustainability. New York 2017. S. 312-329.

Wiesner, Matthias: Wenn Gaia Zürnt. Anmerkungen zu Bruno Latours „Geostories“, in: Arno Bamme (Hrsg.): Schöpfer der Zweiten Natur. Der Mensch im Anthropozän. Marburg 2014. S. 145-160.

Williams, Duncan; Hodge, Victoria; Gaga, Lina et al.: AI and Automatic Music Generation for Mindfulness, in: Audio Engineering Society. International Conference on Immersive and Interactive Audio, 2019, online im Internet: https://www.researchgate.net/publication/330554785_AI_and_Automatic_Music_Generation_for_Mindfulness, [zuletzt aufgerufen am 25.03.2019].

Wittpahl, Volker (Hrsg.): Digitalisierung: Bildung, Technik, Innovation. Berlin 2016.

WGBU: Welt im Wandel: Sicherheitsrisiko Klimawandel. Berlin/Heidelberg/New York 2008.

WWF: Der Teufelskreis am Amazonas. Dürre und Feuer im Treibhaus. Ökologische und Klimatische Tipping Points des Weltweit Größten Regenwaldes und Konkrete Gegenmaßnahmen. Grand 2007, online im Internet: https://mobil.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Teufelskreis_am_Amazonas_-_Klimawandel_und_Waelder.pdf, [zuletzt aufgerufen am 23.12.2018].

Xie, Minghui; Ruan, Julian; Bai, Weinan et al.: Pollutant Payback Time and Environmental Impact of Chinese Multicrystalline Photovoltaic Based on Life Cycle Assessment, in: Journal of Cleaner Production. Vol. 184/2018. S. 648-659, online im Internet: https://www.researchgate.net/publication/328111111_Pollutant_Payback_Time_and_Environmental_Impact_of_Chinese_Multicrystalline_Photovoltaic_Based_on_Life_Cycle_Assessment

324624677 Taking Evolution into Account in a Parametric LCA Model for PV Panels, [zuletzt aufgerufen am 20.02.2019].

Zeit Online: Lieber was erfinden. Ein Gastbeitrag von Ferdinand Dudenhöffer, vom 21.11.2018, online im Internet: <https://www.zeit.de/2018/48/batteriezellen-fabrik-elektroautos-steuermilliarden-foerderung>, [zuletzt aufgerufen am 12.12.2018v].

Zemp, Clara Delphine; Schleussner, Carl-Friedrich; Barbarosa, Henrique de Melo Jorge et al.: Deforestation Effects on Amazon Forest Resilience, in Geophysical Research Letters. Vol. 44, 12/2014. S. 6182-6190, online im Internet: <http://edoc.gfz-potsdam.de/pik/get/7651/0/1a23af644741c7dfc4dcfbf063403fb9/7651oa.pdf>, [zuletzt aufgerufen am 21.12.2018].

Zuboff, Shoshana: The Age of Surveillance Capitalism. The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power. London 2019.