

Umweltrelevante Zukunftsthemen

VON BLOCKCHAIN ÜBER RAUMFAHRT BIS ZU VIRTUELLEN WELTEN

Ergebnisse des ersten Horizon Scanning-
Zyklus für das Umweltressort



Für Mensch & Umwelt

Umwelt 
Bundesamt

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Fachgebiet I 1.1
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel.: +49 340-2103-0
buergerservice@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

 /umweltbundesamt

 /umweltbundesamt

Autoren:

Tobias Jetzke, Stephan Richter, Sebastian Abel
(Institut für Innovation und Technik [iit], Berlin),
Benno Keppner, Walter Kahlenborn, Daniel Weiß
(adelphi research GmbH, Berlin)

Redaktion:

Sylvia Veenhoff, Fachgebiet I 1.1

Satz und Layout:

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

Publikationen als pdf:

www.umweltbundesamt.de/publikationen

Bildquellen:

Titel: pickup/AdobeStock; S. 9: olezzo/AdobeStock;
S. 16, 46: Robert Kneschke/AdobeStock; S. 19:
Sashkin/AdobeStock; S. 20: Tiko/AdobeStock; S. 21:
Golden Sikorka/AdobeStock; S. 23: Blue Planet Studio/
AdobeStock; S. 24: franz12/AdobeStock; S. 26: zapp2-
photo/AdobeStock; S. 27, 29: Gorodenkoff/AdobeStock;
S. 28: scharfsinn86/AdobeStock; S. 30: chinnarach/
AdobeStock; S. 32: REDPIXEL/AdobeStock; S. 33: Uru-
pong/AdobeStock; S. 34: pukach2012/AdobeStock; S. 36:
eggeeggjiew/AdobeStock; S. 38: Song_about_summer/
AdobeStock; S. 39: WrightStudio/AdobeStock; S. 40:
Alexander/AdobeStock; S. 41: sompong_tom/AdobeStock;
S. 42: Natalia/AdobeStock; S. 43: kinwun/AdobeStock;
S. 44: Chesky_W/iStock; S. 48: terovesalainen/
AdobeStock; S. 50: mrmohock/AdobeStock; S. 51:
Prostock-studio/AdobeStock; S. 52: @nt/AdobeStock;
S. 54: Immimagery/AdobeStock; S. 55: dottedyeti/
AdobeStock; S. 56: 3dsculptor/AdobeStock; S. 58: iris/
AdobeStock; S. 60: Arcansél/AdobeStock; S. 61: Daylight
Photo/AdobeStock; S. 62: AYAimages/AdobeStock; S. 63:
1STunningART/AdobeStock; S. 64: New Africa/AdobeStock;
S. 65: patpitchaya/AdobeStock; S. 66: Deyan Georgiev/
AdobeStock; S. 67: Aleksej/AdobeStock; S. 69: blende11/
AdobeStock; S. 70: max5128/AdobeStock; S. 71: goodluz/

AdobeStock; S. 72: nataliaderiabina/AdobeStock; S. 73:
Grecaud Paul/AdobeStock; S. 74: Fiedels/AdobeStock,
S. 75: sakai2132000/AdobeStock; S. 76: C. Schüßler/
AdobeStock

Stand: April 2020

ISSN 1862-4804



Umweltrelevante Zukunftsthemen

**VON BLOCKCHAIN
ÜBER RAUMFAHRT BIS
ZU VIRTUELLEN WELTEN**

Ergebnisse des ersten Horizon Scanning-
Zyklus für das Umweltressort

Inhalt

1 Einleitung: Den Horizont im Blick	9
1.1 Horizon Scanning für das Umweltressort.....	9
1.2 Implementierung eines Horizon Scanning-Systems.....	10
1.3 Transfer: Vom schwachen Signal zur erweiterten Analyse.....	14
2 Zukunftsthemen des ersten Horizon Scanning-Zyklus	17
2.1 Blockchain (Distributed Ledger Technologien – DLT).....	19
2.2 Virtual und Augmented Reality.....	24
2.3 Plattformökonomie – das Monopol als Geschäftsmodell.....	30
2.4 Verhaltenssteuerung im digitalen Zeitalter.....	36
2.5 Robotik jenseits der Industriehalle.....	41
2.6 Technologisierung des Gesundheitssektors.....	46
2.7 Staatliche und privatwirtschaftliche Raumfahrt.....	52
2.8 Bioinspirierte Siedlungsentwicklung und Architektur.....	58
2.9 Gesellschaftliche Spaltung als Herausforderung für Umweltpolitik.....	63
2.10 Anders Leben – Gegenentwürfe zu etablierten Lebensweisen.....	69
3 Ausblick	77
Quellenverzeichnis	80

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 01: Phasen des Horizon Scannings	10
Abbildung 02: Übersicht über Scanfelder im Horizon Scanning für das Umweltressort.....	11
Abbildung 03: Themenlandkarte als Ergebnis der Scanning-Phase	12
Abbildung 04: Vorgehensweise und (Zwischen-)Ergebnisse.....	13
Abbildung 05: Aufbau der Beschreibungen von Zukunftsthemen	18



1

Den Horizont im Blick



1 Einleitung: Den Horizont im Blick

1.1 Horizon Scanning für das Umweltressort

Die moderne Welt ist geprägt von dynamischen Veränderungsprozessen. Ob der rasant voranschreitende Klimawandel, die fast schon zum Dauerzustand mutierte Krise politischer Institutionen oder die unerwartet aufgetretene globale Corona-Pandemie: Veränderungen, deren Entwicklungsrichtungen komplex und dynamisch sind, üben maßgeblichen Einfluss auf politisches Entscheiden und Handeln aus. Zunehmend müssen Entwicklungen jenseits der feststehenden Politikfelder berücksichtigt werden. Daher gilt es, mit Hilfe geeigneter Instrumente einen ganzheitlichen Blick auf die Welt zu werfen und nach Anzeichen für Veränderungsprozesse zu suchen, die sich auf die Arbeit des Umweltressorts auswirken könnten.

Horizon Scanning ist ein Instrument zur strategischen Früherkennung sozioökonomischer, technologischer, politischer und ökologischer Veränderungen (Behrendt et al. 2015). Gegenstand des Horizon Scannings ist die Identifikation von schwachen Signalen, sich gerade erst abzeichnenden Themen und aufkommender Entwicklungen („Emerging Issues“) sowie von Trends (Cuhls et al. 2015). Die Ergebnisse aus dem Horizon Scanning können unmittelbar strategisch genutzt werden oder als Ausgangspunkt dienen für eine weitere Ausarbeitung (z. B. mittels Szenarien oder Roadmaps). In den vergangenen Jahren hat die Implementierung von Horizon Scanning-Systemen und die Durchführung entsprechender Scans in politischen Institutionen zunehmend an Bedeutung gewonnen. Die Ergebnisse unterstützen politische Planungs- und Entscheidungsprozesse durch die Bereitstellung von Informationen, die Hinweise auf mögliche mittel- und langfristige Veränderungsprozesse geben und so das Wissen über einen Status quo ergänzen bzw. erweitern.

Für das Umweltressort ist eine derartige frühzeitige Identifikation von neuen Themen, Trends und sich abzeichnenden Veränderungen wichtiger Bestandteil einer vorausschauenden und gestaltungsorientierten Umweltpolitik. Damit wird die strategische Handlungsfähigkeit des Ressorts gestärkt, um proaktiv

auf künftige Gefährdungen von Mensch und Umwelt reagieren sowie Chancen zur Verbesserung des Umweltzustandes besser nutzen zu können. Das Horizon Scanning erfüllt eine wichtige Funktion für das Umweltressort, indem es

- ▶ neue sozioökonomische und technologische Entwicklungen frühzeitig erkennt und beschreibt,
- ▶ die oftmals noch unscharfen Themen und Entwicklungen plausibilisiert, strukturiert und somit für die weitere Bearbeitung und Umsetzung zugänglich macht,
- ▶ Art und Umfang von deren Auswirkungen auf Mensch und Umwelt abschätzt,
- ▶ erste Hinweise auf die Dringlichkeit und Handlungsrelevanz der Themen in der politischen Prioritätensetzung formuliert.

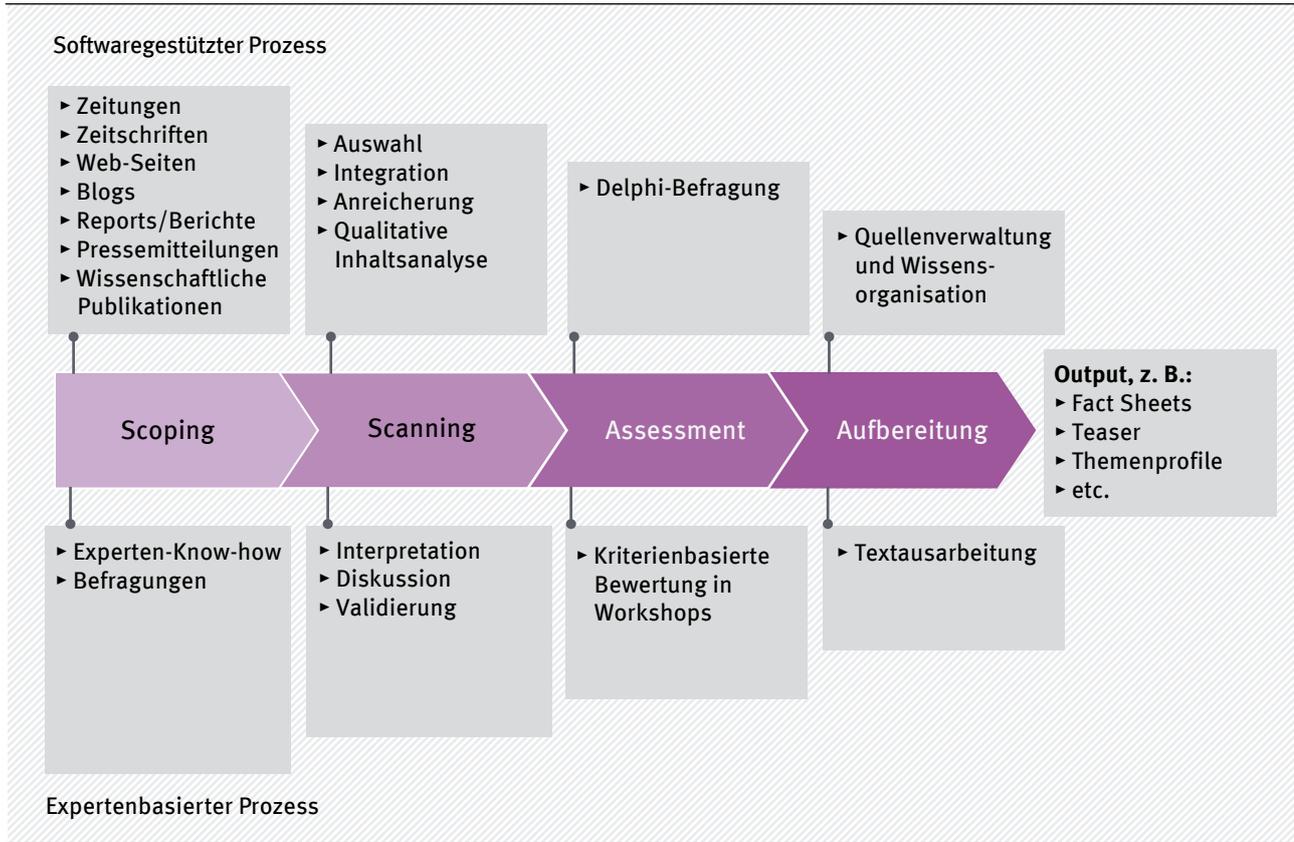
Die vorliegende Broschüre ist das Ergebnis eines ersten Horizon Scanning-Zyklus, der in den Jahren 2016 bis 2019 stattgefunden hat. Nach einer Phase der Vorbereitung und Einrichtung des Horizon Scanning-Systems begann das eigentliche Horizon Scanning. In einem gestuften Prozess wurden zehn Entwicklungen identifiziert und charakterisiert, die aus Umweltsicht oder für die Umweltpolitik mit hoher Wahrscheinlichkeit relevant sind, im Ressort jedoch noch nicht bearbeitet werden. Die zehn Trendthemen dienen als Denkanstöße für zukünftige Aktivitäten im Umweltressort, als Inspiration für die Wahl zukünftiger Schwerpunkte in Forschungsprogrammen und liefern Anhaltspunkte, mit denen das Umweltressort aktuell laufende gesellschaftliche und politische Diskurse mitgestalten kann.

Das Umweltressort geht mit der Etablierung eines Horizon Scanning-Systems einen Schritt, der auch in vielen anderen Ländern auf unterschiedlichen Ebenen vollzogen wird und zunehmend an Bedeutung gewinnt (vgl. auch die im UBA-Forschungsvorhaben¹ „Horizon Scanning und Trendmonitoring“ erstellte Übersicht verschiedener Horizon Scanning-Verfah-

¹ Forschungskennzahl 3712 11 104. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/horizon-scanning-trendmonitoring-als-ein-instrument>

Abbildung 01

Phasen des Horizon Scannings



Quelle: Eigene Darstellung

ren). Die hier vorgestellten Ergebnisse sind in einem intensiven Austauschprozess zwischen verschiedenen Stakeholdern im Umweltressort sowie externen Fachleuten entwickelt worden.

1.2 Implementierung eines Horizon Scanning-Systems

Ein Horizon Scanning-System beschreibt ein validiertes und gestuftes methodisches Vorgehen, das eine effektive Identifikation von schwachen Signalen, „Emerging Issues“ und Trends ermöglicht und – mit geringen Anpassungen – regelmäßig durchgeführt werden kann. Auf diese Weise wird eine verbindliche Durchführung mit klaren operativen Rollen und Aufgaben sowie eine einheitliche Qualität der einzelnen Horizon Scans sichergestellt. Die wesentlichen Phasen und Elemente eines solchen Systems fasst Abbildung 1 zusammen.

Ziel eines jeden Horizon Scannings ist die Identifikation sogenannter schwacher Signale (Ansoff 1980). Für das Umweltressort werden schwache Signale als

einzelne Informationseinheiten aufgefasst, die beim Scanprozess gesammelt werden. Aus einer Aggregation und Interpretation vieler schwacher Signale wurden im hier durchgeführten Scanning-Prozess sogenannte Emerging Issues (Amanatidou et al. 2012) gebildet, die wiederum die Grundlage für die abschließend ausgewählten und ausgearbeiteten Trendthemen bildeten.

In der praktischen Umsetzung wurden, wie in Abbildung 1 dargestellt, drei Phasen unterschieden:

1. Im Scoping wurde das genaue Vorgehen für den Horizon Scanning-Prozess festgelegt: Dazu gehörten die Festlegung des Ziel des Scans (allgemeines Scanning oder themenspezifisches Scanning wie beispielsweise zu „Digitalisierung“), die Definition der Suchräume bzw. Scanfelder (thematische Schwerpunkte zur Strukturierung des Scans), die Entwicklung einer Rechercheart (Websuche und diverse Printmedien kombiniert mit Umfrage und Interviews), die Konkretisierung des Suchgegen-

stands (neue technische Entwicklungen, soziale Entwicklungen, wirtschaftliche Entwicklungen und Geschäftsmodelle, neue institutionelle und politische Entwicklungen etc.) und zugehöriger Suchbegriffe, die Wahl geeigneter Quellen und Auswahl geeigneter Software-Tools – RSS-Aggregatoren, Software für qualitative Inhaltsanalyse und Textmining – sowie deren Einrichtung. Ergebnis des Scopings war eine Suchstrategie, die den Ausgangspunkt für die anschließende Scanning-Phase bildete: Sie legte fest, was wo mit welchen Mitteln gesucht wird.

Eine besondere Bedeutung für ein erfolgreiches Horizon Scanning kommt der Wahl geeigneter Suchräume/Scan-Felder zu. Im vorliegenden Fall für das Umweltressort musste mit dieser Wahl sichergestellt werden, dass nicht nur Umweltkernthemen wie Wasser, Boden, Luft oder Biodiversität Teil des Scannings wurden, sondern auch Entwicklungen in all denjenigen Themenbereichen erfasst wurden, die von außerhalb Auswirkungen auf die Umwelt haben können.

Eine möglichst breite Abdeckung relevanter Themenbereiche kennzeichnet nicht nur die Scanfel-

der, sondern auch die für den Scan ausgewählten Quellen. Informationen aus sehr unterschiedlichen Quellen wurden berücksichtigt und aggregiert:

- ▶ Expertenwissen aus qualitativen Interviews und Befragungen;
- ▶ Online-Quellen wie themenspezifische Blogs, Leitmedien, Forschungsdatenbanken, soziale Medien, statistische Erhebungen;
- ▶ Offline-Quellen wie wissenschaftliche Publikationen, Veranstaltungsbesuche oder auch spekulative Zukunftsliteratur.

Bei der Nutzung wissenschaftlicher Quellen ergibt sich für das Horizon Scanning eine wissenschaftliche Besonderheit: Der Großteil wissenschaftlicher Arbeiten erscheint aufgrund der üblichen Peer Review-Prozesse zur Qualitätssicherung und der Erscheinungsfrequenz im Bereich von Monaten oder gar Jahren (für Monographien) mit einem zum Teil erheblichen zeitlichen Verzug. Aus diesem Grund werden stattdessen tagesaktuelle Medien genutzt, in denen Wissenschaftlerinnen

Abbildung 02

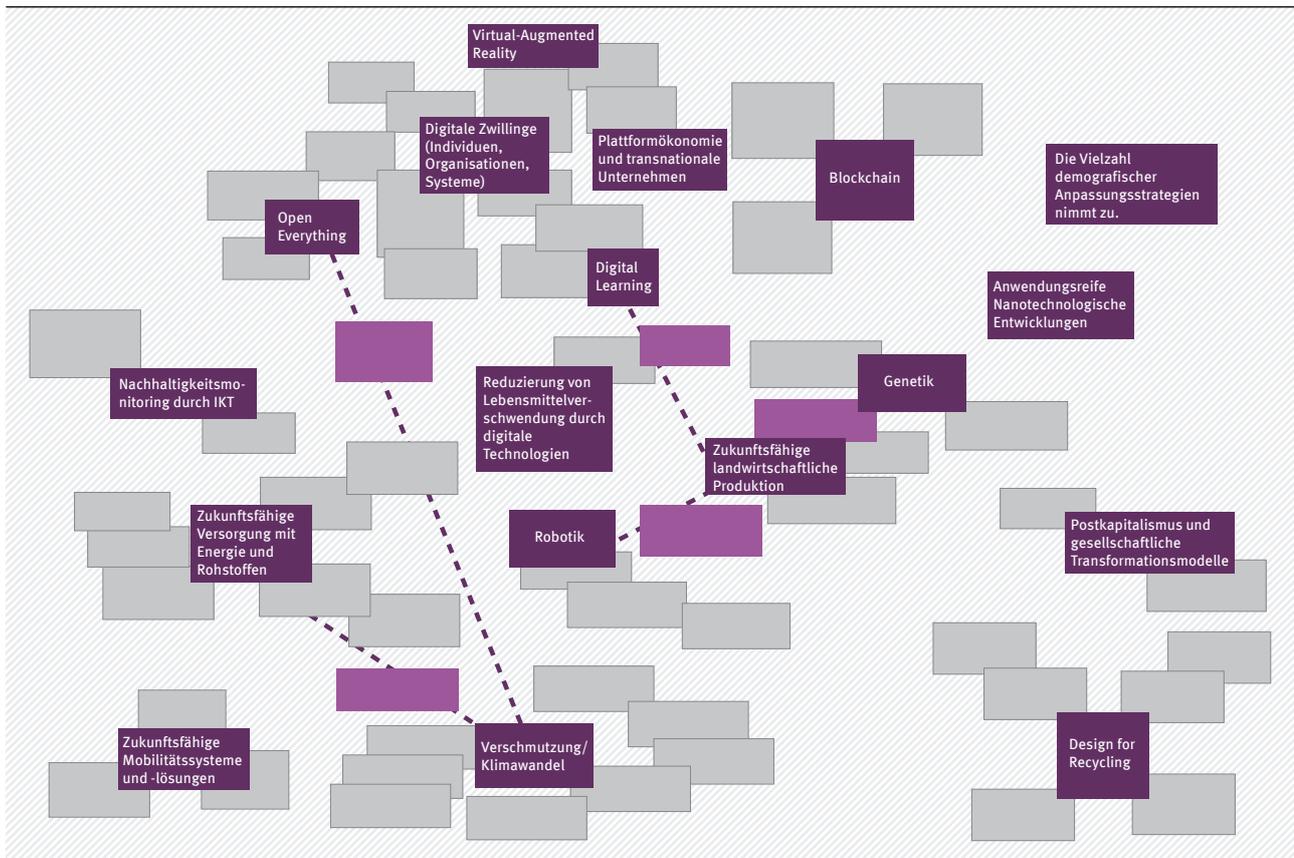
Übersicht über Scanfelder im Horizon Scanning für das Umweltressort



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 03

Themenlandkarte als Ergebnis der Scanning-Phase



Quelle: Eigene Darstellung. Die gestrichelten Linien stellen Querbezüge zwischen den Themen dar. Die einzelnen Emerging Issues (grau unterlegt) wurden Themenideen zugeordnet (dunkelviolet unterlegt). Die Darstellung stellt ein Zwischenergebnis dar und bildet weder die endgültige Themenauswahl noch den endgültigen Themenzuschnitt ab. Aus Gründen der Lesbarkeit sind nicht alle Textfelder ausgefüllt.

und Wissenschaftler in Form von Gastbeiträgen und Interviews zu Wort kommen (eine ausführliche Berücksichtigung wissenschaftlicher Quellen erfolgt zu einem späteren Schritt bei der Ausformulierung der Zukunftsthemen – siehe unten). Die klassischen (Qualitäts-)Medien im Internet-Zeitalter werden immer stärker durch elektronische Inhalte ergänzt. Dies gilt nicht nur für die genannten Medien selbst, die weite Teile ihres Geschäfts auch elektronisch anbieten oder sogar vollständig in das Internet verlagern, sondern insbesondere für „neue“ Medien: Zukunfts- und Technologie-Blogs bieten ebenso ein komplementäres Informationsspektrum wie bekannte Online-Magazine.

Dabei berücksichtigt die Suchstrategie in gewissem Umfang auch Minderheitenmeinungen, um auch solche Trends und Signale aufzunehmen, die sich außerhalb der etablierten Themen der jeweiligen „Scientific Communities“ bewegen.

Auf Grundlage dieser Bedingungen wurden insgesamt 34 Quellen für das Scanning ausgewählt und um eine Online-Befragung sowie Ad-hoc-Quellen (nicht Teil des festen Scanning-Systems) ergänzt.

2. Als Scanning wird die zentrale Phase der Informationssammlung und -analyse bezeichnet. Dafür wurde die zuvor festgelegte Suchstrategie (Suchräume, Quellenbasis) umgesetzt. Die Suchstrategie basierte dabei einerseits auf einer teilautomatisierten Sammlung relevanter Artikel aus RSS-Feeds sowie deren Verschlagwortung, andererseits auf einer Online-Umfrage unter Expertinnen und Experten. Die Ergebnisse dieser Informationssammlung wurden mit Ansätzen der qualitativen Inhaltsanalyse und des Textminings weiter untersucht.
 - a. Im gesamten Prozess wurden 34 den Suchräumen einfach oder multipel zugeordnete Quel-

len, in denen 12.414 einzelne Artikel veröffentlicht wurden, teilautomatisch analysiert: Mit Hilfe von RSS-Feed-Aggregatoren und darin implementierten Regeln zur automatischen Kategorisierung konnten den Suchräumen (Abbildung 2) in einem Scan-Zeitraum von acht Wochen rund 3.000 einzelne Artikel zugeordnet werden. Aus diesen Artikeln wurde eine von Scanning-Experten gebildete Teilmenge für eine qualitative Inhaltsanalyse und ein Textmining ausgewählt. Maßgeblich für diese Auswahl waren i) ein erkennbarer Umweltbezug, ii) die Neuigkeit der Information sowie iii) eine erkennbare Häufung von Artikeln zu dieser Information. Die gewählten Informationen wurden als schwache Signale bezeichnet.

- b. Verfahren der qualitativen Inhaltsanalyse wurden eingesetzt, um die gesammelten Informationen auszuwerten, also eine Verdichtung der schwachen Signale zu Hinweisen auf konkrete Entwicklungen – bzw. Emerging Issues – zu erreichen. So sollten Themenideen unabhängig von den jeweils gewählten Artikeln generiert

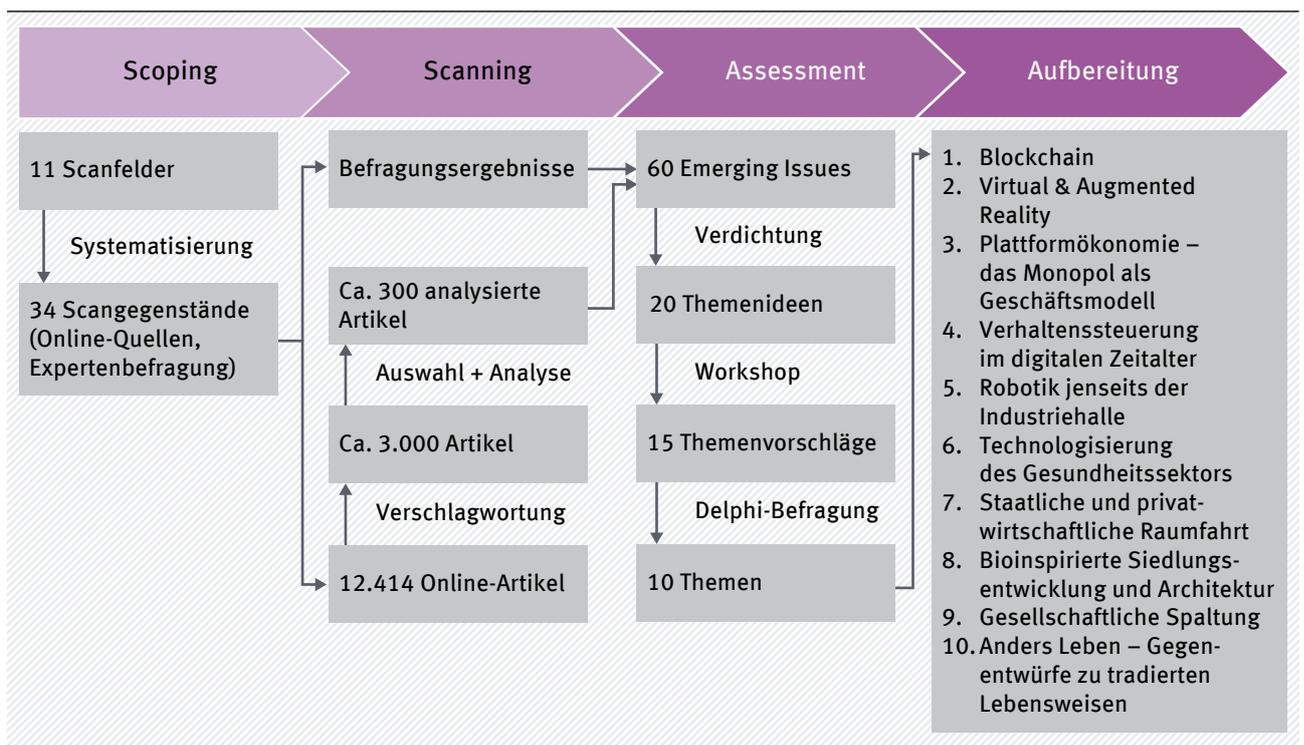
werden. Mittels Worthäufigkeitsanalysen konnten Schwerpunktthemen und thematische Querbezüge identifiziert werden. Die Ergebnisse dieses Analyseschrittes wurden mit den Resultaten der parallel durchgeführten Online-Befragung kombiniert und mündeten in einer ersten Auswahl von 60 Emerging Issues.

- c. Die 60 Emerging Issues wurden im Rahmen von Workshops diskutiert, Oberthemen zugeordnet, weiter geschärft oder ausgeschlossen, wenn sie im Ressort an anderer Stelle bereits bearbeitet werden (z. B. Nanotechnologie oder Geoengineering). Diese Strukturierung diente als Basis für die weitere Aggregation und Interpretation von Themenideen in einer Themenlandkarte (Abbildung 3) und anschließend von 15 konkreten Vorschlägen für Zukunftsthemen, die die Grundlage für die nachfolgende Assessment-Phase darstellten.

3. Die mehrstufige Bewertung (Assessment) der 15 Themenvorschläge hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Umwelt ergab zehn besonders

Abbildung 04

Vorgehensweise und (Zwischen-)Ergebnisse



Quelle: Eigene Darstellung

relevante Zukunftsthemen. Die Diskussion und Bewertung dieser Themenvorschläge fand dreistufig statt:

- a. Zunächst wurde ein Experten-Delphi durchgeführt. In dieser zweistufigen Online-Befragung wurden die Themen in Form von Hypothesen einem Experten-Panel präsentiert; die Themen sollten nach ihrem Neuigkeitsgrad für die Umweltpolitik sowie ihren möglichen Umweltwirkungen eingeschätzt werden. Die Ergebnisse der Delphi-Befragung sind in die endgültige Auswahl und den Zuschnitt der Themen eingeflossen.
- b. Anschließend wurden die Themen in einem Workshop mit Vertreterinnen und Vertretern des Umweltressorts diskutiert und weiter verdichtet. Entscheidende Auswahlkriterien für die Themen waren dabei die Fragen, ob die Themen aus Sicht des Umweltressorts ausreichend Relevanz besaßen, ob sie bereits auf der umweltpolitischen Agenda zu finden waren und ob es sich dabei um Querschnittsthemen handelte, die mehrere Fachbereiche des Umweltressorts betrafen.
- c. Die Ausarbeitung dieser zehn Themen erfolgte mittels zusätzlicher Informationsrecherchen und enthält bereits erste umweltrelevante wie umweltpolitisch relevante Aspekte. Um dem Umstand Rechnung zu tragen, dass die Themen Ergebnis eines Prozesses der Informationsverdichtung sind, wurden für jedes Thema prägende Entwicklungen formuliert, die Emerging Issues.

Die Implementierung des Horizon Scanning-Systems ist bewusst als lernender Prozess angelegt. Mit dem Abschluss des ersten Zyklus konnten wertvolle Erkenntnisse nicht nur über neue aufkommende Zukunftsthemen gewonnen werden, sondern auch über Stärken und Schwächen des implementierten Ansatzes, auf deren Basis das System validiert und für den nächsten Scan im Jahr 2020 justiert werden kann. Dabei ist der Prozess als „lernendes System“ darauf angelegt, weiter verbessert zu werden. Insbesondere

der Zuschnitt der Scan-Felder, die Wahl der Scan-Gegenstände und die Schritte zur Themengenerierung, -bewertung und vor allem -speicherung bedürfen ggf. einer Anpassung für den Folgezyklus, um neue Informationsbedarfe zu berücksichtigen oder Wissen aus vorangegangenen Scan-Zyklen im Blick zu behalten und bei Bedarf nutzen zu können.

1.3 Transfer: Vom schwachen Signal zur erweiterten Analyse

Das Horizon Scanning ist von Anfang an als Ansatz gewählt worden, der bereits im laufenden Prozess anschlussfähige und schnell verfügbare Zwischenergebnisse generiert. So sind zwischenzeitliche Themenvorschläge direkt vom Ressort aufgegriffen worden, um einen akuten Informationsbedarf zu bedienen. Diese Themen wurden gesondert für das Ressort aufbereitet, z. B. im Rahmen einer Kurzstudie. Damit sind sie nicht mehr Gegenstand dieses Horizon Scanning-Reports. Einzelne Themen wurden im Laufe des Prozesses intensiv diskutiert und aus den folgenden Gründen besonders behandelt:

- ▶ Themen, die mit hoher Unsicherheit behaftet sind: Vor allem die Themenvorschläge, denen aktuell möglicherweise noch der Umweltbezug fehlt oder aber deren Entwicklung derart dynamisch ist, dass belastbare Aussagen zu zukünftigen Entwicklungsrichtungen allenfalls spekulativ sind, können zu einem späteren Zeitpunkt erneut berücksichtigt werden.
- ▶ Themen, die einen akuten politischen Handlungsbedarf aufweisen: Exemplarisch ist hier das Beispiel Künstliche Intelligenz zu nennen. Im Verlauf des Scannings wurden zahlreiche schwache Signale identifiziert, die auf die Umweltrelevanz des Themas hindeuteten. Da die politische Debatte im selben Zeitraum mit hoher Dynamik voranschritt, wurde das Thema jenseits des Horizon Scannings einer vertieften Analyse unterzogen und für das Umweltressort aufbereitet und veröffentlicht.²
- ▶ Themen, die von großer Komplexität gekennzeichnet sind: Die hier dargestellten Themen sind zum Teil von sehr unterschiedlicher Granularität. Während einige der Beschreibungen nur einen

² Veröffentlichung: Jetzke, Tobias; Richter, Stephan; Ferdinand, Jan-Peter; Schaat, Samer (2019): Künstliche Intelligenz im Umweltbereich. Anwendungsbeispiele und Zukunftsperspektiven im Sinne der Nachhaltigkeit. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH [iit] (Texte, 56/2019). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-06-04_texte_56-2019_uba_ki_fin.pdf.

grogen Überblick geben können, liefern andere Darstellungen konkrete Einblicke in Themen und ihre prägenden Entwicklungen. Nicht weiterverfolgt wurden Themenideen, deren Komplexität eine kurze, prägnante Darstellung nicht zuließ, die sich aber auch nicht für eine losgelöste vertiefende Analyse anboten (z. B. Digitalisierung als Querschnittsthema, dass von hoher Komplexität einerseits und vielfältigen Anknüpfungspunkten andererseits gekennzeichnet ist).

- Themen, deren Zuständigkeit sich im Umweltressort verändert hat: Mitunter wurden schwache Signale für Themen identifiziert, bei denen zunächst eine Zuständigkeit des Umweltressorts bzw. spezifischer Fachbereiche angenommen wurde. Durch Neuverteilung von Zuständigkeiten nach den Koalitionsverhandlungen 2018 in andere Ressorts – z. B. des Baubereichs in das Innenministerium – veränderte sich die Anschlussfähigkeit bestimmter Themenideen, sodass sie im Horizon Scanning aufgenommen wurden, weil sie nicht mehr im (neuen) Umweltressortzuschnitt

bearbeitet werden (vgl. Thema 8: Bioinspirierte Siedlungsentwicklung und Architektur).

Es ist der Anspruch des Horizon Scannings, dem Umweltressort Hinweise auf Themen zu geben, die für die zukünftige politische Gestaltung an Bedeutung gewinnen können. Die hier vorgestellten Zukunftsthemen haben somit das Potenzial, weiter wissenschaftlich vertieft zu werden, um möglichst konkrete Empfehlungen für politisches Handeln zu liefern (siehe den Exkurs).

Der vorliegende Bericht bietet interessierten Akteuren auch über das Umweltressort hinaus eine Möglichkeit, sich auf strukturierte Weise mit zukünftigen Herausforderungen, aber auch Chancen des Schutzes der Umwelt und der natürlichen Lebensgrundlagen des Menschen auseinanderzusetzen.

Exkurs: Vom Trendthema zur umweltpolitischen Maßnahme

Die Anschlussfähigkeit der im Horizon Scanning identifizierten Themen bedeutet, dass ausgewählte Themen an anderen Stellen weiterverfolgt werden. Dies kann auf vielfältige Weise geschehen. Mit Trendanalysen verfügt das Umweltressort zunächst über ein Instrument, um im Horizon Scanning-Prozess ausgewählte Themen vertieft zu analysieren. Üblicherweise werden die Themen weiterverfolgt, die für das Ressort als besonders wichtig erachtet werden. In einer Trendanalyse werden zunächst systematisch sämtliche Facetten aufbereitet, die den Trend charakterisieren, aber auch diejenigen Faktoren, die ihn von außen beeinflussen. Darauf aufbauend erfolgt in einem zweiten Schritt eine Analyse und Bewertung sämtlicher möglicher Umweltbe- und -entlastungseffekte, die die Grundlage bilden für die Ableitung umweltpolitischer Gestaltungsansätze oder – wenn noch keine eindeutige Bewertung der Umweltfolgen möglich ist – für die Ermittlung weiteren Forschungsbedarfs.

Für das Thema „3D-Druck“ ist eine solche Trendanalyse bereits vollständig durchgeführt worden. Auf Grundlage des Ergebnisberichts³ (Keppner et al. 2018) konnten bereits erste Folgemaßnahmen im Umweltressort angestoßen und ein Beitrag zum laufenden Fachdiskurs zum Thema 3D-Druck geleistet werden. Ebenso wie zum 3D-Druck könnte zu den hier vorgestellten Trendthemen eine vertiefende Trendanalyse durchgeführt werden.

³ Forschungskennzahl 3718 11 104 0. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/fachbroschuere_3d_barrierefrei_180619.pdf

2

Zukunftsthemen



2 Zukunftsthemen des ersten Horizon Scanning-Zyklus

Bei den Zukunftsthemen handelt es sich um Ergebnisse eines spezifischen Prozesses im Umweltbundesamt. Es erscheint einleuchtend, dass ein vergleichbarer Prozess, der im selben Zeitraum im Auftrag einer anderen Institution durchgeführt worden wäre, zu abweichenden Ergebnissen geführt hätte. Dementsprechend sind die nachfolgend erläuterten Themen als eine Auswahl zu verstehen, die keinesfalls den Anspruch erheben will, vollständig und hinsichtlich anderer Zusammenstellungen überlegen zu sein. Vielmehr handelt es sich um Trendthemen und Emerging Issues, die von den Prozessbeteiligten als interessant und relevant erachtet wurden.

Darstellungstiefe und -umfang orientieren sich an den vermuteten Bedarfen verschiedener Zielgruppen im Umweltressort und darüber hinaus. Die Themendarstellungen sind bewusst kurz gehalten, um der Themenvielfalt gerecht zu werden. Vertiefte Analysen ausgewählter Themen können Gegenstand zukünftiger Analysen sein. Erste Anreize werden mit dem Scanreport gesetzt.

Die Beschreibung der Zukunftsthemen folgt einem einheitlichen Muster:

Trend: Jedes Thema wird auf seine Kernaussage über eine mögliche Entwicklungsrichtung reduziert.

In Kürze:

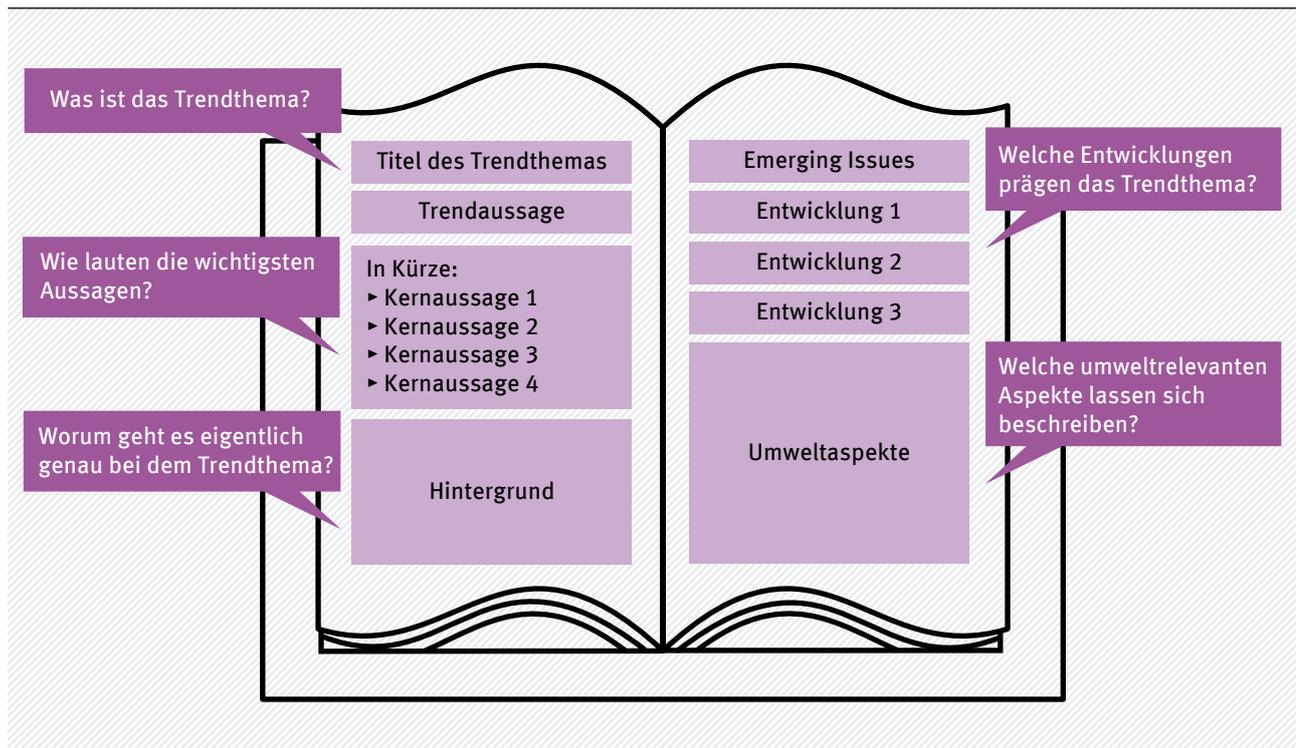
- ▶ Relevante Hintergrundinformationen umreißen das Thema in eher allgemeiner Natur, liefern Beispiele und weisen auf Potenziale und Herausforderungen hin.
- ▶ Emerging Issues stellen prägende Entwicklungen innerhalb der jeweiligen Trendthemen dar und werden besonders hervorgehoben.
- ▶ Umweltaspekte werden abschließend dargestellt, um die Relevanz für das Umweltressort auszuarbeiten. Eine vertiefte Analyse von Umweltbe- und -entlastungseffekten ist nicht Gegenstand dieses Berichts.

Ein Ausblick greift beispielhaft bereits identifizierte Handlungsempfehlungen für einzelne Themen auf und stellt dar, inwieweit Horizon Scanning als lernernder Prozess für das Umweltressort einen Beitrag zu einer vorausschauenden, gestaltungsorientierten Umweltpolitik leisten kann.

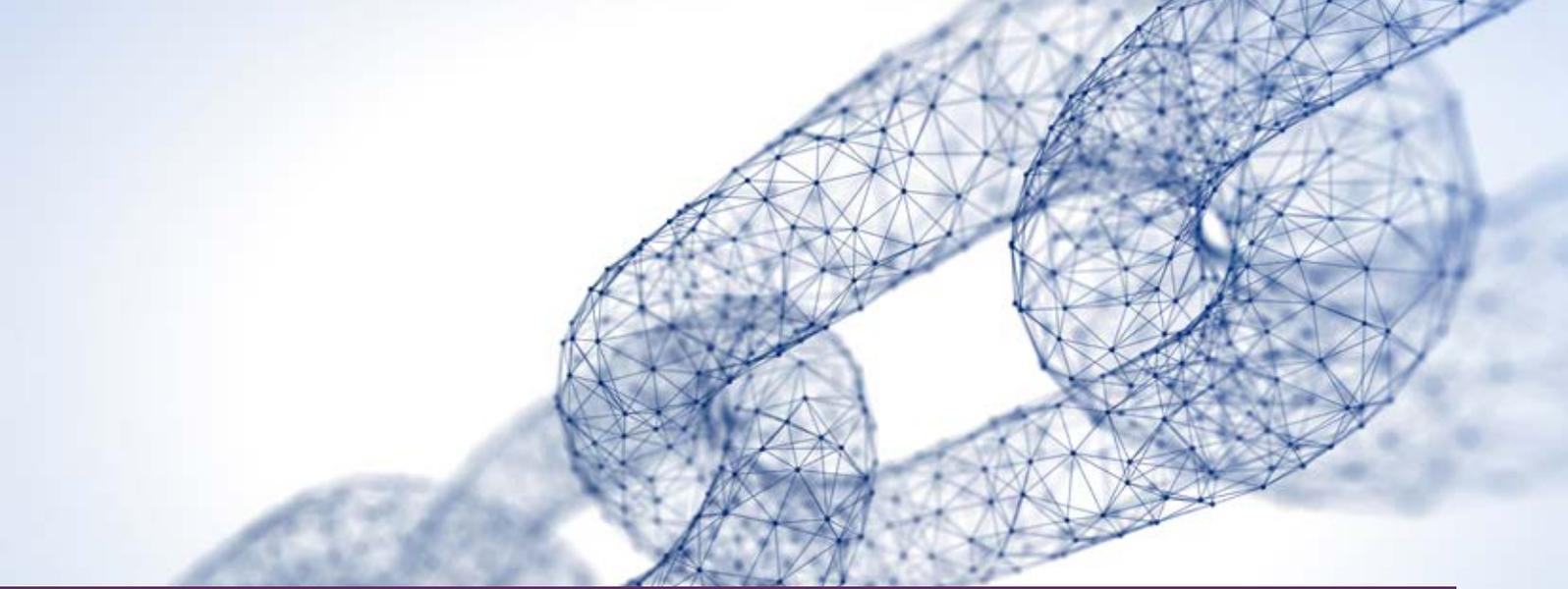
Die in den jeweiligen Kapiteln verwendeten Quellen sind am Ende des Berichts aufgeführt. Sie belegen die getroffenen Aussagen und enthalten weiterführende Informationen.

Abbildung 05

Aufbau der Beschreibungen von Zukunftsthemen



Quelle: Eigene Darstellung



2.1 Blockchain (Distributed Ledger Technologien – DLT)

Trend: Auf Basis von Blockchain entstehen vermehrt neue Anwendungen und Geschäftsmodelle.

Emerging Issues:

- ▶ Blockchain zur Gestaltung transparenter Lieferketten
- ▶ Blockchain und Emissionshandel auf Personen- und Haushaltsebene
- ▶ Dezentraler Stromhandel über Blockchains
- ▶ Smart Contracts

In Kürze:

- ▶ Sowohl Start-ups als auch etablierte Industrieunternehmen beschäftigen sich verstärkt mit Distributed Ledger Technologien (DLT) und führen anwendungsnahe DLT-Projekte durch. Ziel dabei ist es häufig, die Potenziale der Technologie zu erforschen. Demnach befinden sich die meisten Projekte noch in der Forschungs- oder Entwicklungsphase bzw. konnten bisher nicht über eine Pilotierung hinaus entwickelt werden.
- ▶ Im Umweltbereich existieren viele Anwendungsfälle, insbesondere mit Bezug zum nachhaltigen Lieferkettenmanagement und im Energiebereich; in beiden Bereichen existieren erste Einschätzungen zum Umweltbezug, aber noch keine detaillierten Umweltbewertungen. Das Blockchain-Labor der GIZ hat zudem mehr als 150 Anwendungsbeispiele von Blockchain analysiert, die direkte oder

indirekte Auswirkung auf die Erreichung der Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals – SDGs) der Vereinten Nationen haben könnten. Hieraus wurden fünfzehn „Use Cases“ abgeleitet (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit [GIZ] 2018): Supply Chains, Financial Services, Energy Markets, Trade Facilitation, Taxation, Social Impact Bonds, Digital Identity, Education Credentials, Data Market Places, Journalism, Land Registry, Public Procurement, Parametric Insurance, Climate Accountability und Water Management. Noch keine detaillierten Analysen liegen für den Energieverbrauch von DLT vor. Weitere Forschung im Austausch mit den beteiligten Akteuren erscheint sinnvoll.

Hintergrund:

Die am weitesten verbreitete Distributed-Ledger-Technologie (DLT) ist die sogenannte Blockchain, welche häufig als Synonym für DLT genutzt wird. DLT erfuhren ab dem Jahr 2008 mit der Einführung von Kryptowährungen, und speziell mit dem Bitcoin, eine größere Aufmerksamkeit (Nakamoto 2008). Neben dem Einsatz im Finanzsektor gibt es verschiedenste Aktivitäten, in denen DLT, vor allem pilotenhaft, getestet werden. Auch im Nachhaltigkeitskontext gibt es bereits verschiedene DLT-Anwendungsfälle, z. B. bei der Gestaltung transparenter Lieferketten oder beim Emissionshandel. Aktuell ist ein regelrechter Hype um die Erprobung neuer DLT-Anwendungsfelder entstanden, auch für den Umweltbereich sind die

Potenziale der Technologie noch nicht ausgeschöpft. Aber nicht ausschließlich: Die Abschätzung potenzieller ökologischer, sozialer und ökonomischer Auswirkungen gestaltet sich schwierig. Obwohl sich die meisten Projekte noch in der Pilotphase befinden, gehen die Befürwortenden der Technologie davon aus, dass DLT bis 2025 einen Anteil von bis zu 10 % des globalen Bruttoinlandprodukts ausmachen könnten (World Economic Forum [WEF] 2018).

Die Blockchain ist die am weitesten verbreitete Distributed-Ledger-Technologie

Um sich den DLT technisch zu nähern, bietet es sich deshalb an, dies am Beispiel der Blockchain zu tun. Das Grundkonzept der Blockchain ist es, digitale Datensätze, Ereignisse oder Transaktionen (Blöcke), die durch kryptographische Verfahren chronologisch miteinander verknüpft bzw. verkettet sind, über die Teilnehmenden eines Rechnernetzes verteilt (Distributed Ledger) „aufbewahren“ zu lassen (Schlatt et al. 2016). Die Aufgaben der Datenhaltung und -fortschreibung werden in Blockchain-Systemen von den Netzwerkteilnehmenden anstelle eines zentralen Intermediärs wahrgenommen. Da die einzelnen Blöcke der Blockchain chronologisch verkettet sind und neue Blöcke stets an den aktuellsten angehängt werden, ist ein Block nur noch mit erheblichem Rechen- und Kommunikationsaufwand veränderbar, sobald er Teil der Blockchain ist. Hinsichtlich der Gewährleistung von Fälschungssicherheit und Nachvollziehbarkeit ist diese Unveränderlichkeit von großem Nutzen, unter rechtlichen Gesichtspunkten kann sie eine Herausforderung darstellen.

Öffentliche und private Blockchains für unterschiedliche Anwendungsfälle

Grundsätzlich können a) öffentliche und b) private Blockchains voneinander unterschieden werden. Beide Ansätze sind Peer-to-Peer-Netzwerke, bei denen alle Teilnehmenden ein Duplikat des Transaktionsprotokolls besitzen und die Blöcke der Blockchain bis zum ersten Block der Blockkette, dem „Genesis Block“, zurückverfolgen können. Beide Blockchain-Ansätze unterscheiden sich vor allem darin, ob sie öffentlich sind oder nicht und damit, wer Zugriff auf die Daten hat:

- a. *Öffentliche oder Public Blockchains* sind Systeme, auf die jeder, der ein Duplikat besitzt, zugreifen kann. Sie sind häufig genehmigungsfrei. Über sogenannte Fullnodes, die die genehmigungsfreien



Anfragen eines Teilnehmenden bearbeiten, können öffentliche Blockchains von allen Teilnehmenden gelesen und für Transaktionen genutzt werden. Obwohl die Transaktionen öffentlich sind, können Transaktionsteilnehmende anonym bleiben. Ethereum, insbesondere für Smart Contracts und die interne Kryptowährung „Ether“ bekannt, ist ein prominentes Beispiel einer öffentlichen Blockchain.

- b. *Private Blockchains* beschreiben Systeme, die nur für einen abgeschlossenen Teilnehmerkreis verfügbar sind. In den meisten Fällen handelt es sich um genehmigungsbasierte Blockchain-Systeme. Die Zugriffsrechte werden in der Regel von einem Teilnehmenden, z. B. einem Unternehmen, administriert bzw. auf ein Konsortium beschränkt (Konsortium-Blockchain). Im Rahmen des Open-Source-Projekts Hyperledger wurden populäre Beispiele für berechtigungspflichtige Blockchain Frameworks entwickelt. Ein Beispiel hierfür ist das flexibel gestaltbare Hyperledger Fabric.

Große Vielfalt an Akteuren und Anwendungsfällen

Während mit DLT ursprünglich vor allem im Kontext der Finanzbranche experimentiert wurde, wird die Technologie heute für die verschiedensten Anwendungsfälle branchenunabhängig diskutiert. Hierbei sind die Anwendungsszenarien so vielfältig, dass die Akteurslandschaft nur schwer überschaubar ist. Neben Start-ups, Technologieunternehmen und neu gebildeten Konsortien, etwa das Hyperledger-Konsortium (Hyperledger 2018), gestalten bzw. beeinflussen auch Universitäten, Forschungsorganisationen,

Regierungen, NGOs, Individuen und Wagniskapitalgeber die Weiterentwicklung von DLT mit.

Bisher gibt es nur wenige wirtschaftlich erfolgreiche Anwendungsbeispiele für DLT; die Ausnahme sind Kryptowährungen. Der Großteil der DLT-Projekte in der Industrie befindet sich noch in der Forschungs- oder Entwicklungsphase bzw. konnte bisher nicht über eine Pilotierung hinaus entwickelt werden (PricewaterhouseCoopers 2019). Dies ist nicht verwunderlich, steckt doch die komplexe Technologie noch in den frühen Anfängen (Schütte et al. 2017). Zudem ist der rechtliche Rahmen verschiedener DLT-Anwendungen noch nicht abschließend geklärt, sodass die Nutzung dieser Technologie, z. B. in Form von Smart Contracts, gewisse Risiken birgt.

Emerging Issues:

Der aktuelle Diskurs im Nachhaltigkeitskontext über DLT ist vor allem durch den Energieverbrauch des Bitcoin-Netzwerks – Stichwort Bitcoin-Mining – geprägt. Darüber hinaus geht der Diskurs bei DLT hauptsächlich über spezifische Anwendungsfälle. Eine Auswahl derjenigen Fälle, die im Kontext von Nachhaltigkeit besonders interessant sind, wird im Folgenden vorgestellt:

1. Blockchain zur Gestaltung transparenter Lieferketten: Mittels Blockchain werden Informationen

zur Rohstoffgewinnung, zur Produktion von Vorprodukten, über Lieferfirmen etc. nachvollziehbar gemacht. Hierfür müssen sich alle Akteure von der Herstellung bis zum Verkauf auf einer blockchain-basierten Plattform registrieren. Nach der Registrierung wird den Beteiligten eine eindeutige, nicht veränderbare Identität zugesprochen. Registrierte Nutzende können sodann Informationen, z. B. Angaben zu Verarbeitungsschritten oder Zertifizierungen, als digitalen Wert in der Blockchain dokumentieren. So wird für jede Transaktion in der Lieferkette von einem Akteur zum nächsten ein unveränderbarer Eintrag in der Blockchain erzeugt. Im Handel können die Informationen der Blockchain in die Label der angebotenen Produkte integriert werden, z. B. in Form eines QR-Codes. Dies ermöglicht es der Kundschaft, die Lieferkette einschließlich aller Akteure zweifelsfrei bis zur Rohstoffgewinnung zurückzuverfolgen und die räumlichen Distanzen zu den Erzeugenden zu überwinden (Beispiel-Projekt mit Thunfisch: www.provenance.org).

2. Blockchain und Emissionshandel auf Personen- oder Haushaltsebene: Blockchain könnte das sogenannte Personal Carbon Trading ermöglichen. Dabei werden die CO₂-Emissionen der Haushalte über die Ausgabe von Emissionszertifikaten an einzelne Personen mit in den Emissionshandel



integriert. Der Grundgedanke hierbei basiert auf einer (kostenfreien) Zuteilung von Emissionszertifikaten an Einzelpersonen oder Haushalte, die beim Kauf von CO₂-relevanten Gütern und Dienstleistungen, wie Strom, Wärme, Kraftstoff, an den Verkäufer abgegeben werden. Die Anzahl der kostenfreien Zertifikate für zertifikatspflichtige Individuen kann sich z. B. an umweltpolitischen Zielen orientieren. Die Verwaltung der Zertifikate könnte über eine Blockchain organisiert werden, wobei die Zertifikate auch direkt als CO₂-Kryptowährung ausgegeben werden könnten (Schiller 2017). Wenn die (kostenfreien) Zertifikate aufgebraucht wären, könnten weitere käuflich erworben werden, etwa aus dem bestehenden Zertifikats-Pool weiterer privater Akteure, die emissionsärmer leben. Zudem könnten auch neue Zertifikate in den Markt gebracht werden, z. B. durch Unternehmen, deren Geschäftsmodell auf die Kompensation von Treibhausgasen ausgerichtet ist (CarbonX 2018).

- 3. Dezentraler Stromhandel über Blockchains:** Kleine Stromerzeuger handeln direkt über die Blockchain mit dem produzierten Strom unter Umgehung von Intermediären (Orcutt 2017). Hierfür werden die individuellen Verbräuche und die Stromproduktion dezentraler Anlagen von registrierten Nutzenden in einer Blockchain gespeichert. Der kontinuierliche Informationsfluss über die Menge des eingespeisten Stroms und den Verbrauch von Haushalten kann durch Smart-Meter-Daten gewährleistet werden. Zudem könnten auf Blockchain aufbauende Smart Contracts dabei helfen, den Handel zwischen kleinen und kleinsten Stromproduzenten zu vereinfachen. Smart Contracts sind Programmcodes, die bei Eintritt digital nachprüfbarer Bedingungen automatisch ausgeführt werden. Bei einem Handel zwischen den registrierten Blockchain-Teilnehmenden könnte in den Smart Contracts auch hinterlegt werden, dass sich die Produzenten vornehmlich in räumlicher Nähe zu den Verbrauchern befinden sollen. So könnte ein regionaler Stromhandel unterstützt werden, der Umweg über Aggregatoren und die Börse wäre unnötig.
- 4. Smart Contracts:** Die sogenannten Smart Contracts können vielfältig zum Einsatz kommen, beispielsweise um natürliche Ressourcen zu verwalten, Kleinsteuern zu erheben oder auch, um Zwischenhändler im Kontext einer Sharing Economy

oder eines blockchainbasierten Stromhandels zu umgehen (vgl. Pkt. 3.). Smart Contracts werden in Form eines Programmcodes in der Blockchain gespeichert und spezifizieren, was bei einer Transaktion zu prüfen ist und welche möglichen Folgeaktivitäten zu initiieren sind (Schütte et al. 2017). Hierfür werden auf der Blockchain gespeicherte Informationen ausgelesen und ggf. neue Informationen auf ihr gespeichert. Sie können bei Eintritt bestimmter digital nachprüfbarer Bedingungen, etwa eine Steuerzahlung, selbstständig und automatisch ausgeführt werden, ohne dass manuelles Eingreifen oder weitere Überprüfungen erforderlich wären. Nach dem Eintrag eines Smart Contract Codes in einer Blockchain wird dieser zu einem statischen Teil der Blockchain.

Umweltaspekte:

Während zu Beginn der DLT- bzw. Blockchain-Technologie die Auswirkungen der Anwendung im Umweltbereich noch durchweg positiv gezeichnet wurden, werden diese mittlerweile von verschiedenen Seiten kritischer beleuchtet (vgl. zur generellen Kritik an Blockchain Stinchcombe 2017). Dabei ist sicherlich zu beachten, dass sich die Technologie noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium bzw. in der Erprobung befindet und ein abschließendes Urteil noch nicht möglich ist. Hinzu kommt, dass eine Ökobilanzierung oder vertiefte Umweltbewertung der einzelnen Anwendungsbeispiele bisher noch nicht publiziert wurde.

Aktuell besonders im Fokus der Aufmerksamkeit stehen die hohen Energieverbräuche, die beim Handel mit der digitalen Währung Bitcoin, einem Anwendungsfeld von DLT, entstehen. Im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit stehen dabei Beiträge von de Vries, u. a. von 2018, welcher den Energieverbrauch des Bitcoin-Netzwerks auf 2,55 Gigawatt beziffert und mit dem Gesamtenergieverbrauch einzelner Länder vergleicht (führende Akteure beim Bitcoin-Mining halten sich bedeckt bezüglich Hardware, Rechenleistung und Stromverbrauch). Die Analyse von de Vries hat hohes Medienecho hervorgerufen, ist aber zwischenzeitlich auch kritisch aufgenommen worden, u. a. hinsichtlich der zugrunde liegenden Annahmen (Sharratt 2019).

Aufgrund der Funktionalität von DLT gilt das Lieferkettenmanagement im Bereich Industrie und Wirtschaft als ein wichtiger künftiger Anwendungsfall



für Blockchain: Häufig genannte, hierfür vorteilhafte Funktionen sind die Dezentralität und Nicht-Manipulierbarkeit der Blockchain sowie auch die Möglichkeit von Smart Contracts (Kouhizadeh und Sarkis 2018, S. 10; Casino et al. 2019, S. 62). Aus Nachhaltigkeits-sicht bieten sich eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten, z. B. die Speicherung von umweltbezogenen Informationen zu den Produktionsbedingungen bei Zulieferern, zu durchgeführten Trainings von Zulieferern oder auch zu einzelnen Produkten/Rohstoffen und ihrem Transport entlang der Lieferkette (Kouhizadeh und Sarkis 2018, S. 5). Smart Contracts könnten etwa im Management von gefährlichem Abfall zum Einsatz kommen, indem Verträge mit Zulieferern nur ausgeführt werden, wenn Vorgaben zur Entsorgung des Sonderabfalls eingehalten werden. Insgesamt könnte so die Transparenz entlang der Lieferkette erhöht werden (Kouhizadeh und Sarkis 2018, S. 10).

Bei der Entwicklung blockchainbasierter Lösungen für das nachhaltige Lieferkettenmanagement bestehen allerdings verschiedene Herausforderungen: Während die Manipulation von Informationen nach ihrer Eintragung in die Blockchain im Prinzip nicht möglich ist, trägt die Nutzung der Blockchain an sich nicht dazu bei, dass die eingetragenen Informationen die tatsächliche Sachlage korrekt abbilden. Es muss durch Audits sichergestellt werden, dass Informationen über einen abgebauten Rohstoff auch wahrheitsgemäß in die dezentralisierte Datenbank eingetragen wurden. Während die Vorteile von Blockchain vor allem in der Dezentralität gesehen werden, gilt für die

Anwendung auf das nachhaltige Lieferkettenmanagement, dass es auch institutioneller Begleitung bedarf, d. h. der „Zentralität“. Um in diesem Anwendungsfall Transparenz und Verantwortlichkeit herzustellen, ist anzunehmen, dass das Blockchain-Netzwerk privat sein muss, damit jeweils nachvollziehbar wird, wer welches Produkt unter welchen Bedingungen hergestellt hat. Demzufolge muss durch eine dritte, unbeteiligte „Prüfperson“ entschieden werden, wer im Netzwerk überhaupt teilnehmen darf; ebenso muss eine Prüfperson erst einmal bestimmt werden. Durch die Blockchain allein kann kein Druck auf multinationale Unternehmen ausgeübt werden, die Produktionsbedingungen ihrer Zulieferfirmen im Sinne einer Sorgfaltspflicht zu prüfen, z. B. hinsichtlich Umweltverschmutzungen; ebenso kann dadurch allein nicht erreicht werden, dass diese Daten in die dezentralisierte Datenbank übertragen werden.

Auch im Energiebereich als zweitem zentralem Feld wurden verschiedene Anwendungsfälle wie das Personal Carbon Trading entwickelt. Aktuelle Bestrebungen zur Stärkung des Emissionshandelssystems der EU (EU-ETS) fokussieren auf die Verschärfung des „Caps“, das heißt der Obergrenze der ausgegebenen Emissionsberechtigungen; diese liegt aktuell über den tatsächlichen Emissionen. Personal Carbon Trading könnte aber ein wirksamer Hebel sein, Emissionsminderungsziele auf Konsumierende herunterzurechnen, also ein Preissignal auf niedrigerer Ebene zu setzen als aktuell (Unternehmens- bzw. Anlagenebene). Durch die Blockchain würde die Infrastruktur (Datenbank) bereitgestellt werden, mit der Personal Carbon Trading Realität wird. Die Blockchain müsste hierbei auch an die bestehende Infrastruktur (Emissionshandelsregister) angeschlossen werden.

Ein weiterer Anwendungsfall im Bereich Energie ist die Nutzung der Blockchain für den dezentralen Stromhandel. Die dena kommt beispielsweise zu dem Ergebnis, dass die Technologie einen Beitrag für eine erfolgreiche Energiewende leisten kann (dena 2019). In einem Szenario, das im dena-Bericht entwickelt wird, handeln Kunden eines Stromlieferanten über eine Webplattform: Die Blockchain wird u. a. genutzt, um effektiv Doppelverkäufe zu vermeiden, d. h. auszuschließen, dass „Strom aus erneuerbaren Energien [...] mehrfach verkauft wird“ (§ 56 I EEG).



2.2 Virtual und Augmented Reality

Trend: Virtual- und Augmented-Reality-Technologien (VR und AR) entwickeln sich zunehmend weiter und werden auch außerhalb der Unterhaltungsbranche eingesetzt.

Emerging Issues:

- ▶ VR und AR im Handel
- ▶ VR und AR in Ausbildung und Arbeitswelt
- ▶ VR und AR im Tourismus
- ▶ VR und AR in Freizeit und Unterhaltung

- ▶ VR und AR haben Auswirkungen auf den Energie- und Ressourcenverbrauch. Sie können gesellschaftliche Veränderungen bewirken und entfalten umweltpolitische Potenziale, z. B. durch die Nutzung für die Kommunikation von Nachhaltigkeitsinformationen.

In Kürze:

- ▶ Virtual- und Augmented-Reality-Produkte erreichen mittlerweile den Massenmarkt. Während mittels VR eine vollständige Immersion (Eintauchen) in simulierte Welten angestrebt wird, soll durch AR die Realität erweitert werden, indem eine zusätzliche Ebene mit Informationen über die wahrgenommene Realität gelegt wird. Dadurch können Prozesse (z. B. Wartung von Maschinen) neugestaltet und Erlebnisse (Museumsbesuche etc.) bereichert werden.
- ▶ VR und AR bieten vielfältige Potenziale, in verschiedenen Branchen existierende Anwendungen zu verändern und neue zu schaffen: Dazu gehören der Handel und Konsum, die Ausbildungs- und Arbeitswelt, der Gesundheitssektor mit neuen Therapie- und Pflegeansätzen, die Tourismusbranche sowie der Freizeit- und Unterhaltungsbereich.

Hintergrund:

Über wenige technische Innovationen ist in den letzten Jahren so intensiv medial berichtet worden wie über Virtual- und Augmented-Reality-Technologien. Nach einem ersten Hype in den 1990er Jahren war es die Überwindung technologischer Barrieren (z. B. Displaygrößen, Datenverarbeitungskapazitäten etc.) in der jüngeren Vergangenheit, die dazu geführt haben, dass heute vielfältige Anwendungen für Virtual Reality und Augmented Reality entwickelt und eingesetzt werden (Slater und Sanchez-Vives 2016).

Augmented Reality (AR) bedeutet eine Überlagerung und Erweiterung der realen Umwelt durch am Computer erstellte Einblendungen bzw. zusätzliche Informationen. Im Unterschied dazu wird unter Virtual Reality (VR) eine dreidimensionale, komplett durch Computer erstellte Umgebung verstanden, in die Nutzende mit geeigneter Hardware eintauchen können (Muhanna 2015).

Der Einsatz von VR und AR setzt eine Reihe technologischer Komponenten voraus: Über Kamerasysteme, Sensoren und Controller werden Umgebungen erfasst, in denen virtuelle Informationen platziert werden sollen. Die Erstellung virtueller Umgebungen

wird heute üblicherweise mit sogenannten Game Engines (Entwicklungsumgebungen für Computerspiele) realisiert (Anthes et al. 2016). Die Wiedergabe erfolgt auf dafür geeigneten LCD- oder OLED-Displays (häufig in speziellen Brillen verbaut) bzw. durch Projektionen. Verschiedene Technologieunternehmen, u. a. Microsoft, Google, HTC, Oculus, haben in den vergangenen Jahren mehr oder weniger hoch entwickelte Head-Mounted Displays (HMDs) vorgestellt bzw. zum Teil auf den Markt gebracht. Diese Brillen werden über dem Kopf getragen, bedecken die Augen und enthalten nicht selten auch Sensoren, um Kopf- und Augenbewegungen sowie die Umgebung des Nutzers zu erfassen und die simulierte, virtuelle Umgebung darauf abzustimmen. Auch für AR-Anwendungen wurden Brillen (z. B. GoogleGlass) entwickelt. Als technisch einfachere Lösung ist die Nutzung von Smartphone- und Tablet-Displays möglich, auf denen sich zusätzliche Informationen einblenden lassen, während die Anwenderinnen und Anwender mit der integrierten Kamera die Umgebung beobachten.

Neben visuellen und akustischen Eindrücken lassen sich bereits in ersten Anwendungen andere sensorische Erfahrungen simulieren: So ermöglichen spezielle Masken die Wahrnehmung von Gerüchen (Kalish 2019), die Wahrnehmung von Aromen auf der Zunge (Turk 2016) oder über kleine, in den Masken verbaute Ventilatoren und Heizstrahler die Wahrnehmung von Luftströmen und Temperatur einer virtuellen Umgebung (Feelreal 2017). Jedoch bieten derartige auf den Körper geschnallte Systeme keinen großen Tragekomfort für die Nutzenden. Forschende arbeiten deshalb derzeit daran, die simulierten Sinneseindrücke über Gehirn-Computer-Schnittstellen direkt in das Nervensystem zu transportieren (Li et al. 2017).

Massenmarkt- und praxistaugliche Anwendungen treiben die zukünftige Verbreitung von AR und VR

Die zukünftige Verbreitung von VR- und AR-Technologien wird maßgeblich von der Entwicklung und Akzeptanz praxisrelevanter Anwendungen abhängen. Nur wenn nutzerfreundliche Hardware kostengünstig angeboten wird und gleichzeitig bedarfsorientiert ist, kann sich der mögliche Nutzerkreis vergrößern und die Technologie verschiedene Märkte durchdringen. Eindeutige Prognosen zur zukünftigen Nutzung von AR und VR sind daher nicht möglich. Außerdem unterscheiden sich Marktprognosen (Börner 2017; Brandoffice 2017; DigiCapital 2017) bisweilen deutlich voneinander. Es ist zu erwarten, dass aufgrund

der weit verbreiteten Nutzung von Smartphones und Tablets die Entwicklung von Inhalten für AR zunächst deutlich schneller voranschreiten wird, da Kunden hier keine zusätzlichen Wiedergabegeräte erwerben müssen.

VR hingegen dürfte erst dann für eine Vielzahl privater Anwendungen relevant werden, wenn Geräte und Inhalte hinreichend günstig verfügbar sind und Mehrwerte für Konsumierende bieten.

Forschungsschwerpunkte liegen in der Weiterentwicklung von Wiedergabetechnologien

AR und VR sind vor allem im Forschungs- und Entwicklungsstadium, obwohl sich verschiedene Kommerzialisierungsperspektiven bereits abzeichnen. Noch sind vielfältige technische Entwicklungsschritte notwendig: Die Darstellung virtueller Umgebungen, die von der realen Umwelt nicht unterscheidbar ist, hängt von der Bildwiederholungsrate, von ausreichend großen Datenübertragungsraten, aber auch von einer Miniaturisierung der HMDs ab, die aus ergonomischen Gesichtspunkten notwendig erscheint. Die Erstellung virtueller Inhalte ist ebenfalls abhängig von verfügbaren Rechenkapazitäten. Für die kabellose Übertragung von Inhalten werden große Hoffnungen in die neue 5G-Technologie gesetzt, die deutlich schneller als der bisherige LTE-Standard sein soll. Bisher sind hochauflösende VR-Systeme häufig kabelgebunden: Die Energieversorgung wie auch die Datenübertragung lässt sich noch nicht zufriedenstellend drahtlos realisieren.

Vor allem global führende Technologiekonzerne entwickeln VR- und AR-Hardware

Zunächst war naheliegenderweise die Computerspiele-Industrie ein Innovationstreiber von VR und AR. Technologische Fortschritte haben in den vergangenen Jahren andere Akteure und Branchen für die Entwicklung und Anwendung von VR- und AR-Technologien motivieren können, sodass sich heute eine sehr differenzierte Forschungs- und Anwendungslandschaft skizzieren lässt. Vor allem in Deutschland werden VR- und AR-basierte Lösungen für industrielle Anwendungen entwickelt.

Die Entwicklungen im Bereich Hardware werden maßgeblich von US-amerikanischen (z. B. Apple, Disney, Facebook, Google, Microsoft, Snap) und asiatischen Unternehmen (z. B. Sony, Samsung, HTC) vorangetrieben. Während hier zunächst Umsatzstei-

gerungen zu erwarten sind, könnte sich die Wertschöpfung langfristig zugunsten der Inhalte bzw. Anwendungen verschieben.

Emerging Issues:

Immer mehr Anwendungen von VR und AR kommen in den verschiedenen Lebensbereichen auf. Einige in naher Zukunft von technisch innovativen Bereich könnten die nachfolgend genannten sein:

1. VR und AR im Handel: VR und AR ermöglichen neue Formen der Produktpräsentation und Werbung bis hin zum Einkaufen in virtuellen Kaufhäusern. Bisher ist die Vision, die reale Umgebung (z. B. in Supermärkten) mit virtueller Werbung zu überlagern, noch nicht Realität. Das Potenzial wurde bereits vor mehreren Jahren artikuliert (Brandoffice 2017). Erste Versuche (Entwicklungsumgebungen, Schaffung von Richtlinien) werden durch Unternehmen wie Unity (Anbieter von Entwicklungsumgebungen für virtuelle Inhalte) und Google unternommen (Stinson 2017). Für den Onlinehandel dürften AR-Anwendungen durch neue Möglichkeiten der Produktpräsentation Mehrwert für Kunden generieren. So bietet etwa Ikea eine AR-Applikation an, mit der sich virtuelle Möbelstücke für den Kauf in realen Umgebungen einblenden lassen (Rondinella 2017). Schließlich sind auch vollständig virtuell simulierte Einkaufsumgebungen vorstellbar. Erste Ansätze in diese Richtung hat das chinesische Handelsunternehmen Alibaba vorgestellt: In einer virtuellen Umgebung können Kunden simulierte

Produktpräsentationen erleben und die gezeigten Produkte anschließend auswählen und erwerben (Brien 2016; Wang 2016).

Die Entwicklung birgt das Potenzial, die ohnehin schon stark veränderte Konsumwelt weiter zu prägen (Gerhard 2017). Vor allem im Spannungsfeld zwischen stationärem Handel einerseits und dem Online-Handel andererseits dürfte die Anwendung von VR und AR ihr Potenzial entfalten: Die bisweilen recht abstrakte Produktpräsentation aus Bildern und Beschreibungen im Online-Handel könnte zukünftig einem virtuellen Erleben von Produkten mit ihren Eigenschaften weichen und ein stärkeres Produkterlebnis hervorrufen. Der stationäre Handel kann wiederum mit AR-basierter Werbung neue Kunden anlocken und Produkte in technisch aufwändigen AR- oder gar VR-Erlebniswelten virtuell präsentieren.

Inwieweit bei diesen neuen Formen von Werbung und Produktpräsentation Aspekte des Schutzes von Privatsphäre und persönlicher Daten eine Rolle spielen werden, ist derzeit noch ungeklärt.

2. VR und AR in Ausbildung und Arbeitswelt: In der Aus- und Weiterbildung sowie bei berufsbezogenen Trainings werden VR und AR zunehmend eingesetzt. Neben Branchen wie der Produktion, dem Dienstleistungssektor oder dem Wissenschafts- und Bildungsbereich sind auch der medizinisch-pflegerische Bereich und die Handelsbranche Anwendungsfelder. In den genannten



Branchen kann es zu einer Auflösung ortsgebundenen Arbeitens und Lernens kommen, wenn Meetings und Konferenzen vermehrt in virtuellen Umgebungen stattfinden (Zakrzewski 2016; Azizullah 2016). Weitere Branchen und Bereiche sind denkbar, z. B. in Politik und Verwaltung. VR-Lösungen ermöglichen es, den statischen Arbeitsort räumlich zu erweitern, um zu Hause oder unterwegs zu arbeiten. Durch virtuelle und erweiterte Realitäten können realitätsgetreue Simulationen zum Training von Einsatzkräften (Polizei, Feuerwehr, Sanitäter und Militär; vgl. z. B. Handelsblatt GmbH 2017; Gallagher 2017; Nye 2017), zur Ausbildung von Lehrkräften (Anzalone 2017) und zur Weiterqualifizierung beim Erlernen neuer Tätigkeiten eingesetzt werden.

Ausbildung und Arbeitswelt können sich durch den Einsatz von VR- und AR- Technologien stark verändern, schließlich können neue Formen der Interaktion zwischen Mensch und Maschine, aber auch zwischen Menschen realisiert werden. Für Ausbildung und berufsbegleitende Weiterbildung bieten sich durch AR und VR neue Formen der Wissensvermittlung an, deren Potenziale aufgrund der bislang wenigen praktischen Erfahrungen noch nicht abschätzbar sind.

3. **VR und AR im Tourismus:** VR und AR werden bisherige Reiseangebote ergänzen oder diese in Teilen substituieren. Bislang sind aufgrund der eingeschränkten technischen Möglichkeiten virtuelle Reisen über längere Zeiträume noch nicht möglich. Dennoch nutzen Reiseveranstalter bereits aktuell verfügbare Lösungen, um Kunden im Beratungs- und Verkaufsprozess zu unterstützen: Vorab lassen sich visuelle Eindrücke von Urlaubsorten vermitteln (Gerrard 2017). AR-Anwendungen unterstützen Reisende schon heute vor Ort, etwa durch Navigations- oder Übersetzungsprogramme (Porwol 2017), wengleich auch hier technische Verbesserungen zu erwarten sind.

Da bislang keine Studien zu den physischen und psychischen Folgen von Langzeitaufenthalten vorliegen, ist es nur sehr schwer abzuschätzen, ob VR und AR zukünftig tatsächlich das Potenzial haben, Urlaubsreisen durch längere Aufenthalte in simulierten Realitäten zu ersetzen.



4. **VR und AR in Freizeit und Unterhaltung:** Die Computerspielebranche galt lange als maßgeblicher Treiber für Entwicklungen von VR- und AR- Anwendungen. Durch die Möglichkeit eines immer tieferen „Eintauchens“ in Computerspiele verändert sich einerseits das Erleben der Spielumgebung, andererseits werden auch neue Formen des Geschichtenerzählens möglich. Da eine breite Diffusion dieser neuen Technologien auch maßgeblich von den verfügbaren Inhalten abhängt, dürfte der Erstellung dieser Inhalte zukünftig noch größere Bedeutung beigemessen werden. VR – in stärkerem Maße als AR – bietet die Möglichkeit, das lineare, zweidimensionale Erzählen von Geschichten, wie es in Film und Fernsehen der Fall ist, vollständig zu verändern. Im Bereich Computerspiele haben sich bereits entsprechende Angebote und Vertriebsplattformen etabliert, sodass neben VR-kompatiblen Spielen auch zunehmend Open-World- und Multiplayer-Spiele entwickelt werden, in denen die Nicht-Linearität des Geschehens, d. h. die Gestaltung des Verlaufs einer Geschichte, erst durch die Interaktion der Spielende entfaltet wird.

Auch andere Medienbereiche wie Journalismus und auch Film und Fernsehen können von den Potenzialen von VR und AR profitieren. Im Journalismus gibt es erste Projekte (Moynihan 2015; Wohlsen 2015), in denen Reportagen den Zuschauern das Erlebte direkter vermitteln wollen. Durch das Eintauchen soll ein Eindruck der unmittelbaren Betroffenheit erzeugt werden. Auch die Art und Weise, wie Filme erlebt werden, birgt Veränderungspotenziale: Erstens lässt sich

auch das Interagieren mit einer filmischen Handlung durch VR realisieren. Zweitens lässt sich das Erleben herkömmlicher Filme für Menschen mit körperlichen Einschränkungen durch AR-Anwendungen verbessern (Trends der Zukunft 2017a).

Umweltaspekte:

Grundsätzlich sind mit VR und AR Energie- und Ressourcenverbräuche durch die IKT-Infrastruktur verbunden, welche für die Bereitstellung der Anwendungen unterhalten werden muss; VR und AR verursachen hohe Datenvolumina und benötigen schnelle Übertragungsraten. Wachsen die Nutzerzahlen in Zukunft stark an, so muss auch die hierfür notwendige Infrastruktur noch weiter ausgebaut werden. Außerdem entstehen in der Anwendungsphase Energieverbräuche bei den Nutzenden, insbesondere bei VR.

Neben der materiellen Basis von VR und AR und den hohen Energieverbräuchen bestehen weitergehende (indirekte) Bezüge zu Umwelt und Nachhaltigkeit. Sie werden durch die gesellschaftlichen Veränderungen ausgelöst, die mit der umfassenden Verbreitung der Technologien einhergehen könnten.

Zum einen könnten durch AR Umweltdaten dezentral direkt durch die Nutzenden erfasst werden, z. B. Belastungen durch den Verkehr. Aktuell wird durch AR schon das Umfeld des Nutzenden miterfasst. Wird AR zukünftig in der Breite genutzt, könnte bei Bündelung der Daten ein umfassendes Verständnis der menschlichen Umwelt entstehen (Albers et al. 2017, S. 190). Gleichzeitig können die durch VR und AR erhobenen Daten über die Anwenderinnen und Anwender und ihr Verhalten aber auch für ihre Beeinflussung genutzt werden. Dadurch können beispielsweise Verkehr oder Touristenströme besser gelenkt oder Umweltinformationen wesentlich gezielter an Bürgerinnen und Bürger kommuniziert werden.

Zum anderen können durch die Kombination von VR und AR, wie oben beschrieben, Inhalte eindrücklicher vermittelt werden als durch herkömmliche Medien: Rein rationale Argumente können mit nicht-kognitiven Sinneseindrücken (Gerüche etc.) verbunden und die (virtuelle) Interaktion kann mit Gegenständen, der Umgebung und anderen Teilnehmerinnen und Teilnehmern noch stärker mit Emotionen belegt werden (Riva et al. 2007; Van Kerrebroeck et al. 2017). Beides liefert eine wichtige Grundlage dafür, Informationen langfristig im Gedächtnis der Zielper-



sonen zu verankern (Riva et al. 2017) und Handlungen (auch außerhalb der VR) zu beeinflussen (Lakoff 2010; Riva et al. 2007; Van Kerrebroeck et al. 2017). Einhergehen könnten damit aber auch gesundheitliche Auswirkungen, wenn direkt auf das menschliche Gehirn zugegriffen wird und die Sensorik und damit das Empfinden manipuliert wird.

Aus einer Nachhaltigkeitsperspektive ist es zentral, wofür diese Eigenschaften der Technologie genutzt werden. Auf der einen Seite bergen VR und AR Potenzial für Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) und Konsum. Mit Hilfe von AR können den Nutzenden z. B. zusätzliche Informationen zu ihrer Umgebung, etwa zu nachhaltigeren Verkehrsmöglichkeiten bei der Reiseplanung oder umweltschonenderen Lebensmitteln, eingeblendet werden. VR entfaltet vor allem dann ihre Möglichkeiten, wenn auf analogem Weg emotionale Umwelterfahrungen erschwert werden (Çaliskan 2011, S. 3239), die für positive Lerneffekte und Verhaltensänderungen förderlich sind. Oft sind Ressourcen und Kapazitäten (Finanzen, Zeit etc.) für Bildungs- oder Wissenschaftsprojekte begrenzt; Regionen können unzugänglich sein (Unterwasserwelten etc.); bestimmte relevante Umweltveränderungen zeichnen sich nur über einen langen Zeitraum ab (Albers et al. 2017, S. 190). Aus praktischen und ethischen Gesichtspunkten ist es nicht immer möglich, Experimente in der realen Umwelt durchzuführen. Diese Hürden können durch VR überwunden werden (z. B. Jaillet et al. 2011; Çaliskan 2011, S. 3241), sodass positive Lerneffekte und Verhaltensänderungen befördert werden können.

Auf der anderen Seite können die oben genannten Eigenschaften der AR/VR auch von Unternehmen zu Marketingzwecken genutzt werden und somit die Konsumententionen (Van Kerrebroeck et al., 2017) und den damit einhergehenden Ressourcenverbrauch steigern. Ein aus Umweltperspektive besonders wichtiges Beispiel für diesen Effekt stellt die Tourismusbranche dar. Wie Yung et al. in einem aktuellen Literaturüberblick herausstellen, wird vor allem VR in der Branche zunehmend und mit Erfolg für die Bewerbung und Planung analoger Reisen genutzt (Yung & Khoo-Lattimore, 2019, S. 2067). Demgegenüber stehen einige wenige Studien, die sich mit der Frage beschäftigen, inwieweit VR als Konkurrenz zu analogen Reisen gesehen werden könnte – empirisch kann dieser Effekt jedoch nur sehr begrenzt (z.B. im Bereich Golf-Reisen (Yung & Khoo-Lattimore, 2019, S. 2069)) nachgewiesen werden. Anzumerken ist, dass das Ergebnis der Studien nicht heißen muss, dass VR nicht auch als Ersatz für analoge Reisen dienen kann, da die meisten Projekte und Studien eher mit dem Ziel durchgeführt wurden, das Reiseaufkommen zu steigern.

Ein verwandtes Thema betrifft die Frage, inwieweit VR und AR dabei unterstützen können, Dienstreisen zu vermeiden. VR, so die Hoffnung, könnte analoge Treffen obsolet oder zumindest weniger wichtig werden lassen. Hierzu existieren allerdings aktuell kaum Studien, die sich direkt auf VR beziehen: Zumeist wird hervorgehoben, dass virtuelle Räume

bisher nicht speziell für Arbeitsmeetings entwickelt wurden und daher aktuell noch nicht ausreichend geeignet erscheinen (Yung & Khoo-Lattimore, 2019, S. 2070).





2.3 Plattformökonomie – das Monopol als Geschäftsmodell

Trend: Plattformunternehmen bilden Monopole auf digitalen Märkten und entziehen sich staatlicher Kontrolle.

Emerging Issues:

- ▶ Zunehmende Abhängigkeit der Kunden von großen Plattformen
- ▶ Ausdehnung der Geschäftsfelder von IT-Konzernen
- ▶ Konzentration von Datenerhebung und -analyse,
- ▶ Entkopplung der IT-Konzerne von (national)-staatlicher Einflussnahme
- ▶ Großkonzerne als politische Akteure und ihr Einfluss auf politische Gestaltungsspielräume

In Kürze:

- ▶ Digitale Märkte sind zunehmend von Monopolisierungstendenzen gekennzeichnet. Bei Plattformunternehmen wird diese Monopolbildung durch die Effekte des sogenannten Metcalfe'schen Gesetzes begünstigt: Je mehr Nutzende eine Plattform auf sich vereinen kann, desto attraktiver wird sie für neue Nutzende („winner takes it all“). Gleichzeitig steigt ihre Wettbewerbsfähigkeit, da die Grenzkosten pro neuem Nutzer gering sind. Technische Innovationen und regulatorische Bemühungen zur Einhegung dieser Monopole bewegen sich jedoch zunehmend mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten.

- ▶ Digitale Plattformen vermitteln heute Dienstleistungen, Wohnraum, Mobilität oder Informationen.
- ▶ Die Marktwerte der führenden Plattformunternehmen liegen heute über den Bruttoinlandsprodukten einzelner Staaten und dementsprechend groß ist mitunter der Einfluss auf die Politik. Neben Fragen der Besteuerung sind auch wettbewerbspolitische Fragen oftmals noch ungeklärt bzw. Gegenstand internationaler Diskurse.
- ▶ Aus Umweltsicht beeinträchtigen einige der Plattformanbieter die Entwicklung eines nachhaltigen Konsums, da sie nicht-nachhaltige Konsumstile fördern. Plattformen wie Sharing- oder Gebrauchtwarenplattformen, die intendiert oder nicht intendiert zu einem nachhaltigen Konsum beitragen, sollten gestärkt werden.

Hintergrund:

Digitale Märkte entwickeln sich seit Beginn des Internetzeitalters Anfang der 90er Jahre. Das US-Unternehmen Amazon etwa ist seit 1994 aktiv und heute eines der größten Online-Handelsunternehmen. Facebook und Google sind heute die zentralen Kommunikations- und Informationsunternehmen. Die Tourismusbranche wird unter anderem vom Unternehmen AirBnB unter Druck gesetzt. Im Mobilitätssektor ist das Unternehmen Uber ein Beispiel für

einen Anbieter von Mobilitätsdienstleistungen. All diese Unternehmen lassen sich als Plattformunternehmen bezeichnen, denn ihr gemeinsames Merkmal ist eine technische Infrastruktur (Plattform), über die Transaktionen zwischen Nutzenden ermöglicht werden. In der Regel betreffen diese Transaktionen den Austausch von Produkten und Dienstleistungen. Die Plattformen bieten eine webbasierte Oberfläche zur Abwicklung der Transaktionen zwischen verschiedenen Parteien und stellen somit eine Form von Vermittler dar (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie [BMW] 2016). Dementsprechend wird auch das Bild eines „digitalen Marktplatzes“ verwendet, um die Eigenschaften von Plattformen zu umschreiben. Neben den bereits genannten Beispielen gehören auch Online-Handelsplätze wie eBay (Gebrauchsgüter), Vermittlungsdienstleister für Kleinstaufträge (z. B. Clickworker, GigWork) oder Mobilitätsdienstleistungen (neben Uber auch Lyft), Beherbergungsdienstleistungen (neben Airbnb z. B. Booking.com) zum Spektrum der Plattformunternehmen. Weitere prägende Akteure sind mittlerweile auch chinesische Unternehmen, wie z. B. Alibaba (Onlinehändler), Tencent (Anbieter sozialer Netzwerke usw.) oder Baidu (Suchmaschine).

Plattformen nutzen datenbasierte Geschäftsmodelle

Plattformen sollen dazu beitragen, dass Austauschbeziehungen zwischen den Nutzenden Mehrwert für beide Seiten schaffen, etwa indem die Abwicklung einer Transaktion sehr einfach gestaltet ist. Somit wurden Plattformen über einen längeren Zeitraum als positive Entwicklung gesehen, denn dadurch sollten die Transaktionskosten zwischen zwei Parteien sinken.

Plattformen werden jedoch selten aus altruistischen Motiven betrieben. Vielmehr sind sie Ausdruck einer übergeordneten Entwicklung, die auf eine Kommerzialisierung vielfältiger Lebensbereiche hindeutet. Insofern werden Plattformen heute auch als Geschäftsmodell verstanden.

Vermeintlich kostenlose Dienste sind oftmals mit auf den ersten Blick nicht ersichtlichen Kosten verbunden. So ist beispielsweise die Plattform Facebook zwar kostenlos für Menschen nutzbar. Der Plattformbetreiber erzielt jedoch Gewinne, indem er die von den Nutzenden zur Verfügung gestellten Daten erhebt und entweder selbst zu Vermarktungszwecken nutzt, diese weiterverkauft oder durch Einblendung von Werbeanzeigen verdient (Bizan 2018). Außerdem

verdienen die Plattformen durch die Vermittlung von Dienstleistungen, indem sie Provisionen erheben.

Die Höhe der Einnahmen ist unmittelbar davon abhängig, wie oft die jeweilige Plattform genutzt wird. Demgegenüber bleiben die Kosten für den Betrieb der Plattform – stark vereinfacht ausgedrückt – stabil. Das heißt wenngleich die technische Infrastruktur bei steigenden Nutzerzahlen angepasst werden muss, so bleiben die grundlegenden Funktionalitäten unabhängig von der Zahl der Nutzenden gleich – und somit auch die Betriebskosten. Plattformen müssen also sowohl als Werbeträger als auch als Mittler attraktiv für möglichst viele Nutzende werden und bleiben, d. h., potenzielle Nutzende sollen möglichst viele Transaktionen über die Plattform abwickeln. Üblicherweise kann hier der sogenannte Netzwerkeffekt zum Tragen kommen: Dabei wird eine Plattform umso attraktiver für neue Nutzende, je mehr Nutzende sie bereits hat. Anders ausgedrückt ist das Wachstum von Plattformen davon abhängig, wie sehr neue Nutzende von wachsenden Nutzerzahlen angezogen werden (Dobusch 2016). Dies spielt eine entscheidende Rolle bei der Entstehung von Monopolen: Wenn erst einmal kritische Schwellen überschritten sind, werden Nutzende weniger auf alternative Angebote zurückgreifen und diese Alternativen schließlich vom Markt verdrängt (vgl. Facebook vs. die deutsche Alternative StudiVZ).

Monopolisierung digitaler Märkte und Regulierungsbemühungen verlaufen entkoppelt

Die Monopolisierung digitaler Märkte schreitet bislang ohne große Regulierungseingriffe von Seiten des Staates voran. Es deutet bislang wenig darauf hin, dass sich diese kurz- bis mittelfristig ändern wird.

Weil die gesellschaftlichen Effekte einer Monopolisierung mit negativen Folgen für Verbraucherinnen und Verbraucher verbunden sind, werden gegenwärtig Rufe nach einer zunehmenden Regulierung durch staatliche Instanzen laut. So vielfältig die Angebote der Plattformen sind, so zahlreich sind die in Augen der Kritiker unregulierten Bereiche: Dies betrifft unter anderem die Besteuerung (Wahl des Firmensitzes vs. Ort der Geschäftstätigkeit), die Einhaltung von Arbeitsrecht (z. B. Arbeitszeit bei Clickworkern), die Aufweichung von Sicherheitsstandards im Baubereich (z. B. Airbnb-Wohnungen vs. Hotelzimmer) oder die Einhaltung von Verbraucherschutzmaßnahmen (z. B. Einräumung von Rückgaberechten; Bialek 2018). Die diskutierten Lösungsansätze gehen bis hin

zur Verstaatlichung einzelner Plattformunternehmen (Haberhorn 2018).

Ursachen für diesen Regelungsrückstand scheinen sowohl in der hohen Komplexität der Regulierung digitaler Plattform-Unternehmen, die zudem in unterschiedlichsten Industriebereichen tätig sind, als auch in der unterschiedlichen Geschwindigkeit von technischer Entwicklungsdynamik und politischen Prozessen zu liegen. Aufgrund des transnationalen Wirkens der Unternehmen ist zudem häufig eine internationale Lösung gefordert. Auch wenn mittlerweile umfangreiche regulatorische Ansätze diskutiert werden (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie [BMWi] 2017), steht die politische Diskussion um die effektive Begrenzung der Marktmacht dieser Unternehmen noch relativ am Anfang.

Emerging Issues:

Die Entwicklungen der Plattformökonomie verlaufen dynamisch und prägen sich in vielfältiger Art und Weise aus.

- 1. Zunehmende Abhängigkeit der Kundinnen und Kunden von großen Plattformen:** Kunden werden durch Monopole und damit zusammenhängende Lock-in-Effekte in ihrer Entscheidungsfreiheit beschränkt: Monopolisten können aufgrund ihrer besseren Wettbewerbssituation häufig attraktivere Angebote für Kunden vorlegen. Zudem steigen die Wechselkosten, desto stärker Nutzer in ein System integriert sind. Weiterhin können die anzunehmenden Vertrags- und Nutzungsbedingungen durch mächtige Marktteilnehmende beinahe einseitig diktiert werden. Verschwinden alternative Angebote, so bleibt den Kundinnen und Kunden nichts anderes übrig, als ihre Bedürfnisse über die verfügbaren Anbieter zu decken. Zwar stellt gerade die Vielfalt verfügbarer Produkte und Dienstleistungen einen Erfolgsfaktor vieler Plattformen (z. B. Amazon) dar, jedoch kann die gewinnorientierte Geschäftstätigkeit von Plattformbetreibern dazu führen, dass unrentable Angebote langfristig verschwinden.
- 2. Ausdehnung der Geschäftsfelder von IT-Konzernen:** Führende Online-Plattformen erweitern ihr Geschäftsfeld, bedienen so eine zunehmende Spannbreite an Kundenbedürfnissen und werden gleichzeitig immer schwerer ersetzbar. Plattformunternehmen setzen dadurch einzelne Akteure



(z. B. Taxiunternehmen, Apotheken oder den Einzelhandel) unter Druck.

Webbasierte Plattformen haben bereits viele Bereiche des alltäglichen Lebens durchdrungen. Soziale Medien (neben Facebook auch Messengerdienste wie WhatsApp oder Angebote wie Instagram, Snapchat etc.) prägen die Beziehungen zwischen Individuen und bilden gleichzeitig eine wichtige Anlaufstelle für die Deckung von Informationsbedarfen. Mobilitätsdienstleister wie Uber oder Lyft prägen den Verkehr vor allem in Städten und fordern etablierte Taxiunternehmen wirtschaftlich heraus. Lieferdienste wie Deliveroo oder Takeaway.com liefern Essensbestellungen zwischen Restaurants und Kunden aus. Airbnb ist im Bereich Tourismus aktiv und ermöglicht Kundinnen und Kunden Übernachtungen und die damit verbundenen Dienstleistungen zu beziehen. Aber auch der Online-Handel, im Wesentlichen geprägt durch Amazon, ist ein Beispiel für den Erfolg von Plattformunternehmen. Zu beobachten ist im Verlauf der Entwicklung der jeweiligen Unternehmen dabei nicht selten eine Ausdehnung der Geschäftsfelder: So ist Uber unter anderen auch im Bereich Essenslieferungen tätig und über Airbnb können neben Übernachtungen auch weitere touristische Angebote, wie etwa Stadtführungen etc., gebucht werden. Besonders deutlich wird diese Entwicklung am Beispiel von Amazon: Zunächst ein reiner Online-Buchhändler, bietet das Unternehmen mehrere hundert Millionen Produkte in allen denkbaren Kategorien an (Brandt 2017) und übernimmt auch die Abwicklung von

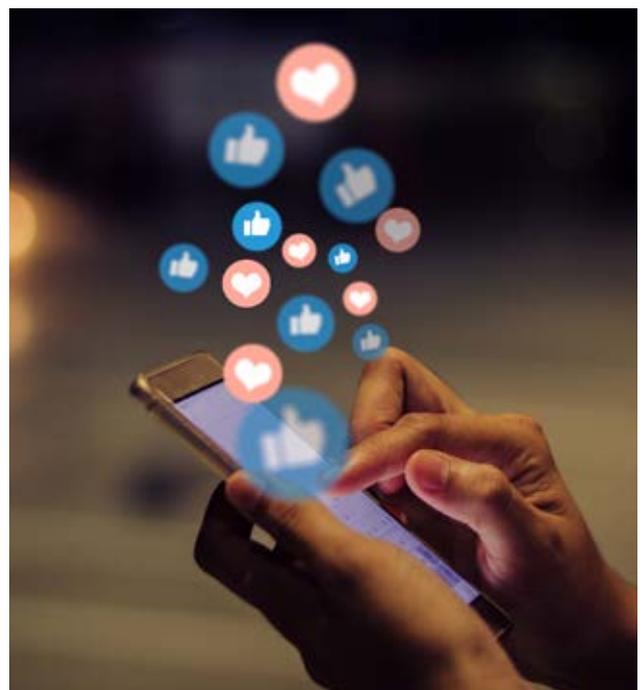
Bestell- und Zahlvorgängen für andere Händler. Mit Prime Video wurde Amazon zu einem großen Anbieter von Videostreaming, mit Amazon Music stellt das Unternehmen Musik bereit, mit Alexa entwickelt sich der Konzern zu einem führenden Anbieter in der Spracherkennung. Mit der Übernahme der Biosupermarktkette Whole Foods in den USA begann zudem vor zwei Jahren der Einstieg in das Geschäft mit Lebensmitteln und über Amazon Web Services können Unternehmen Kapazität in modernen Rechenzentren mieten.

Letztlich sind aber auch Beispiele bekannt, in denen Unternehmen neue Märkte erschließen: So steigt mit Apple ein IKT-Unternehmen in den Gesundheitsmarkt ein, wenn über die Hard- und Software-Produkte des Unternehmens Gesundheitsdaten monetarisiert werden. Zukünftig ist denkbar, dass die Ausdehnung von Geschäftsfeldern zunehmen wird und etablierte Marktstrukturen disruptiv verändern kann.

3. **Konzentration von Datenerhebung und -analyse:** Wenn Menschen online bestimmte Dienste – z. B. Amazon für das Online-Shopping – nutzen, dann ist dies mit der Bereitstellung von persönlichen Daten (z. B. Aufenthaltsorte, Konsumpräferenzen, Hobbies, Gesundheitsinformationen, Informationen über soziale Beziehungen etc.) verbunden. Je weniger unterschiedliche Dienste in Anspruch genommen werden, desto mehr Daten können von einzelnen Plattformunternehmen gesammelt und genutzt werden. Aus der Zusammenführung verschiedenster Daten lassen sich zunehmend genauere individuelle Profile von Internetnutzenden erstellen. Auf Basis dieser Profile können personalisierte Werbe- und Informationsangebote zum Einsatz kommen, aber auch Prognosen über zukünftiges Verhalten formuliert werden. Weiterhin kann das Sammeln von Daten dazu führen, dass der Verkauf solcher Daten bzw. von Nutzerprofilen für Plattformen ein lukratives Geschäft wird. Schließlich führt die Konzentration von Datensammlung und -analyse auch dazu, dass die Verwundbarkeit von Daten steigt. Der Diebstahl umfassender Datenmengen ist durch gezielte Angriffe möglich, sodass Missbrauch von Daten (z. B. Zahlungsinformationen) ermöglicht wird.

4. **Entkopplung der IT-Konzerne von (national-) staatlicher Einflussnahme:** Marktdominierende

Konzerne entziehen sich nationaler Gesetzgebung und Besteuerung, um Gewinne zu maximieren. Die Wahl von Firmensitzen ist Ergebnis komplexer Planungsprozesse. Entscheidende Faktoren können aber die möglichst günstige Rechtslage auf nationaler und sogar lokaler Ebene sein. Dies betrifft nicht nur die gültigen Steuergesetze, sondern auch arbeitsrechtliche Vorgaben, die Gerichtsbarkeit für eventuelle Klagen oder Schadenersatzforderungen, die Durchsetzbarkeit von Strafverfolgungsmaßnahmen und auch staatliche Begünstigungen wie Subventionen, Steuererleichterungen oder andere Standortvorteile. Dementsprechend ist es für Verbraucherinnen und Verbraucher schwierig und mitunter mit hohen Kosten verbunden, in ihrem Land geltendes Recht gegen einen in einem anderen Land ansässigen Plattformbetreiber durchzusetzen. Auch für politische Steuerung schwindet die Einflussnahme, denn die Durchsetzung neuer Regularien (z. B. der europäischen Datenschutzgrundverordnung) verläuft nicht immer reibungslos und ohne Gegenwehr (Ulbricht 2019). Ähnlich der Durchsetzung individueller Ansprüche durch Verbraucherinnen und Verbraucher ist auch die Verhängung von Strafmaßnahmen (z. B. Bußgelder bei Rechtsverstößen) mit oftmals langwierigen Prozessen verbunden. Die zukünftige Entwicklungsrichtung wird stark davon beeinflusst sein, inwieweit Staaten hier kooperieren, um ein Gegengewicht zu bilden (Crouch 2019).



5. Großkonzerne als politische Akteure und ihr Einfluss auf politische Gestaltungsspielräume:

Transnational agierende Plattformunternehmen übersteigen mit ihrer Wirtschaftskraft die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit einzelner Nationen, sodass sich existierende Gleichgewichte verschieben. Politische Handlungsfelder verändern sich und Gestaltungsspielräume werden (z. B. durch niedrigere Steuereinnahmen) eingeschränkt (Kind und Bogenstahl 2017). Dies kann dann Konsequenzen für verschiedene politische Gestaltungsbereiche haben. Auf der einen Seite bestimmt die Höhe der Steuereinnahmen den politischen Gestaltungsspielraum. Andererseits kann der politische Prozess zur Planung und Umsetzung konkreter Maßnahmen auch von Interessenvertretern beeinflusst werden. Für Plattformunternehmen bestehen daher zwei Hebel: Sie können Einfluss durch Interessenvertreter ausüben und durch Standortwahl die Steuerlast lenken.

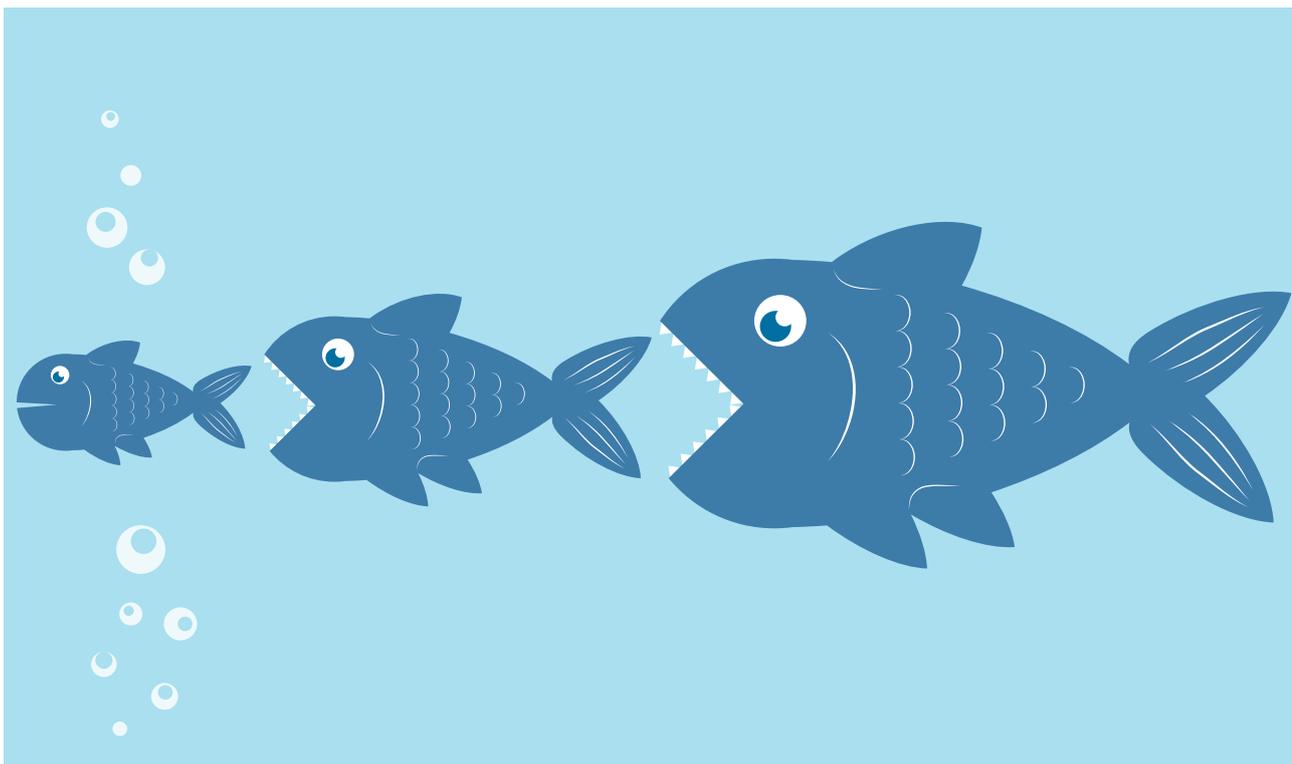
Umweltaspekte:

Die weitere Ausgestaltung der Plattformökonomie hat Auswirkungen auf nachhaltige Lebensstile. Multinationale Konzerne aus der Digitalbranche beeinflussen dabei sowohl politische Entscheidungsprozesse als auch individuelle Konsumententscheidungen und das Informations- und Umweltverhalten von Bürgerinnen und Bürgern.

Sechs der zehn Unternehmen mit dem höchsten Marktwert weltweit stammen aus der Digitalbranche (Statista GmbH 2018). Ihr ökonomisches Gewicht können diese beispielsweise dafür nutzen, Konsum grundlegend zu beeinflussen – in positiver wie negativer Weise: Internetplattformen können dazu beitragen, nicht-nachhaltige Konsummuster zu manifestieren; sie können aber auch Treiber sein für nachhaltigen Konsum z. B. von Sharing-Angeboten, Gebrauchtwarenkauf, Nudging in Richtung Nachhaltigkeit etc..

Nach Frenken (2017) sind unterschiedliche Szenarien zur zukünftigen Entwicklung der Plattformökonomie denkbar, die unterschiedliche Chancen bzw. Risiken für einen nachhaltigen Konsum bieten würden:

- ▶ Plattform-Kapitalismus, Plattform-Redistribution und Plattform-Kooperativismus. Das erste Szenario entspricht einer Fortschreibung der bisher beobachtbaren „neo-liberalen Entwicklung der Sharing-Plattformen“. Annahme ist hierbei, dass bestehende Plattformen sich zu „Super-Plattformen“ weiterentwickeln; weitere Märkte werden erschlossen und die Angebote noch komfortabler für Kundinnen und Kunden (Frenken 2017, S. 7).
- ▶ Im zweiten Szenario kommt dem Staat eine aktivere, stärker regulierende Rolle zu; Steuern



werden z. B. auf dem Sharing-Modell zugrunde liegenden Eigentum (Auto, Wohnung) oder Umsatz erhoben. Damit könnte erreicht werden, dass der Sharing-Gedanke gestärkt wird, da Eigentum nun teurer als die Nutzung von Gütern und Dienstleistungen wird; ebenso könnten Gewinne sozial umverteilt werden (Frenken 2017, S. 9).

- ▶ Im dritten Szenario entwickeln Bürgerinnen und Bürger in Eigenregie Plattformen; Gewinne werden untereinander aufgeteilt (Frenken 2017, S. 11).

Die Emerging Issues verdeutlichen dabei vor allem die Risiken, die auftreten können, wenn die Plattformökonomie sich weiter so wie aktuell beobachtbar entwickelt (Szenario 1 bei Frenken). Steigt die Abhängigkeit der Kundinnen und Kunden von der Plattformökonomie weiter, haben es grüne Alternativen schwerer, sich durchzusetzen. Dies gilt umso mehr, wenn die Annahmen der Verhaltensökonomie Gültigkeit beweisen. Menschliche Trägheit und Bequemlichkeit zusammen mit wachsender Abhängigkeit erschweren, diesen Annahmen zufolge, insgesamt den Umstieg auf nachhaltigere Produkte und Dienstleistungen. Es obliegt den Unternehmen selbst oder einer starken Politik, nachhaltige Produkte und Dienstleistungen auf den Plattformen für Kundinnen und Kunden leichter zugänglich zu machen.

Mit der Ausdehnung der Geschäftsfelder von IT-Konzernen könnten außerdem stärkere Herausforderungen für traditionelle Unternehmen entstehen, nachhaltige Innovationen zu erproben, insbesondere

für kleinere und mittlere Unternehmen und Start-ups. Auch würde das ökonomische Gewicht der IT-Konzerne weiter wachsen.

Durch die Konzentration von Datenerhebung und -analyse werden stärker als bisher Daten über Konsumentenverhalten und -präferenzen speicher- und auswertbar. Damit steigt das Risiko, dass Konsumierende noch stärker beeinflussbar werden. Außerdem könnte so personalisierte Preisgestaltung Realität werden. Bei dieser wird der Preis eines Gutes oder einer Dienstleistung an einzelne Charakteristika des Kunden (insbesondere seine Zahlungsbereitschaft) angepasst, was wiederum neue Konsumanreize setzen kann.



2.4 Verhaltenssteuerung im digitalen Zeitalter

Trend: Durch digitale Technologien und Geschäftsmodelle lassen sich (Nutzer-)Daten im großen Maßstab sammeln und analysieren.

Emerging Issues:

- ▶ Algorithmenbasierte Informations- und Meinungsbildung
- ▶ Beeinflussung von Entscheidungen (Nudging)

In Kürze:

- ▶ Verhaltenssteuerung im digitalen Zeitalter fußt auf der Sammlung und Auswertung großer Datenmengen. Weltweit steigt die Anzahl der durch Internetnutzung erzeugten Daten. Neben der zunehmenden Internetnutzung werden analysierbare Daten auch auf vielfältige andere Weise erzeugt: Durch ambiante Sensorik in der Umgebung, durch am Körper getragene Sensorik und aus anderen Datenquellen (z. B. Finanzdaten, Gesundheitsdaten etc.) entstehen Datenbestände, deren Strukturierung, Zusammenführung, Analyse und Interpretation mit der Zunahme an Datenverarbeitungskapazitäten immer besser nutzbar werden.
- ▶ Verhaltenssteuerung kann einerseits von Unternehmen mit dem Ziel der Gewinnmaximierung (etwa durch Beeinflussung von Konsumententscheidungen), andererseits aber auch von politischen

Institutionen zur Herbeiführung von erwünschtem (z. B. gemeinwohlorientiertem) oder Vermeidung von unerwünschtem Verhalten eingesetzt werden.

- ▶ Gesellschaftliche Diskurse entfalten sich an der Schnittstelle zwischen marktwirtschaftlich orientierten Unternehmen und politischen Regulierungsbestrebungen. Vor allem der souveräne Umgang mit persönlichen Daten (Datensouveränität) wird dabei als Ansatz diskutiert, der bereits Teil der Systementwicklung (privacy by design) sein sollte.
- ▶ Insgesamt kann festgestellt werden, dass in Bezug auf Informations- und Meinungsbildung die umweltförderlichen Wirkungen der Digitalisierung (z. B. zur verständlichen und zielgruppengerechten Kommunikation von komplexen Umweltinformationen) verstärkt genutzt werden sollten. Den möglichen Risiken, wie den sogenannten Filterblasen- oder Echokammer-Phänomenen, kann vor allem durch Verbesserung der Medienkompetenz auf Seiten der Verbraucher entgegengewirkt werden. Die Nutzung von Big Data und Nudging für Umweltzwecke sollte geprüft werden – zu ihren Möglichkeiten sowie Risiken sollten Erfahrungen aus anderen Ländern herangezogen werden.

Hintergrund:

In Zeiten einer weltweit zunehmenden Nutzung des Internets (ca. 4,3 Mrd. Menschen nutzten 2018 das Internet; Rabe 2019) werden immer mehr Daten generiert. 2018 wurden insgesamt 33 Zettabyte erzeugt (33 mit 21 Nullen; anders ausgedrückt: ein Zettabyte entspricht 1.000 Milliarden Gigabyte; vgl. Tenzer 2019). Daher ist die Nutzung datenbasierter Geschäftsmodelle in den vergangenen Jahren ebenfalls stark angestiegen (Zuboff 2016).

Unter dem Stichwort Big Data Analytics (Massendatenverarbeitung) wird die Analyse dieser großen Datenmengen verstanden. Eine Herausforderung dabei ist die Aufbereitung unstrukturierter Daten und Verknüpfung von Daten aus verschiedenen Datenquellen. Auf Ebene einer Organisation (z. B. eines Unternehmens) können solche Daten in verschiedenen Organisationsbereichen gesammelt und in Datenbanken abgelegt werden. Die Extraktion dieser Daten sowie deren Optimierung und Auswertung sind erste Analyseschritte. Daten können auch von zahlreichen Sensoren (Bewegung, Lokalisierung, Kameras, Herzfrequenz, Schrittzähler u. v. m.), über Cookies erfasste Spuren im Internet und aus vielen weiteren denkbaren Quellen stammen. Dies wird möglich, weil der deutlich überwiegende Teil der weltweit erzeugten Daten mittlerweile in digitaler Form erhoben wird.

Vor allem die Verbreitung digitaler Technologien hat zu den steigenden Datenmengen geführt. Internetnutzende generieren Daten nicht länger nur an Computern, sondern auch über Smartphones und die Nutzung von Wearables wie Smartwatches, Fitness-Tracker usw. Dies sind einerseits Technologien, die individuell genutzt und zum Beispiel am Körper getragen werden und somit Rückschlüsse auf individuelles Verhalten erlauben. Es ist aber andererseits auch zu einer Verbreitung von ambienten Technologien gekommen, d. h. Sensoren, die in der Umgebung aktiv sind und dabei zum Beispiel Verkehrsdaten, Umweltdaten etc. aufzeichnen. Dazu kommen auch demografische Daten wie Alter, Geschlecht, Einkommen, Wohnort usw. Mittlerweile finden sich vielfältige Fallbeispiele (vgl. z. B. Lischka und Klingel 2017 und Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. [Bitkom] 2015), die das Spektrum möglicher und bereits eingesetzter Anwendungen aufzeigen.

Big Data-Analysen werden bereits dazu genutzt, persönliche Profile von Internetnutzenden zu erstellen und das Verhalten von Menschen zu beeinflussen. Verbreitete Anwendungsfelder sind u. a. die Beeinflussung von Wahl- und Kaufentscheidungen durch personalisierte Werbung, die Anpassung von Versicherungstarifen im Gesundheitswesen auf Basis individueller Verhaltensweisen oder die Festlegung von Verkehrsstrafen anhand des erfassten Fahrverhaltens.

Viele der neuartigen Ansätze zur Auswertung dieser Daten verhelfen den Akteuren, die darauf Zugriff haben, zu Erkenntnissen, die die Privatsphäre von Personen gefährden können (Balkan 2016). So können etwa Daten über das Fahrverhalten von Versicherungen dazu genutzt werden, individualisierte Tarife zu entwickeln (Deutscher Bundestag 2018). In Zukunft sind weitere Einsatzszenarien denkbar, die bis hin zu einer auf staatlicher Ebene eingesetzten gesellschaftlichen Steuerung (Stichwort: Social Scoring) reichen (Ferdinand und Kind 2018).

In der heutigen Zeit sind Daten ein wertvolles Wirtschaftsgut und haben sich zur Haupteinkunftsquelle von global agierenden Internetunternehmen (GAFA: Google, Amazon, Facebook und Apple) entwickelt (The Economist 2017). Geschäftsmodelle, die auf der Analyse dieser Daten basieren, setzen voraus, dass die notwendigen Daten nach den jeweils geltenden Datenschutzbestimmungen zugänglich sind bzw. eingekauft werden können. Die europäische Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) hat hierzu neue Grenzen bezüglich der Zulässigkeit der Verarbeitung und Monetarisierung personenbezogener Daten gesetzt, deren Einhaltung für Unternehmen, die Massendatenverarbeitung betreiben, jedoch in der Praxis nicht ohne Schwierigkeiten möglich ist (Steinebach et al. 2016).

Aber nicht nur Unternehmen entwickeln Interesse an einer Entscheidungsbeeinflussung ihrer (potenziellen) Kundinnen und Kunden. Auch politische Institutionen in westlichen Kulturkreisen beginnen, Big Data-Anwendungen zu nutzen, um zivilgesellschaftliches Verhalten unter dem Motiv der Gemeinwohlorientierung zu beeinflussen. Dazu gehören beispielsweise Simulationen (etwa im Bereich der Technikfolgenabschätzungen zu Konfliktpotenzialen technologischer Entwicklungen), Visualisierungen komplexer Sachverhalte oder Evidenzbasierung politischer Entscheidungen.

Auf gesellschaftlicher Ebene lässt sich eine zunehmende Auseinandersetzung mit der Bereitschaft, Daten zur Verfügung zu stellen, beobachten. Ausgehend von der Annahme, dass bestehende gesetzliche Gegebenheiten, aber auch individuelle Kompetenzen unzureichend an die neuen Möglichkeiten der Massendatenverarbeitung angepasst sind, werden unter dem Begriff der Datensouveränität (oder auch digitale Souveränität) neue Ansätze für einen selbstbestimmten Umgang mit Big Data diskutiert (Smart Data Forum 2019; Kreml 2018). Ein Kernaspekt besteht darin, Internetnutzern mehr Kontrolle und Transparenz über die Art und Weise der Verwendung ihrer Daten zu geben. Damit einhergehen sollen neben unternehmerischer und politischer Selbstverantwortung auch technische Ansätze zur Erhöhung der individuellen Selbstbestimmung (Mooy 2017). Der Diskurs ist breit gefächert und findet z. B. auch Wiederhall im Gesundheits- und Pflegebereich (Deutscher Ethikrat 2017).

Es zeichnen sich bereits jetzt vielfältige Facetten dieses Themenkomplexes ab. Zukünftig kann erwartet werden, dass der gesellschaftliche Diskurs, aber auch politische Entscheidungsprozesse im Miteinander mit technischer Innovation und wirtschaftlichen Interessen voranschreiten. Eine eindeutige Entwicklungsrichtung lässt sich ebenso wenig vorhersagen wie ein Zeithorizont, in dem die Entwicklung ihren Höhe- oder Umkehrpunkt erreichen wird.

Emerging Issues:

1. Algorithmbasierte Informations- und Meinungsbildung: Im Zuge der zunehmenden Massendatenverarbeitung entstehen verschiedene Möglichkeiten, Internetnutzenden individualisierte Informationen anzuzeigen. Dies reicht von einer algorithmbasierten Sortierung von Schlagzeilen über (Kauf-)Empfehlungen auf Basis vergangenen Verhaltens bis hin zu individualisierten, zeit- und ortsabhängigen Werbeanzeigen. Auf diese Weise entstehen für Internetnutzer Ausschnitte der Realität, in denen nur diejenigen Informationen sichtbar sind, die von Anbietern anhand von Persönlichkeitsprofilen als relevant erachtet werden. Häufig wird im Zusammenhang mit Informations- und Meinungsbildung auch von Filterblasen oder Echokammern gesprochen, also von digitalen Räumen, in denen nur selektiv Informationen verfügbar sind. Auf Grundlage selektierter Informationen gebildete Meinungen können sich von denjenigen Meinungen unterscheiden, die auf



anderen Informationsgrundlagen gebildet werden. Konsumententscheidungen, politische Einstellungen und Weltbilder können sich so zunehmend ausdifferenzieren und verfestigen, mit entsprechendem Konfliktpotenzial.

Umstritten ist, ob diese Entwicklung ausschließlich negativ beurteilt werden muss oder ob sich für Nutzende nicht auch Vorteile bieten. Ein häufig vorgebrachter Nachteil ist, dass Internetnutzende nicht mehr mit gegenteiligen Meinungen und alternativen Standpunkten konfrontiert werden und eigene Ansichten nicht mehr hinterfragen. Dies kann einen Nährboden für die Verbreitung von „Fake News“, „alternativen Fakten“ und Verschwörungstheorien schaffen. Damit verbunden ist die Vermutung, dass durch diese zunehmende Differenzierung von Meinungen und Gruppierungen eine Spaltung der Gesellschaft (s. a. Kapitel 2.9) voranschreitet. Auch der politisch motivierte Einsatz von gezielten Falschinformationen in großem Maßstab zur Beeinflussung von Wahlen oder der Störung bzw. Lenkung öffentlicher Debatten ist in den vergangenen Jahren immer wieder kontrovers diskutiert worden, denn ein eindeutiger Wirknachweis ist häufig nur schwer zu erbringen (Bessi und Ferrara 2016; Kind et al. 2017).

Ein Vorteil dieser Entwicklung entsteht darin, dass die Informationsflut, die das Internet heute bietet, ein Stückweit reduziert und in der Form einer Filterung automatisch geordnet wird. Die individuellen Nutzerinnen und Nutzer müssen also nicht länger aufwendig nach Informationen suchen, sondern

erhalten für sie spezifische Inhalte wesentlich effizienter angezeigt. Dementsprechend ist vor allem bei jüngeren Menschen, die mittlerweile einen Großteil ihrer Informationsbedürfnisse über soziale Netzwerke wie Facebook oder Instagram und die Suchmaschine Google decken, eine gewisse Ambivalenz bei der Beurteilung dieser Entwicklung zu beobachten (Kluge et al. 2018).

2. Datenbasierte Beeinflussung von Entscheidungen:

In der digitalen Welt gibt es nicht nur Tendenzen, auf Basis digitaler Datenanalysen die Meinungsbildung von bestimmten Personengruppen zu beeinflussen, sondern auch, gewünschte Verhaltensweisen herbeizuführen, z. B. beim Konsum oder bei politischen Wahlentscheidungen. Dieses als „Nudging“ bekannte Konzept zielt nicht darauf ab, Verhaltensänderungen mittels ökonomischer Anreize oder Verbote und Regelungen zu erreichen. Vielmehr sollen Individuen in ihren Entscheidungen beeinflusst werden, um erwünschtes Verhalten zu erreichen.

Auf Basis von digital erstellten Kundenprofilen können beispielsweise Handelsunternehmen ihre Marketing- und Preispolitik für Kunden individualisieren und so Konsumententscheidungen gewinnmaximierend beeinflussen (sog. Microtargeting, vgl. Kind und Weide 2017). Dies kann anhand von

Anzeigen in Online-Shops geschehen, die Knappheit von Produkten (z. B. Flüge, Hotelzimmer etc.) suggerieren und zu schnellen Kaufentscheidungen animieren sollen, oder durch personalisierte Preise, wenn Daten bereits durch die Webseitenaufrufe über Kundinnen und Kunden gesammelt werden und nach einer Auswertung genutzt werden, „um Preise an die persönliche ‚Schmerzgrenze‘ [des Kunden] anzupassen“ (Schmidt 2016).

Umweltaspekte:

Auch aus Umweltperspektive ist sowohl die Veränderung der Informations- und Meinungsbildung als auch die Beeinflussung von Entscheidungen im Zuge der Digitalisierung von Bedeutung.

Was den Zugang zu Information angeht, ist festzustellen, dass die digitalen Medien zunächst einer Vielzahl von Akteuren ermöglichen, ihre Informationen und Meinungen in neuen medialen Formaten zu teilen und mit neuen technischen Möglichkeiten aufzubereiten, z. B. als Youtube-Filme, in kurzen Twitter-Meldungen etc. Für die Aufbereitung und Verbreitung von Umweltinformationen ist dies besonders relevant, da diese 1. häufig nicht unmittelbar erlebbar sind (wie z. B. der Biodiversitätsverlust, Schäfer 2012) und 2. grundsätzlich von einer höheren Komplexität gekennzeichnet sind (Wilson 2000 in Brüggemann und Engesser 2015, S. 2).





Akteure, die digitale Medien im Umweltbereich mit besonderem Gewinn nutzen, sind zum Beispiel Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die ihre sonst komplexen und vor allem in Fachkreisen debatierten Artikel, z. B. in Blog- oder Youtube-Formaten, kommunizieren (Brüggemann und Engesser 2015, S. 7). Auch NGOs, die neuen Strategien zur Information und Aktivierung von Zielgruppen, aber auch zur Vernetzung untereinander suchen, nutzen verstärkt digitale Medien als kostengünstige Kommunikationsmöglichkeit (Schäfer 2012).

Diese neuen Formate und Zugänglichkeit bergen allerdings aus Umweltperspektive auch Risiken. So können auch Informationen und Meinungen von zweifelhafter Qualität ungefiltert verbreitet werden. Gerade im Zusammenhang mit komplexen (Umwelt-) Themen kann eine fehlende Medienkompetenz zu Fehleinschätzungen über die Glaubwürdigkeit der Quellen und damit der gegebenen Informationen führen (Schweiger 2017, S. 163 f.).

Der Zugang zu Informationen mit Umweltbezug kann in Zeiten der Digitalisierung auch verschlechtert werden. So besteht beispielsweise die Gefahr, dass sich „Filterblasen“ bilden, in denen sich umweltrelevante Informationen nur schwerlich verbreiten. Ein Phänomen, das mit dem verringerten Zugang zu Umweltinformationen in Zusammenhang steht, ist die Homogenisierung von Meinungen innerhalb einzelner Gruppen (Schweiger 2017, S. 145). Brüggemann et al. zeigen z. B., dass Online-Blogger eher dazu tendieren, Kritiker des menschengemachten Klimawandels aus der Diskussion auszuschließen, als Vertreterinnen und Vertreter anderer Medien (Brüggemann und

Engesser 2015, S. 13). Im ungünstigsten Fall kann diese potenzielle Bildung von „Filterblasen“ zu einer Polarisierung von Meinungen führen (Schweiger 2017, S. 148).

Digitale Tools können Entscheidungen im Umweltbereich beeinflussen; aus Umweltperspektive wird u. a. die Idee des digitalen Nudgings diskutiert. Nudges können in unterschiedlichen Bereichen genutzt werden. Darunter fallen z. B. die Bereitstellung verständlicher und leicht zugänglicher Informationen, die „Selbstbindung“, bei der Menschen ihre gesetzten Ziele mit anderen teilen, regelmäßige digitale Erinnerungen oder Informationen über Konsequenzen früheren Verhaltens (Thorun et al. 2017, S. 28 f.). Es ist allerdings offen, ob und wie komplexe gesellschaftliche Problemstellungen überhaupt durch derartige Ansätze gelöst werden können (Helbing 2017). Außerdem ist auch kritisch zu analysieren, inwieweit Nudges bevormundend wirken könnten.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass in Bezug auf die Informations- und Meinungsbildung die umweltförderlichen Wirkungen der Digitalisierung verstärkt genutzt werden sollten, z. B. zur verständlichen und zielgruppengerechten Kommunikation komplexer Umweltinformationen. Den möglichen Risiken, wie den sogenannten Filterblasen- oder Echokammer-Phänomenen, kann durch Verbesserung der Medienkompetenz auf Seiten der Verbraucherinnen und Verbraucher entgegengewirkt werden. Die Nutzung von Big Data und Nudging für Umweltzwecke sollte geprüft werden – zu ihren Möglichkeiten und Risiken sollten Erfahrungen aus anderen Ländern herangezogen werden.



2.5 Robotik jenseits der Industriehalle

Trend: Autonome Robotik-Systeme werden in neuen Einsatzfeldern außerhalb der Industrie eingesetzt.

Emerging Issues:

- ▶ Robotische Systeme in der Landwirtschaft
- ▶ Robotische Systeme für Umweltforschung, -technik und -überwachung
- ▶ Robotische Systeme in Verkehr und Logistik
- ▶ Robotische Systeme im Haushalt

In Kürze:

- ▶ Sogenannte Serviceroboter finden zunehmend Einzug in den privaten, gewerblichen und wissenschaftlichen Bereich.
- ▶ Sie übernehmen Hausarbeiten, wie Staubsaugen oder Rasenmähen, bewirtschaften landwirtschaftliche Flächen, liefern Pakete aus oder liefern Informationen für die Umweltforschung.
- ▶ Je nach Anwendungsfeld und zukünftiger Gestaltung des Trends können sich sowohl Ent- als auch Belastungen für die Umwelt ergeben. Diese betreffen das Ernährungssystem ebenso wie das Verkehrssystem, private Haushalte oder die Forschung; Umweltbelastungen entstehen in jedem Fall durch den Rohstoff- und Energieaufwand, um die Geräte zu produzieren.

Hintergrund:

Die Nutzung von Robotern in der industriellen Fertigung hat vor ca. 50 Jahren begonnen. Seitdem hat sich ihr Einsatz, vor allem in den vergangenen Jahren, diversifiziert. Roboter haben die Industriehalle hinter sich gelassen und neue Einsatzfelder erschlossen. Zentrale Treiber hierfür sind neue Programmiermethoden, eine zunehmende Flexibilität der Einsatzgebiete von Robotern und steigende Rechenleistungen. Die größten Potenziale ergeben sich neben Industrierobotern bei robotischen Systemen zur Hausarbeit, Freizeit und Unterhaltung, in Medizin, Landwirtschaft, Verteidigung und Logistik (Expertenkommission Forschung und Innovation [EFI] 2016, S. 48 ff.).

Der Servicerobotikmarkt entwickelt sich dynamisch

Der internationale Dachverband der Robotik, die International Federation of Robotics (IFR), geht davon aus, dass zwischen 2019 und 2021 weltweit ca. 730.000 Serviceroboter im professionellen und ca. 50 Millionen im Endkonsumentenbereich zum Einsatz kommen werden und im selben Zeitraum in den Segmenten jeweils rund 33 Milliarden Euro bzw. rund 12 Milliarden Euro umgesetzt werden (Stubbe et al. 2019). Aktuell sind die Umsätze aus der Industrierobotik aber noch deutlich höher. Zwischen 2020 und 2025 könnte das Marktvolumen der Servicerobotik jenes der Industrierobotik überschreiten.

Aktuelle Angaben zur Verbreitung von Servicerobotern sind bis dato kaum zu finden. Auf Basis der sogenannten Robotikdichte (eingesetzte Roboter pro 10.000 Beschäftigte) kann sich jedoch der Verbreitung von Industrierobotern genähert werden. Für das Jahr 2018 gehörten Südkorea (710), Deutschland (322), Japan (308), Dänemark (230) und die USA (200)



zu den fünf Nationen mit den höchsten Robotikdichten im verarbeitendem Gewerbe (Brandt 2019). Aufgrund der technischen Schnittstellen verschiedener Technologien in der Industrierobotik und Servicerobotik kann davon ausgegangen werden, dass die Industrie- wie auch die Servicerobotik zukünftig vor allem in den Hochtechnologieländern zum Einsatz kommen werden. Ob von der Robotikdichte wirklich auf die internationale Verbreitung von Servicerobotik rückgeschlossen werden kann, wird sich zeigen. Im Jahr 2017 verneinten noch 85 % der europäischen Teilnehmenden einer Umfrage die Frage, ob sie einen Roboter zu Hause oder auf der Arbeit benutzen (Stubbe et al. 2019).

Serviceroboter erschließen die unterschiedlichsten Einsatzfelder

Laut prognostizierter Umsatzsteigerungen im zweistelligen Prozentbereich sind Roboter, die jenseits der industrialisierten Produktion eingesetzt werden, auf dem Vormarsch. Technische Innovationen in den Bereichen Künstliche Intelligenz, Autonomie und Sensortechnologie befeuern diese Entwicklung. Sie sorgen für eine breitere Funktionalität und ermöglichen die Erschließung neuer Einsatzfelder. Während Industrieroboter vor allem monotone, gefährliche oder körperlich anstrengende Arbeiten in einem eng abgegrenzten Sicherheitsraum umsetzen, sieht das bei Servicerobotern anders aus. Hier ist eine enge Kooperation bzw. die Interaktion mit dem Menschen gewünscht und das Aufgabenfeld von Servicerobotern ist häufig weniger spezifisch und komplexer.

Die Internationale Organisation für Normung definiert mit dem ISO-Standard 83733 Serviceroboter als

all jene Robotersysteme, die nicht im vollautomatisierten Umfeld eingesetzt werden (Stubbe et al. 2019). Nach dieser Negativdefinition sind also alle Roboter, die außerhalb vollautomatischer Fertigungsstraßen eingesetzt werden, Serviceroboter. Aufbauend auf der ISO-Definition können drei zentrale Merkmale ausgemacht werden, die für Serviceroboter charakteristisch sind: (1) ihr Einsatz erfolgt nicht in der vollautomatisierten, industriellen Produktion, (2) die Einsatzumgebung von Servicerobotern ist gering strukturiert oder offen bzw. vollkommen unstrukturiert und (3) für die Anwendung sind keine besonderen Bedienkenntnisse erforderlich, sodass sie auch durch Laien bedient werden können.

Serviceroboter werden aktuell vor allem für die Automatisierung von Dienstleistungen genutzt (Expertenkommission Forschung und Innovation [EFI] 2016):

- a. Zu den privaten Einsatzfeldern gehören z. B. Hausarbeit, Freizeit und Unterhaltung, Sicherheit und Überwachung, Pflege und Assistenz.
- b. Im gewerblichen Einsatz finden sich Serviceroboter u. a. in den Feldern Medizin, Logistik, Verteidigung, Rettung und Sicherheit, Landwirtschaft und Gelände (einschl. Raumfahrt und Bergbau), professionelle Reinigung, Unterwasser, Bau und Abbruch, Inspektion und Wartung, mobile Plattformen, Exoskelette sowie Öffentlichkeitsarbeit.

Auch wenn die „professionelle“ Nutzung im gewerblichen Bereich dominiert, sind private Anwendungen vor allem zur Unterstützung der Hausarbeit – Beispiele hierfür sind insbesondere die Staubsaug- und Rasenmäher-Roboter – mittlerweile etabliert. Europäische Hersteller nehmen eine besondere Rolle im globalen Marktgeschehen ein. Ungefähr 40 % der registrierten Hersteller von Servicerobotik kommen aus Europa. Neben Europa sind Nordamerika und Asien zwei weitere Regionen, in denen besonders viele Hersteller ihren Hauptstandort haben. Während Europa im Kontext der gewerblichen Servicerobotik eine führende Rolle einnimmt – insbesondere in den Feldern Landwirtschaft, Bau und Konstruktion, Unterwassersysteme, Sicherheitsanwendungen und Medizin – sind die Auslieferungen von Servicerobotern für private Einsatzfelder sehr niedrig. Hemmnisse für den Einsatz von Servicerobotern sind hierzulande u. a. der Preis sowie die Akzeptanz für den Technikeinsatz in den eigenen vier Wänden (Gillhuber 2018).

Emerging Issues:

Die Auswirkungen eines breiten Einsatzes von Robotik im privaten und gewerblichen Dienstleistungssektor sind divers und bislang noch schwer abzuschätzen. Im Folgenden ist eine Auswahl unterschiedlicher Anwendungsfelder dargestellt, in denen erwartet wird, dass der Einsatz von Servicerobotern zunehmen wird und Umweltwirkungen mit sich bringt.

1. **Robotische Systeme in der Landwirtschaft:** Für die Aussaat und Pflege werden vermehrt Roboter und Drohnen genutzt, die mit komplexem Sensor-equipment ausgestattet sind und autonom agieren. Die Präzisionslandwirtschaft wird durch den Einsatz von automatisierten Systemen unterstützt. Hierfür werden Daten bezüglich der Nährstoffdefizite oder des Wassergehaltes in Böden, des Wohlbefindens der Pflanzen oder des möglichen Schädlingsbefalls aufgenommen und ausgewertet. Aufbauend auf den Ergebnissen können die Ausbringung von Saatgut und der Ernteprozess optimiert werden. Darüber hinaus helfen die Daten dabei, die Pflanzen bis zur Ernte optimal zu versorgen. So lässt der Einsatz robotischer Systeme es zu, Düngemittel und Pestizide situationsgerecht auszubringen und die Ernte mit möglichst geringen Verlusten einzubringen. Mit Hilfe der Daten können aber auch die Routen (autonom) landwirtschaftlicher Maschinen, die auf dem Feld und im Wald zu Schäden durch Bodenverdichtung führen können, optimiert werden (Wolfangel 2019).
2. **Robotische Systeme für Umweltforschung, -technik und -überwachung:** Serviceroboter (darunter Drohnen), die beispielsweise Tierbewegungen erfassen, die Vegetation kartieren oder Umweltverschmutzung feststellen, könnten zukünftig eine wichtige Rolle im Nachhaltigkeitskontext spielen. Auch die Inspektion kritischer Infrastrukturen, aus denen Giftstoffe austreten könnten, oder das Umwelt-Monitoring beim Tiefseebergbau sind denkbare Anwendungsfelder für Serviceroboter. Eine besondere Rolle nehmen autonome Roboter ein, die aktiv in die Umwelt eingreifen, beispielsweise bei der Reinigung von Gewässern oder zur „automatisierten“ Kontrolle bzw. Bestandsminimierung invasiver Arten.
3. **Robotische Systeme in Verkehr und Logistik:** Die Einführung robotischer Systeme in die Logistik und allgemeiner den Mobilitätssektor ist an vielen Stellen in vollem Gange. Für den breiten Einsatz in dem Bereich ist eine echtzeitgesteuerte Infrastruktur notwendig; eine der größten Herausforderungen für solche Systeme. Selbstfahrende Shuttlebusse werden in ersten Pilotprojekten bzw. Pilotstrecken eingesetzt. Aktuell sind aus rechtlichen Gründen noch Fahrerinnen und Fahrer mit an Bord, die in einer Notfallsituation eingreifen können. Für die Zukunft sind aber vollautonome Systeme geplant. Der Weg zum Roboter-Taxi scheint gangbar. Auch in der Logistik ist der Einsatz von Servicerobotern bereits (nahe) Realität. Pakete sollen in urbanen Ballungsräumen mit Hilfe





von Drohnen zum Endkunden gebracht („letzte Meile“) oder in schwer zugängliche Regionen geliefert werden, in denen eine Lieferung auf der Straße oder Schiene nicht möglich ist. Neben den Transportroboter-Anwendungen sollen autonome Drohnen zukünftig in Lagerhallen und Fabriken, aber auch zur Bestands- und Stammdatenerfassung eingesetzt werden.

4. **Robotische Systeme im Haushalt:** Serviceroboter haben längst den Einzug in unseren Haushalt geschafft. Das Portfolio reicht von Robotern, die staubsaugen, Rasen mähen, den Swimmingpool reinigen oder die Fenster putzen. Ihr großes Manko: sie sind relativ simpel gestrickt. Haushaltsroboter sind allesamt auf einen ganz spezifischen Anwendungsfall ausgelegt, wie der Rasenmäher-Roboter, der Staubsauger-Roboter oder der Fensterputz-Roboter. Völlig autonom können sie aber auch diese Aufgaben nicht ohne menschliche Hilfe erledigen. In der Regel benötigen sie spezifisch abgesteckte Einsatzräume, die der Anwendende definieren muss, oder müssen von Einsatzort zu Einsatzort gebracht werden. Damit das künftig ohne menschliche Hilfe gelingt, müssen die Serviceroboter unser Handeln besser verstehen und darauf abgestimmt sein. Die nächste große Herausforderung wird es sein, universelle robotische Haushaltshilfen zu entwickeln, die möglichst viele Fähigkeiten in einem System vereinen und den Menschen bedürfnisgerecht unterstützen können.

Umweltaspekte:

Grundsätzlich entstehen direkte Umweltwirkungen durch die Herstellung der Roboter sowie durch die für die Nutzung der Roboter notwendige Infrastruktur (hierzu gehört etwa die IKT-Infrastruktur und die Energieversorgung). Die Umweltauswirkungen robotischer Systeme sind außerdem differenziert nach den verschiedenen Anwendungsfeldern zu betrachten:

In der Präzisionslandwirtschaft werden robotische Systeme bereits seit Längerem eingesetzt. Potenziale haben diese Systeme vor allem hinsichtlich einer effizienteren Produktion (Walter et al. 2017), z. B. wenn robotische Systeme Unkraut jäten und so weniger Pestizide notwendig sind. Auch in der Tierhaltung soll Animal Precision Agriculture bei der Identifizierung von kranken Tieren helfen. Allerdings sind die Systeme teuer in der Anschaffung und damit vor allem für größere Agrarbetriebe rentabel, für die sich die Investitionen beim Dünger nach einer gewissen Zeitspanne amortisieren. Kleine landwirtschaftliche Betriebe könnten zwar Systeme leasen oder gemeinschaftlich nutzen, letztlich besteht aber die Gefahr, dass sie noch stärker aus dem Markt gedrängt werden. Übergreifend betrachtet besteht das Risiko, dass der Einsatz robotischer Systeme im Rahmen von Precision Farming vor allem die intensive Landwirtschaft stärkt und die extensive Landwirtschaft tendenziell verdrängt (Walter et al. 2017). Damit ergeben sich auch Auswirkungen für das Ziel einer Agrarwende, insbesondere, wenn durch die hohen Anschaf-

fungskosten Lock-in-Effekte und Pfadabhängigkeiten auftreten und so Systemwechsel erschwert werden.

In der Umweltforschung, -technik und -überwachung ergeben sich Potenziale auf verschiedenen Ebenen. Grundsätzlich ermöglichen robotische Systeme in diesem Anwendungsfeld ein besseres, räumlich expliziteres Bild über den Umweltzustand. Damit sind robotische Systeme erst einmal nützlich für evidenzbasierte Politikinformation und generell für die Umweltforschung. Die Umsetzung politischer Maßnahmen ließe sich so auch besser monitoren und ihr Effekt wesentlich besser evaluieren. Weitere Anwendungsmöglichkeiten betreffen den Einsatz zur Eliminierung gefährlicher Stoffe sowie für den Katastrophenschutz.

Im Bereich Verkehr und Logistik wird bereits seit Längerem über die potenziellen Nachhaltigkeitseffekte des autonomen Fahrens diskutiert (vgl. z. B. Milakis et al. 2017 und Taiebat et al. 2018). Autonomes Fahren könnte Fahrzeiten etwa auch in der Logistik verringern, Straßen- und Kreuzungskapazitäten erhöhen, gleichzeitig aber auch Anreize für längere Fahrten setzen, u. a. da nun weiter entfernte Reiseziele bequemer erreichbar werden (Milakis et al. 2017, S. 327). Durch das autonome Fahren als Car-Sharing könnten die Anzahl privater PKWs reduziert und notwendiger Parkraum stark verringert werden; ebenso könnte der Kraftstoffverbrauch und Luftschadstoffbelastungen vermindert werden (Milakis et al. 2017, S. 327–328). Autonomes Fahren steht aber auch in Konkurrenz zum ÖPNV: Es könnte zu vermehrten Leerfahrten führen und damit das umweltpolitische Ziel eines Wechsels auf den Umweltverbund erschweren (Taiebat et al. 2018).

Robotische Systeme in Haushalten sind aus Umweltsicht bislang noch kaum beleuchtet worden. Es ist anzunehmen, dass Roboter häusliche Tätigkeiten effizienter als Menschen erledigen können. Dementsprechend könnten vermehrt solche Geräte zum Einsatz kommen und die Ressourcenverbräuche für Produktion und Nutzung steigen. Auch Rebound-Effekte sind denkbar, wenn nun häusliche Tätigkeiten wesentlich häufiger als vorher durch Roboter erledigt werden oder die neue Technik wesentlich energieintensiver ist als die nicht automatisierten Geräte. Dies könnte ggf. durch Sharing-Systeme für Roboter aufgefangen werden.



2.6 Technologisierung des Gesundheitssektors

Trend: Digitale Technologien verändern den Gesundheitssektor.

Emerging Issues:

- ▶ IT-Konzerne drängen auf den Gesundheitsmarkt
- ▶ Health at Home und eHealth
- ▶ Human Enhancement

In Kürze:

- ▶ Digitale Technologien werden zunehmend im Gesundheitssektor entwickelt und eingesetzt. Einerseits handelt es sich dabei um Lösungen, die Herausforderungen im Gesundheitssektor adressieren. Andererseits nutzen auch zunehmend Individuen digitale Anwendungen, um z. B. Gesundheitsdaten zu erfassen.
- ▶ Die Vielfalt technischer Lösungen hat in den letzten beiden Jahrzehnten stark zugenommen. Nicht zuletzt begünstigt durch die Verbreitung von Smartphones haben sich zunehmend tragbare Geräte (sog. Wearables) etabliert sowie darauf laufende Software-Applikationen (Gesundheits-Apps). Auch technische Systeme zur Unterstützung körperlicher Tätigkeiten im Gesundheitsbereich (z. B. Exoskelette oder Roboter im Pflegebereich) verlassen langsam die Domäne der Forschung und gelangen in die Anwendung, ebenso wie Unterstützungssysteme im häuslichen Bereich.

- ▶ Direkte Umweltauswirkungen entstehen durch die notwendige Infrastruktur für die digitalen Lösungen (z. B. Energie- und Ressourcenverbräuche). Indirekte Auswirkungen könnten sich durch die Datensammlung, -auswertung und -ausgabe ergeben, etwa durch die Personalisierung des Medikamenteneinsatzes und Darstellung umweltbezogener Gesundheitsauswirkungen.

Hintergrund:

Wie viele andere Sektoren erfährt auch der Gesundheitssektor einen dynamischen Wandel. Der Einsatz digitaler Technologien hat mit der Verbreitung mobiler Endgeräte (Smartphones, Tablets, Smartwatches) und darauf laufender Anwendungen (Gesundheits-Apps) in den letzten zehn Jahren stark zugenommen. Da der Gesundheitssektor seinerseits durch externe Effekte (Fachkräftemangel, Multimorbidität etc.) unter Druck gerät, ist die Notwendigkeit einer Entwicklung und Anwendung innovativer Lösungen hoch. Als Hightech-Branche, die weltweit am stärksten in Forschung und Entwicklung investiert (Bundesministerium für Gesundheit [BMG] 2019c), verfügt der deutsche Gesundheitssektor über zahlreiche Potenziale, innovative, digitale Lösungen hervorzubringen.

Der Einsatz neuer und digitaler Technologien im Gesundheitssektor soll dazu beitragen, diese Herausforderungen zu lösen. Im Pflegebereich werden Unterstützungssysteme erforscht, die bei körperlich anspruchsvollen Tätigkeiten assistieren sollen (z. B.

Hebehilfen, Exoskelette etc.). Für die stationäre Behandlung existieren robotische Lösungen, die im Operationssaal unterstützen, oder zunehmend präziser arbeitende diagnostische Instrumente. Für stationäre Therapien können durch Sensorsysteme Bewegungsanalysen erstellt werden, die bei der Rehabilitation nach Verletzungen oder Operationen helfen.

Auch ins häusliche bzw. private Umfeld halten digitale Technologien im Gesundheitsbereich vermehrt Einzug: Ambient Sensorsysteme, mit denen z. B. in häuslicher Umgebung der Gesundheitszustand überwacht wird (Stichwort: Ambient Assisted Living), umfassen unter anderem Sturzerkennungssysteme, Notrufsysteme, aber auch Steuerungssysteme, mit denen die häusliche Umgebung im Falle körperlicher oder geistiger Einschränkungen gesteuert werden kann. Im privaten Bereich haben sich zahlreiche digitale Anwendungen etabliert. Schätzungen zufolge existieren weltweit mehr als 100.000 sogenannte Gesundheits-Apps (Thranberend et al. 2016). Diese sind häufig aus Marketing-Zwecken dem Gesundheitsbereich zugeordnet, während ihre Funktionalitäten eher auf das Wohlbefinden (Wellness) und das Selbstmanagement der oder des Einzelnen ausgerichtet sind. Davon ausgenommen sind diejenigen Anwendungen, die z. B. Herzrhythmusstörungen erkennen sollen oder bei der Diabetes-Behandlung unterstützen (neben weiteren). Darüber hinaus etablieren sich weitere digitale Technologien, wie z. B. die ganze Bandbreite der Wearables, also am Körper getragene Geräte, die Geschwindigkeit, Puls- und Herzfrequenz und weitere Körperfunktionen messen. Dazu gehören Fitnessarmbänder, Smartwatches und auch Datenbrillen und elektronische Kleidung (Heise Online 2019).

Potenziale digitaler Technologien im Gesundheitssektor

Mit der zunehmenden Verbreitung digitaler Technologien im Gesundheitssektor und der Gesellschaft entstehen vielfältige Potenziale für Veränderungen. Getrieben werden Veränderungen im Gesundheitssektor von mehreren Entwicklungen, zu denen die steigende Lebenserwartung, die niedrigen Geburtenraten (demografische Faktoren) ebenso zählen wie die Frage nach der Generationengerechtigkeit (Finanzierbarkeit des Gesundheitssystems) und der wachsende Bedarf an Fachkräften (Ärzte Zeitung Online 2018).

Auch sich wandelnde Strukturbedingungen, wie etwa das Eintreten neuer Akteure in den Gesundheitssektor und die Veränderung räumlicher Gegebenheiten (z. B. Ärztemangel in ländlichen Regionen), tragen dazu bei, dass digitale Technologien im Gesundheitssektor zum Einsatz kommen.

Digitale Technologien können bestimmte, vor dem Hintergrund eines demografischen Wandels auftretende Versorgungsengpässe schließen. Wenn durch Ärztemangel in ländlichen Regionen telemedizinische Anwendungen genutzt werden, kann sich die Gesundheitsversorgung verbessern. Infrage kommen dabei Video- und Chatsysteme, wobei Innovationen im Bereich Künstlicher Intelligenz auch den Aufwand für das Gesundheitspersonal reduzieren können. Beispielsweise könnten mittels KI im Chatverlauf erste Symptome abgefragt und Diagnosen erstellt werden.

Die Steigerung der Versorgungsqualität und der -effizienz sind zwei Aspekte, unter denen digitale Technologien entwickelt werden (Bundesministerium für Gesundheit [BMG] 2017). Gleichmaßen ist die Adaption neuer Technologien nicht nur unter Nutzen-, sondern auch Kostenaspekten zu betrachten. Während Skepsis gegenüber neuen Technologien durch Einbeziehung der potenziellen Nutzerinnen und Nutzer abgebaut und Akzeptanz erhöht werden kann, stellt die Einführung neuer technischer Systeme immer auch eine Kostenfrage und damit auch eine Frage der Finanzierbarkeit des Gesundheitssystems dar.

Gesellschaftliche Bedeutung digitaler Gesundheitstechnologien

Aus gesellschaftlicher Perspektive ermöglichen digitale Technologien die Entwicklung eines neuen Gesundheitsbewusstseins. Insbesondere durch die Verbreitung von Smartphones und den darauf laufenden Anwendungen ist die Möglichkeit für Individuen entstanden, gesundheitsrelevante Daten direkt zu erfassen, zu analysieren und darauf aufbauend Unterstützung zu erhalten.

Die Bedeutung, die Gesundheit für die Gesellschaft und das Individuum hat, hat sich in den vergangenen Jahren gewandelt. Der Wunsch vom langen und gesunden Leben stellt ein starkes Bedürfnis auf individueller Ebene dar. Hierauf reagieren unter anderem Technologieunternehmen, die entsprechende unterstützende Anwendungen auf den Markt bringen.

Dadurch werden Individuen zunehmend in die Lage versetzt, ihre eigene Gesundheit bzw. ihr Wohlbefinden zu überwachen. Die dabei gesammelten Daten sind wiederum aus wirtschaftlichen Motiven für die Unternehmen interessant, können sie doch zur Erstellung individueller Kundenprofile genutzt werden.

Die Bedeutung des politischen Ziels, eine langfristige Gesunderhaltung der Gesellschaft zu unterstützen, wird durch die zunehmende Lebenserwartung und Multimorbidität und damit verbundene finanzielle Belastungen des Gesundheitssystems deutlich gesteigert. Wenn die Lebenszeit möglichst gesund verbracht wird, kann das helfen, die Kosten für das Gesundheitssystem und damit für die Gesellschaft zu senken bzw. die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit und Innovationskraft einer Gesellschaft zu steigern (Marx und Rahmel 2009). Weil digitale Technologien in der Gesellschaft und privat weit verbreitet sind, werden entsprechende Anforderungen auch an den Gesundheitssektor gestellt und digitale Angebote und Lösungen zunehmend nachgefragt (Albrecht et al. 2018).

Einsatz digitaler Technologien nicht ohne Herausforderungen

Der Einsatz technischer Systeme und digitaler Technologien im Gesundheitssektor ist nicht frei von Problemen und Hemmnissen. Neben den bereits angesprochenen Fragen der Akzeptanz und

der Finanzierbarkeit werden ethische Fragen (u. a. Selbstbestimmung, Datenschutz, Datennutzung etc.), aber auch Fragen der Sicherheit technischer Systeme diskutiert und erforscht (vgl. u. a. Deutscher Ethikrat 2017; Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik [BSI] o. A.). Auch die Etablierung entsprechender Infrastrukturen (Gesundheitstelematik) stellt nach wie vor eine Herausforderung dar.

Durch die Verbreitung digitaler Technologien verändert sich die Beziehung zwischen Individuen und Akteuren im Gesundheitssektor. Dies ist beispielsweise daran ersichtlich, welchen Stellenwert mittlerweile die Informationsbeschaffung von Patientinnen und Patienten in Zusammenhang mit Arztbesuchen eingenommen hat. Individuen suchen vorab oder im Nachgang selbstständig nach Informationen im Internet, die ihnen Erklärungsansätze für wahrgenommene Krankheitssymptome liefern (aerzteblatt.de 2018). Bisweilen kann das auch zu sogenannter Cyberchondrie führen, also der Einbildung (schwerer) Krankheitssymptome. Ärzte stehen dieser Herausforderung gegenüber und sehen sich unter Umständen mit Informationsvorsprüngen ihrer Patientinnen und Patienten konfrontiert.

Bislang zeichnen sich vielfältige Ansätze ab, die genannten Herausforderungen zu meistern. Auf politischer Ebene wurden Gesetze auf den Weg gebracht,



um Rahmenbedingungen für den Einsatz digitaler Technologien zu schaffen (Bundesministerium für Gesundheit [BMG] 2019a). Dazu gehört nicht nur die Möglichkeit, Gesundheits-Apps verschreiben zu können, sondern auch die Reduzierung der Papierform (elektronische Krankschreibung, E-Rezept, elektronische Übermittlung von Arztbriefen) und die Stärkung der Vernetzung und IT-Sicherheit von Akteuren im Gesundheitssektor.

Emerging Issues:

1. IT-Konzerne drängen auf den Gesundheitsmarkt:

Globale Internetkonzerne treten zunehmend als Akteure im Gesundheitssektor auf. Möglich wird dies, weil Sensorik in Geräten wie Smartphones, aber auch die zunehmende Verbreitung von Wearables, das Erfassen von Gesundheitsdaten erleichtert. Technologieunternehmen wie etwa Apple, Siemens oder IBM, die Hardware und/oder Software anbieten, mit der die Erhebung von Gesundheitsdaten möglich wird, drängen mit technologischen Innovationen in den Gesundheitssektor. So ist die Smartwatch des Technologieunternehmens Apple mit vielfältiger Sensorik ausgestattet und soll Daten wie Herzfrequenz, Stresslevel und Bewegungs- bzw. Aktivitätsmuster erfassen können. Wirtschaftlich relevant erscheint in diesem Zusammenhang der Besitz von Daten (vgl. Kapitel 2.3). Damit folgen branchenfremde Akteure im Gesundheitssektor einem allgemeinen Trend zu datenbasierten Geschäftsmodellen. In welchem Ausmaß und auf welchen Ebenen die zunehmende Akteursvielfalt im Gesundheitssektor Effekte hervorruft, wird sich noch zeigen. Denkbar ist beispielsweise eine Verdrängung etablierter Akteure, wie dies in Ansätzen bereits im Apothekenmarkt konstatiert werden kann (Kind 2018). Auch ist noch nicht absehbar, inwieweit die Analyse großer Mengen an Gesundheitsdaten auch gesundheitliche Wirkungen in der Gesellschaft entfaltet.

2. **Health at Home und eHealth:** Digitale Technologien (Fitness-Apps oder tragbare IT-Systeme, sog. Wearables, z. B. Brillen, Fitness-Uhren etc.) ermöglichen es Patientinnen und Patienten, Daten über ihren Gesundheitszustand kontinuierlich zu sammeln und Ärzten digital zu übermitteln. Mit dem E-Health-Gesetz wurde in der jüngeren Vergangenheit die Grundlage in Deutschland geschaffen, Patientendaten intelligent zu verknüpfen, um eine bessere gesundheitliche Versorgung

zu ermöglichen, z. B. bei Wechselwirkungen verschiedener Medikamente oder bei Therapien, an denen unterschiedliche Institutionen beteiligt sind (Bundesministerium für Gesundheit [BMG] 2019b). Damit steigt die Bedeutung sogenannter Health at Home-Anwendungen, mit denen eine Verknüpfung und Auswertung von Patientendaten ermöglicht wird und über entsprechende Schnittstellen (z. B. mobile Endgeräte) Empfehlungen zur Gesunderhaltung oder auch zur Therapie geben werden können. Die Verbreitung von eHealth-/Health at Home-Lösungen ist dabei an eine Reihe von Voraussetzungen geknüpft: Die Interoperabilität verschiedener Systeme ist dabei als zentral zu sehen. Wenngleich es im Gesundheitssektor starke Standards gibt (Stichwort HL7, vgl. HL7 Deutschland e.V. 2019), verläuft die praktische Umsetzung aufgrund der derzeitigen föderalen Strukturen im Gesundheitssektor vergleichsweise langsam. Neben der Schaffung der infrastrukturellen Voraussetzungen (Telematikinfrastruktur) gehört dazu auch die weitere Anpassung regulatorischer Rahmenbedingungen sowie die Einbindung von Anwendern und Anwenderinnen in die Entwicklung neuer Lösungen und letztlich die Identifikation geeigneter Anwendungsfälle und Instrumente für eHealth-Anwendungen (PwC 2016). Mit der Verabschiedung eines Gesetzes zur Verbesserung der Versorgungslage digitaler Lösungen im Gesundheitswesen sind erste Schritte bei der weiteren Anpassung regulatorischer Rahmenbedingungen erkennbar (s. o.). Die gesellschaftliche Wirkung dieser Veränderungen lässt sich derzeit nur spekulativ skizzieren: Es ist anzunehmen, dass je nach Verbreitung, aber auch Wirksamkeit digitaler Lösungen im Gesundheitswesen eine Verbesserung der Gesundheitsversorgung erzielt werden kann.

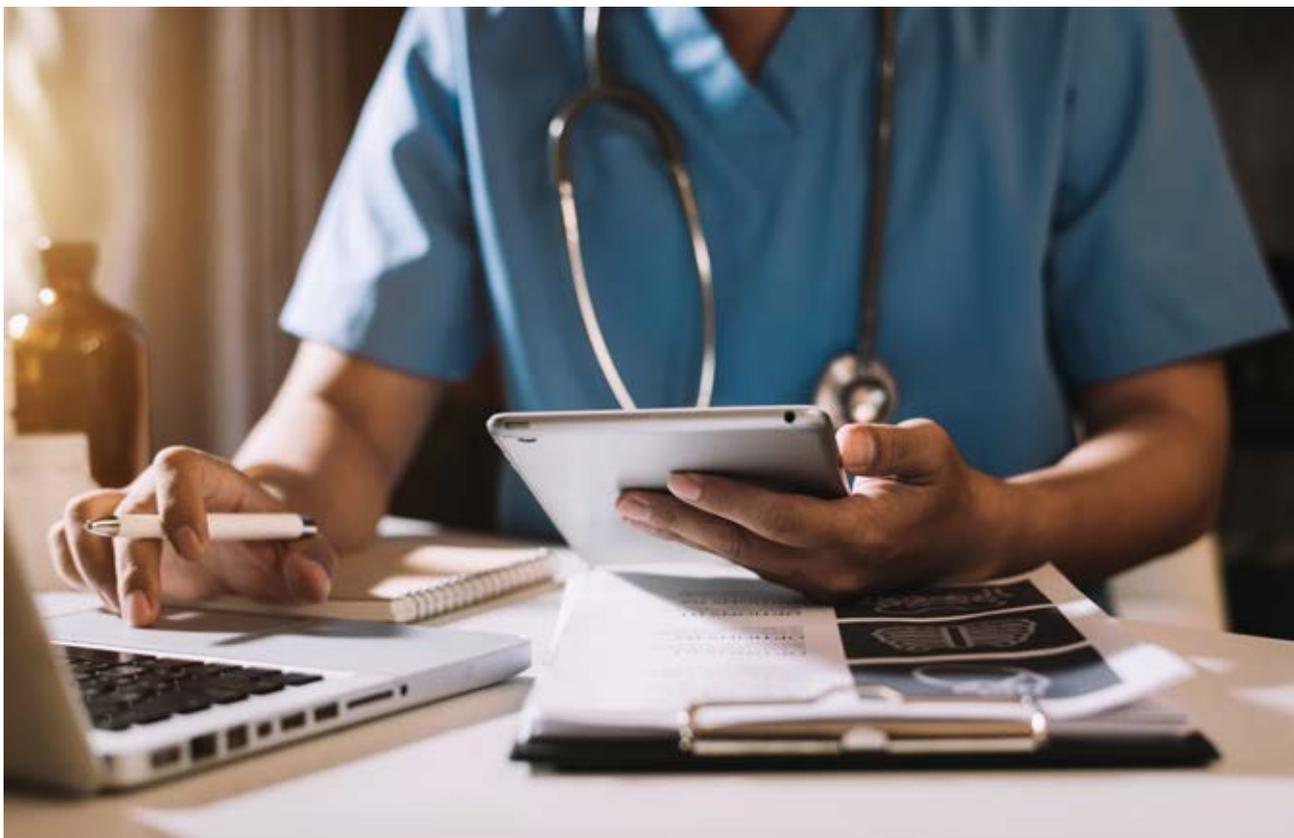
3. **Human Enhancement:** Während die bislang ange-rissenen Emerging Issues vor allem die Therapie und Prävention kranker Menschen umfassen, steht die Steigerung von körperlichen und geistigen Fähigkeiten zumeist gesunder Menschen im Fokus der Debatte um Human Enhancement (Schuijff und Munnichs 2013). Dabei kann es um die Veränderung des eigenen Erscheinungsbildes (z. B. Steigerung der Attraktivität), aber auch die Steigerung der Körperkraft (z. B. durch Nutzung von Prothesen oder Exoskeletten), die Erweiterung des Wahrnehmungsspektrums (akustische und

visuelle Stimuli jenseits des biologisch möglichen, also das Wahrnehmen von Ultraschall oder das Sehen im Infrarotbereich) oder die Modifizierung von Gehirnaktivitäten gehen (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag [TAB] 2016). Die dazu eingesetzten Technologien sind vielfältig und entstammen unterschiedlichen Bereichen (u. a. Nano- und Biotechnologie, Genetik, Neuro-Technologien, Prothetik, aber auch der Informatik). Neben nicht-invasiven, am Körper getragenen Systemen können auch Implantate (z. B. Cochlea-Implantate für das Gehör, Mikrochips am Sehnerv) und andere invasive Eingriffe zur Modifikation des menschlichen Körpers genutzt werden. Da dies jedoch nicht immer auf Basis medizinischer Notwendigkeit geschieht, hat sich in den vergangenen Jahren eine überschaubare Community an Personen gebildet, die diesen Diskurs prägen und einzelne Modifikationen erproben (Stichwort: Biohacking). Diese als Transhumanismus bezeichnete Bewegung ist nicht nur von der laufenden Selbstoptimierung des Individuums gekennzeichnet, sondern auch von der Vision getrieben, den menschlichen Geist mit einer Maschine zu verschmelzen (Stichwort: Singularität, vgl. Kurzweil 2005).

Umweltaspekte:

Die Technologisierung des Gesundheitssektors könnte sich direkt und indirekt auf die Umwelt auswirken. Direkte Umweltauswirkungen entstehen durch die notwendige Hardware und Infrastruktur für die digitalen Lösungen. Zu beachten sind die Energieverbräuche digitaler Lösungen, ebenso wie der Rohstoffverbrauch und ihr Beitrag zum global wachsenden elektronischen Abfall (E-Waste).

Indirekte Effekte entstehen mit dem Vordringen von IT-Konzernen in den Gesundheitssektor, wenn umfassend Gesundheitsdaten gesammelt und ausgewertet werden. Die so generierten Daten könnten genutzt werden, um die Ursachenerkennung von Krankheiten zu verbessern sowie Medikamenteneinsatz stärker zu personalisieren und zu verringern. Weniger Medikamente bedeuten auch Entlastungen hinsichtlich des Eintrags von Arzneimitteln in die Umwelt (vgl. für das Problem des Arzneimitteleintrags in die Umwelt: Ebert et al. 2014). Durch die Datenauswertung werden auch umweltbezogene Gesundheitsauswirkungen stärker sichtbar (Klimawirkungen, wie z. B. Hitze), wodurch wiederum politische Maßnahmen zum Klimaschutz besser legitimiert werden könnten.





Health at Home bzw. eHealth bietet erst einmal die Möglichkeit, über zukünftig weiter verbesserte Sensoren zu Hause oder in Wearables Gesundheits- und Umweltdaten zu sammeln und auszuwerten. Ziel ist, die Menschen zu gesünderen Lebensstilen zu animieren (gesünder Essen, mehr Bewegung etc.) oder im Krankheitsfall Unterstützung bereitzustellen. Denkbar sind auch räumlich explizite Hinweise zum Zustand der Umwelt, etwa hinsichtlich Lärm und Feinstaub, die auf den eigenen aktuellen Standort bezogen werden. Damit könnte auch eine bessere Verknüpfung zwischen allgemeinen Umweltbelastungen (Luftverschmutzung durch Verkehr vor dem Fenster) und individuell gesundheitsschädlichen Aktivitäten (z. B. Innenraumbelastungen im eigenen Haus durch mangelndes Lüften) unterschieden werden. Auch für die Klimaanpassung könnte der Gesundheitsschutz der Bevölkerung durch Warnungen über eHealth-Systeme oder digitale Medien vor Hitze und UV-Belastungen sowie durch Hinweise zu angemessenem Verhalten verbessert werden. Ferner könnte eine bessere Kenntnis über den Umweltzustand vor Ort dazu führen, dass dieser auf dem Wohnungsmarkt „eingepreist“ wird und Wohnungspreise in Gegenden mit schlechter Umweltqualität fallen. Dadurch würden sich auch ökonomische Interessen für eine Verbesserung der Umweltqualität ergeben.

Wie sich Human Enhancement künftig entwickeln wird, ist noch offen. Je intensiver der Mensch „weiterentwickelt“ wird, desto tiefgreifendere Eingriffe in die menschliche Autonomie sind zu erwarten. Verstanden wird Human Enhancement als „jede Art von genetischer, biomedizinischer oder pharmazeutischer

Intervention, die darauf abzielt, die Dispositionen, Kapazitäten oder das Wohlbefinden des Menschen zu verbessern“ (Übersetzung durch die Autoren; Hofmann 2017) mit allen Begleiterscheinungen auf die Umwelt, die bei pharmazeutischen Lösungen und im Zuge genetischer und biomedizinischer Eingriffe entstehen. Diskutiert werden aber auch Chancen, wie Liao et al. (2012) in einem Fachartikel über „neuartige Lösung für den Klimawandel“ beschreiben. Beim sogenannten Human Engineering geht es darum, das Klima durch „biomedizinische Veränderungen“ zu schützen, z. B. durch „pharmakologische Fleischunverträglichkeit“ (Übersetzung durch die Autoren; Liao et al. 2012). Mit dieser Art Eingriff wäre die Umwelt gegen die negativen Folgen des Fleischkonsums geschützt. Allerdings ergeben sich tiefgreifende gesellschaftliche Risiken für das Menschsein, die Würde und Freiheit; nicht zuletzt gerät die Legitimation der Umweltpolitik in Gefahr. So fokussiert sich die wissenschaftliche Diskussion vor allem auf die notwendigen Grenzsetzungen für solche hypothetischen Möglichkeiten des Human Enhancements (Hofmann 2017; Trachtenberg 2012).



2.7 Staatliche und privatwirtschaftliche Raumfahrt

Trend: Durch erleichterten und günstigen Zugang zum Weltraum wird dessen Nutzung für staatliche und private Raumfahrtakteure lohnenswerter.

Emerging Issues:

- ▶ Zahl privater Raketenstarts nimmt zu
- ▶ Massenproduktion von Kleinsatelliten
- ▶ Bedrohung durch Weltraumschrott
- ▶ Erschließung nicht irdischer Ressourcen

In Kürze:

- ▶ Seit etwa zehn Jahren gewinnen Raumfahrtaktivitäten weltweit unter dem Begriff New Space verstärkt an Bedeutung. Er steht für eine zunehmende Kommerzialisierung in der Raumfahrtindustrie. New Space-Unternehmen arbeiten an neuen Technologien für den Zugang zum und die Nutzung des Weltraums sowie an neuen Geschäftsfeldern für die Verwertung von Daten aus dem Weltraum, z. B. für Telekommunikation, Erdbeobachtung und Navigation.
- ▶ Verschiedene, ineinandergreifende Entwicklungen lassen sich thematisieren: Zum einen werden Satelliten kontinuierlich kleiner, zum anderen steigt die jährliche Anzahl der Raketenstarts durch staatliche und zunehmend auch private Akteure. Beides führt zu einer steigenden Menge an Hardware im Weltraum,

durch die neue Kenntnisse über die Erde erzeugt werden.

- ▶ Die Umweltbezüge sowohl der staatlichen als auch der privatwirtschaftlichen Raumfahrt sind aktuell noch wenig untersucht, verdienen aber mehr Aufmerksamkeit: Viele der neuen Anwendungsfelder scheinen ressourcenintensiv zu sein, z. B. wenn Raketenflüge zu touristischen Zwecken angeboten oder Ressourcen von erdnahen Asteroiden abgebaut werden.

Hintergrund:

In den vergangenen Jahren sind der Zugang zum Weltraum und die Nutzung desselben für staatliche und privatwirtschaftliche Akteure einfacher geworden. Mittlerweile befinden sich rund 2.000 aktive Satelliten in der Erdumlaufbahn und die Anzahl erfolgreicher Raketenstarts nimmt zu (Statista GmbH 2017). Dies ist vor allem den Aktivitäten von sogenannten New Space-Unternehmen zuzuschreiben, denen es verstärkt gelingt, technische Machbarkeit zu beweisen und Investorengelder einzuwerben (Foust 2019).

Trägerraketen werden nicht mehr ausschließlich im Auftrag nationaler Raumfahrtagenturen zur Erfüllung spezifischer Missionen entwickelt, sondern immer öfter von privatwirtschaftlichen Akteuren konstruiert und vermarktet. Ein Beispiel dafür ist die Falcon-9-Rakete des US-amerikanischen Unternehmens SpaceX (Space Exploration Technologies Corp.

[SpaceX] 2019b). Das Unternehmen hat es geschafft, die Preise für Raketenstarts durch technische Innovationen zu senken, und ist so zu einem Wettbewerber für etablierte, von staatlichen Aufträgen abhängige Raumfahrtunternehmen geworden. SpaceX setzt dabei auf die Wiederverwendbarkeit seiner Raketenstufen, d. h., nach erfolgtem Start und Abkoppeln der Nutzlast – üblicherweise Satelliten – kehrt die Raketenstufe zur Erde zurück und landet dort, sodass sie instand gesetzt und erneut gestartet werden kann (Buttler 2017).

Nutzung des Weltraums hauptsächlich mit Satelliten

Mit der Verfügbarkeit von Raketen und den damit verbundenen Startdienstleistungen ist die Schwelle, eigene Hardware in den Erdorbit zu befördern, für staatliche und private Akteure gesunken. Demzufolge können Länder ohne die kostspielige Entwicklung von Trägerraketen eigene Raumfahrtprogramme starten und in den Weltraum vordringen. Die Nutzung des Weltraums erfolgt derzeit primär durch Satelliten sowie durch Forschungsaktivitäten auf der internationalen Raumstation sowie durch die Erforschung des Sonnensystems mittels Raumsonden. Die wesentliche Kommerzialisierungsperspektive stellt aber die Nutzung von Satelliten dar.

Anwendungsfälle für Satelliten sind insbesondere die Erdbeobachtung (ca. 49 % aller Satelliten), die Kommunikation – zivil, kommerziell und militärisch (ca. 21 % aller Satelliten), die Meteorologie (15 %), die Navigation (2 %) sowie Forschungs- oder militärische Zwecke (13 % aller Satelliten) (Statista GmbH 2017, S. 24). Mehr Satelliten im Erdorbit bedeuten auch mehr Daten, die zur Erde übertragen werden (Downstream). Hierzu zählen auch die unterschiedlichen frei verfügbaren Dienste des europäischen Satellitennavigationssystems GALILEO. Bei der Analyse solcher Daten, etwa zur Vermessung, Beobachtung etc., entstehen vermehrt Geschäftsmodelle, da Raumfahrtagenturen die Verwertungspotenziale der gesammelten Daten über die wissenschaftliche Forschung hinaus erkannt haben (vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur [BMVI] 2017).

Raumfahrt ist ein wichtiger Bestandteil moderner Gesellschaften

Raumfahrt leistet einen wichtigen Beitrag zur Funktionsfähigkeit moderner Gesellschaften. Ohne satellitenbasierte Kommunikation und Navigation wären

viele technische Entwicklungen, z. B. Smartphones, nicht nutzbar. In der Raumfahrtindustrie arbeiten in Deutschland rund 9.000 Personen und erwirtschaften einen Jahresumsatz von ca. 3 Mrd. Euro (Zahlen von 2017; vgl. Bundesverband der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie e. V. [BDLI] 2018).

Allerdings ist dieser Mehrwert nicht immer sofort erkennbar. Dies zeigt sich insbesondere dann, wenn es um die vermeintlich hohen Ausgaben für Raumfahrt geht. Dabei haben staatliche Raumfahrtbudgets in den vergangenen Jahren eher stagniert und machen dazu noch einen häufig sehr kleinen Anteil an den gesamten Staatsausgaben aus: In Deutschland fließen ca. 1,8 Mrd. Euro in die Luft- und Raumfahrt. Dies entspricht 0,005 % der gesamten Staatsausgaben im Jahr 2019.

Um die entstehenden wirtschaftlichen Potenziale auch im Interesse der jeweiligen betroffenen Länder nutzen zu können, verabschieden einzelne Nationen spezifische Weltraumgesetze, die beispielsweise den Zugang und die Nutzung nicht irdischer Ressourcen regeln. Unter anderem haben Länder wie Luxemburg, USA, Russland und Japan bereits derartige Gesetze verabschiedet. In Deutschland wird dies ebenfalls gefordert (Fraktion der FDP 2019). Neben der jeweiligen Gesetzgebung, die einen regulierenden Rahmen bildet, formulieren nationale Weltraumstrategien langfristige Ziele und Maßnahmen. Eine entsprechende deutsche Strategie stammt aus dem Jahr 2010 (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie [BMWi] 2012) und berücksichtigt damit noch nicht die zahlreichen Entwicklungen der letzten Jahre. Für die deutsche Regierung besteht daher die Herausforderung, die nationale Raumfahrtstrategie zu aktualisieren, die die in Deutschland ebenfalls spürbaren Kommerzialisierungstendenzen durch geeignete Maßnahmen regelt und in jedem Fall auch künftige Konsequenzen der möglichen Entwicklungen antizipiert.

Emerging Issues:

1. **Zahl weltweiter Raketenstarts nimmt zu:** Raumfahrt wird durch technische Innovationen für ein breiteres Publikum erschwinglich. Aktuell gibt es weltweit rund zehn Unternehmen, die erfolgreich Trägerraketen gestartet haben, sowie ca. 15 weitere Unternehmen, die ebenfalls an der Entwicklung eigener Trägersysteme arbeiten. In Deutschland findet sich – neben der Beteiligung an der euro-

päischen Ariane-Rakete – das Unternehmen Isar Aerospace, das einen Kleinlastträger entwickelt, bislang aber erst Triebwerkstests durchgeführt hat.

Wettbewerbsvorteile lassen sich vor allem durch günstige Preise realisieren. Daher liegt das Hauptaugenmerk der Unternehmen insbesondere darauf, die Startkosten zu senken. Dies kann z. B. durch neue Treibstoffgemische, die Wiederverwendbarkeit von Raketstufen oder auch die Miniaturisierung von Nutzlasten erreicht werden. So bietet SpaceX aktuell einen Nutzlasttransfer bis zu 5,5 metrischen Tonnen mit der Falcon-9-Rakete in den Erdorbit für ca. 62,5 Millionen US-Dollar an (Space Exploration Technologies Corp. [SpaceX] 2019a); im Vergleich dazu kostet dieser mit einer europäischen Ariane-5-Rakete zwischen 137 und 170 Millionen US-Dollar. Wenn die Anbieter von Startdienstleistungen auf die steigende Nachfrage mit einem höheren Angebot reagieren, dann steigen in der Konsequenz zukünftig die Zahlen und Häufigkeiten von Raketenstarts weltweit an.

2. **Massenproduktion von Kleinsatelliten:** Flotten von Klein- bzw. Mikrosatelliten in niedrigeren Umlaufbahnen übernehmen Aufgaben der Telekommunikation, Erdbeobachtung und Navigation (in sogenannten Satellitenkonstellationen). Telekommunikationssatelliten sind oft tonnenschwere Geräte, die in geostationären Umlaufbahnen Funk- und Fernsehsignale zur Erde senden. Durch Signalverzögerungen waren Satellitentelefonie und die Bereitstellung satellitenbasierter Internetverbindungen lange nicht als massentaugliche Anwendung denkbar. Aber die zunehmende Miniaturisierung von Bauteilen, die Verwendung standardisierter Komponenten und nicht zuletzt die Verbesserung von Produktionsprozessen haben dazu geführt, dass seit einigen Jahren immer mehr Satellitenkonstellationen in niedrigen Erdumlaufbahnen eingerichtet wurden; damit kann Breitband-Internet auch in entlegenen Gegenden angeboten werden, ohne die Errichtung von Sendemasten, Glasfaserkabeln o. Ä. Beispiele für solche Projekte sind OneWeb-Constellation (OneWeb 2019), das Starlink-Projekt von SpaceX mit seinen angedachten 12.000 Satelliten (Trends der Zukunft 2018) oder das jüngst angekündigte Projekt Kuiper von Amazon (Sheetz 2019). Die Fähigkeit, viele Satelliten in den Erdorbit befördern



und dort nutzen zu können, hängt auch mit der zunehmenden Verfügbarkeit von Trägerraketen ab. Jedoch weisen Kleinsatelliten eine geringere Lebensdauer auf, weil miniaturisierte Komponenten unter Weltraumbedingungen – wie Strahlung und Temperaturschwankungen – schneller versagen. Kleinsatelliten müssen dementsprechend häufiger ersetzt werden. Dennoch können durch die Verwendung von Kleinsatelliten die Startkosten erheblich gesenkt werden: Denn entweder lassen sich Kleinsatelliten mit kleineren und damit günstigeren Raketen transportieren oder mehrere Kleinsatelliten können mit einer großen Träger Rakete befördert werden, sodass die Startkosten auf mehrere Satellitenbetreiber aufgeteilt werden können (vgl. indischen Startrekord in Trends der Zukunft 2017b und Quick 2017).

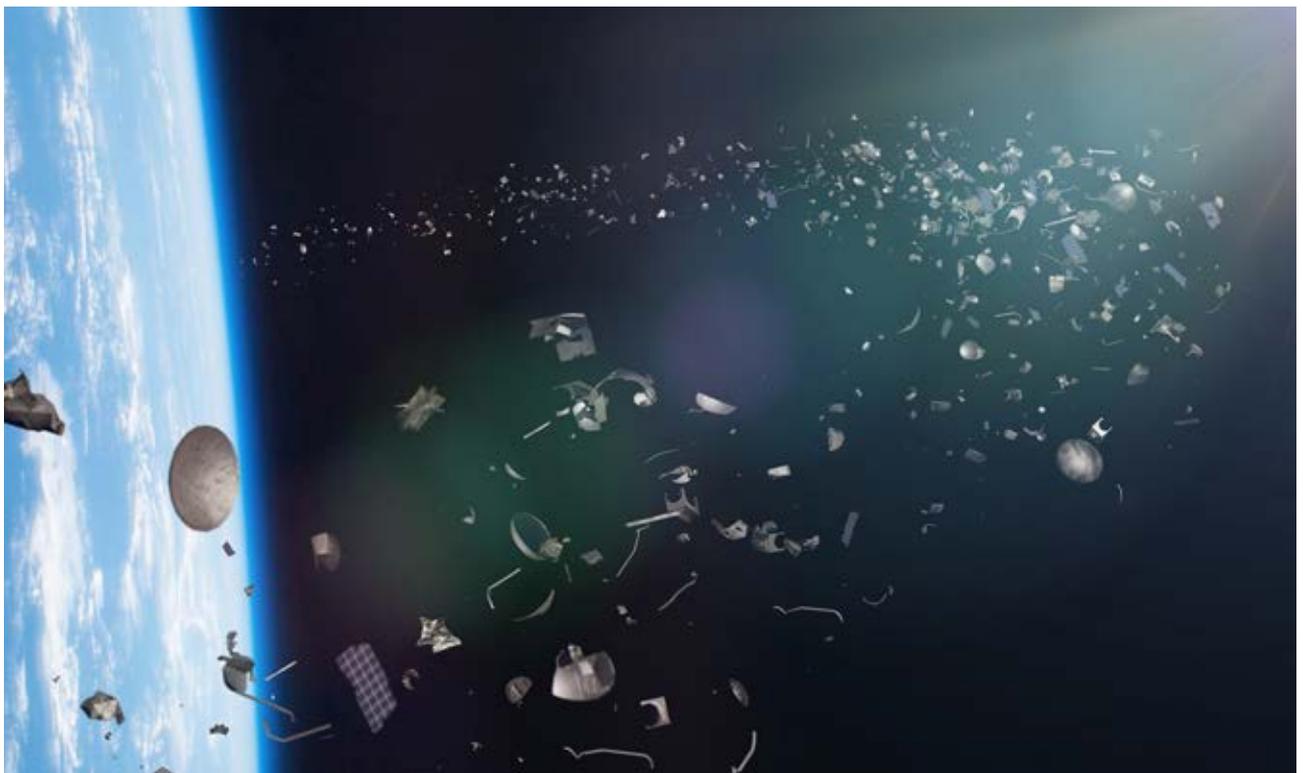
3. **Bedrohung durch Weltraumschrott:** Der erleichterte Zugang zum Erdorbit sowie die fehlende Infrastruktur für dessen Bereinigung erhöhen die Gefahr, die von ausgedienten Satelliten und Raketentriebwerken ausgeht. Jedes im Weltraum befindliche Objekt ist registriert und kann bis zu einer bestimmten Größe mittels Radar aufgespürt werden. Auch gibt es internationale Vereinbarungen der Raumfahrtationen (vgl. Inter-Agency Space Debris Coordination Committee [IADC]) darüber, wie lange beispielsweise Satelliten im Erdorbit bleiben dürfen und was nach Ablauf dieser Zeitspanne (aktuell 25 Jahre) mit ihnen geschieht: Entweder wird ein kontrollierter Absturz initiiert, der zum Verglühen in der Erdatmosphäre

führt, oder Satelliten werden in „Friedhofs-Umlaufbahnen“ geparkt, wo sie der aktiven Infrastruktur nicht in die Quere kommen.

Jedoch steigt mit zunehmender Nutzung des Erdorbits, vor allem durch kurzlebige Kleinsatelliten, nicht nur die Anzahl aktiver Objekte (von ca. 2.000 auf über 10.000, wenn nur ein Teil der gegenwärtig geplanten Konstellationen realisiert wird), sondern auch die Menge ausgebrannter Trägerstufen sowie kleinster Teile (Güttel und dpa 2018). Die Beseitigung bzw. Wiederverwendung dieses Weltraumschrotts wird in vielerlei Hinsicht als große Herausforderung gesehen: Selbst millimetergroße Schrottteile gefährden bereits die aktive Satelliteninfrastruktur, sodass eine Beseitigung bzw. Vermeidung der Schrottteile erforderlich ist. Inaktive Satelliten können aber auch zum Teil oder als Ganzes wiederverwendet werden, indem z. B. Treibstoff wieder aufgefüllt oder Bauteile recycelt werden. Die Herausforderung besteht dann darin, Technologien und Geschäftsmodelle zu entwickeln, mit denen Vermeidung, Beseitigung und Wiederverwendung möglich werden. Entsprechende Programme zur Entwicklung nachhaltiger Geschäftsmodelle werden aktuell insbesondere von der ESA gefördert (European Space

Agency [ESA] 2019c) und innovative Konzepte weltweit entwickelt (Szondy 2017).

4. **Erschließung nicht irdischer Ressourcen:** Neue Entwicklungen im Bereich der Space-Robotik ermöglichen die Erschließung von Ressourcen jenseits der Erde. Bislang sind nur einige Hundert Kilogramm Gesteinsproben vom Mond und von Asteroiden zu Forschungszwecken zur Erde gebracht worden (Apollo-Programm; Hayabusa-JAXA). Auf Basis wissenschaftlicher Analysen werden jedoch große Mengen von Rohstoffen, z. B. seltene Erden, Edelmetalle und Gase, speziell auf den Asteroiden im Sonnensystem vermutet. Zugang zu diesen Ressourcen soll mit Hilfe robotischer Systeme erlangt werden. Eine wirtschaftliche Perspektive existiert derzeit noch nicht, jedoch soll die Nutzung nicht irdischer Ressourcen die Abhängigkeit von den endlichen Vorräten irdischer Ressourcen verringern. Neben der Rückführung nicht irdischer Ressourcen zur Nutzung auf der Erde gibt es auch Ansätze einer sogenannten Vorort-Verwendung von Ressourcen (ISRU: In-Situ Resource Utilisation; vgl. European Space Agency [ESA] 2019a), also z. B. die Gewinnung von Raketentreibstoff auf dem Mond, der dann für das Betanken von Satelliten oder Raumschiffen genutzt werden kann, ohne dass bislang



praktische Anwendungen existieren. Auch fehlt bislang ein international abgestimmter, verbindlicher Rechtsrahmen, der Zugriff auf und Nutzung nicht irdischer Ressourcen regelt. Einzelne Länder dagegen, beispielsweise Luxemburg, haben in Erwartung technischer und wirtschaftlicher Machbarkeit bereits entsprechende Gesetze erlassen. Sollten sich nicht irdische Ressourcen erschließen lassen – z. B. auch Energie –, dann könnte dies gravierende Konsequenzen für das etablierte Wirtschaftssystem haben: Preise für Rohstoffe könnten deutlich fallen und bestehende Marktgleichgewichte ausgehebelt werden. Es bestünde auch die Möglichkeit, den weltweit wachsenden Energie- und Rohstoffbedarf zu decken, wodurch bestehende Verteilungsschwierigkeiten gelöst werden könnten.

Umweltaspekte:

Die Umweltauswirkungen der Raumfahrt, speziell der Nutzung von Satelliten, sind aktuell noch wenig untersucht. Im Vordergrund der Forschung steht zumeist die technologische wie ökonomische Machbarkeit einzelner Innovationen (Hein et al. 2018, S. 1; Durrieu und Nelson 2013, S. 241). Besonders für Raketenstarts gilt – da sie selten sind –, dass deren Auswirkungen oft als harmlos für die Umwelt eingeschätzt wurden (Durrieu und Nelson 2013, S. 238).

Grundsätzlich lassen sich die Umweltfolgen der Raumfahrt und der Satellitennutzung in verschiedene

Phasen unterteilen. In der Herstellungs- und der Transportphase kommt es zu Auswirkungen u. a. bei der Produktion von Satelliten und Raketen, der Abschussgeräte und weiterer notwendiger Infrastrukturen (Chanoine 2015). Auch jeder Raketenstart beeinflusst die Umwelt. Hierzu gehören etwa Ressourcenverluste durch Nichtwiederverwendung der Raketenstufen – bei der Ariane-5-Rakete sind dies beispielsweise 76 Tonnen Stahl – und Emissionen aus dem Antriebssystem, wie CO_2 , H_2O , NO_x , HCl (Salzsäure) und Aluminiumoxid-Ruß, die je nach Treibstoff variieren (Durrieu und Nelson 2013, S. 241). Berichtet werden erhöhte Konzentrationen von HCl und Aluminiumoxid-Ruß im direkten Umfeld der Abschussbasis des Raumfahrtzentrums Guayana (<2,3 km). Außerdem setzen die Raketen CO_2 -Emissionen, Wasserdampf und Ruß direkt in der Stratosphäre frei; sie können dadurch zum Klimawandel sowie zum Ozonverlust beitragen (Durrieu und Nelson 2013, S. 241). In der Nutzungsphase wird bei der Repositionierung der Satelliten im Low Earth Orbit (LEO; in der niedrigen Erdumlaufbahn) Gas freigesetzt (aus NH_3 , H_2 und N_2); außerdem kann Isoliermaterial erodieren und als flüchtige Oxidationsprodukte im LEO verbleiben (Durrieu und Nelson 2013, S. 242). Schließlich können Auswirkungen auf die Umwelt auch am Ende des Lebenszyklus entstehen, wenn ausgediente Satelliten im Weltall verbleiben oder wieder zur Erde zurückkehren und, wie im Fall des Wiedereintritts des Phobos-Grunt-Satelliten, toxische Treibstoffe enthalten (Durrieu und Nelson 2013, S. 241).



Aus Umweltsicht sind bei der Zunahme privater Raketenstarts die verschiedenen Anwendungsfelder der Raumfahrt zu unterscheiden. Werden bestehende Aufgaben der staatlichen Raumfahrt durch private Akteure übernommen und sind die hierbei genutzten Technologien effizienter, wie bei der Falcon 9 durch die Wiederverwendung der ersten Stufe der Trägerrakete, so ergeben sich grundsätzlich Entlastungseffekte. Diese positiven Effekte können jedoch wieder (über-)kompensiert werden, wenn es zu einem Rebound-Effekt kommt: Die gesteigerte Effizienz führt zur Kostensenkung, die in eine gesteigerte Nachfrage nach und damit einem erhöhten Angebot von – in diesem Fall – privaten Raketenstarts mündet. Vorstellbar ist in diesem Zuge auch die Entstehung von Weltraumtourismus als Anwendungsfeld, der weitere Emissionen und Ressourcenverbräuche mit sich bringt.

Aus Umweltsicht relevant ist weiterhin, wenn durch private Akteure Erdbeobachtungssatelliten zu geringeren Kosten ins All transportiert werden können. Erdbeobachtungssatelliten werden für die Fernerkundung eingesetzt (Remote Sensing); mit ihrer Hilfe werden Daten gewonnen für u. a. Landwirtschaft und Fischerei, Wassermanagement, Umweltbeobachtung, Klimaforschung und Wettervorhersagen sowie im Bereich Biodiversität und Naturschutz (Durrieu und Nelson 2013, S. 239). Auch Kleinsatelliten können für die Fernerkundung eingesetzt werden (Sandau 2010). Allerdings ist zu beachten, dass nicht unbegrenzt viele Satelliten in den verschiedenen Satellitenorbits (Umlaufbahnen um die Erde) eingesetzt werden können. Werden künftig vermehrt Raketenstarts durch private Akteure durchgeführt und Satelliten ins All verbracht, wächst der Weltraumschrott z. B. aus inak-

tiven Satelliten und oberen Stufen der Trägerraketen weiter an und gefährdet damit die Funktionsfähigkeit der bestehenden Erdbeobachtungssatelliten.

Bei dem Anwendungsfeld der Erschließung nicht irdischer Ressourcen, das sich noch in der Grundlagenforschung befindet, hängt die Umweltwirkung u. a. davon ab, welche Ressourcen abgebaut und wohin diese verbracht werden – zurück zur Erde oder beispielsweise in eine Erdumlaufbahn. Ob die möglichen Vorteile die Umweltbelastungen im Vergleich zum Abbau des gleichen Rohstoffs auf der Erde aufwiegen, ist noch mit großen Fragezeichen verbunden. Hein et al. (2018) gehen – unter bestimmten Umständen – von Entlastungseffekten bei CO₂-Emissionen aus, wenn z. B. auf einem Asteroiden gewonnenes Wasser im zislunaren Raum, dem Raum zwischen geostationären Orbit (GEO) und dem Mond, genutzt wird oder, wenn extraterrestrisch gewonnenes Platin auf die Erde verbracht wird.

Die Einschätzung verdeutlicht, dass der Trend aus Umweltsicht Aufmerksamkeit verdient, vor allem dann, wenn ressourcenintensive neue Anwendungsfelder wie Tourismus erschlossen werden und bisher hypothetische Szenarien wie der Ressourcenabbau auf erdnahen Asteroiden Realität werden. Von Bedeutung sind hier besonders die Aktivitäten der ESA hinsichtlich ökologisch nachhaltigerer Raumfahrt, die im Rahmen der Clean Space Initiative gebündelt werden (European Space Agency [ESA] 2019b), etwa zur Nutzung „grünerer“ Technologien im Raumfahrtsektor und zur Minimierung von Weltraumschrott. Auch die NASA forscht aktuell an Kleinsatelliten, die den Weltraummüll einsammeln sollen (Smith 2018).



2.8 Bioinspirierte Siedlungsentwicklung und Architektur

Trend: Die Gestaltung von Gebäuden und Siedlungen orientiert sich an der Natur.

Emerging Issues:

- ▶ Smarte Gebäudehüllen
- ▶ Neue Konstruktionsverfahren in der Gebäudegestaltung
- ▶ Grüne Städte
- ▶ Urbane Lebensmittelproduktion
- ▶ Nachwachsende Rohstoffe für die Bauindustrie

nen aus Umweltsicht Aufmerksamkeit, da der Bausektor zu den ressourcenintensivsten Industrien gehört. Grüne Infrastrukturen sollten weiter ausgebaut werden, ebenso wie die urbane Lebensmittelproduktion und der Einsatz nachwachsender Rohstoffe. Bei smarten Gebäudehüllen sollten die Umweltwirkungen über den gesamten Lebenszyklus im Blick behalten werden.

In Kürze:

- ▶ Bioinspirierte Architektur ist keine klar abgrenzbare Begrifflichkeit. In der Regel werden Entwürfe, Materialien und weitere Innovationen in der Architektur als bioinspiriert bezeichnet, wenn diese Prinzipien natürliche Vorbilder aus Flora und Fauna aufgreifen und adaptieren.
- ▶ Anwendungsbeispiele bioinspirierter Architektur finden sich weltweit. Oftmals sind dies jedoch größere oder kleinere Einzelprojekte oder werden etwa als (temporäre) Pavillons umgesetzt. Vermehrt finden einzelne Innovationen auch Einzug in die Baubranche, z. B. als bioinspiriertes Material oder als bionisches Verschattungselement in der Fassade.
- ▶ Die Emerging Issues haben durchweg Umweltentlastungspotenzial. Sie verdie-

Hintergrund:

In der Architektur gibt es seit jeher eine mal stärker und mal schwächer ausgeprägte Orientierung an der Natur oder biologischen Vorbildern bzw. Prinzipien. Mit Blick auf die Etablierung der sogenannten Bionik Anfang der 2000er Jahre ist seitdem jedoch eine erhöhte mediale Aufmerksamkeit für Themen wie Bau-bionik und bioinspirierte Architektur zu beobachten.

Bioinspirierte Architektur ist bisher kein klar definierter und abgegrenzter Begriff, sondern wird vielmehr als „Schlagwort“ in unterschiedlichen Kontexten verwandt. Mal wird ein Material nach Vorbild aus Flora oder Fauna entwickelt oder Grundrisse natürlichen Vorbildern nachempfunden, um einen optimalen „Fluß“ von Personen oder eine besondere Belüftung zu ermöglichen. Bioinspirierte Architektur ist ein globales Phänomen, welches häufig nicht in der Fläche oder länderspezifisch umgesetzt wird. Vielmehr gibt es eine Reihe von verstreuten Architekturprojekten, die als Kristallisationspunkte für weitere Projekte und Experimente angesehen werden können. Bioin-

spirierte Architektur und Siedlungsplanung wird in Städten, aber auch abseits der Metropolen umgesetzt.

Die Anwendungsfelder bioinspirierter Architektur sind sehr divers, generell orientiert sich die Gestaltung von Gebäuden und Siedlungen am Vorbild der Natur. Beispielsweise werden zunehmend natürliche oder an die Natur angelehnte Materialien verwendet oder Gebäude bis hin zu Siedlungen und ganzen Städten nach dem Vorbild der Natur geplant und umgesetzt. Im Kontext von Energieeffizienz und der Kühlung von Gebäuden werden neue Materialien entwickelt, die adaptiv auf die sie umgebenden Bedingungen reagieren und autark, z. B. durch temperaturempfindliche Verschattungssysteme, funktionieren. Bei der Gebäudeplanung werden zunehmend strukturoptimierte Elemente wie Membranen genutzt, die von der Natur inspiriert sind. Der Membranbau eignet sich besonders für mobile und temporäre Konstruktionen, spart gegenüber weiteren Bauweisen Gewicht ein und kann als lichtdurchlässige Hülle konstruiert werden. Zudem sind in den letzten Jahren in Städten vermehrt kleine Bauprojekte realisiert worden wie begrünte Sitzelemente oder Dächer, die Feinstaub und weitere Emissionen filtern. Im städteplanerischen Kontext wird z. B. untersucht, wie die „Mobilitätsstrategien“ von Ameisen auf städtische Mobilitätskonzepte der Zukunft übertragen werden können, um Stau zu vermeiden. Eine Herausforderung, die alle Sphären der bioinspirierten Architektur betrifft, ist die hohe Komplexität der „funktionellen Einheiten“ vieler biologischer Vorbilder. Die Ableitung der „natürlichen“ Systeme in einen ingenieurtechnischen oder planerischen Kontext bei simultaner Vereinfachung auf das Wesentliche kann äußerst schwierig sein.

Klar abzugrenzen ist bioinspirierte Architektur jedoch von der „organischen Architektur“, die vor allem von Frank Lloyd Wright geprägt wurde. Hierbei geht es im Fokus darum, die Harmonie zwischen menschlichem Wohnen und der natürlichen Welt zu fördern. Dies steht nicht zwangsläufig im Fokus bioinspirierter Architektur.

Emerging Issues:

Im Kontext nachhaltiger Architektur lassen sich Architekten, Ingenieure, Designer und Co. vermehrt von der Natur inspirieren oder adaptieren die Prinzipien natürlicher Vorbilder aus Flora und Fauna, um neue Technologien oder Materialien zu entwickeln. Eine Auswahl aus dem breiten Anwendungskontext Archi-

tektur und Siedlungsentwicklung wird im Folgenden vorgestellt:

1. **Smarte Gebäudehüllen:** Adaptive Fassadensysteme, die das Gebäude vor äußeren Einwirkungen situationsabhängig schützen, werden marktreif entwickelt und kommen zum Einsatz. Diese Fassadensysteme können ihre Eigenschaften in Bezug auf Wärmedämmung, Lichtdurchlass, Schallschutz oder Lüftungsverhalten situationsgerecht anpassen. Beispiele hierfür sind u. a. die sogenannte „Breathing Skin“, eine membranähnliche Fassade aus pneumatischen Muskeln, die den Einfall des Lichts und den Luftdurchfluss regulieren (Breathing skins, 2019). Oder das adaptive Sonnenschutzelement „Flectofin“, dessen Bewegungsablauf vom Klappenmechanismus der Blüte der Paradiesvogelblume inspiriert ist (Kompetenznetz Biomimetik, 2012).
2. **Neue Konstruktionsverfahren in der Gebäudegestaltung:** Mit innovativen Konstruktionsverfahren wie der additiven Fertigung (häufig auch als 3D-Druck bezeichnet) können neue Gebäudeformen realisiert werden. Die Flexibilität der Gebäudegestaltung wird dadurch erhöht. Aktuell gibt es sehr verschiedene Ansätze, die sich größtenteils noch in der Entwicklungsphase befinden. Die Bandbreite der Anwendungsfelder im Baubereich ist groß und reicht von der Umsetzung individuell gestalteter Säulen, Wände, Fassaden und Dächer hin zur Umsetzung einfacher Fertighäuser oder Wohnstätten auf dem Mars.
3. **Grüne Städte:** Im städtischen Umfeld treten häufiger extreme Maximal- und Durchschnittstemperaturen auf, u. a. wegen des hohen Bebauungs- und Versiegelungsgrades. Der voranschreitende Klimawandel verstärkt diesen Effekt weiter. Die Begrünung der Städte bildet eine Möglichkeit, sich den ändernden Lebensbedingungen anzupassen. So werden in Städten zunehmend Dächer, Sitzflächen und weitere Elemente begrünt. Pflanzen und Substrat wirken der Erhitzung der Städte entgegen, speichern Wasser und verdunsten dieses zeitverzögert, was zu einem angenehmeren Stadtklima führen kann. Zudem filtern sie Schadstoffe aus der Luft und tragen zu einer verbesserten Luftqualität bei.

4. Urbane Lebensmittelproduktion: Gemüse und Früchte werden zunehmend auch in der Stadt angebaut. Neben dem klassischen Anbau in Gärten und Kleingartenanlagen wird immer häufiger in Gemeinschaftsgärten oder in hydroponischen Produktionssystemen gegärtnert. Hydroponische Agrarsysteme haben den Vorteil, dass in ihnen ganzjährig Gemüse und Früchte unter Gewächshausbedingungen angebaut werden können. Die Nutzpflanzen werden in „Hydrokultur“ angebaut, d. h., dass sie nicht über die Erde, sondern über eine Nährlösung mit allen wichtigen Mineralien, Spurenelementen, u. a. Eisen, etc. versorgt werden.

Während städtische Gemeinschaftsgärten vor allem die Möglichkeit bieten, die Produktion von Lebensmitteln in der Stadt erlebbar zu machen und einen Bildungscharakter haben, sollen in zukünftigen hydroponischen Produktionssystemen Gemüse und Früchte in der Masse produziert werden. Aktuell sind hydroponische Agrarsysteme für die Produktion von Lebensmitteln noch die Ausnahme. Dem ist so, weil die Flächen in den Städten nicht zur Verfügung stehen bzw. sehr teuer gegenüber landwirtschaftlich genutzten Flächen sind. Darüber hinaus gibt es noch keine etablierten Getreidesorten, die sich gewinnbringend hydroponisch produzieren lassen – ein Grundnahrungsmittel in unseren Gesellschaften. Aktuell werden vor allem Salate und zum Teil weitere Gemüse hydroponisch hergestellt.

5. Nachwachsende Rohstoffe für die Bauindustrie: Für den Bau und die Instandsetzung von Wohnungen und Häusern werden weltweit immense Ressourcen genutzt. Im Kontext einer nachhaltigen Baubranche wird die traditionelle Bau-Ressource Holz aktuell wieder neu entdeckt. So wird Holz neuerdings auch im „Hochhausbau“ eingesetzt, vor allem aber bei der Aufstockung von Gebäuden im städtischen Bereich sowie für Ein- und Mehrfamilienhäuser. Zudem gibt es immer mehr Hightech-Holzwerkstoffe, die durch physikalische oder chemische Behandlung neue Eigenschaften aufweisen, z. B. Transluzenz oder geänderte elektrische Leitfähigkeit. Solche Materialien können neue Anwendungsbereiche im Bausektor erschließen. Neben Holz finden auch weitere Naturfasern Anwendung in der Bauindustrie. Neben der klassischen Dämmung aus Hanf oder Wolle werden



auch komplexe Verbundmaterialien verbaut, so z. B. naturfaserverstärkter Beton oder Lehm.

Umweltaspekte:

Die vorgestellten Emerging Issues haben Umweltlastungspotenzial, gleichzeitig sind auch gewisse Risiken für die Umwelt zu beachten. Grundsätzlich sollten bei einzelnen bioinspirierten Lösungen die Umweltwirkungen über den gesamten Lebensweg betrachtet werden, also von der Produktion über die Nutzung bis hin zur Entsorgung.

Wie Pomponi, Piroozfar, Southall, Ashton und Farr (2015) argumentieren, liegen gerade in der Sanierung von Bestandsgebäuden durch smarte Gebäudehüllen große Chancen für den Klimaschutz. Cody und Sautter (2017) untersuchen die Potenziale adaptiver Fassaden in einem Simulationsmodell. Dabei vergleichen sie adaptive Fassaden mit den Fassadentypen Glasfassade, Lochfassade und Bandfassade. Sie betrachten sowohl kalte als auch heiße Wochen und kommen zu dem Ergebnis, dass adaptive Fassadensysteme „gegenüber der statischen Glasfassade (V1) in der kalten Woche [...] 73 % und in der heißen Woche [...] 87 %“ Energie einsparen könnten (Cody & Sautter, 2017, S. 36). Auch gegenüber den anderen Fassadentypen bestehen Einsparungspotenziale. Allerdings müssen bei den smarten Gebäudehüllen

auch mögliche Belastungen in anderen Phasen des Lebenszyklus mitbetrachtet werden. So kommen Ipsen, Zimmermann, Nielsen und Birkved (2019) für den Anwendungsfall der Smart Windows zu dem Ergebnis, dass Umweltbelastungen durch die Produktion des Metalls Indiumzinnoxid entstehen, welches bei Smart Windows als Schicht über die Fenster gelegt wird. Bei Smart Windows ermöglicht das Metall, dass sich durch einen Stromimpuls die Durchlässigkeit des Lichts im Fenster ändert. Die Energieeinsparungen in der Nutzungsphase werden bei der Gesamtbetrachtung der Umweltauswirkungen von Smart Windows durch die Auswirkungen in der Produktionsphase kompensiert.

Im Gebäudebereich bietet additive Fertigung verschiedene Potenziale, so z. B. für die Reparatur vor Ort und den Bau von Gebäuden im Rahmen der Katastrophenhilfe (Delgado Camacho et al. 2018). Die Bauindustrie ist ein rohstoffintensiver Wirtschaftssektor. Für Bauten wurden 2014 in Deutschland 629 Millionen Tonnen Rohstoffe nachgefragt, bei einer gesamten inländischen Endnachfrage nach Rohstoffen in Höhe von 1.303 Millionen Tonnen (Umweltbundesamt [UBA], 2018, S. 5). Entsprechend entfiel also fast die Hälfte der Endnachfrage auf den Gebäudebereich. Vorteile der additiven Fertigung liegen in der individuellen Anpassbarkeit und Rohstoffeffizienz (Mrazovic, Baumers, Hague & Fischer, 2018); dementsprechend könnten sich Entlastungen beim Rohstoffverbrauch ergeben.

Auch nachwachsende Rohstoffe für die Bauindustrie haben Umweltentlastungspotenzial. So wird durch den Einsatz von Holz beispielsweise weniger Energie über den Lebenszyklus hinweg verbraucht und weniger Treibhausgase werden emittiert als beim Einsatz anderer Baumaterialien (Zabalza Bribián et al., 2011). Für die Herstellung von Isolationsmaterial liegt der Primärenergiebedarf für Holzwolle z. B. bei ca. 20 MJ pro kg im Vergleich zu 105 MJ pro kg bei EPS-Schaumstoffplatten (Zabalza Bribián et al. 2011, S. 1136). Das Treibhausgaspotenzial von Holzwolle liegt bei ca. 0,1 kg CO₂-Äquivalenten deutlich unter 7,3 kg CO₂-Äquivalenten bei den Schaumstoffplatten.

Die Begrünung in Städten wirkt sich positiv auf Ökosysteme und die menschliche Gesundheit aus (Tzoulas et al. 2007). Sie trägt zum Erhalt von Biodiversität und der Vegetationsdecke bei und ist insgesamt ein wichtiger Bestandteil des urbanen Umwelt- und Klimaschutzes sowie der Klimaanpassung. Die mit der Begrünung verbundenen Ökosystemdienstleistungen reduzieren den CO₂-Ausstoß und Energieverbrauch, regulieren und verringern Probleme bei Überschwemmungen und erhöhen die Wasser- und Luftqualität (Demuzere et al. 2014, S. 108).

Die urbane Lebensmittelproduktion ist in einzelnen Studien schon hinsichtlich ihrer Effekte auf die Umwelt untersucht worden. Kulak, Graves und Chatterton (2013) kommen in einer Fallstudie zu Gemeinschaftsgärten im Londoner Stadtteil Sutton zu dem Ergebnis, dass der durch die Ernährung bedingte CO₂-Ausstoß verringert werden kann. Dabei spielt die genaue Ausgestaltung der Produktion eine zentrale Rolle: Die größten Potenziale bestehen, wenn Nahrungsmittel angebaut werden, die herkömmlich per Flugzeug importiert werden oder in Gewächshäusern unter hohem Energieaufwand hergestellt werden (Kulak et al. 2013, S. 68). Lin, Philpott und Jha (2015) schlussfolgern in einer Überblicksstudie, dass urbane Landwirtschaft zu urbaner Biodiversität beitragen kann: durch „eine vielfältige Vegetationsstruktur [...], erhöhte Pflanzendiversität [...]“ und dadurch, dass „undurchlässige urbane Bodenoberflächen“ reduziert werden (Lin et al. 2015, S. 189). Benis und Ferrão (2017) vergleichen in einer Fallstudie zu Lissabon die Potenziale hinsichtlich CO₂-Emissionsreduzierung und Landnutzung aus veränderten Ernährungsgewohnheiten mit denen aus veränderten Lieferketten (Produktion innerhalb vs. außerhalb der Stadt). Sie kommen zum Schluss, dass die größeren Potenziale



in einer anderen Ernährungsweise liegen, dass aber durch reduzierte Transportwege bei lokalerer Produktion auch Entlastungen erreicht werden können.

Die Darstellung verdeutlicht, dass die Emerging Issues aus Umweltsicht weiter Aufmerksamkeit verdienen. Die verschiedenen dahinterstehenden Technologien und Anwendungsfelder sind zumeist schon stärker auf der umweltpolitischen Agenda, sollten aber integrativ zusammengedacht und umgesetzt werden: Die Begrünung in Städten sollte weiter ausgebaut werden, mit urbaner Lebensmittelproduktion teilweise verbunden, teilweise unabhängig aufgebaut werden und integriert werden in neue, aus Umweltsicht vorteilhaft gestaltete Gebäude und Siedlungen; Potenziale nachwachsender Rohstoffe und der additiven Fertigung sollten weiter untersucht werden. Insgesamt gilt, dass die Umweltwirkungen sämtlicher Lösungen über den gesamten Lebenszyklus im Blick behalten werden sollten, Z. B. können sich Belastungen bei smarten Gebäudehüllen aus der Produktionsphase ergeben.





2.9 Gesellschaftliche Spaltung als Herausforderung für Umweltpolitik

Trend: Wachsende gesellschaftliche Spaltung und populistische Politiken gefährden die Akzeptanz und die Umsetzung umwelt- und klimapolitischer Maßnahmen

Emerging Issues:

- ▶ Zunehmende populistische Positionen gefährden Klima- und Umweltpolitik
- ▶ Sensibilisierung für soziale Auswirkungen von Umweltpolitik

In Kürze:

- ▶ Die Akzeptanz umwelt- und klimapolitischer Maßnahmen ist in Deutschland grundsätzlich hoch. Im Zusammenhang mit einer wachsenden Ungleichverteilung von Einkommen und Vermögen sowie einer zunehmenden diskursiven Spaltung gesellschaftlicher Lager besteht jedoch die Gefahr, dass umweltpolitische Themen verstärkt in politische Auseinandersetzungen einbezogen werden und die Akzeptanz umwelt- und klimapolitischer Maßnahmen bei Teilen der Bevölkerung abnehmen wird. Die sozialverträgliche Ausgestaltung und Umsetzung umweltpolitischer Maßnahmen und nicht-intendierter Effekte beim Policy-Design im Blick zu behalten, erweist sich daher als sehr wichtig. Zudem ergibt sich das Erfordernis, klima- und umweltpolitische Ziele und deren intendierte gesamtgesellschaftliche

Auswirkungen positiv und umfassend zu kommunizieren, um einen weiten gesellschaftlichen Konsens für deren Umsetzung zu erreichen bzw. zu erhalten.

- ▶ Die Zunahme populistischer und protektionistischer Polemiken und Politiken stellt eine Gefahr für den internationalen Klima- und Umweltschutz dar. Denn populistische Positionen formulieren häufig die Forderung, nationale Wirtschaftsinteressen dem internationalen Klima- und Umweltschutz voranzustellen und ziehen dessen grundsätzliche Berechtigung in Zweifel.
- ▶ Aus umweltpolitischer Sicht gilt es, reaktionär motivierten Positionierungen im Klimaschutz, Klimaskepsis und einer Renationalisierung der internationalen Umwelt- und Klimapolitik entgegenzutreten. Wichtig ist es dabei, evidenzbasiert zu argumentieren und bestehende Umweltschutzgedanken aufzugreifen; so ließe sich argumentieren, dass der Klimawandel nur durch internationale Zusammenarbeit abzumildern ist.

Hintergrund:

Die grundsätzliche Akzeptanz umwelt- und klimapolitischer Maßnahmen in Deutschland ist hoch. Aktuelle Ergebnisse der Umweltbewusstseinsstudie des Umweltbundesamts zeigen, dass der Stellenwert

von Umwelt- und Klimaschutz für die Menschen in Deutschland zwischen 2016 und 2019 deutlich zugenommen hat (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit [BMU] und Umweltbundesamt [UBA] 2019). So geben 64 % der Befragten an, dass Umwelt- und Klimaschutz eine sehr wichtige Herausforderung ist. Dies bedeutet eine Zunahme um 11 Prozentpunkte im Vergleich zur Erhebung im Jahr 2016. Auch die jährliche Umfrage der Agentur für Erneuerbare Energien zeigt regelmäßig hohe Zustimmungswerte für die weitere Umsetzung der Energiewende. So bezeichneten im Jahr 2018 72 % der Befragten den verstärkten Ausbau erneuerbarer Energien als „sehr oder außerordentlich wichtig“ (Agentur für Erneuerbare Energien 2018). In einer Umfrage der Vaillant Group zu nachhaltigem Denken und Alltagsverhalten in verschiedenen europäischen Ländern im Jahr 2016 schnitt Deutschland zwar nur durchschnittlich ab. Der Frage, ob „Naturschutz eine der wichtigsten Aufgaben unserer Generation“ sei, stimmten jedoch über 80 % der Befragten zu. Und immerhin die Hälfte der Befragten sah im Umwelt- und Klimaschutz die aktuell wichtigste politische und gesellschaftliche Herausforderung (Vaillant Group 2016).

Große Akzeptanzunterschiede in sozialen Milieus

Derartige hohe Zustimmungswerte können jedoch darüber hinwegtäuschen, dass je nach Bevölkerungsgruppe zum Teil große Unterschiede bestehen können. Die Energiewende als viel diskutiertes

Kernprojekt der deutschen Klimapolitik ist hierfür ein gutes Beispiel. So stellt die aktuelle Umweltbewusstseinsstudie zum Beispiel fest, dass Mitglieder des prekären Milieus – im Unterschied zu anderen sozialen Gruppen mit höheren Bildungs- und Einkommensstandards – häufig der Meinung sind, dass die Kosten der Energiewende ungleich verteilt sind; bezahlbare Energiekosten beurteilen sie als „sehr wichtig“ (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit [BMU] und Umweltbundesamt [UBA] 2019). Auch laut des Sozialen Nachhaltigkeitsbarometers der Energiewende des Jahres 2018 empfinden 60 % der einkommensschwächeren Haushalte, dass die soziale Gerechtigkeit bei der Umsetzung der Energiewende nicht ausreichend berücksichtigt wird. Von den einkommensstärkeren Haushalten stimmen nur 38 % dieser Aussage zu (Setton 2019). Sogar 47 % der Befragten insgesamt sehen die Energiewende als „elitär“ an und nur knapp 20 % als bürgernah (Setton 2019).

Die gesellschaftliche Spaltung nimmt in Deutschland zu. Dies drückt sich vor allem in einer zunehmenden Ungleichverteilung von Einkommen und Vermögen aus, was zur These einer „US-Amerikanisierung Deutschlands“ geführt hat, beispielsweise im Hinblick auf den Gini-Koeffizienten beider Länder (Maxwill 2019). Zudem stellen Forscher verstärkt die soziale Segregation insbesondere in Ballungsräumen fest (Berliner Zeitung [BZ] 2018). Auch politisch finden zunehmende gesellschaftliche Spaltung und





Polarisierung statt, die laut aktuellen Untersuchungen eher auf strukturellen demografischen Faktoren beruhen als auf aktuellen politischen Auseinandersetzungen (Franz et al. 2019, S. 592). Ein Bundestag mit sieben Parteien sowie die oppositionelle Stärke von Grünen als auch der Alternative für Deutschland (AfD) mit ihren sehr unterschiedlichen Wählermilieus können ebenso als Indikatoren für die gesellschaftliche Spaltung Deutschlands aufgefasst werden (Franz et al. 2019, S. 592).

Populistische Positionen auf dem Vormarsch

Vor diesem Hintergrund sind populistische Parteien und Bewegungen nicht nur in Deutschland und Europa, sondern auch in vielen anderen Weltregionen auf dem Vormarsch, was durch Forscherinnen und Forscher unter anderem als Langzeitfolge der globalen Finanzkrise des Jahres 2008 identifiziert wurde (Trebesch und Funke 2018). In der Europäischen Union sitzen rechtspopulistische Parteien in 23 von 28 nationalen Parlamenten und sind an zahlreichen Regierungskoalitionen beteiligt. Weltweit erregten beispielsweise die Wahlen Donald Trumps zum US-Präsidenten (2016) oder Jair Bolsonaro in Brasilien (2018) großes Aufsehen.

In Deutschland wird als Treiber für den Erfolg populistischer Parteien häufig die wachsende Angst großer Teile der Bevölkerung vor dem sozialen Abstieg angeführt. Gleichzeitig befürchten zunehmende Teile der Bevölkerung eher negative Auswirkungen durch die Globalisierung und Modernisierung (Hagelüken 2018). Laut aktueller Erhebungen sind solche Verlustängste

am stärksten ausgeprägt bei Menschen, die über ein geringes Einkommen verfügen. Von ihnen sorgen sich 90 % um ihre finanzielle Situation (Kohlrausch 2018). Nach aktuellen Untersuchungen nehmen populistische Positionen und Meinungen im Meinungsbild der Bevölkerung entsprechend zu. Beispielsweise können ca. 30 % der Wähler in Deutschland als populistisch eingestellt bezeichnet werden, was sich unter anderem in einer empfundenen Diskrepanz zwischen Interessen der breiten oder „wahren“ Bevölkerung und denen einer entsprechend abgegrenzten Elite ausdrückt (Verkamp und Merkel 2019).

Emerging Issues:

1. **Zunehmende populistische Positionen gefährden Klima- und Umweltpolitik:** Es ist häufig zu beobachten, dass populistische Parteien versuchen, nationale Sozial- und Umweltpolitiken gegeneinander auszuspielen und multilaterale Vereinbarungen zum Klima- oder Umweltschutz aus nationalistischen Motiven ablehnen (Chase 2018). Wie eine aktuelle adelphi-Studie belegt, agitieren insbesondere zahlreiche (rechts-)populistische Parteien und Bewegungen in Europa gegen Klima- und Umweltschutz (Schaller und Carius 2019). Häufig werden in diesem Zusammenhang zudem grundsätzliche Zweifel an der Sinnhaftigkeit und wissenschaftlichen Fundierung von umwelt- und klimapolitischen Maßnahmen geäußert. Nicht erwähnt wird in dieser Argumentation, dass Klimawandelfolgen hohe Kosten für ganze Volkswirtschaften mit sich bringen und sich negativ auf Infrastruktur, Jobs und Gesundheit auswirken. Entsprechende politische Strategien fußen teilweise auf der Annahme, dass die Akzeptanz klima- und umweltpolitischer Maßnahmen in bestimmten gesellschaftlichen Milieus und Wählerkreisen weniger verbreitet ist und derartige Maßnahmen als Gefahr für den eigenen materiellen Wohlstand angesehen werden.

Wie eine aktuelle Untersuchung der klimapolitischen Positionen von rechtsstehenden Parteien in Europa zeigt, finden sich populistische Meinungen über soziale Folgen von Klima- und Umweltpolitik verstärkt in parteipolitischen Positionen und beeinflussen die umweltpolitische Diskussion (Götze und Joeres 2018). Es wird verstärkt argumentiert, dass klimapolitische Maßnahmen – z. B. die Subventionierung „nicht wettbewerbsfähiger Erneuerbarer Energien“ – die wirtschaftliche

Entwicklung gefährden, zu Arbeitsplatzverlusten in traditionellen Branchen führen oder Energiepreise verteuern (Schaller und Carius 2019). In derartigen Positionen oder Statements wird in der Regel von Belastungen für die „einfachen Leute“ (Common People) gesprochen, die überproportional mehr für ihren Strom, Benzin oder Heizung zahlen müssen. Dagegen profitieren nach dieser Darstellung lediglich kleine nationale und internationale Eliten von dieser vermeintlichen Umverteilung. Auch die AfD greift derartige Positionen auf (Schaller und Carius 2019). Passend dazu stellt eine aktuelle Erhebung fest, dass lediglich 62 % der AfD-Anhängerinnen und -Anhänger die Energiewende befürworten und somit deutlich weniger als im Bevölkerungsdurchschnitt, der 90 % beträgt (Setton 2019). Die aktuell zugespitzte Klimadiskussion um Kohleausstieg und Fridays for Future offenbart zudem die Gefahr, dass Klima- und Umweltpolitik verstärkt für eine weitere Polarisierung der politischen Lager genutzt werden könnten (Die Welt 2019).

Auch die Ablehnung multilateraler Vereinbarungen wie des Pariser Klimaübereinkommens von 2015 ist eine weitverbreitete Position. Es werden hohe Kosten für die nationale Volkswirtschaft sowie die Aufgabe von Entscheidungssouveränität angemahnt (Schaller und Carius 2019).

Die mögliche Tragweite derartiger Entwicklungen zeigt sich unter anderem im angekündigten Ausstieg der USA aus dem Pariser Klimaabkommen.

Die Entscheidung von Präsident Donald Trump aus dem Jahr 2017 wurde unter anderem mit der zu großen Belastung der amerikanischen Bevölkerung und Wirtschaft im Vergleich zu Ländern wie China oder Indien begründet (ZEIT ONLINE GmbH 2017). Auch Brasiliens im Jahr 2018 gewählte Regierung unter Präsident Bolsonaro kündigte einen Wechsel in der Klimapolitik an und knüpfte den Verbleib im Pariser Abkommen unter anderem an die eigene Entscheidungshoheit über die Nutzung des brasilianischen Amazonasgebiets (VOA News 2019). Zuvor galt Brasilien als regionaler Vorreiter und Verfechter eines multilateralen Klimaschutzes und verpflichtete sich als erstes Schwellenland zu signifikanten Emissionsreduktionszielen (Marinko und Glatzer 2019). Auch für die Europäische Union wird die Umsetzung einer progressiven klimapolitischen Agenda zunehmend schwierig vor dem Hintergrund der schärfer geführten Debatte um Umwelt- und Klimapolitik. So stimmen vor allem rechtsgerichtete Parteien im Europaparlament mehrheitlich gegen klimapolitische Maßnahmen. Auch wird die Gefahr gesehen, dass ursprünglich eher moderat eingestellte Parteien zur Bedienung von „klimaskeptischen“ Wählermilieus ihre politischen Positionen entsprechend verwässern und sich rhetorisch an rechtspopulistischen Argumentationslinien anlehnen (Schaller und Carius 2019).

2. **Sensibilisierung für soziale Auswirkungen von Umweltpolitik:** Als ein Nährboden für die Zunahme der beschriebenen populistischen Positionen wird die Diskussion um nachteilige soziale Auswirkungen von Klima- und Umweltschutzmaßnahmen beschrieben. Dazu habe nach Schaller und Carius (2019) in der Vergangenheit auch ein eher technokratischer Umweltpolitikstil mit wenig Bezug zur sozialen Realität und Wahrnehmung vieler Bürgerinnen und Bürger und einer mangelnden kommunikativen Begleitung beigetragen. Aktuell ist dagegen eine hohe Sensibilisierung der Politik und eine intensive Diskussion um eine stärkere Integration von Umwelt- und Sozialpolitik festzustellen, insbesondere vor dem Hintergrund der möglicherweise weitreichenden gesellschaftlichen Veränderungen, die eine konsequente Klimapolitik mit sich bringen könnte (Stichworte „Energie- und Mobilitätswende“). Ein Beispiel hierfür ist der sogenannte „Mechanismus für einen gerechteren Übergang“ („just transition mechanism“), der im Rahmen des aktuell von der Europäischen Kom-



mission propagierten „Green Deal“ dafür sorgen soll, das Übergang zu einer klimaneutralen Wirtschaft fair verläuft und keine gesellschaftlichen Gruppen zurückgelassen werden.

Wie die französischen „Gelbwesten“-Proteste als warnendes Beispiel zeigen – mitausgelöst durch als ungerecht empfundene Benzinpreissteigerungen –, können fehlende gesellschaftliche Akzeptanz aufgrund einer als ungerecht empfundenen Lastenverteilung und mangelnde politische Kommunikation zentrale umweltpolitische Vorhaben gefährden (Setton 2019).

Neben der Einhegung sozialer Ungleichheit, beispielsweise durch unzumutbare Belastungen von Haushalten mit geringen Einkommen, wird verstärkt die große Bedeutung der Kommunikation positiver sozialer Auswirkungen durch umwelt- und klimapolitische Maßnahmen diskutiert (ZEIT ONLINE GmbH 2019).

Gerade für die Umsetzung von ambitionierten umweltpolitischen Maßnahmen ist es wichtig, überzeugende Narrative zu entwickeln, die auf positive Wirkungen z. B. für ländliche Entwicklung, Gesundheit, Beschäftigung und Innovation verweisen und auch zu allgemeinen gesellschaftlichen Entwicklungen anschlussfähig sind (Wolff et al. 2019). In diesem Zusammenhang wird auch verstärkt der Begriff der Umweltgerechtigkeit diskutiert, z. B. dass überproportional viele Menschen mit niedrigem Sozialstatus stärker von negativen Umwelteinflüssen wie etwa verkehrsbedingte Luftverschmutzung betroffen sind und so stärker von Umweltschutzmaßnahmen profitieren können (Dennis 2017).

Umweltaspekte:

Umweltpolitik agiert nicht losgelöst von gesellschaftlichen Veränderungen. Als diskursive Strategie und als Politikstil wirkt Populismus sowohl auf gesellschaftliche Rahmenbedingungen von Umweltpolitik als auch auf den politischen Raum und kann die Erreichung zentraler, international gesetzter Umwelt- und Klimaziele erschweren. Umgekehrt können umweltpolitische Maßnahmen immer auch nicht-intendierte gesellschaftliche Folgewirkungen haben, weshalb es wichtig ist, die Wechselwirkungen von gesellschaftlichem Ausgleich und Umweltpolitik in ihrer Tiefe zu begreifen.



Populismus ist ein „Anti-Status-quo-Diskurs“. Er vereinfacht den „politischen Raum [...], indem er die Gesellschaft symbolisch zwischen ‚dem Volk‘ (als ‚dem Underdog‘) und seinem ‚Gegenüber‘ teilt“ (Übersetzung durch die Autoren; Panizza 2005, S. 3). Populisten beanspruchen, im Namen dieses Volkes zu sprechen; sie identifizieren, wer zum Volk gehört und wer nicht (Mouffe 2005). Populisten sehen sich außerdem als Gegenpol zu als korrupt bezeichneten Eliten. Demgegenüber beanspruchen sie, dem Volk wieder Einfluss zu verschaffen (Mudde 2004). Als „thin ideology“ („dünne Ideologie“) (Stanley 2008) interagiert Populismus mit unterschiedlichen anderen politischen Strömungen, links wie rechts der politischen Mitte (Bonikowski 2017). Aus umweltpolitischer Sicht sind insbesondere Rechtspopulisten relevanter Untersuchungsgegenstand, da sich in ihnen oft die Beharrungskräfte moderner Gesellschaften manifestieren, die tiefgreifenden strukturellen Wandel zu verhindern suchen. Rechtspopulisten sind teils Klima(wissenschafts)skeptiker, die sich auf randständige oder veraltete Forschungsergebnisse berufen; sie lehnen mehrheitlich Maßnahmen zum Klimaschutz ab (Schaller und Carius 2019; Lockwood 2018). Die Bekämpfung des Klimawandels gilt ihnen als kosmopolitisches Elitenprojekt, das die nationale Selbstbestimmung untergräbt (Lockwood 2018). So erfordert die Energiewende eine Umstrukturierung des nationalen Energiesystems mit direkten Auswirkungen vor Ort (Fraune und Knodt 2018). Demgegenüber wird nationaler Naturschutz teilweise unterstützt (Forchtner et al. 2018). Dieser „grüne Patriotismus“ kritisiert beispielsweise unter dem Deckmantel des Heimatschutzes die negativen Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Habitate und die Ästhetik von

Kulturlandschaften (Schaller und Carius 2019, S. 37), thematisiert jedoch nicht die Auswirkungen globaler Umweltveränderungen und grenzenloser Ressourcen- ausbeutung auf heimische Ökosysteme.

Die neue gesellschaftliche Konfliktlinie, die sich insbesondere 2019 um das Thema Umwelt gebildet hat (Schaller und Carius 2019), bietet jedoch auch Chance zur Neuorientierung und Weiterentwicklung der Umwelt- und Nachhaltigkeitspolitik. Grundsätzlich ist es notwendig, sich ehrlich mit Zielkonflikten und Sollbruchstellen der Umweltpolitik auseinanderzusetzen. Nicht-intendierte gesellschaftliche Auswirkungen umweltpolitischer Maßnahmen stehen spätestens seit den Protesten in Frankreich 2018 und 2019 gegen Steuerhöhungen auf fossile Kraftstoffe hoch auf der umweltpolitischen Agenda und werden von links wie rechts kritisiert. Mit dem Ziel transformativer Umweltpolitik, als Teil der Umwelt- und Klimapolitik, ganze Subsysteme der Gesellschaft wie das Ernährungs-, Verkehrs- und Energiesystem so zu beeinflussen, dass sie nachhaltiger werden, entstehen neue Konflikte und bei ausbleibender politischer Gestaltung gesellschaftliche „Verlierer“. So zielt Exnovation als „Gegenstück zur Innovation“ beispielsweise darauf ab, nicht-nachhaltige Strukturen zu beenden, u. a. die Nutzung von Kohle als fossiler Energieträger oder fossiler Kraftstoffe für den motorisierten Individualverkehr (Heyen 2017; Wolff et al. 2018, S. 46). Beim Ausstieg aus diesen Energieträgern können jedoch sozioökonomische Effekte auftreten, z. B. Arbeitsplatzverluste (Heyen 2017). Für einzelne Klimaschutzmaßnahmen haben Markkanen und Anger-Kraavi (2019) soziale Auswirkungen (Co-Impacts) identifiziert; Ausmaß und Richtung der Wirkungen hängen von verschiedenen weiteren Faktoren wie dem Policy-Design, der Art der Umsetzung und Kontextfaktoren ab. Es können sowohl Co-Benefits als auch Co-Risks entstehen. Grundsätzlich muss bei der CO₂-Bepreisung – z. B. durch eine CO₂-Steuer

auf Konsumgüter – durch begleitende Maßnahmen sichergestellt werden, dass diese nicht nur „sozialverträglich“ ist und umweltschonendes Verhalten belohnt, sondern bestenfalls auch redistributiv funktioniert und soziale Umverteilungsmechanismen stärkt. Werden politisch negative Anreize dafür gesetzt, einen eigenen PKW mit Verbrennungsmotor zu nutzen, muss durch Unterstützung für ärmere bzw. ländliche Bevölkerungsschichten sichergestellt werden, dass Alternativen erschwinglich werden (Markkanen und Anger-Kraavi 2019).

Aus umweltpolitischer Sicht gilt es, reaktionär motivierten Positionierungen im Klimaschutz, Klimaskepsis und einer Renationalisierung der internationalen Umwelt- und Klimapolitik entgegenzutreten. Wichtig ist es dabei, evidenzbasiert zu argumentieren und bestehende Umweltschutzgedanken aufzugreifen; so ließe sich argumentieren, dass der Klimawandel nur durch internationale Zusammenarbeit abzumildern ist. Transformative Umweltpolitik muss insgesamt sozialverträglich ausgestaltet werden; nicht-intendierte Effekte sind beim Policy-Design und der Umsetzung im Blick zu behalten, Kontextfaktoren sind zu beachten und Begleitmaßnahmen müssen frühzeitig kommuniziert werden. Dabei gilt, dass klimapolitische Maßnahmen gesellschaftlich weniger akzeptiert werden, wenn sie nur unzureichend in gesellschaftspolitische Maßnahmen eingebettet werden. Parallel sollten auch die Vorteile des Klimaschutzes beispielsweise für Wettbewerbsfähigkeit und Energieautonomie, Gesundheit und Mobilität noch besser kommuniziert werden und dabei Erkenntnisse der Kommunikationswissenschaften miteinbezogen werden (z. B. das Kollektiv anzusprechen und Gemeinschaftsgefühl zu stärken). Dabei verdeutlichen jüngste Umfragen, dass eine Mehrzahl der Bundesbürgerinnen und -bürger für den Ausstieg aus Kohleverstromung ist. Diese Unterstützung muss politisch besser genutzt werden.



2.10 Anders Leben – Gegenentwürfe zu etablierten Lebensweisen

Trend: In Teilen der Gesellschaft werden vermehrt Gegenentwürfe zu etablierten Lebensweisen und zu einem als immer schneller empfundenen Lebensrhythmus praktiziert. Dabei steht Nachhaltigkeit als Grundlage und Bedingung der individuellen Arbeits- und Lebensweise bei manchen Gegenentwürfen im Mittelpunkt.

Emerging Issues:

- ▶ Nachhaltige Lebensweisen als Alternative
- ▶ Digitaler Ausstieg aus der beschleunigten Gesellschaft

In Kürze:

- ▶ Zunehmende Teile der Bevölkerung stellen etablierte Lebensweisen infrage und suchen aktiv nach Alternativen. Diese Entwicklung speist sich vor allem aus zwei Motivationen: Eine Gruppe an Akteuren möchte eine Lebensführung erreichen, die stärker an einer nachhaltigen Nutzung natürlicher Ressourcen ausgerichtet ist und nicht auf intensivem Konsum von Produkten und endlichen Ressourcen beruht. Für eine andere Gruppe spiegelt sich darin der Wunsch, einer psychischen und physischen Überforderung aufgrund eines beschleunigten Lebens- und Arbeitstempos entgegenzuwirken und ein bewusst entschleunigtes und stärker an ganzheitlichen individuellen Bedürfnissen ausgerichtetes Leben zu führen.

- ▶ „Etablierte Lebensweisen“ sind kein feststehendes Konzept, sondern werden stets neu definiert in Abgrenzung zu als alternativ empfundenen „neuen“ Lebensweisen. Im vorliegenden Fall bezieht sich der Begriff auf eine seit ca. 10 bis 15 Jahren insbesondere in Industrie- und Schwellenländern vorherrschende und sich verstärkende Form der Lebens- und Arbeitsgestaltung. Diese ist zum einen stark durch den digitalen (Kommunikations-)Fortschritt und Effizienzsteigerung geprägt und erfordert hohe Bereitschaft zur Flexibilität und Mobilität. Zum anderen bezieht sich der Begriff auf eine Lebensweise, deren hoher individueller Konsum – z. B. von Elektronikprodukten oder Flugreisen – exemplarisch für eine auf Wachstum und damit auf Übernutzung natürlicher Ressourcen basierenden Wirtschaftsform steht.
- ▶ Umweltpolitisch entfaltet das Thema eine zunehmende Bedeutung, da Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung zentrale Aspekte – intendiert oder nicht intendiert – dieser alternativen Lebensweisen darstellen. Dabei liegt ein Hauptaugenmerk darauf, durch Anpassungen der Rahmenbedingungen und durch gezielte Kommunikationsmaßnahmen Anreize für Verhaltensänderungen in Richtung alternativer Lebensweisen zu erhöhen. Entwicklungen, die vor allem

indirekt Implikationen auf die Umwelt haben wie „Digitale Aussteiger“ oder eine „bewusste Entschleunigung“, gilt es, weiter zu beobachten und ggf. politisch zu begleiten.

Hintergrund:

Der Trend, dass in Teilen der Gesellschaft verstärkt Gegenentwürfe zu etablierten Lebensweisen praktiziert werden, lässt sich vor allem an Orten wahrnehmen, an denen eine entsprechende Beschleunigung des Arbeits- und Lebenstempos oder Umweltbelastungen wie Luftverschmutzung oder naturferne Lebensräume besonders stark spürbar sind. Hierzu zählen vorzugsweise (Groß-)Städte in Industrie- und Schwellenländern.

Andererseits entstehen ähnliche Gegenbewegungen auch in ländlichen Gebieten und periurbanen Räumen mit der Motivation, einen klaren Kontrapunkt zu einer Kultur der Beschleunigung und vermeintlichen Effizienzsteigerung in nahen urbanen Gebieten zu setzen und eigene Lebens- und Arbeitsweisen auf diesem Weg zu erhalten. Hierzu zählt zum Beispiel die Slow Food-Bewegung aus dem norditalienischen Piemont, in deren Gründungsmanifest es heißt: „Fast Life hat im Namen von Produktivität und Rendite unser Leben verändert und bedroht unsere Umwelt. Slow Food ist die richtige Antwort darauf“ (Slow Food Deutschland e. V. 1989).

„Hippie“-Kultur als wichtiger Ausgangspunkt

Eine mögliche Wurzel des Trends kann in der Gegenkultur der sechziger und siebziger Jahre im angloamerikanischen Raum sowie der Alternativkultur der siebziger und achtziger Jahre im deutschsprachigen Raum gesehen werden. So stellt z. B. Lambing (2014) fest, dass sich die Entwicklung vieler alternativer sozialökologischer Gemeinschaften parallel zu diesen Gegenbewegungen sowie zur Ausbildung neuer sozialer Bewegungen wie der Umwelt-, Frauen- oder Friedensbewegung und auch im Einklang mit dem aufkommenden Nachhaltigkeitsdiskurs vollzog.

Weitere potenzielle Einflüsse ergeben sich aus der Debatte um eine Postwachstumsökonomie sowie die Umweltschutzbewegung und die gesellschaftliche Diskussion um Klimaschutz und die Anpassung an



den Klimawandel. Verstärkt wird die Diskussion seit dem 2007 erschienenen 4. Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) und der anschließenden gescheiterten Klimakonferenz von Kopenhagen 2009.

Eine weitere Inspiration kann in bestimmten indigenen Konzepten gesehen werden, die auf einer starken Betonung des Einklangs von Mensch und Natur und einer daraus entstehenden Lebensqualität basieren. Hier ist zum Beispiel „el buen vivir“ zu nennen, das aus der andinen Tradition in Lateinamerika erwachsen ist. Kern dieses anzustrebenden guten Lebens ist die Harmonie mit der Natur und die starke Betonung der gemeinschaftlichen Existenz, in klarer Abgrenzung zu einer übermäßigen Ausbeutung natürlicher Ressourcen durch Industrialisierung und eine individualistische Lebensweise. Im Zuge neuer verfassungsgebender Prozesse in Ecuador und Bolivien in den Jahren 2006 bis 2008 wurden Teile dieses Konzeptes in den neuen Verfassungen beider Länder verankert und auf diese Weise weltweit bekannt (Fatheuer 2011).

Kern des Trends ist die bewusste Abkehr von etablierten und in der aktuellen Gesellschaft vorherrschenden Lebensweisen, insbesondere in Bezug auf den individuellen Ressourcenverbrauch, die Art und Weise des sozialen Zusammenlebens sowie die zeitliche

Arbeits- und Freizeitgestaltung („Entschleunigung“). Dabei geht es nicht um die Schaffung einer neuen Gegenkultur per se. Stattdessen steht die Schaffung sozialer Innovationen im Fokus, um ein modernes, ganzheitliches umwelt- und klimaverträgliches Leben zu ermöglichen, ohne notwendigerweise auf materiellen Wohlstand zu verzichten. Zentrale Prinzipien in diesem Zusammenhang sind nach Paech (2011) unter anderem:

- ▶ Suffizienz, also die Veränderung von Konsummustern – etwa der Umstieg vom Auto aufs Fahrrad – bis zur Vermeidung von nicht notwendigem Konsum,
- ▶ Kreislaufwirtschaft, zum Beispiel das Reparieren bzw. Um- und Aufwerten von bestehenden Produkten sowie
- ▶ Subsistenz und Regionalökonomie, also eine möglichst geringe Distanz zwischen Produktion und Konsum.

Im Mittelpunkt steht dabei eine Art und Weise des Lebens und Arbeitens, die stark auf ökologische Nachhaltigkeit sowie essentielle Bedürfnisse des Menschen wie physische und seelische Gesundheit sowie ein funktionierendes Sozialgefüge abzielen. Es geht also sowohl um die Wahrnehmung individueller Verantwortung im Hinblick auf die lokalen und globalen Auswirkungen des eigenen Handelns als auch um die Abwehr übersteigerter und als „unmenschlich“ empfundener Tendenzen der Effizienzsteigerung und Optimierung des Arbeits- und Privatlebens. Dies

bezieht sich auf Bereiche wie Arbeitsgestaltung, soziales Zusammenleben, Ernährung, Mobilität, Warenaustausch und den Ressourcenverbrauch allgemein.

Neben globalen Herausforderungen wie dem Klimawandel können auch die Auswirkungen der Megatrends Globalisierung und Digitalisierung als ursächlich für diesen Trend verstanden werden. Viele Menschen nehmen derartige Veränderungen, die sich beispielsweise in einer beschleunigten Kommunikation ausdrücken, implizit als Bedrohung wahr und suchen nach Abgrenzungsmöglichkeiten.

Emerging Issues:

Die Entwicklung und das Ausprobieren von Gegenentwürfen zu etablierten Lebensweisen drücken sich in verschiedenen, sich abzeichnenden Entwicklungen aus, von denen zwei besonders ganzheitliche Ansätze an dieser Stelle erläutert werden, die sich über mehrere bzw. möglichst alle Lebensbereiche erstrecken:

1. **Ökologisch nachhaltige Lebensweisen als Alternative:** Wachsendes Wissen über und Bewusstsein für die negativen Umweltfolgen eines insbesondere in westlichen Industriegesellschaften vorherrschenden Lebensstils motivieren einen wachsenden Teil der Bevölkerung, diesen teilweise oder komplett zu überwinden. Es wird versucht – vielfach in experimenteller Form – Nachhaltigkeit zur Grundlage und Bedingung der individuellen Arbeits- und Lebensweise zu machen.

Umfassende Ansätze zur Realisierung eines derartigen Lebensstils zeigen sich vor allem auf gemeinschaftlicher Ebene. Sogenannte Ökodörfer (oder -kommunen) stellen als experimentelle Modelle eines alternativen gemeinschaftlichen Lebens und Wirtschaftens die ökologische und soziale Nachhaltigkeit in den Mittelpunkt. Obwohl die Organisation und Grundprinzipien dieser Gemeinschaften, die mittlerweile auf der ganzen Welt zu finden sind, sehr unterschiedlich sein können, findet sich das Streben nach hoher sozialer „Lebensqualität und einem möglichst kleinen ökologischen Fußabdruck“ in den meisten Initiativen wieder (ntv.de 2019; Joubert und Dregger 2015). Ökodörfer können daher als „Zukunftslabore“ verstanden werden, in denen Lösungen entwickelt und ausprobiert werden sollen, die auch anderswo einsatzfähig sind (ntv.de 2019).



Auch die Transition-Town-Bewegung kann als gemeinschaftlicher Ansatz und als Impulsgeber und Vordenker einer ökologisch nachhaltigen (Stadt-) Entwicklung gesehen werden. Im Unterschied zu Ökodörfern geht es dabei nicht um die Gründung einer eigenen nachhaltigen Gemeinschaft, sondern um die „bottom-up“-Umsetzung einer Vielzahl von Umwelt- und Nachhaltigkeitsinitiativen in Städten und Kommunen sowie ein vernetztes bzw. konzertiertes Vorgehen dieser Initiativen. Teil des Narrativs der Bewegung ist, dass Einwohnerinnen und Einwohner, lokale Unternehmen und Initiativen nicht auf effektive politische Handlungen zu warten brauchen, sondern den Wandel ihrer Städte und Kommunen selbst mitgestalten können. Initiativen reichen von ökologischen Gemeinschaftsgärten über Sharing-Initiativen bis hin zu gemeinschaftlichen Investitionen in erneuerbare Energien. Über das globale Transition-Netzwerk findet zudem eine Vernetzung und Beratung der vielen weltweit bereits bestehenden Transition Towns untereinander statt.

Auf individueller Ebene findet das Ausprobieren ökologisch nachhaltiger Lebensweisen beispielsweise Ausdruck durch die Wahl umweltfreundlicher Mobilitätsoptionen, die Nutzung erneuerbarer

erer Energien, den Bezug ökologisch hergestellter, regionaler Erzeugnisse, den Aufbau von Nachbarschafts- und Tauschnetzwerken oder das Vermeiden von Verpackungsmüll und Schrott z. B. durch Einkäufe in „Unverpacktläden“ und das Nutzen von „Repair-Shops“.

Die aktuelle Allensbacher Markt- und Werbeträgeranalyse illustriert diese Entwicklung: So gaben im Jahr 2018 bereits 34 % der Befragten an, bereit zu sein, für umweltfreundliche Produkte mehr zu bezahlen (2012: 26 %); 31 % der Befragten sagten aus, sich bewusst einzuschränken, um die Umwelt zu schützen (2012: 31 %) und 53 % bevorzugten Produkte aus der Region (2012: 46 %) (Sommer 2018). Allerdings ist von einer deutlichen Diskrepanz zwischen theoretischer Absicht und praktischem Handeln auszugehen. Dies legt etwa eine Erhebung der Online-Reisebuchungsplattform Booking.com nahe, nach der zwar neun von zehn Befragten beabsichtigen, nachhaltig zu reisen, jedoch nur vier von zehn Befragten dies auch tatsächlich tun (Booking.com 2018). Es scheint also, dass trotz eines steigenden allgemeinen Umweltbewusstseins nur ein kleiner Teil der Bevölkerung tatsächlich zur Umsetzung entsprechender alternativer Lebens- und Arbeitsmodelle bereit ist.





2. **Digitaler Ausstieg aus der beschleunigten Gesellschaft:** Digitalisierung ist ein Megatrend, der zahlreiche Bereiche unserer Gesellschaft bereits in kurzer Zeit tiefgreifend verändert hat und weiter fortschreiten wird. In der Diskussion um die gesellschaftlichen Folgen dieses technologischen Fortschritts spielen negative Auswirkungen eine zunehmende Rolle. Dazu gehört eine für viele Menschen spürbare Zunahme des Lebenstempos. Private und dienstliche Kommunikation findet durch digitale Kommunikationskanäle häufig nahezu permanent statt. Ruhephasen in allen Lebensbereichen nehmen ab, Konzentration geht verloren. Ähnlich wie Produkte in immer kürzeren Abständen ersetzt werden, erscheinen auch etabliertes Wissen und Praktiken rasch veraltet und erfordern Umdenken und das Erlernen neuer Fähigkeiten. Zur erhöhten Lebens- und Arbeitsgeschwindigkeit kommt ein verstärkter sozialer Vergleich mit Hilfe digitaler sozialer Medien, sowohl im privaten Bereich als auch durch Karrierenetzwerke. Viele Menschen versuchen zudem, anhand digitaler Hilfsmittel mehr Dinge in weniger Zeit zu erledigen.

Ein wachsender Anteil der Bevölkerung nimmt diese Entwicklungen als physische und psychische Belastungen wahr, die zu gesundheitlichen Einschränkungen führen. Der Stressreport der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) aus dem Jahr 2012 nennt als häufigste Belastungen bei der Arbeit starken Termin- und Leistungsdruck, häufige Unterbrechungen, Multitasking und schnelles Arbeiten (Lohmann-Hais-

lah und Schütte 2013). Passend dazu wünscht sich laut einer aktuellen Umfrage des Institute of Labor Economics (IZA) und des Karrierenetzwerks Xing knapp die Hälfte der deutschen Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer eine deutliche Reduzierung der wöchentlichen Arbeitszeit. Dabei fällt auf, dass insbesondere für junge Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer unter 35 Jahren die Work-Life-Balance eine immer wichtigere Rolle spielt und sie durchschnittlich eine doppelt so hohe Arbeitszeitverkürzung wie Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer über 55 Jahren wünschen (Forschungsgruppe zur Zukunft der Arbeit GmbH [IZA] 2019).

Krankheitsphänomene wie Depressionen, häufig als Burn-out bezeichnet, oder andere psychische Störungen werden zunehmend diagnostiziert und spielen die vielfache individuelle Überforderung wider.

Paradoxerweise könnten ausgerechnet solche (technischen) Entwicklungen, die Arbeitsprozesse eigentlich erleichtern und an individuelle Bedürfnisse anpassen sollen, ursächlich für physische und psychische Belastungen sein. So bieten mobiles Internet und Einrichtungen wie das Home Office einerseits Flexibilität, führen jedoch auch zu einer Entgrenzung zwischen Privat- und Berufsleben und erhöhen durch permanente Erreichbarkeit den Kommunikationsfluss und den Leistungsdruck.

Als eine konkrete Gegenbewegung zu der beschriebenen Dynamik kann der digitale Ausstieg gesehen werden. Das heißt das partielle, zeitweilige oder komplette Verlassen digitaler Kommunikations- und Netzwerksysteme, v. a. der sozialen Netzwerke.

Laut des D21 Digital Index 2018/2019 ist eine zunehmende Überforderung ursächlich für den Wunsch nach einem digitalen Ausstieg. So möchte jeder dritte Internetnutzer öfter bewusst offline sein. Insbesondere jüngere Menschen (14- bis 29-Jährige) sowie Personen mit Bürotätigkeit – also Intensivnutzer – wünschen sich regelmäßige Auszeiten vom Medium Internet. Insgesamt stoßen 38 % der befragten Bürgerinnen und Bürger bei digitalen Geräten oder Anwendungen häufig an ihre Grenzen (Initiative D21 e. V. 2019).



Zudem nennen Personen, die vor allem aus sozialen Netzwerken aussteigen, Bedenken hinsichtlich der eigenen Datensicherheit, Angst, eine Digital-sucht zu entwickeln sowie den gefühlten Druck, eine digitale Kommunikation und (unrealistische, ständig extern bewertete) Selbstdarstellung aufrechtzuerhalten (Stieger et al. 2013).

Paradoxerweise lassen sich die Wurzeln dieser Gegenbewegung auf das Silicon Valley zurückführen, dessen Unternehmen ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern entsprechende zeitweilige Angebote wie das Camp Grounded⁴ anbieten. Auch in Deutschland gibt es entsprechende Coaching- und Retreat-Angebote. Interessanterweise kommen auch viele technische Angebote für den digitalen Ausstieg aus ebendieser digitalen Welt. So steht eine Vielzahl von Apps zur Verfügung, die das anteilige oder komplette – jedoch immer temporäre – Abschalten spezieller Funktionen an Smartphones, Tablet-PC oder Laptops ermöglichen.

Umweltaspekte:

Alternative Lebensweisen stehen schon seit längerer Zeit im Fokus der Umweltforschung und -politik; beim Horizon Scanning hat sich aber gezeigt, dass viele neue Gegenentwürfe entstehen und eine große Dynamik feststellbar ist. Ausgangspunkt ist dabei die Beobachtung, dass Effizienzsteigerungen der

Produktion und hiermit verbundene Ressourceneinsparungen durch die wachsende Nachfrage nach Ressourcen kompensiert werden. So stieg beispielsweise die Energieproduktivität in Deutschland im Zeitraum 1990 bis 2015 um mehr als 50 %, während sich der Primärenergieverbrauch in Deutschland im gleichen Zeitraum nur um ca. 11 % verringerte (Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen 2018; Statistisches Bundesamt [Destatis] 2018b). Hinzu kommt, dass Umweltauswirkungen zunehmend nicht direkt durch die Produktion in Deutschland entstehen, da Produktionsstätten für in Deutschland konsumierte Produkte bzw. Vorprodukte im Ausland liegen. Mit dem Wandel von Einstellungen, Gewohnheiten und insgesamt veränderten, ökologisch nachhaltigeren Lebensstilen könnten nachfrageseitig durch verändertes Konsumverhalten Umweltentlastungen erzielt werden.

Die skizzierten Entwicklungen können hierbei als Ausgangspunkte, Nischen oder Labore interpretiert werden, welche das Potenzial in sich tragen, zu einer Nachhaltigkeitstransformation beizutragen. Dabei stehen die drei Bedürfnisfelder Wohnen, Mobilität und Ernährung besonders im Fokus, da die höchsten Umweltbelastungen des Konsums in Deutschland durch die Nachfrage in diesen Feldern entstehen (Quack und Rüdener 2007). Zugleich sind heute in wichtigen Teilbereichen dieser Bedürfnisfelder

⁴ <https://campgrounded.org>

(z. B. Fleischkonsum, Flugverkehr) keine technischen Lösungen absehbar, die in ausreichender Zeit zu den notwendigen Entlastungen führen könnten. Die dargestellten Entwicklungen im Emerging Issue „Nachhaltig Leben als Alternative“ ordnen sich größtenteils diesen Bedürfnisfeldern zu und setzen dementsprechend an den großen Herausforderungen an. So verspricht der Konsum saisonaler, regionaler Erzeugnisse Entlastungen hinsichtlich transportbezogener Umweltauswirkungen (u. a. Kohlenstoffdioxide und Luftschadstoffe); die Nutzung erneuerbarer Energien verspricht u. a. reduzierte Auswirkungen beim Heizen – mehr als zwei Drittel der Endenergieverbräuche privater Haushalte lassen sich auf das Heizen zurückführen (Statistisches Bundesamt [Destatis] 2018a). Schließlich können sich durch den Umstieg vom motorisierten Individualverkehr auf den Umweltverbund (Fahrrad, ÖPNV etc.) Umweltentlastungen hinsichtlich Treibhausgasemissionen und Energieverbrauch ergeben.

Ungeklärt ist die Frage, inwieweit derartige Initiativen auch eventuelle Rebound-Effekte hervorrufen können. Vordergründig und auf individueller Ebene bzw. in kleinen sozialen Verbänden können Entscheidungen den Anschein erwecken, ethisch-ökologisch korrekt zu sein. Durch die Komplexität und Wechselwirkungen menschlicher Entscheidungen in Zusammenhang mit komplexen wirtschaftlichen Prozessen könnten Rebound-Effekte entstehen, die konträr zur eigentlichen Intention der Verhaltensänderung wirken. Dies kann z. B. bei der Gründung von Ökodörfern der Fall sein, die aufgrund ihrer Lage keine ÖPNV-Verbindung aufweisen und daher stark auf die

Nutzung individueller oder gemeinschaftlicher Fahrzeuge angewiesen sind (Simon 2004, S. 27).

Häufig sind es die Charakteristika der Beschleunigung, welche Umweltbelastungen mit sich bringen. Werden z. B. Produkte beständig und immer schneller erneuert, ergeben sich wesentlich höhere Ressourcenverbräuche für den gleichen Zeitraum. Gleichermäßen führt die Zunahme der Mobilität, ausgelöst durch Flexibilisierung, potenziell zu größeren Umweltauswirkungen (in Abhängigkeit des genutzten Verkehrsmittels, der zurückgelegten Strecke etc.). Werden nun Wege aus der Beschleunigung gefunden, so ist zentral, wie diese gestaltet werden. Liegt der Ausweg darin, ökologisch nachhaltiger zu konsumieren und beispielsweise weniger mit dem Flugzeug zu reisen, so ergeben sich naturgemäß Entlastungen für die Umwelt. Liegt der Ausweg hingegen darin, verstärkt Erholungs-Flugreisen ins Ausland zu machen, werden sich ggf. auch zusätzliche Belastungen ergeben.

Die digitale Suffizienz, also die geringere, bewussterere Nutzung IKT-basierter Angebote, ist schließlich eine zentrale Herausforderung für eine nachhaltigere Digitalisierung. Aus Umweltsicht relevant ist dabei die Frage, ob wirklich komplett auf die Hardware verzichtet wird (kein Smartphone, kein Laptop etc.) oder die Geräte nur weniger genutzt werden. Aber auch eine reduzierte Nutzung könnte die derzeitige Lage beeinflussen, in der der Strombedarf für IKT-Infrastruktur (Rechenzentren, Telekommunikation) in Deutschland weiter stark steigen könnte – für Deutschland z. B. um bis zu 40 %, ausgelöst u. a. durch das vermehrte Streaming von Filmen (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie [BMWi] 2015). Dementsprechend könnten sich durch das Emerging Issue der „Digitalen Aussteiger“ Umweltentlastungen ergeben. Digitale Aussteiger können daher Multiplikatoren für einen bewussteren digitalen Konsum sowie eine wichtige kritische Stimme zur Benennung negativer Effekte der Digitalisierung werden; sie zeigen, wie nicht-digitales Leben und Arbeiten weiterhin möglich sind.



3

Ausblick



3 Ausblick

Die in dieser Broschüre vorgestellten Zukunftsthemen wurden im aktuellen Horizon Scanning-Prozess bis 2019 identifiziert. Die gewährten Einblicke erfüllen aus Sicht des Umweltressorts zwei wichtige Funktionen:

- ▶ Zum einen werden hier neue Themen im Hinblick auf ihre Umweltrelevanz diskutiert. Der präsentierte Erkenntnisstand spiegelt dabei jedoch nicht alle infrage kommenden Informationen zu den jeweiligen Themen wider. Schließlich konnten die ausgewählten Themen nur in einzelnen Fällen in der notwendigen Detailtiefe analysiert werden. Dies liegt unter anderem an dem Zeitfenster, das für das Scanning und die Themengenerierung zur Verfügung stand. Es liegt aber auch an dem Umstand, dass Zweck eines Horizon Scannings die Identifikation schwacher Signale ist. Diese sind definitionsgemäß durch unvollständige Informationsgehalte gekennzeichnet. Die daraus generierten Zukunftsthemen umfassen zusätzliche Informationsrecherchen, erheben aber nicht den Anspruch einer vollständigen, bis ins letzte Detail ausgearbeiteten thematischen Auseinandersetzung. Die Beschreibung der Zukunftsthemen liefert dennoch Hinweise bezüglich eines weiteren Analysebedarfs. Hierfür stehen im Umweltressort andere Werkzeuge – wie zum Beispiel die eingangs erwähnte Trendanalyse – zur Verfügung, mit denen pro Studie ein Trend vertieft hinsichtlich seiner Entwicklungsmöglichkeiten, seiner Umweltbe- und -entlastungspotenziale und seiner umweltpolitischen Handlungsrelevanz analysiert werden kann.
- ▶ Zum anderen sind die hier veröffentlichten Ergebnisse auch ein Beleg für die Leistungsfähigkeit des Horizon Scannings als Prozess. Da die Vorgehensweise des Horizon Scannings keiner starren Methodik folgt, sondern vielmehr durch ein gewisses Maß an Flexibilität charakterisiert ist, konnten nicht nur im Prozessverlauf neue methodische Erkenntnisse berücksichtigt werden. Auch für zukünftig durchzuführende Horizon Scannings liefert der nun abgeschlossene Prozess wertvolle Erkenntnisse. Es ist bereits Bestandteil des nun abgeschlossenen Prozesses, eine Aufarbeitung der Stärken und Schwächen sowie eine daraus

abgeleitete Modifikation des folgenden Prozesses anzuregen. Veränderungen können einerseits die Auswahl der methodischen Elemente und der unterstützenden (Software-)Werkzeuge betreffen. Andererseits können auch die Quellen, Suchräume und Bewertungskriterien auf eventuell neue Bedarfe des Umweltressorts angepasst werden.

Die Grundlagen für den nachfolgenden Zyklus des Horizon Scannings für das Umweltressort sind bereits gelegt. In methodischer, aber auch in inhaltlicher Hinsicht knüpft der nächste Zyklus nahtlos an das nun abgeschlossene Horizon Scanning an. Dabei können vor allem auch schwache Signale und Emerging Issues erneut untersucht werden, die in diesem ersten Zyklus keine Berücksichtigung gefunden haben, etwa, weil noch keine umweltpolitischen Anknüpfungspunkte erkennbar waren oder aber Informationsgrundlagen noch zu vage gewesen sind. Die Ergebnisse des ab Frühjahr 2020 beginnenden nächsten Zyklus des Horizon Scannings für das Umweltressort werden voraussichtlich im Frühjahr 2021 veröffentlicht.

Es lohnt sich weiterhin, die im Laufe des Prozesses identifizierten Anknüpfungspunkte für umweltpolitisches Handeln weiter auszuarbeiten. Dies ist nicht Bestandteil des ersten Horizon Scannings gewesen, da viele der hier vorgestellten Themen erstmalig für das Umweltressort ausgearbeitet wurden und die Formulierung von Handlungsoptionen einer tiefergehenden Analyse bedarf. Dennoch können bereits an dieser Stelle beispielhaft einige der identifizierten Handlungsoptionen genannt werden:

- ▶ Beim Thema Blockchain (vgl. Kapitel 2.1) gilt sicherlich, dass die technologische Entwicklung noch nicht abgeschlossen ist und noch viele Unsicherheiten bezüglich künftiger Auswirkungen auf die Umwelt bestehen. Klar ist, dass einige aus Umweltsicht vielversprechende Anwendungsfälle der Blockchain-Technologie derzeit beforscht und getestet werden. Weitere Forschung ist notwendig, um die aktuell stark diskutierte These des hohen Energieverbrauchs von DLT weiter zu untersuchen. Gleichzeitig fokussieren aktuelle Forschungs- und Entwicklungsbemühungen auch bereits auf diesen Bereich. Für das nachhaltige

Lieferkettenmanagement gilt, dass die Vorteile einer dezentralen Datenbank gegenüber dem Bedarf nach politischer Steuerung und institutioneller Einbettung abgewogen werden müssen. Das Personal Carbon Trading könnte als Option politisch in den Blick genommen werden; ob die Blockchain gegenüber dem aktuellen Emissionshandelsregister Vorteile hat, ist vorab zu prüfen. Vorteile verspricht die Blockchain bei der Unterstützung der Energiewende durch die Ermöglichung eines dezentralen Stromhandels, was weiter untersucht werden sollte.

- ▶ Beim Thema Virtual und Augmented Reality (vgl. Kapitel 2.2) hat sich gezeigt, dass – neben der umweltfreundlichen Gestaltung der Hard- und Software – die Förderung umweltfreundlicher Anwendungen zentral ist. Darüber hinaus könnte das Umweltressort eigene Angebote für die virtuellen Welten schaffen und so sichtbar in der neuen Realität werden. Diese Angebote könnten etwa darauf abzielen, Nachhaltigkeitsinformationen noch anschaulicher darzustellen und neue Zielgruppen zu erschließen. Weitere Forschung sollte sich mit den verschiedenen Wirkungsweisen der AR/VR beschäftigen (z. B. hinsichtlich des Ersatzes von Dienstreisen). Außerdem sollten alternative, umweltförderliche Anwendungsmöglichkeiten gefördert werden, wie beispielsweise die Vermittlung emotionaler Umwelterfahrungen zur Förderung von Verhaltensänderungen.
- ▶ Die Ausführungen zum Thema Plattformökonomie (vgl. Kapitel 2.3) und insbesondere zu den Emerging Issues haben gezeigt, dass es – wenn auch schwierig – notwendig ist, die großen Monopolisten für mehr Nachhaltigkeit zu gewinnen. Ein weiterer umweltpolitischer Gestaltungsbedarf besteht darin, die gemeinwohlorientierten und demokratisch geprägten Sharing-Ansätze zu stärken bzw. zu untersuchen, welchen Einfluss aktuelle Regulierungsansätze auf umweltpolitische Instrumente ausüben können und wie solche Regulierungsansätze aus umweltpolitischer Sicht modifiziert werden können. Auch die Förderung gemeinwohlorientierter Plattformen durch geeignete umweltpolitische Instrumente ist ein möglicher Handlungsansatz.
- ▶ Das Trendthema Robotik jenseits der Industriehalle (vgl. Kapitel 2.5) verdient aus Umweltsicht

hohe Aufmerksamkeit. Ziel aus Umweltperspektive sollte es sein, ressourcenschonende robotische Systeme einzusetzen, die recyclebar, modular und möglichst lange nutzbar sind und geringen Bedarf an unterstützender Infrastruktur haben. Potenzielle sind in den einzelnen Bereichen sichtbar, Risiken sollten aber mitbeachtet werden. Im Bereich der Landwirtschaft sind Entlastungspotenziale kritisch zu prüfen und potenzielle Auswirkungen auf das Ziel der Agrarwende im Blick zu behalten. In der Umweltforschung, -technik und -überwachung sollte geprüft werden, welche robotischen Systeme sich für den großflächigen Einsatz nutzen lassen. Im Bereich Verkehr und Logistik ergeben sich durch den Einsatz automatisierter Fahrzeuge oder Drohnen potenziell weitreichende Veränderungen für individuelles Mobilitätsverhalten, Verkehrssysteme und Städte. Umweltpolitisch sollten das Ziel einer Stärkung des Umweltverbundes und die Abkehr vom motorisierten Individualverkehr bei der Gestaltung der Innovationen zentral auf die Agenda gesetzt werden. Im Bereich Haushaltsrobotik sollten die Entlastungseffekte der Roboter für die Umwelt beleuchtet werden und Auswirkungen auf den nachhaltigen Konsum im Blick behalten werden.

- ▶ Beim Trendthema Technologisierung des Gesundheitssektors (vgl. Kapitel 2.6) sollte aus umweltpolitischer Sicht das Vordringen der IT-Konzerne sowie eHealth und Health-at-Home als mögliche Bereiche der Datensammlung, -auswertung und -ausgabe für Umweltzwecke weiter untersucht werden. Auch gilt es, die Hard- und Software sowie die benötigte Infrastruktur hinsichtlich ihres Ressourcenverbrauchs im Blick zu behalten. Beim Diskurs zum Human Enhancement sollten Versuche, Ansätze aus dem Gesundheitsbereich auf Umwelt- und Klimaschutz zu übertragen, äußerst kritisch betrachtet werden; es muss sichergestellt werden, dass menschliche Autonomie gewahrt wird.
- ▶ Die Ausführungen zum Thema Raumfahrt (vgl. Kapitel 2.7) haben ein aus umweltpolitischer Sicht völlig neues Thema skizziert. Hier ist ersichtlich geworden, dass es sich dabei um ein facettenreiches und dynamisches Thema handelt, dessen mögliche Umweltwirkungen nur angedeutet werden konnten. Hier böte sich eine vertiefte Analyse des Themas und dessen möglicher positiver und

negativer Umweltwirkungen an. Solch eine Analyse kann beispielsweise als Trendanalyse durchgeführt werden, in der die einzelnen Entwicklungen im Bereich Satelliten, Rohstoffabbau im All, neuer Forschungsfelder für die Umwelt etc. detailliert für das Ressort aufgearbeitet würden.

- ▶ Umweltpolitisch wird auch das Thema der alternativen Lebensweisen (vgl. Kapitel 2.10) weiter an Bedeutung gewinnen. Dabei liegt ein Hauptaugenmerk darauf, nicht nur die dynamischen Experimente mit unterschiedlichen Lebensmodellen zu erkennen und für diese ein entsprechendes Umfeld und sinnvolle Rahmenbedingungen bereitzustellen, sondern auch – sofern sie eine echte Alternative für nachhaltiges Leben sind – durch entsprechende Rahmenbedingungen Anreize für Verhaltensänderungen der Allgemeinheit in Richtung dieser Lebensweisen zu setzen. Dazu gehört sowohl der Abbau umweltschädlicher Subventionen z. B. durch Abschaffung der Steuerbefreiung für Kerosin, die Schaffung neuer Infrastrukturen wie Fahrradwege oder auch Informationsmaßnahmen. Trends wie „Digitale Aussteiger“ gilt es, weiter zu beobachten und ggf. politisch zu nutzen. Ebenso sollte weiter untersucht werden, welche Wege aus der Beschleunigung Konsumentinnen und Konsumenten gehen und wie diese sich auf die Umwelt auswirken.

Zusammen mit den hier nicht erwähnten Zukunftsthemen empfiehlt sich zunächst eine erweiterte Relevanzprüfung durch das Umweltressort und vertiefende Analysen zu möglichen Umwelteffekten. Dies kann im Rahmen von Trendanalysevorhaben erfolgen. Denkbar ist jedoch auch, dass Themen, die sich dynamisch weiterentwickeln, auch zukünftig Bestandteil des Horizon Scannings für das Umweltressort sind.

Quellenverzeichnis

Einleitung:

Amanatidou, E., Butter, M., Carabias, V., Könnölä, T., Leis, M., Saritas, O. et al. (2012). On concepts and methods in horizon scanning. Lessons from initiating policy dialogues on emerging issues. *Science and Public Policy*, 39(2), 208–231.

Ansoff, H. I. (1980). Strategic Issue Management. *Strategic Management Journal*, 1(2), 131–148.

Behrendt, S., Zieschank, R., van Nouhys, J. & Scharp, M. (2015). „Horizon Scanning“ und Trendmonitoring als ein Instrument in der Umweltpolitik zur strategischen Früherkennung und effizienten Politikberatung. Konzeptstudie. Forschungskennzahl 3712 11 104 (Umweltbundesamt (UBA), Hrsg.) (Texte 106). Dessau: Umweltbundesamt (UBA). Zugriff am 31.03.2016. Verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_106_2015_horizon_scanning_und_trendmonitoring_als_instrument_in_der_umweltpolitik.pdf

Cuhls, K., van der Giessen, A., Toivanen, H., Erdmann, L., Warnke, P., Tolvanen, M. et al. (2015). Models of Horizon Scanning. How to integrate Horizon Scanning into European Research and Innovation Policies (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Hrsg.). Zugriff am 31.08.2018. Verfügbar unter <https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccv/2015/Models-of-Horizon-Scanning.pdf>

Keppner, B., Kahlenborn, W., Richter, S., Jetzke, T., Lessmann, A. & Bovenschulte, M. (2018). Die Zukunft im Blick: 3D-Druck. Trendbericht zur Abschätzung der Umweltwirkungen (Umweltbundesamt (UBA), Hrsg.). Zugriff am 06.07.2018. Verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/die-zukunft-im-blick-3d-druck>

Blockchain (Distributed Ledger Technologie):

CarbonX (Hrsg.). (2018). CarbonX. Blockchain for good. Zugriff am 05.12.2019. Verfügbar unter <https://www.carbonx.ca/>

Casino, F., Dasaklis, T. K. & Patsakis, C. (2019). A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues. *Telematics and Informatics*, 36, 55-81.

Dena. (2019). Blockchain in der integrierten Energiewende. dena-Multi-Stakeholder-Studie.

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), Hrsg. (2018). Blockchain for sustainable development. The most promising use cases, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. Zugriff am 05.10.2018. Verfügbar unter <https://www.giz.de/en/downloads/giz2019-EN-Blockchain-Promising-Use-Cases.pdf>

Hyperledger (Hrsg.). (2018). About Hyperledger. Zugriff am 05.12.2019. Verfügbar unter <https://www.hyperledger.org/about>

Kouhizadeh, M. & Sarkis, J. (2018). Blockchain Practices, Potentials, and Perspectives in Greening Supply Chains. *Sustainability*, 10 (10), 3652.

Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, Bitcoin.org. Zugriff am 21.04.2016. Verfügbar unter <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

Orcutt, M. (Technology Review, Hrsg.). (2017). Strom handeln mit Blockchains, Heise Medien. Zugriff am 05.12.2019. Verfügbar

unter <https://www.heise.de/tr/artikel/Strom-handeln-mit-Blockchains-3863751.html>

PricewaterhouseCoopers. (2019). Blockchain is here. What's your next move? Zugriff am 05.12.2019. Verfügbar unter <https://www.pwc.com/gx/en/issues/blockchain/blockchain-in-business.html>

Schiller, B. (Fast Company, Hrsg.). (2017). Can Personal Carbon Trading Take Off On The Blockchain? CarbonX wants to make it simple to be rewarded for making sustainable consumer decisions. Zugriff am 05.12.2019. Verfügbar unter <https://www.fastcompany.com/40479414/can-personal-carbon-trading-take-off-on-the-blockchain>

Schlatt, V., Schweizer, A., Urbach, N. & Fridgen, G. (2016). Blockchain: Grundlagen, Anwendungen und Potenziale. Zugriff am 05.10.2018. Verfügbar unter https://www.fit.fraunhofer.de/content/dam/fit/de/documents/Blockchain_WhitePaper_Grundlagen-Anwendungen-Potentiale.pdf

Schütte, J., Fridgen, G., Prinz, W., Rose, T., Urbach, N., Hoeren, T. et al. (2017). Blockchain und Smart Contracts. Technologien, Forschungsfragen und Anwendungen, Fraunhofer-Gesellschaft e. V. Zugriff am 05.10.2018. Verfügbar unter https://www.iuk.fraunhofer.de/content/dam/iuk/de/documents/Fraunhofer-Positionspapier_Blockchain-und-Smart-Contracts.pdf

Sharratt, R. (Coinmonks, Hrsg.). (2019). The reports of bitcoin environmental damage are garbage, medium.com. Zugriff am 05.12.2019. Verfügbar unter <https://medium.com/coinmonks/the-reports-of-bitcoin-environmental-damage-are-garbage-5a93d32c2d7>

Stinchcombe, K. (Hackernoon.com, Hrsg.). (2017). Ten years in, nobody has come up with a use for blockchain. Zugriff am 05.12.2019. Verfügbar unter <https://hackernoon.com/ten-years-in-nobody-has-come-up-with-a-use-case-for-blockchain-ee98c180100>

Vries, A. de. (2018). Bitcoin's Growing Energy Problem. *Joule*, 2 (5), 801-805.

World Economic Forum (Hrsg.). (09/2018). Building Block(chain)s for a Better Planet (Fourth Industrial Revolution for the Earth Series). Verfügbar unter http://www3.weforum.org/docs/WEF_Building-Blockchains.pdf

Virtual & Augmented Reality:

Albers, B., Lange, N. d., Fuhrmann, B. & Temmen, M. (2017). Das PAN Projekt. Umweltmonitoring mit Smartphones und Augmented Reality. *AGIT - Journal für Angewandte Geoinformatik* (3).

Anthes, C., Garcia-Hernandez, R. J., Wiedemann, M. & Kranzlmüller, D. (2016). State of the art of virtual reality technology. In 2016 IEEE Aerospace Conference (S. 1-19). Zugriff am 21.11.2017.

Anzalone, C. (phys.org, Hrsg.). (2017). Virtual reality simulates classroom environment for aspiring teachers. Zugriff am 05.12.2019. Verfügbar unter <https://phys.org/news/2017-06-virtual-reality-simulates-classroom-environment.html>

Azizullah, Y. (World Economic Forum, Hrsg.). (2016). Holoporation. Is this how you'll get to your next meeting? Zugriff am 07.11.2017. Verfügbar unter <https://www.weforum.org/agenda/2016/07/fourth-industrial-revolution-boardroom>

- Börner, M. (Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (BITKOM), Hrsg.). (2017). Marktentwicklung und Trends der Unterhaltungselektronik. Zugriff am 15.09.2017. Verfügbar unter <https://www.bitkom.org/Presse/Anhaenge-an-Pls/2017/08-August/IFA-Telefon-PK/Bitkom-Praesentation-PK-CE-29-08-2017.pdf>
- Brandoffice (Hrsg.). (2017). Deutscher Markenreport 2017. Zugriff am 21.09.2017. Verfügbar unter http://brandoffice.com/wp-content/uploads/2017/03/170315_Deutscher_Markenreport_2017.pdf
- Brien, J. (t3n, Hrsg.). (2016). Buy+: Alibaba zeigt ersten eigenen Virtual-Reality-Shop. Zugriff am 22.09.2017. Verfügbar unter <http://t3n.de/news/alibaba-virtual-reality-shop-728845/>
- Çaliskan, O. (2011). Virtual Field Trips in Education of Earth and Environmental Sciences. Ankara Universitesi Egitim Bilimleri Fakultesi Dergisi, 91-106.
- DigiCapital (DigiCapital, Hrsg.). (2017). After mixed year, mobile AR to drive \$108 billion VR/AR market by 2021. Zugriff am 01.11.2017. Verfügbar unter <https://www.digi-capital.com/news/2017/01/after-mixed-year-mobile-ar-to-drive-108-billion-vr-ar-market-by-2021/#.Wfn5-TsxmUk>
- Feelreal (Hrsg.). (2017). Deep Immersion. Feelreal sensory mask. New facet of VR. Zugriff am 20.12.2017. Verfügbar unter <http://feelreal.com/>
- Gallagher, S. (Ars Technica, Hrsg.). (2017). Heads up: Augmented reality prepares for the battlefield. Zugriff am 14.11.2017. Verfügbar unter <https://arstechnica.com/information-technology/2017/05/heads-up-augmented-reality-prepares-for-the-battlefield/>
- Gerhard, S. (ZEIT ONLINE GmbH, Hrsg.). (2017). „Unser Gehirn ist darauf programmiert, neue Dinge zu lieben“, ZEIT ONLINE GmbH. Zugriff am 05.12.2019. Verfügbar unter <https://www.zeit.de/wissen/2017-03/konsum-virtual-reality-shops-online-kaufhaus-zukunftsmodelle>
- Gerrard, B. (The Telegraph, Hrsg.). (2017). Virtual reality to the rescue for high street travel agent. Zugriff am 22.09.2017. Verfügbar unter <http://www.telegraph.co.uk/business/2017/04/02/virtual-reality-rescue-high-street-travel-agent/>
- Handelsblatt (Hrsg.). (2017). Israels Armee testet Brille für den Cyberkrieg. Zugriff am 14.11.2017. Verfügbar unter <http://www.handelsblatt.com/technik/it-internet/microsoft-hololens-israels-armee-testet-brille-fuer-den-cyberkrieg/19873040.html>
- Jaillet, S., Ployon, E. & Villemin, T. (Hrsg.). (2011). Images et modèles 3D en milieux naturels (Collection EDYTEM. Cahiers de géographie, no 12). Le Bourget-du-Lac: Laboratoire EDYTEM, Université de Savoie.
- Kalish, J. (PC Mag UK, Hrsg.). (2019). Can Smell-O-Vision Save VR? Zugriff am 07.04.2020. Verfügbar unter <https://uk.pcmag.com/news/124081/can-smell-o-vision-save-vr>
- Lakoff, G. (2010). Why it Matters How We Frame the Environment. Environmental Communication, 4 (1), 70-81.
- Li, S., Leider, A., Qiu, M., Gai, K. & Liu, M. (2017). Brain-Based Computer Interfaces in Virtual Reality.
- Moynihan, T. (Wired, Hrsg.). (2015). The NYT Is About to Launch VR's Big Mainstream Moment. Zugriff am 18.09.2017. Verfügbar unter <https://www.wired.com/2015/10/the-nyts-new-project-will-be-vrs-first-mainstream-moment/>
- Muhanna, M. A. (2015). Virtual reality and the CAVE. Taxonomy, interaction challenges and research directions. Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences, 27 (3), 344-361. Zugriff am 21.11.2017. Verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/282490665_Virtual_reality_and_the_CAVE_Taxonomy_interaction_challenges_and_research_directions
- Nye, L. (Business Insider & We Are The Mighty, Hrsg.). (2017). The US military is using VR to simulate combat jumps. Zugriff am 14.11.2017. Verfügbar unter <http://www.businessinsider.de/us-military-using-new-virtual-reality-trainer-simulate-combat-jumps-2017-5?r=US&IR=T>
- Porwol, T. (Techbook, Hrsg.). (2017). Diese App übersetzt sofort alles, was Sie filmen. Zugriff am 05.12.2019. Verfügbar unter <https://www.techbook.de/apps/diese-app-uebersetzt-sofort-alles-was-sie-filmen>
- Riva, G., Mantovani, F., Capideville, C. S., Preziosa, A., Morganti, F., Villani, D. et al. (2007). Affective interactions using virtual reality: the link between presence and emotions. Cyberpsychology & behavior : the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society, 10 (1), 45-56.
- Rondinella, G. (Horizont, Hrsg.). (2017). Ikea und Apple kündigen gemeinsame Augmented-Reality-App an. Zugriff am 20.09.2017. Verfügbar unter <http://www.horizont.net/tech/nachrichten/Virtuell-shoppen-Ikea-und-Apple-kuendigen-gemeinsame-Augmented-Reality-App-an-158942>
- Slater, M. & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality. Frontiers in Robotics and AI, 3.
- Stinson, E. (Wired, Hrsg.). (2017). VR Ads Are Almost Here. Don't Act Surprised. Zugriff am 21.09.2017. Verfügbar unter <https://www.wired.com/story/vr-ads-are-almost-here/>
- Trends der Zukunft (Hrsg.). (2017). Augmented Reality. Innovatives Headset macht Kinos barrierefrei. Zugriff am 05.12.2019. Verfügbar unter <https://www.trendsderzukunft.de/augmented-reality-innovatives-headset-macht-kinos-barrierefrei/>
- Turk, V. (New Scientist, Hrsg.). (2016). Face electrodes let you taste and chew in virtual reality. Zugriff am 17.04.2018. Verfügbar unter <https://www.newscientist.com/article/2111371-face-electrodes-let-you-taste-and-chew-in-virtual-reality/>
- Van Kerrebroeck, H., Brengman, M. & Willems, K. (2017). When brands come to life: experimental research on the vividness effect of Virtual Reality in transformational marketing communications. Virtual Reality, 21 (4), 177-191.
- Wang, H. H. (Forbes Asia, Hrsg.). (2016). From Virtual Reality To Personalized Experiences: Alibaba Is Bringing Us The Future Of Retail This Singles Day. Zugriff am 22.09.2017. Verfügbar unter <https://www.forbes.com/sites/helenwang/2016/11/06/how-alibaba-will-use-the-worlds-biggest-shopping-day-to-transform-retail/#264de6756d4e>
- Wohlsen, M. (Wired, Hrsg.). (2015). Google Cardboard's New York Times Experiment Just Hooked a Generation on VR. Zugriff am 18.09.2017. Verfügbar unter <https://www.wired.com/2015/11/google-cardboards-new-york-times-experiment-just-hooked-a-generation-on-vr/>
- Yung, R. & Khoo-Lattimore, C. (2019). New realities: a systematic literature review on virtual reality and augmented reality in tourism research. Current Issues in Tourism, 22 (17), 2056-2081
- Zakrzewski, C. (The Wall Street Journal, Hrsg.). (2016). Virtual Reality Takes On the Videoconference. Zugriff am 07.11.2017.

Verfügbar unter <https://www.wsj.com/articles/virtual-reality-takes-on-the-videoconference-1474250761>

Plattformökonomie:

Bialek, C. (Handelsblatt GmbH, Hrsg.). (2018). Airbnb, Amazon und Uber müssen reguliert werden, Handelsblatt Media Group GmbH & Co. KG. Zugriff am 06.12.2019. Verfügbar unter <https://www.handelsblatt.com/meinung/kommentare/kommentar-airbnb-amazon-und-uber-muessen-reguliert-werden/22913424.html?ticket=ST-547938-JjkF2xmX9gmNFYgr4fJS-ap5>

Bizan, J. (Datev magazin, Hrsg.). (2018). Plattformökonomie – altbekannt und aktuell wie nie. Zugriff am 06.12.2019. Verfügbar unter <https://www.datev-blog.de/2018/05/30/plattformoekonomie/>

Brandt, M. (Statista GmbH, Hrsg.). (2017). 229 Millionen Produkte auf Amazon.de, Statista GmbH. Zugriff am 06.12.2019. Verfügbar unter <https://de.statista.com/infografik/7849/bei-amazon-deutschland-gelistete-produkte/>

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.). (2016). Grünbuch Digitale Plattformen, Berlin. Verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/gruenbuch-digitale-plattformen.pdf?__blob=publicationFile&v=16

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.). (2017). Weissbuch Digitale Plattformen. Digitale Ordnungspolitik für Wachstum, Innovation, Wettbewerb und Teilhabe, Berlin. Verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/weissbuch-digitale-plattformen.pdf?__blob=publicationFile&v=24

Crouch, C. (ZEIT ONLINE GmbH, Hrsg.). (2019). Die Superreichen gefährden die Demokratie, ZEIT ONLINE GmbH. Zugriff am 06.12.2019. Verfügbar unter <https://www.zeit.de/wirtschaft/2019-04/kapitalismus-demokratie-ungleichheit-globalisierung/komplettansicht>

Dobusch, L. (2016). Plattformökonomie zwischen neuen Monopolen und Sharing Economy. Zeitschrift für sozialistische Politik und Wirtschaft (spw) (1), 46-50. Verfügbar unter https://www.spw.de/data/212_dobusch.pdf

Frenken, K. (2017). Political economies and environmental futures for the sharing economy. Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences, 375 (2095).

Haberkorn, T. (ZEIT ONLINE GmbH, Hrsg.). (2018). „Wir müssen über Verstaatlichung nachdenken“, ZEIT ONLINE GmbH. Zugriff am 06.12.2019. Verfügbar unter <https://www.zeit.de/kultur/2018-02/plattform-kapitalismus-google-amazon-facebook-verstaatlichung>

Kind, S. & Bogenstahl, C. (2017). Neue Weltordnung – digitale Plattformunternehmen als neuartige Nationen (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Hrsg.) (Themenkurzprofil 014). Zugriff am 05.10.2017. Verfügbar unter <https://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/themenprofile/Themenkurzprofil-014.pdf>

Statista GmbH (Hrsg.). (2018). Internetunternehmen (Statista-Dossier). Zugriff am 03.07.2019.

Ulbricht, C. (ecommerce magazin, Hrsg.). (2019). DSGVO. Bundeskartellamt weist Facebook in die Schranken. Zugriff am 06.12.2019. Verfügbar unter <https://www.e-commerce-magazin.de/dsgvo-bundeskartellamt-weist-facebook-die-schranken/>

Verhaltenssteuerung im digitalen Zeitalter:

Antle, J., Capalbo, S. & Houston, L. (2015). Using Big Data to Evaluate Agro-environmental Policies. Choices The magazine of food, farm, and resource issues.

Balkan, A. (ZEIT ONLINE GmbH, Hrsg.). (2016). Wir sind alle Cyborgs, ZEIT ONLINE GmbH. Zugriff am 06.12.2019. Verfügbar unter <https://www.zeit.de/digital/mobil/2016-03/digitalisierung-big-data-soziale-netzwerke-ueberwachung-umgang-digital-denken/komplettansicht>

Bessi, A. & Ferrara, E. (2016). Social bots distort the 2016 U.S. Presidential election online discussion. First Monday, 21 (11).

Brüggemann, M. & Engesser, S. (2015). Skeptiker müssen draußen bleiben. Weblogs und Klimajournalismus.

Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (2015, 29. Dezember). Big Data im Praxiseinsatz. Big Data und Geschäftsmodell-Innovationen in der Praxis: 40+ Beispiele (Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (BITKOM), Hrsg.). Berlin: Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (BITKOM). Zugriff am 07.04.2020. Verfügbar unter <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/151229-Big-Data-und-GM-Innovationen.pdf>

Deutscher Bundestag (Hrsg.). (2018, 06. Dezember). Big Data und künstliche Intelligenz im Versicherungssektor. Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. Florian Toncar ... und weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP (Drucksache 19/6310). Zugriff am 03.07.2019. Verfügbar unter <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/19/063/1906310.pdf>

Deutscher Ethikrat. (2017). Big Data und Gesundheit - Datensouveränität als informationelle Freiheitsgestaltung, Berlin.

Ferdinand, J.-P. & Kind, S. (2018). Big Social Data. Die gesellschaftspolitische Dimension von Prognose- und Ratingalgorithmen (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Hrsg.) (Themenkurzprofil Nr. 20). Zugriff am 03.07.2019. Verfügbar unter <https://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/themenprofile/Themenkurzprofil-020.pdf>

Grafenstein, M. von, Hölzel, J., Irgmaier, F. & Pohle, J. (2018). Nudging. Regulierung durch Big Data und Verhaltenswissenschaften (Assessing Big Data (ABIDA), Hrsg.). Verfügbar unter http://www.abida.de/sites/default/files/ABIDA-Gutachten_Nudging.pdf

Helbing, D. (2017). »Big Nudging« – zur Problemlösung wenig geeignet. In C. Könniker (Hrsg.), Unsere digitale Zukunft (S. 49-52). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Verfügbar unter www.spektrum.de/kolumne/big-nudging-zur-problemloesung-wenig-geeignet/1375930

Kind, S., Jetzke, T., Weide, S., Ehrenberg-Silies, S. & Bovenschulte, M. (2017). Social Bots (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Hrsg.) (TA-Vorstudie Horizon Scanning Nr. 3), Berlin.

Kind, S. & Weide, S. (2017). Microtargeting: psychometrische Analyse mittels Big Data (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Hrsg.) (Themenkurzprofil Nr. 18). Zugriff am 05.10.2017.

Kluge, J., Oertel, B. & Evers-Wölk, M. (2018). Wie bewerten junge Menschen personalisierte Onlinemedien? (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Hrsg.) (TAB-Sensor Nr. 001). Zugriff am 03.07.2019. Verfügbar unter <https://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/sensor/TAB-Sensor-001.pdf>

- Krempel, S. (Heise Online, Hrsg.). (2018). Datensouveränität. Die Säge am informationellen Selbstbestimmungsrecht, Heise Medien. Zugriff am 06.12.2019. Verfügbar unter <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Datensouveraenitaet-Die-Saegel-am-informationellen-Selbstbestimmungsrecht-3953776.html>
- Lischka, K. & Klingel, A. (2017). Wenn Maschinen Menschen bewerten. Internationale Fallbeispiele für Prozesse algorithmischer Entscheidungsfindung. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
- Mooy, M. de. (2017). Rethinking Privacy Self-Management and Data Sovereignty in the Age of Big Data (Müller-Eiselt, R., Hrsg.). Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
- Rabe, L. (Statista GmbH, Hrsg.). (2019). Schätzung zur Anzahl der Internetnutzer weltweit nach Regionen 2019, Statista GmbH. Verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/39490/umfrage/anzahl-der-internetnutzer-weltweit-nach-regionen/>
- Schäfer, M. (2012). „Hacktivism“? Online-Medien und Social Media als Instrumente der Klimakommunikation zivilgesellschaftlicher Akteure. *Forschungsjournal Neue Soziale Bewegungen* (25), 70-79.
- Schmidt, F. (DSN Holding GmbH, Hrsg.). (2016). Personalisierte Preise – sexy aber nicht bedingungslos, DSN Holding GmbH. Zugriff am 03.02.2020. Verfügbar unter <https://www.datenschutz-notizen.de/personalisierte-preise-sexy-aber-nicht-bedingungslos-2816074/>
- Schweiger, W. (2017). Der (des)informierte Bürger im Netz. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. Verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-16058-6>
- Smart Data Forum (Hrsg.). (2019). Datensouveränität. Zugriff am 07.04.2020. Verfügbar unter https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Smart-Data-Forum/wissen-datensouveraenitaet.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- Steinebach, M., Krempel, E., Jung, C. & Hoffmann, M. (2016). Datenschutz und Datenanalyse. Herausforderungen und Lösungsansätze. *Datenschutz und Datensicherheit* (7), 440-445.
- Tenzer, F. (Statista GmbH, Hrsg.). (2019). Prognose zum weltweit generierten Datenvolumen 2025, Statista GmbH. Zugriff am 06.12.2019. Verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/267974/umfrage/prognose-zum-weltweit-generierten-datenvolumen/>
- Thaler, R. H. & Sunstein, C. R. (2009). *Nudge. Improving decisions about health, wealth and happiness*. London: Penguin Books.
- The Economist (Hrsg.). (2017, 06. Mai). The world's most valuable resource is no longer oil, but data. Zugriff am 15.05.2018. Verfügbar unter <https://www.economist.com/news/leaders/21721656-data-economy-demands-new-approach-anti-trust-rules-worlds-most-valuable-resource>
- Thorun, C., Diels, J., Bernauer, M., Micklitz, H. W., Reisch, L., Vetter, M. et al. (2017). Nudge-Ansätze beim nachhaltigen Konsum. Ermittlung und Entwicklung von Maßnahmen zum „Anstoßen“ nachhaltiger Konsummuster. Abschlussbericht (Umweltbundesamt (UBA), Hrsg.) (Texte Nr. 69). Zugriff am 29.05.2019. Verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-08-22_texte_69-2017_nudge-ansaetze_nach-konsum_0.pdf
- Zuboff, S. (2016, 05. März). Überwachungskapitalismus - Wie wir Googles Sklaven wurden. Aus dem Amerikanischen von Michael Bischoff (Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ), Hrsg.). Zugriff am 09.07.2018. Verfügbar unter <http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/debatten/die-digital-debatte/shoshana-zuboff-googles-ueberwachungskapitalismus-14101816.html>
- Robotik jenseits der Industriehalle:**
- Brandt, M. (Statista GmbH, Hrsg.). (2019). So viele Roboter kommen auf 10.000 Beschäftigte, Statista GmbH. Zugriff am 06.12.2019. Verfügbar unter <https://de.statista.com/infografik/13676/roboterdichte-in-der-fertigungsindustrie/>
- Expertenkommission Forschung und Innovation (Hrsg.). (2016). Gutachten 2016. Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands (EFI Gutachten). Zugriff am 31.07.2019. Verfügbar unter https://www.e-fi.de/fileadmin/Gutachten_2016/EFI_Gutachten_2016.pdf
- Gillhuber, A. (MaschinenMarkt, Hrsg.). (2018). Der Servicerobotik gehört die Zukunft. Zugriff am 06.12.2019. Verfügbar unter <https://www.maschinenmarkt.vogel.de/der-servicerobotik-gehoert-die-zukunft-a-698452/>
- Milakis, D., van Arem, B. & van Wee, B. (2017). Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 21 (4), 324-348.
- Stubbe, J., Mock, J. & Wischmann, S. (2019). Akzeptanz von Servicerobotern. Tools und Strategien für den erfolgreichen betrieblichen Einsatz. Kurzstudie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm PAiCE – Platforms | Additive Manufacturing | Imaging | Communication | Engineering (Begleitforschung PAiCE & Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (iit), Hrsg.). Zugriff am 31.07.2019. Verfügbar unter https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/PAiCE_Servicerobotik_Studie.pdf?__blob=publicationFile&v=6
- Taiebat, M., Brown, A. L., Safford, H. R., Qu, S. & Xu, M. (2018). A Review on Energy, Environmental, and Sustainability Implications of Connected and Automated Vehicles. *Environmental Science & Technology*.
- Walter, A., Finger, R., Huber, R. & Buchmann, N. (2017). Opinion: Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114 (24), 6148-6150.
- Wolfangel, E. (Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Hrsg.). (2019). Sind Roboter die besseren Bauern?, Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Zugriff am 06.12.2019. Verfügbar unter <https://www.spektrum.de/news/sind-roboter-die-besseren-bauern/1622552>
- Technologisierung des Gesundheitssektors:**
- Aerzteblatt.de (Hrsg.). (2018). Dr. Google kann Ärzte nicht ersetzen. Zugriff am 05.12.2019. Verfügbar unter <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/99463/Dr-Google-kann-Aerzte-nicht-ersetzen>
- Albrecht, U.-V., Kuhn, B., Land, J., Amelung, V. E. & Jan, U. von. (2018). Nutzenbewertung von digitalen Gesundheitsprodukten (Digital Health) im gesellschaftlichen Erstattungskontext. *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz [Assessing the benefits of digital health solutions in the societal reimbursement context]*, 61(3), 340-348.
- Ärzte Zeitung Online (Hrsg.). (2018). Smart Health: Digitalisierung verdient mehr Aufmerksamkeit. Zugriff am 02.05.2018. Verfügbar unter https://www.aerztezeitung.de/praxis_wirtschaft/e-health/

- article/958282/gastbeitrag-smart-health-digitalisierung-verdient-aufmerksamkeit.html
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (Hrsg.). (o. A.). Wearables – direkt am Körper getragene Mini-Computer. Zugriff am 18.07.2019. Verfügbar unter https://www.bsi-fuer-buerger.de/BSIFB/DE/DigitaleGesellschaft/IoT/Wearables/Wearables_node.html
- Bundesministerium für Gesundheit (Hrsg.). (2019a). Ärzte sollen Apps verschreiben können. Gesetz für eine bessere Versorgung durch Digitalisierung und Innovation (Digitale-Versorgung-Gesetz - DVG). Zugriff am 05.12.2019. Verfügbar unter <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/digitale-versorgung-gesetz.html>
- Bundesministerium für Gesundheit (Hrsg.). (2019b). E-Health-Gesetz. Begriffe A-Z. Zugriff am 05.12.2019. Verfügbar unter <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/begriffe-von-a-z/e-health-gesetz.html>
- Bundesministerium für Gesundheit (Hrsg.). (2019c). Gesundheitswirtschaft im Überblick. Zugriff am 05.12.2019. Verfügbar unter <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/gesundheitswesen/gesundheitswirtschaft/gesundheitswirtschaft-im-ueberblick.html>
- Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. (2016). Technologien und Visionen der Mensch-Maschine-Entgrenzung. Sachstandsbericht zum TA-Projekt „Mensch-Maschine-Entgrenzungen: zwischen künstlicher Intelligenz und Human Enhancement“ (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Hrsg.) (Arbeitsbericht Nr. 167). : Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB). Zugriff am 30.05.2017. Verfügbar unter <http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab167.pdf>
- Ebert, I., Amato, R., Hein, A. & Konradi, S. (2014). Arzneimittel in der Umwelt - vermeiden, reduzieren, überwachen (Umweltbundesamt (UBA), Hrsg.) (Hintergrund). Zugriff am 06.04.2020. Verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/01.08.2014_hintergrundpapier_arzneimittel_final_.pdf
- Heise Online, (Hrsg.). (2019). Wearables – Technik zum Tragen, Heise Medien. Zugriff am 05.12.2019. Verfügbar unter <https://www.heise.de/thema/Wearables>
- HL7 Deutschland e.V., (Hrsg.). (2019), HL7 Deutschland e.V. Verfügbar unter <http://hl7.de/>
- Hofmann, B. (2017). Limits to human enhancement: nature, disease, therapy or betterment? BMC Medical Ethics, 18 (1), 1.
- Kind, S. (2018). Zukunft der Apotheken (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Hrsg.) (Themenkurzprofil Nr. 24). Zugriff am 25.07.2019. Verfügbar unter <http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/themenprofile/Themenkurzprofil-024.pdf>
- Kurzweil, R. (2005). The singularity is near. When humans transcend biology (1. publ).
- Liao, S. M., Sandberg, A. & Roache, R. (2012). Human Engineering and Climate Change. Ethics, Policy & Environment, 15 (2), 206-221.
- Marx, P. & Rahmel, A. (2009). Gesundheit als Investitionsgut. Bedeutung einer gesünderen Bevölkerung für Gesellschaft und Ökonomie. In V. Schumpelick & B. Vogel (Hrsg.), Volkskrankheiten. Gesundheitliche Herausforderungen in der Wohlstandsgesellschaft Recht (378-393). Beiträge des Symposiums vom 4. bis 7. September 2008 in Cadenabbia; „Cadenabbia-Gespräche Medizin – Ethik“ in der Villa La Collina. Freiburg: Herder. Zugriff am 18.07.2019. Verfügbar unter https://www.kas.de/c/document_library/get_file?uuid=10c21d-be-240c-35c9-4e6e-61437d510a8b&groupId=252038
- PwC. (2016). Weiterentwicklung der eHealth-Strategie. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit (PwC Strategy& (Germany) GmbH, Hrsg.), Berlin. Zugriff am 07.08.2018. Verfügbar unter https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/E/eHealth/BMG-Weiterentwicklung_der_eHealth-Strategie-Abschlussfassung.pdf
- Schuijff, M. & Munnichs, G. (2013). Human enhancement challenges policies (1e dr) (Rathenau Instituut, Hrsg.) (Research Brief Nr. 6), Den Haag.
- Thranberend, T., Knöppler, K. & Neisecke, T. (2016). Gesundheits-Apps. Bedeutender Hebel für Patient Empowerment - Potenziale jedoch bislang kaum genutzt (Bertelsmann Stiftung, Hrsg.) (Spotlight Gesundheit. Daten, Analysen, Perspektiven 2).
- Trachtenberg, Z. (2012). Human Engineering and the Value of Autonomy. Ethics, Policy & Environment, 15 (2), 244-247.
- Staatliche und privatwirtschaftliche Raumfahrt:**
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.). (2017). GALILEO. Das globale Satellitennavigationssystem der Europäischen Union – das „europäische GPS“. Zugriff am 24.03.2017. Verfügbar unter <http://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Satellitennavigation/GALILEO/galileo.html>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.). (2012). Für eine zukunftsfähige deutsche Raumfahrt. Die Raumfahrtstrategie der Bundesregierung, Berlin. Zugriff am 12.04.2019. Verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/zukunftsfaeihige-deutsche-raumfahrt.pdf?__blob=publicationFile&v=8
- Bundesverband der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie e. V. (Hrsg.). (2018, 24. April). Starkes Wachstum, Rekordbeschäftigung und Allzeithoch im Umsatz: Luft- und Raumfahrtindustrie 2017 weiter auf Erfolgskurs. Zugriff am 04.12.2019. Verfügbar unter <https://www.bdli.de/meldungen/starkes-wachstum-rekordbeschaeftigung-und-allzeithoch-im-umsatz-luft-und>
- Buttler, M. (ARD, Hrsg.). (2017). SpaceX: Erste Recycling-Rakete ins All geschossen. Zugriff am 31.03.2017. Verfügbar unter <https://www.tagesschau.de/ausland/space-x-recycling-101.html>
- Chanoine, A. (2015). Integrating sustainability in the design of space activities: development of eco-design tools for space projects. Challenges in European Aerospace. 5th CEAS Air & Space Conference. (CEAS Paper Nr. 145).
- Durrieu, S. & Nelson, R. F. (2013). Earth observation from space – The issue of environmental sustainability. Space Policy, 29 (4), 238-250.
- European Space Agency (Hrsg.). (2019a). In-Situ Resource Utilisation. The role of Lunar resources in exploration. Zugriff am 04.12.2019. Verfügbar unter <https://exploration.esa.int/web/moon/-/60126-in-situ-resource-utilisation>
- European Space Agency (Hrsg.). (2019b). Plans for the future. Zugriff am 04.12.2019. Verfügbar unter https://www.esa.int/Safety_Security/Plans_for_the_future
- European Space Agency (Hrsg.). (2019c). Weltraumschrott: Internationale Experten einig über dringenden Handlungsbedarf.

- Zugriff am 04.12.2019. Verfügbar unter http://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Weltraumschrott_Internationale_Experten_einig_ueber_dringenden_Handlungsbedarf
- Foust, J. (SpaceNews.com, Hrsg.). (2019). Space investment hits record high in 2018. Zugriff am 04.12.2019. Verfügbar unter <https://spacenews.com/space-investment-hits-record-high-in-2018/>
- Fraktion der FDP. (2019, 3. April). Horizonte erweitern - Den Weltraum für die deutsche Wirtschaft erschließen. Antrag der Abgeordneten Reinhard Houben ... weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP (Deutscher Bundestag, Hrsg.) (Drucksache 19/8969). Zugriff am 12.04.2019. Verfügbar unter <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/19/089/1908969.pdf>
- Güttel, I. von & dpa (Heise Online, Hrsg.). (2018). Weltraumschrott: Der Fang großer Fische im Weltall. Zugriff am 04.12.2019. Verfügbar unter <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Weltraumschrott-Der-Fang-grosser-Fische-im-Weltall-4210251.html>
- Hein, A., Saidani, M. & Tollu, H. (2018). Exploring Potential Environmental Benefits of Asteroid Mining. Conference: 69th International Astronautical Congress (IAC), At Bremen, Germany.
- OneWeb (Hrsg.). (2019). OneWeb | One World. Zugriff am 04.12.2019. Verfügbar unter <https://www.oneweb.world/>
- Quick, D. (Newatlas.com, Hrsg.). (2017). India smashes satellite launch record. Zugriff am 04.12.2019. Verfügbar unter <https://newatlas.com/india-isro-satellite-launch-record/47919/>
- Sandau, R. (2010). Status and trends of small satellite missions for Earth observation. *Acta Astronautica*, 66 (1-2), 1-12.
- Sheetz, M. (CNBC, Hrsg.). (2019). Amazon wants to launch thousands of satellites so it can offer broadband internet from space. Investing in space. Zugriff am 04.12.2019. Verfügbar unter <https://www.cnbc.com/2019/04/04/amazon-project-kuiper-broadband-internet-small-satellite-network.html>
- Smith, Y. (National Aeronautics and Space Administration (NASA), Hrsg.). (2018). Small Satellite Demonstrates Possible Solution for 'Space Junk'. Zugriff am 04.12.2019. Verfügbar unter <https://www.nasa.gov/image-feature/researching-how-best-to-remove-space-junk>
- Space Exploration Technologies Corp. (Hrsg.). (2019a). Capabilities & Services. Zugriff am 04.12.2019. Verfügbar unter <https://www.spacex.com/about/capabilities>
- Space Exploration Technologies Corp. (Hrsg.). (01.2019b). Falcon User's Guide.
- Statista GmbH (Hrsg.). (2017). Raumfahrt 2.0 (Statista-Dossier). Zugriff am 12.04.2019. Verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/studie/id/42965/dokument/raumfahrt-20/>
- Szondy, D. (Newatlas.com, Hrsg.). (2017). Gecko-inspired robot grippers to grab up space debris. Zugriff am 04.12.2019. Verfügbar unter <https://newatlas.com/gecko-robot-grippers/50263/>
- Trends der Zukunft (Hrsg.). (2017). Neuer Rekord: Indien bringt mit einer Rakete mehr als 100 Satelliten ins All. Zugriff am 04.12.2019. Verfügbar unter <https://www.trendsderzukunft.de/neuer-rekord-indien-bringt-mit-einer-rakete-mehr-als-100-satelliten-ins-all/>
- Trends der Zukunft (Hrsg.). (2018). Starlink: SpaceX legt den Grundstein für Breitband-Satelliteninternet. Zugriff am 04.12.2019. Verfügbar unter [starklink-spacex-legt-den-grundstein-fuer-breitband-satelliteninternet/](https://www.trendsderzukunft.de/starlink-spacex-legt-den-grundstein-fuer-breitband-satelliteninternet/)
- Bioinspirierte Siedlungsentwicklung und Architektur:**
- Benis, K. & Ferrão, P. (2017). Potential mitigation of the environmental impacts of food systems through urban and peri-urban agriculture (UPA) – a life cycle assessment approach. *Journal of Cleaner Production*, 140, 784-795.
- Breathing skins (Hrsg.). (2019). Breathing skins. Zugriff am 06.12.2019. Verfügbar unter <https://www.breathingskins.com/>
- Cody, B. & Sautter, S. (2017). smart facade energetische Potentiale von adaptiven Fassadensystemen (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Hrsg.) (Berichte aus der Energie- und Umweltforschung Nr. 38), Wien.
- Delgado Camacho, D., Clayton, P., O'Brien, W. J., Seepersad, C., Juenger, M., Ferron, R. et al. (2018). Applications of additive manufacturing in the construction industry – A forward-looking review. *Automation in Construction*, 89, 110-119.
- Demuzere, M., Orru, K., Heidrich, O., Olazabal, E., Geneletti, D., Orru, H. et al. (2014). Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of Environmental Management*, 146, 107-115.
- Ipsen, K. L., Zimmermann, R. K., Nielsen, P. S. & Birkved, M. (2019). Environmental assessment of Smart City Solutions using a coupled urban metabolism—life cycle impact assessment approach. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 24 (7), 1239-1253.
- Kompetenznetz Biomimetik (Hrsg.). (2012). Bio-inspirierte, wandelbare technische Systeme. Zugriff am 06.04.2020. Verfügbar unter <https://www.kompetenznetz-biomimetik.de/wp-content/uploads/2012/11/d-pressemappe-wl.pdf>
- Kulak, M., Graves, A. & Chatterton, J. (2013). Reducing greenhouse gas emissions with urban agriculture: A Life Cycle Assessment perspective. *Landscape and Urban Planning*, 111, 68-78.
- Lin, B. B., Philpott, S. M. & Jha, S. (2015). The future of urban agriculture and biodiversity-ecosystem services: Challenges and next steps. *Basic and Applied Ecology*, 16 (3), 189-201.
- Lutter, S., Giljum, S., Gözet, B., Wieland, H. & Manstein, C. (2018). Die Nutzung natürlicher Ressourcen. Bericht für Deutschland 2018 (Umweltbundesamt (UBA), Hrsg.). Zugriff am 06.04.2020. Verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/publikationen/deuess18_de_bericht_web_f.pdf
- Mrazovic, N., Baumers, M., Hague, R. & Fischer, M. (2018). Guiding building professionals in selecting additive manufacturing technologies to produce building components. *Materials Today Communications*, 15, 199-202.
- Pomponi, F., Piroozfar, P. A.E., Southall, R., Ashton, P. & Farr, E. R.P. (2015). Life cycle energy and carbon assessment of double skin façades for office refurbishments. *Energy and Buildings*, 109, 143-156.
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kazmierczak, A., Niemela, J. et al. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81 (3), 167-178.

Zabalza Bribián, I., Valero Capilla, A. & Aranda Usón, A. (2011). Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment*, 46 (5), 1133-1140.

Gesellschaftliche Spaltung als Hemmnis von Umweltpolitik:

Agentur für Erneuerbare Energien. (2018). Akzeptanzumfrage 2018, Agentur für Erneuerbare Energien. Zugriff am 26.11.2019. Verfügbar unter <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/grafik-dossier-zur-jaehrlichen-akzeptanzumfrage-der-agentur-fuer-erneuerbare-energien>

Berliner Zeitung. (2018). Sozial-Studie belegt Ghetto-Bildung Gesellschaftliche Spaltung in Deutschland nimmt zu, Berliner Zeitung Online. Zugriff am 26.11.2019. Verfügbar unter <https://www.berliner-zeitung.de/politik-gesellschaft/sozial-studie-belegt-ghetto-bildung-gesellschaftliche-spaltung-in-deutschland-nimmt-zu-li.8389>

Bonikowski, B. (2017). Three Lessons of Contemporary Populism in Europe and the United States. *The Brown Journal of World Affairs*, 23 (1), 9-24. Zugriff am 26.11.2019. Verfügbar unter https://scholar.harvard.edu/files/bonikowski/files/bonikowski_-_three_lessons_of_contemporary_populism_in_the_united_states_and_europe.pdf

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit & Umweltbundesamt (Hrsg.). (2019). Umweltbewusstsein in Deutschland 2018. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Zugriff am 09.07.2019. Verfügbar unter https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/umweltbewusstsein_2018_bf.pdf

Chase, J. (2018). Das Klima und die Populisten, *Deutsche Welle*. Zugriff am 26.11.2019. Verfügbar unter <https://p.dw.com/p/39246>

Dennis, B. (2017). Climate change in the U.S. could help the rich and hurt the poor, *Washington Post Online*. Zugriff am 26.11.2019. Verfügbar unter <https://www.washingtonpost.com/news/energy-environment/wp/2017/06/29/climate-change-in-the-u-s-could-help-the-rich-and-hurt-the-poor/?noredirect=on>

Forchtner, B., Kroneder, A. & Wetzel, D. (2018). Being Skeptical? Exploring Far-Right Climate-Change Communication in Germany. *Environmental Communication*, 12 (5), 589-604.

Franz, C., Fratzscher, M. & Kritikos, A. S. (2019). Grüne und AfD als neue Gegenpole der gesellschaftlichen Spaltung in Deutschland. *DIW Wochenbericht*, 86 (34), 591-602.

Fraune, C. & Knodt, M. (2018). Sustainable energy transformations in an age of populism, post-truth politics, and local resistance. *Energy Research & Social Science*, 43, 1-7.

Götze, S. & Joeres, A. (2018). Gefahr für den Klimaschutz. Rechts-populismus weltweit, *Deutschlandfunk*. Zugriff am 26.11.2019. Verfügbar unter https://www.deutschlandfunk.de/rechtspopulismus-weltweit-gefahr-fuer-den-klimaschutz.697.de.html?dram:article_id=435314

Hagelüken, A. (2018). Die Angst der Mittelschicht vor dem Abstieg droht die Republik zu zerreißen, *Süddeutsche.de*. Zugriff am 26.11.2019. Verfügbar unter <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/essay-die-angst-der-mittelschicht-vor-dem-abstieg-droht-die-republik-zu-zerreißen-1.3841978>

Heyen, D. A. (2017). Governance of exnovation: phasing out non-sustainable structures. *Oeko-Institut Working Paper (02)*.

Kohlrausch, B. (2018). Abstiegsängste in Deutschland. Ausmaß und Ursachen in Zeiten des erstarkenden Rechtspopulismus. Working Paper Forschungsförderung (058). Zugriff am 26.11.2019. Verfügbar unter https://www.boeckler.de/pdf/p_fofoe_WP_058_2018.pdf

Lockwood, M. (2018). Right-wing populism and the climate change agenda: exploring the linkages. *Environmental Politics*, 27 (4), 712-732.

Marinko, J. & Glatzer, N. (2019). Bolsonaro und die neue Umweltpolitik Brasiliens, *Amerika 21 - Nachrichten und Analysen aus Lateinamerika*. Zugriff am 26.11.2019. Verfügbar unter <https://amerika21.de/analyse/220744/umweltschutz-unter-bolsonaro>

Markkanen, S. & Anger-Kraavi, A. (2019). Social impacts of climate change mitigation policies and their implications for inequality. *Climate Policy*, 19 (7), 827-844.

Maxwill, P. (2019). „Wo eine Villa ist, da ist meist auch ein Weg“, *SPIEGEL Online*. Zugriff am 26.11.2019. Verfügbar unter <https://www.spiegel.de/panorama/gesellschaft/armut-angst-hass-christoph-butterwegge-ueber-die-zerrissene-republik-a-1297120.html>

Mouffe, C. (2005). The „end of politics“ and the challenge of right-wing populism. In F. Panizza (Ed.), *Populism and the mirror of democracy* (Phronesis, pp. 72-98). London: Verso.

Mudde, C. (2004). The Populist Zeitgeist. *Government and Opposition*, 39 (4), 541-563.

Panizza, F. (Ed.). (2005). *Populism and the mirror of democracy* (Phronesis). London: Verso. Verfügbar unter <http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy1311/2005017442-b.html>

Schaller, S. & Carius, A. (2019). Convenient Truths. Mapping climate agendas of right-wing populist parties in Europe. Berlin. Zugriff am 26.11.2019. Verfügbar unter <https://www.adelphi.de/de/system/files/mediathek/bilder/Convenient%20Truths%20-%20Mapping%20climate%20agendas%20of%20right-wing%20populist%20parties%20in%20Europe%20-%20Adelphi.pdf>

Setton, D. (2019). Soziales Nachhaltigkeitsbarometer der Energiewende 2018: Kernaussagen und Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse (Institut für transformative Nachhaltigkeitsforschung (IASS), ed.) Potsdam.

Stanley, B. (2008). The thin ideology of populism. *Journal of Political Ideologies*, 13 (1), 95-110.

Trebesch, C. & Funke, M. (2018). 10 Jahre Lehman: Populismus als Erbe der Finanzkrise, *Kiel Institut für Weltwirtschaft*. Zugriff am 26.11.2019. Verfügbar unter <https://www.ifw-kiel.de/de/publikationen/kiel-focus/2018/10-jahre-lehman-populismus-als-erbe-der-finanzkrise-0/>

Vaillant Group. (2016). Green IQ Studie. Europaweit erste Studie zu grüner Intelligenz, *Vaillant Group*. Zugriff am 26.11.2019. Verfügbar unter <http://www.mygreeniq.com/de/>

Vehrkamp, R. & Merkel, W. (2019). Populismusbarometer 2018. Populistische Einstellungen bei Wählern und Nichtwählern in Deutschland 2018. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung. Zugriff am 26.11.2019. Verfügbar unter https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/ZD___Studie_Populismusbarometer_2018.pdf

VOA News. (2019). AP Explains: Brazil's Environmental Changes under Bolsonaro, *VOA News*. Zugriff am 26.11.2019. Verfügbar unter <https://www.voanews.com/americas/ap-explains-brazils-environmental-changes-under-bolsonaro>

- Welt. (2019): Die AfD und die "sogenannte Klimaschutzpolitik", Welt.de. Zugriff am 03.02.2020. Verfügbar unter <https://www.welt.de/politik/deutschland/article201093000/CO2-Emissionen-Die-AfD-und-die-sogenannte-Klimaschutzpolitik.html>
- Wolff, F.; Brohmann, B.; Fischer, C.; Griefßhammer, R.; Gsell, M.; Heyen, D.A.; Jacob, K.; Graaf, L.; Pregernig, M.; Espinosa, C.; Potthast, T.; Meisch, S.; Kerr, M.; Richerzhagen, C.; Bauer, S.; Brandi, C.; Büttner, H.; Fleischer, C.; Dorn, T. (2019). Perspektiven für Umweltpolitik: Ansätze zum Umgang mit neuartigen Herausforderungen. Synthesebericht des Ufoplan-Vorhabens „Umweltpolitik im 21. Jahrhundert – Ansätze zur Bewältigung neuartiger Herausforderungen“ (Umweltbundesamt (UBA), Hrsg.), Dessau-Roßlau. Zugriff am 23.01.2020. Verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/perspektiven-fuer-umweltpolitik-ansaeetze-umgang>
- Wolff, F., Heyen, D. A., Brohmann, B., Griefßhammer, R., Jacob, K. & Graaf, L. (2018). Transformative Umweltpolitik: Nachhaltige Entwicklung konsequent fördern und gestalten. Ein Wegweiser für den Geschäftsbereich des BMU (Umweltbundesamt (UBA), Hrsg.), Dessau-Roßlau. Zugriff am 26.11.2019. Verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/transformativ-umweltpolitik-nachhaltige>
- ZEIT ONLINE GmbH. (2017). Trump verkündet Ausstieg aus Pariser Klimaschutzabkommen, ZEIT ONLINE GmbH. Zugriff am 26.11.2019. Verfügbar unter <https://www.zeit.de/politik/ausland/2017-06/usa-trump-will-pariser-klimaabkommen-aufkue-digen>
- ZEIT ONLINE GmbH (Hrsg.). (2019). CDU-Chefin warnt vor sozialen Folgen einer CO2-Steuer, ZEIT ONLINE GmbH. Zugriff am 06.12.2019. Verfügbar unter <https://www.zeit.de/politik/deutschland/2019-05/annegret-kramp-karrenbauer-cdu-co2-steuer-berufspendler-benzin-sozialpolitik>
- Anders Leben:**
- Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen. (2018). Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland. 1990 bis 2017.
- Booking.com (Hrsg.). (2018). Reisende achten bei der Buchung von Urlaubsunterkünften verstärkt auf Umweltfreundlichkeit. Zugriff am 30.07.2019. Verfügbar unter <https://news.booking.com/reisende-achten-bei-der-buchung-von-urlaubsunterkunften-verstarkt-auf-umweltfreundlichkeit/>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit & Umweltbundesamt (Hrsg.). (2019). Umweltbewusstsein in Deutschland 2018. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Zugriff am 09.07.2019. Verfügbar unter https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/umweltbewusstsein_2018_bf.pdf
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.). (2015). Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland.
- Fatheuer, T. (2011). Buen Vivir. Eine kurze Einführung in Lateinamerikas neue Konzepte zum guten Leben und zu den Rechten der Natur (Heinrich-Böll-Stiftung, Hrsg.) (Schriften zur Ökologie Nr. 17), Berlin. Zugriff am 30.07.2019. Verfügbar unter https://www.boell.de/sites/default/files/Endf_Buen_Vivir.pdf
- Forschungsgruppe zur Zukunft der Arbeit GmbH (Hrsg.). (2019). Jeder zweite Beschäftigte in Deutschland würde gerne weniger arbeiten. Aktuelle Ergebnisse der IZA/XING-Befragung. Zugriff am 06.12.2019. Verfügbar unter <https://newsroom.iza.org/de/archive/news/jeder-zweite-beschaeftigte-wuerde-gerne-weniger-arbeiten/>
- Initiative D21 e.V. (Hrsg.). (2019). D21-Digital-Index 2018/2019. Jährliches Lagebild zur Digitalen Gesellschaft (Nr. 4), Berlin.
- Joubert, K. A. & Dregger, L. (2015). Ökodörfer weltweit. Lokale Lösungen für globale Probleme (1. Auflage). Saarbrücken: Neue Erde.
- Lambing, J. (2014). Ökologische Lebensstil-Avantgarden. Eine kurze Analyse sozialökologischer Gemeinschaften und ihres Innovationspotenzials. Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen zur Förderung des gemeinschaftlichen Wohnens (European Business Council for Sustainable Energy (e5), Hrsg.). Zugriff am 30.07.2019. Verfügbar unter <https://www.e5.org/downloads/Oekodorf/e5JulioLambingOekologischeLebensstilAvantgarden.Zusammenfassung.2014.pdf>
- Lohmann-Haislah, A. & Schütte, M. (Hrsg.). (2013). Stressreport Deutschland 2012. Psychische Anforderungen, Ressourcen und Befinden. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA).
- Ntv.de (Hrsg.). (2019). Die andere Art des Miteinanders. Ökodörfer und Gemeinschaften. Zugriff am 06.12.2019. Verfügbar unter <https://www.n-tv.de/ratgeber/gemeinsam-allem-gewachsen/Die-andere-Art-des-Miteinanders-article21265549.html>
- Paech, N. (2011). Fünf Schritte zur Postwachstumsökonomie. Zugriff am 30.07.2019. Verfügbar unter https://www.endlich-wachstum.de/wp-content/uploads/2015/10/Kapitel-5_Die-20-Stunden-Woche_Hintergrundtext.pdf
- Quack, D. & Rüdener, I. (2007). Stoffstromanalyse relevanter Produktgruppen. Energie- und Stoffströme der privaten Haushalte in Deutschland im Jahr 2005.: Öko-Institut e.V.
- Simon, K.-H. (2004). Zusammenfassender Endbericht zum Vorhaben „Gemeinschaftliche Lebens- und Wirtschaftsweisen und ihre Umweltrelevanz. Ein Forschungsbericht. Hannover: Technische Informationsbibliothek u. Universitätsbibliothek.
- Slow Food Deutschland e. V. (Hrsg.). (1989). Gründungsmanifest. Das Manifest von Slow Food International. Zugriff am 30.07.2019. Verfügbar unter https://www.slowfood.de/wirueberuns/slow_food_weltweit/gruendungsmanifest
- Sommer, M. (2018). Aktuelle Konsumtrends. Luxus, Nachhaltigkeit und Gesundheit (Institut für Demoskopie Allensbach, Hrsg.): Institut für Demoskopie Allensbach. Zugriff am 06.12.2019. Verfügbar unter https://www.ifd-allensbach.de/fileadmin/AWA/AWA_Praesentationen/2018/AWA_2018_Sommer_Konsumtrends_Handout.pdf
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.). (2018a). Energieverbrauch der privaten Haushalte für Wohnen. Zugriff am 15.05.2019. Verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Materialfluesse-Energiefluesse/Tabellen/energieverbrauch-haushalte.html>
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.). (2018b). Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2018.
- Stieger, S., Burger, C., Bohn, M. & Voracek, M. (2013). Who commits virtual identity suicide? Differences in privacy concerns, Internet addiction, and personality between Facebook users and quitters. *Cyberpsychology, behavior and social networking*, 16 (9), 629-634. Zugriff am 30.07.2019. Verfügbar unter <https://web.stanford.edu/~bohn/paper/WebSuicide.pdf>



► **Unsere Broschüren als Download**
Kurzlink: bit.ly/2dowYYI

 www.facebook.com/umweltbundesamt.de
 www.twitter.com/umweltbundesamt
 www.youtube.com/user/umweltbundesamt
 www.instagram.com/umweltbundesamt/