

Studie | August 2021

Digitalisierung gestalten – Transformation zur Nachhaltigkeit ermöglichen

Eine Studie im Auftrag von
Huawei Technologies Deutschland GmbH



*Dr.-Ing. Stephan Ramesohl
Alyssa Gunnemann
Dr. Holger Berg*

Herausgeber:

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH
Döppersberg 19
42103 Wuppertal
www.wupperinst.org

Autorinnen und Autoren:

Dr.-Ing. Stephan Ramesohl
E-Mail: stephan.ramesohl@wupperinst.org

Alyssa Gunnemann
Dr. Holger Berg

Die Autorinnen und Autoren bedanken sich bei Carolin Schäfer-Sparenberg und Thorsten Koska für wertvolle Hinweise und Kommentare.

Diese Studie ist ein Ergebnis des Projekts „Shaping the Digital Transformation – Digital solution systems for the sustainability transition“ im Auftrag von

Huawei Technologies Deutschland GmbH
Hansaallee 205
40549 Düsseldorf

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Bitte den Bericht folgendermaßen zitieren:

Wuppertal Institut (2021): Digitalisierung gestalten – Transformation zur Nachhaltigkeit ermöglichen, Studie im Rahmen des Projekts „Shaping the Digital Transformation“, Augusti 2021, Wuppertal

Wuppertal, August 2021

Dieses Werk steht unter der Lizenz „Creative Commons Attribution 4.0 International“ (CC BY 4.0).

Der Lizenztext ist abrufbar unter: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Inhaltsverzeichnis

Executive Summary	4
Die Ausgangslage – Wo stehen wir?	6
Die Perspektive – Digitalisierung ist ein Schlüssel zum Systemumbau	9
Die Beispiele – digitale Lösungen für drei Transformationsarenen	10
Beispiel 1: Digitale Circular Economy - mit Daten zur Ressourceneffizienz	10
Beispiel 2: Intelligente Mobilität im Umweltverbund - vernetzt, attraktiv und klimaschonend	13
Beispiel 3: Transparenz für eine nachhaltige Agrar- und Ernährungswende	15
Die Bedingung – Umweltwirkung der digitalen Lösungen minimieren	18
Der Ausblick – was jetzt ansteht	21
Literaturverzeichnis	24

Executive Summary

Der Beginn der 2020er Jahre markiert in Deutschland wie auch weltweit den Eintritt in eine Dekade der **besonderen ökologischen Herausforderungen**. In den nächsten Jahren müssen die Weichen für wirksamen Klimaschutz, zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs sowie der Erhaltung der Artenvielfalt gestellt werden.

Dabei besteht **hoher Zeitdruck** - die Anstrengungen zur Senkung der Treibhausgasemissionen müssen deutlich beschleunigt werden, um das Ziel einer Klimaneutralität bis zum Jahr 2045 zu erreichen. Ebenso muss unser Handeln eine neue Qualität bekommen. In allen zentralen Bereichen von Wirtschaft und Gesellschaft - den Transformationsarenen - steht ein **tiefgreifender ökologischer Systemwandel** an.

Digitalisierung ist eine Erfolgsvoraussetzung für diesen ökologischen Wandel.

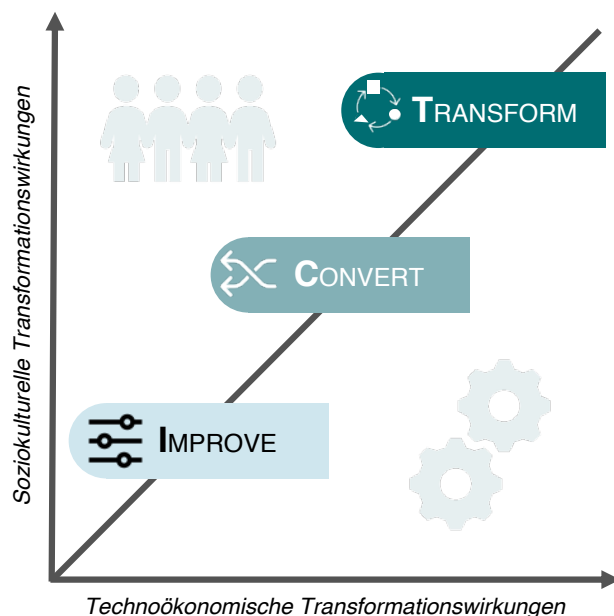


Abbildung 1: Wirkungsebenen der Digitalisierung für die Nachhaltigkeitstransformation (Quelle: Eigene Darstellung)

Digitale Technologien und Anwendungen tragen dazu bei, gegenwärtige Verfahren, Prozesse und Strukturen zu verbessern (**Improve**) oder erste Schritte in eine neue Ausrichtung von Geschäftsmodellen oder Rahmenbedingungen zu gehen (**Convert**) (Abbildung 1). Gleichzeitig muss die Digitalisierung aber auch für einen umfassenden Umbau von Wirtschaft und Wertschöpfung sowie für die ökologische Neuorientierung von Gesellschaft und Lebensstilen wirksam werden (**Transform**). Gerade diese letzte Wirkungsebene wird entscheidend für den Erfolg des ökologischen Wandels sein und muss stärker in den Fokus der Debatte rücken.

Hier setzt dieses Projekt *Digitalisierung gestalten - Transformation zur Nachhaltigkeit ermöglichen* an. Innerhalb des Projekts sollen die besonderen Transformationspotenziale der Digitalisierung herausgearbeitet und für Deutschland am Beispiel von drei ausgewählten Handlungsfeldern zu diskutieren werden.

Für dieses Projekt wurden die folgende drei Transformationsarenen ausgewählt. Erste Ansatzpunkte und Leitfragen für ein besseres Verständnis der Transformationswirkung der Digitalisierung in diesen Beispielbereichen sind:

Digitale Circular Economy - mit Daten zur Ressourceneffizienz: Digitalisierung und Daten sind Grundvoraussetzungen für die Circular Economy. Der digitale Produktpass und Analysewerkzeuge der Künstlichen Intelligenz (KI) zur Identifikation von Materialien im Recyclingkreislauf sind hier nur zwei Beispiele. Das Ziel sollte sein, die entstehenden Daten in einem noch zu schaffenden *Circular Economy Data Space* gemeinsam zu nutzen.

Intelligente Mobilität im Umweltverbund - vernetzt, attraktiv und klimaschonend: Digitalisierung ist der Schlüssel, um die zahlreichen Beispiele, engagierte Initiativen, innovative Prototypen und auch marktfähige Lösungen für umweltfreundliche Mobilität zu verknüpfen und zu skalieren. So werden vernetzte Informationssysteme zur ganzheitlichen Verkehrssteuerung, Kundeninformation und Abstimmung der unterschiedlichen Angebote (z.B. Umsteige- und Anschlussgarantie) einen entscheidenden Beitrag dazu leisten, die Mobilitätswende zu meistern.

Transparenz für eine nachhaltige Agrar- und Ernährungswende: Digitale Tools und Assistenzsysteme helfen beim Wandel von Ernährungsgewohnheiten und Lebensstilen durch bessere Verbraucherinformation, als Entscheidungshilfe beim Einkauf und zur Unterstützung bei der Vermeidung von Lebensmittelabfällen entlang der gesamten Produktionskette. Die Nutzung gemeinsamer Plattformen und Datenräume bietet neue Potenziale zur Senkung der regionalen ökologischen Belastungen durch die Vernetzung von mehreren landwirtschaftlichen Betrieben. Dazu ergeben sich neue Optionen für das Monitoring und den Schutz von Biodiversität und Ökosystemen, die als Treiber für eine ökologische Weiterentwicklung der agrarpolitischen Anreizsysteme wirken.

Die Grundvoraussetzung für die Nutzung dieser Potenziale ist **ein intelligenter, kooperativer und kollaborativer Umgang mit Daten (Data Intelligence)**. Dies bezieht sich insbesondere auf den Kontext von digitalen Lösungen zwischen kommerziellen Akteuren (B2B Lösungen), den Industrie 4.0 Ansätzen wie auch im Internet of Things (IoT). Gleichzeitig muss die digitale Transformation selbst, d.h. ihre Technologien, Infrastrukturen und Geschäftsmodelle ökologisch verträglich gestaltet werden. Die **Minimierung der Umweltbelastungen durch Digitalisierung** muss zentraler Bestandteil des ökologischen Wandels sein. Beispiele hierfür sind die Klimaneutralität von Rechenzentren oder Senkung des Ressourcenverbrauchs für digitale Endgeräte.

Diese Studie ist der Startpunkt des Projekts. Sie skizziert den Rahmen und setzt so erste Impulse für die weitere Debatte. In der folgenden zweiten Projektphase werden in Expertentworkshops die Problemstellungen in den drei Handlungsfeldern geschärft und bislang unberücksichtigte Ansatzpunkte für konkretes Handeln herausgearbeitet. Dabei werden auch die Perspektiven, Eckpunkte und Optionen für die notwendige Gestaltung der politischen Rahmenbedingungen und Anreizsysteme beschrieben.

Die Ausgangslage – Wo stehen wir?

Mit dem Beginn der 2020er Jahre stehen wir an der Schwelle zu einer Dekade der besonderen Herausforderungen. Es ist unübersehbar: der weltweite ökologische Problemdruck steigt drastisch. Die Fortschritte beim Klimaschutz, bei der Reduktion des Ressourcenverbrauchs sowie der Erhaltung der Artenvielfalt sind bislang unzureichend. Es wird immer deutlicher, dass wir entschlossen und zügig handeln müssen, um die natürlichen Lebensgrundlagen auch für künftige Generationen zu bewahren. Hierzu braucht es die richtigen Leitlinien und Rahmenbedingungen auf politischer Ebene genauso wie die konsequente Transformation auf Seiten der Wirtschaft und letztlich auch jedes Einzelnen als Teil der Gesellschaft.

Gleichzeitig vollzieht sich mit der voranschreitenden Digitalisierung ein fundamentaler Transformationsprozess. Dieser verändert mit neuen Technologien, Anwendungen und Geschäftsmodellen die Art und Weise, wie wir im Alltag leben, unser Zusammenleben als Gesellschaft organisieren oder unsere Wirtschaft gestalten. Die Erfahrungen während der Covid-Pandemie haben uns dies nochmal deutlich vor Augen geführt - sowohl durch die vielen neuen Möglichkeiten der virtuellen Kommunikation z.B. beim schlagartig erzwungenen Umstieg ins Home Office wie auch durch den Kampf mit den offensichtlichen Digitalisierungsdefiziten z.B. in Schulen und Verwaltungen.

Es ist daher an der Zeit, die Transformation hin zu einem umweltfreundlichen Wirtschaften und die digitale Transformation gemeinsam zu denken, ihre Wechselwirkungen im Gesamtsystem zu begreifen und neue Transformationshebel für die Nachhaltigkeit nutzbar zu machen. Es geht um eine gemeinsame Gestaltungsaufgabe, wie sie auch die Europäische Kommission mit dem Zielbild einer Twin Transition einfordert (European Commission, 2020).
Kurzum:

Die enormen Gestaltungsmöglichkeiten der Digitalisierung als prägende Kraft des 21. Jahrhunderts müssen in den Dienst einer nachhaltigen Entwicklung als drängendste Gestaltungsaufgabe des 21. Jahrhunderts gestellt werden.

Zwei Aspekte sind dabei wichtig:

Die Zeit drängt. Das jüngste Urteil des Bundesverfassungsgerichts zum Klimaschutzgesetz vom April 2021 wie der jüngste Bericht des IPCC (IPCC, 2021) haben es noch einmal sehr deutlich gemacht: der Klimawandel lässt wenig Zeit zum Handeln, die erforderlichen tiefgreifenden Maßnahmen in Wirtschaft und Gesellschaft können nicht in die Zukunft verschoben werden. Im Gegenteil müssen die Anstrengungen zur Senkung der Treibhausgasemissionen beschleunigt werden, um das neue Ziel einer Klimaneutralität Deutschlands bis zum Jahr 2045 zu erreichen (Abbildung 2).

Ein wenig besser als bisher reicht nicht - viele Dinge müssen grundsätzlich **anders** werden. Die Umstellung auf eine vollständig erneuerbare Energieversorgung, die Klimaneutralität von Wirtschaft und Gesellschaft wie auch die drastische Senkung des weltweiten Ressourcenverbrauchs - in allen zentralen Handlungsfeldern steht ein tiefgreifender Systemwandel an in einer Radikalität, wie wir ihn so noch nicht kennen. Es geht letztlich um die umfassende Neuausrichtung aller zentralen Handlungsbereiche in Wirtschaft und Gesellschaft - es ist die "Große Transformation" (WBGU, 2011) von der alle Lebensbereiche betroffen sind.

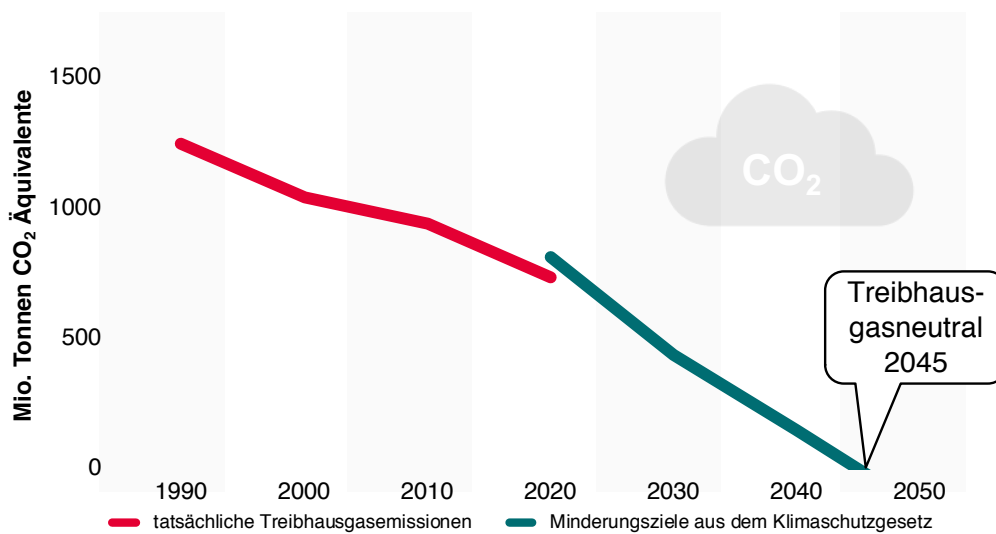


Abbildung 2: Der Fahrplan zur Klimaneutralität (Quelle: eigene Darstellung nach Bundesregierung, 2021)

Wir stehen damit als Gesellschaft, Wirtschaft und Politik vor enormen Aufgaben. Es müssen neue, nachhaltige Infrastrukturen, Wirtschaftssysteme und Wertschöpfungsnetzwerke aufgebaut, förderliche politische Rahmenbedingungen und Anreize gesetzt und nicht zuletzt auch die sozio-kulturellen Voraussetzungen für diesen Wandel geschaffen werden. Zuvorderst muss vermieden werden, dass die Digitalisierung nicht-nachhaltige Verhaltensmuster und Wirtschaftsweisen mit hohen Umweltschäden verstärkt und so dazu beiträgt, ökologische Krisen zu verschärfen. Auch muss die digitale Transformation selbst, d.h. ihre Technologien, Infrastrukturen und Geschäftsmodelle ökologisch verträglich gestaltet und die digitalisierungsverursachten Umweltbelastungen minimiert werden.

Hier setzt dieses Projekt „Digitalisierung gestalten - Transformation zur Nachhaltigkeit ermöglichen“ (*Shaping the Digital Transformation - Digital solution systems for the sustainability transition*) an.

Es ist das Ziel, herauszuarbeiten, wo die besonderen Transformationspotenziale der Digitalisierung liegen. Wir wollen ein besseres Verständnis dafür schaffen, wie digitale Lösungen dazu beitragen können, die relevanten Verhaltensweisen der Akteure, aber auch Anreizsysteme, Marktstrukturen und Geschäftsmodelle tiefgreifend zu verändern und dauerhaft an Klimaschutz und Nachhaltigkeit auszurichten.

Es geht somit um einen Systemwandel, den wir anhand von drei Handlungsfeldern in den Blick nehmen:

- die Neuausrichtung von klassischen industriellen Produktionssystemen und Wertschöpfungsketten im Rahmen einer ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft
- die Mobilitätswende im Individualverkehr durch Ablösung der privaten PKW-Nutzung durch innovative Angebote eines klimaschonenden Umweltverbunds
- neue Leitbilder und Anreizsysteme für eine nachhaltige Landwirtschaft und Ernährung

Unsere Ambition ist, durch den geschärften Blick auf die besonderen Transformationspotenziale und Gestaltungsanforderungen in diesen drei Bereichen einen neuen Akzent in der Diskussion zu den Nachhaltigkeitspotenzialen der Digitalisierung zu setzen.

Das Projekt ergänzt damit Schwerpunkte der bisherigen Debatte wie bspw. die Vielzahl inspirierender Einzelbeispiele für den digitalen Technologieeinsatz in spezifischen Prozessen im industriellen Mittelstand oder die allgemeinen, zusammenfassenden Abschätzungen des Klimaschutzbeitrags der Digitalisierung.

Das Projekt schaut dabei auf die nationale Handlungsebene Deutschlands. Die Digitalisierung ist zweifelsfrei ein globales Phänomen. Die notwendige Transformationsleistung findet jedoch stets vor Ort statt. Sie ist immer eingebettet in den Kontext der jeweiligen Akteursstrukturen vor Ort, den politischen Rahmenbedingungen wie auch gesellschaftlichen Diskurse und Wertvorstellungen. Wo es angebracht ist, arbeitet das Projekt Wechselwirkungen und Implikationen für europäische oder internationale Initiativen heraus.

Diese Studie ist der Startpunkt des Projekts. Sie soll vorab den Rahmen und unseren Ansatz skizzieren, die Richtung aufzeigen und so erste Impulse für die weitere Debatte setzen. Es ist unvermeidlich, dass hier die drei Handlungsfelder in der Kürze nur exemplarisch beschrieben werden können. Die eigentliche Diskussion steht noch aus - in der zweiten Jahreshälfte 2021 wird eine Reihe von Veranstaltungen mit unterschiedlichen Akteuren und Stakeholdern die Grundlage für eine vertiefte Analyse und die Suche nach konkreten Handlungsoptionen bieten. Die Ergebnisse werden dann jeweils in eigenen Berichten aufbereitet und veröffentlicht. Der Ausblick im letzten Kapitel greift dies nochmals auf.

Die Perspektive – Digitalisierung ist ein Schlüssel zum Systemumbau

Digitalisierung bedeutet, Informationen zum Zustand der realen Welt in elektronische Signale zu übersetzen, diese dadurch von der physischen Basis zeitlich und räumlich zu entkoppeln und so in nahezu unbegrenztem Maße nutzbar zu machen. So wird unser digitales Bild der Welt immer genauer, im Rahmen der Industrie 4.0 wird zum Beispiel vom digitalen Zwilling von Anlagen und Prozessen gesprochen, der umfassende Optimierungen in einer virtuellen Umgebung ermöglicht. Die Verfügbarkeit von Informationen ist auch Grundlage für neue, ökologische Dienstleistungen wie z.B. in einer lokalen Sharing oder Repair Economy.

Die Digitalisierung zeichnet sich dazu durch eine extrem hohe Innovationsdynamik aus, gerade bei Schlüsseltechnologien wie Sensorik, Datenübertragung, Chiptechnologien oder auch Datenanalysen wie Verfahren der künstlichen Intelligenz. Der technische Fortschritt verändert in einem rasanten Tempo die Art und Weise wie Daten erfasst, vernetzt, geteilt, analysiert und für Entscheidungen oder Interventionen in der realen Welt genutzt werden. Ständig zeigen sich neue Anwendungsmöglichkeiten – unser Handlungsraum wird immer größer.

Entscheidend für die Nachhaltigkeitstransformation ist jedoch, dass digitale Technologien das Potenzial haben, unsere Arbeitsorganisation, Produktionsprozesse, menschliche Verhaltensweisen oder Geschäftsmodelle radikal zu verändern (Abbildung 3). Hier liegt die große Chance, die es zu nutzen gilt. Das ist der Ansatz für die folgende Diskussion der Transformationspotenziale in den drei beispielhaften Handlungsfeldern:

Digitale Lösungen müssen als sozio-technische Innovationen zur ökologischen Gestaltung von Wirtschaft, Gesellschaft und Politik verstanden und eingesetzt werden.

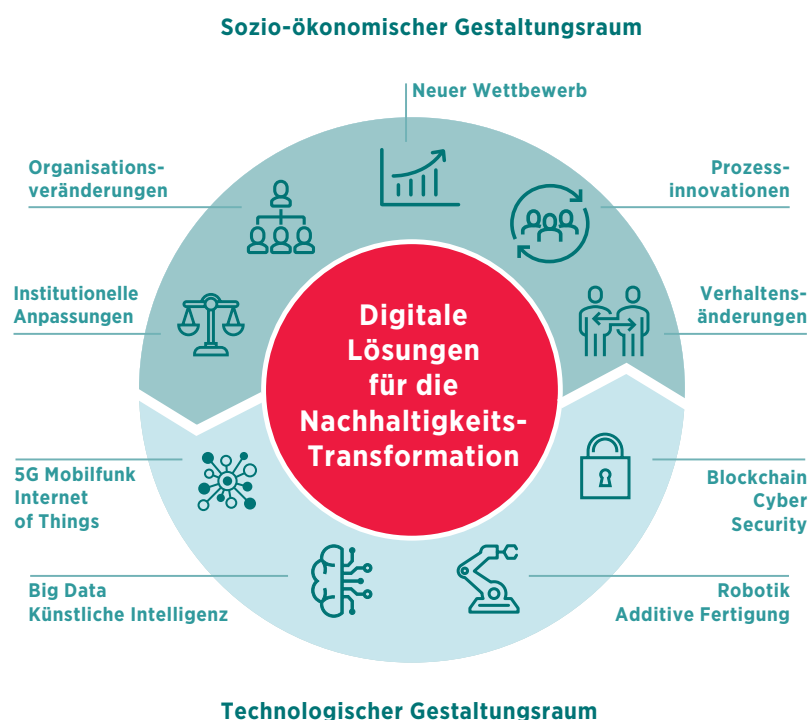


Abbildung 3: Digitale Lösungen als sozio-technische Innovationen (Quelle: Ramesohl & Berg, 2019)

Die Beispiele – digitale Lösungen für drei Transformationsarenen

Die Aufgabe der nächsten Jahre ist, als Gesellschaft die Voraussetzungen dafür zu schaffen, unser Leben und Wirtschaften langfristig im Rahmen der Nachhaltigkeitsziele organisieren zu können. Das erfordert einen grundlegenden Richtungswechsel in allen zentralen Handlungsfeldern von Energie, Ressourcen, Wasser über Industrie, Mobilität, Konsum, Städte, Landwirtschaft und Ernährung bis hin zu Bildung und Gesundheit. Wir sprechen hier von *Transformationsarenen*, in denen ein umfassender Systemumbau von politischen Rahmenbedingungen, Anreizsystemen, Marktstrukturen, Infrastrukturen, Wertschöpfungsketten und Verhaltensweisen ansteht (Schneidewind, 2018).

Anhand drei ausgewählter Transformationsarenen skizzieren wir im Folgenden einige zentralen Herausforderungen und strategische Handlungsansätze für den ökologischen Wandel, der sich die Potenziale der Digitalisierung zunutze macht. Eine Auswahl digitaler Lösungen illustriert erste Ansatzpunkte für den möglichen spezifischen Beitrag der Digitalisierung zur Transformation.

Beispiel 1: Digitale Circular Economy - mit Daten zur Ressourceneffizienz

Mit dem Ziel der Klimaneutralität bis zum Jahr 2045 steht auch die deutsche Industrie vor der Herausforderung, die Treibhausgasemissionen ihrer Prozesse und Wertschöpfung drastisch zu reduzieren und langfristig vollständig zu vermeiden. Der Übergang zu einer ressourcenschonenden Kreislaufwirtschaft (Circular Economy) ist dabei die Kernstrategie einer nachhaltigen Industrietransformation und unverzichtbare Voraussetzung für industrielle Klimaneutralität (Kadner et al., 2021; Sun et al., 2021). Das Ziel der Circular Economy ist die Entkopplung der wirtschaftlichen Wertschöpfung vom materiellen Ressourcenverbrauch und letztlich die absolute Reduktion der physischen Stoffströme und der damit verbundenen Umweltwirkungen und Treibhausgasemissionen. Die zentralen Elemente einer Circular Economy lassen sich als die 10R-Strategie zusammenfassen (Abbildung 4).

Das Zielbild einer Circular Economy geht damit von einem Paradigmenwechsel der industriellen Produktionslogik aus - das hat Konsequenzen für alle Akteure und Wertschöpfungsstufen. Aus einer Wertschöpfungskette wird in der Circular Economy ein Wertschöpfungsnetzwerk, bei dem sich Entscheidungen auf jeder Prozessstufe auf die Handlungsoptionen der anderen Akteure auswirken und diese Wechselwirkungen berücksichtigt werden müssen.




 Smarte Produkt- nutzung und -herstellung	Refuse	Produkte überflüssig machen durch Verzicht auf Funktionen oder deren Integration in andere Produkte
	Rethink	Produkte intensiver nutzen durch Teilen (Sharing) oder Bündelung von Funktionen und Services
	Reduce	Produktionseffizienz steigern und Einsatz von natürlichen Ressourcen und Materialien reduzieren
 Verlängerung Produktlebens- dauer	Re-use	Funktionsfähige Produkte wiederverwenden (Second Hand)
	Repair	Produkte pflegen und durch Reparatur weitenutzen
	Refurbish	Alte Produkte aufarbeiten und auf den neuesten Stand bringen
	Remanufacture	Teile aus defekten Produkten für neue Produkte nutzen, die dieselben Funktionen erfüllen
 Wiedergewinnung von Ressourcen	Repurpose	Teile aus defekten Produkten für neue Produkten nutzen, die andere Funktionen erfüllen
	Recycle	Materialien und Rohstoffe auf möglichst hohem Niveau wiederverwerten
	Recover	Energieinhalt von Reststoffen bzw. Biomasse aus organischen Abfällen wiedergewinnen

Abbildung 4: Die 10R-Strategieelemente der Circular Economy (Quelle: Eigene Darstellung nach European Environment Agency et al., 2020)

Entsprechend erfordert die Circular Economy einen ganzheitlichen strategischen Blick aller Akteure - und sie braucht Rahmenbedingungen, die Anreize für die Neuaufstellung und Optimierung des industriellen Systems über alle Prozessschritte und Wertschöpfungsstufen hinweg schaffen. Das stellt alle Beteiligten aus den Unternehmen, Behörden und Politik wie auch uns Verbraucher und Verbraucherinnen vor neue Herausforderungen.

Die Digitalisierung schafft die Voraussetzungen, diese Aufgaben zu bewältigen (Abbildung 5):

- Auf allen Stufen der Circular Economy entstehen relevante Daten für das Handeln anderer Akteure. In Summe bildet sich daraus ein **gemeinsamer Datenraum der Kreislaufwirtschaft**, der die Voraussetzungen für übergreifende Optimierungsstrategien schafft (*Circular Economy Data Space*). Mit geeigneten Datenstrukturen, vertrauenswürdigen Zugangsmanagement und Regeln der Daten-Governance können die Informationen verschiedener Akteure miteinander verknüpft und gemeinsam genutzt werden. Das gilt für spezifische Segmente einer B2B-Lieferkette genauso wie für aggregierte Betrachtungen von Sektoren und Industrien. Letztere sind die Grundlage für ein übergreifendes Monitoring von Status, Trends wie auch Erfolgen und Defiziten beim Übergang zur Circular Economy.
- **Nutzerfreundlich aufbereitete Informationen** im Produktpass helfen den Kundinnen, Kunden und Dienstleistern beim richtigen Gebrauch und der Reparatur von Produkten und eröffnen Perspektiven für neue Geschäftsmodelle und Dienstleistungen. Zugang zu den digitalen Konstruktionsdaten in Verbindung mit Technologien wie 3D-Druck bieten neue Optionen zur Ersatzteilversorgung und sind ebenfalls ein Beitrag zur Reparaturfähigkeit und damit zur Langlebigkeit von Produkten. Gleichzeitig können Hinweise zur sachgerechten Entsorgung, Demontage und Recycling im Produktpass hinterlegt werden.

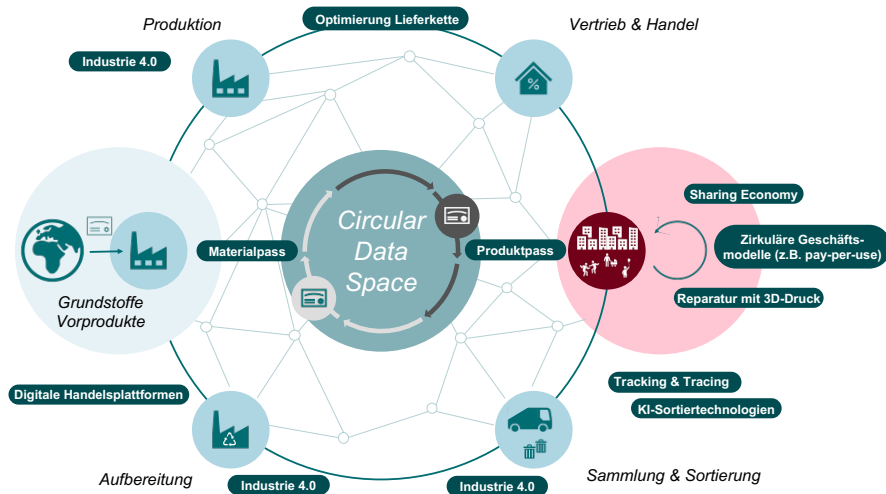


Abbildung 5: Ansatzpunkte für digitale Lösungen der Circular Economy (Quelle: Eigene Darstellung)

- **Digitale Tools ermöglichen neue nutzungsbasierte Geschäftsmodelle** (sog. *pay-per-use*), bei denen der Anbieter nur für die tatsächliche Nutzung von Produkten vergütet wird und so Anreize für deren Langlebigkeit gesetzt werden. Auch wird durch digitale Plattformen die gemeinsame Nutzung von Produkten im Sinne einer Sharing Economy ermöglicht, was den Ressourcenverbrauch reduzieren kann.
- Das breite **Portfolio von Industrie 4.0 Lösungen** schafft neue Möglichkeiten zur Optimierung industrieller Prozesse auf allen Produktionsstufen aber auch für die Abfallwirtschaft und Sammellogistik wie auch für die Sortier- und Wiederaufbereitungsanlagen (Berg et al., 2021). Die Auswertung von Stoffflüssen, Nutzungsmustern und der tatsächlichen Qualität von Recyclingprozessen liefert wichtige Informationen für ein verbessertes, an Ressourcenschonung orientiertem Produktdesign (Circularity by Design) bei dem z.B. die spätere Demontage schon bei der Konstruktion mitgedacht und am digitalen Zwilling simuliert werden kann.
- **Maschinenlesbare Informationen an Material und Verpackungen** (*tracking und tracing*) erleichtern die Nachverfolgung und Identifikation von Stoffflüssen für die Recyclingwirtschaft und erhöhen wie auch Sortiertechnologien auf Basis der Künstlichen Intelligenz (KI) die Qualität der Wiederverwertung.
- **Digitale Handelsplattformen** sind wichtige Kanäle für die Vermarktung von qualitätsgeprüften und zertifizierten Sekundärmaterialien (*Rezyklaten*) und vernetzen die Recyclingbranche mit den Produzenten.

Ansatzpunkte und Beispiele für ressourcenschonende Produkte und Prozesse sind mittlerweile an vielen Stellen zu erkennen und das Thema gewinnt immer mehr an Bedeutung. Dieser Trend muss gestärkt werden. Offen ist dabei noch, wie das Konzept des Teilens und gemeinsamen Nutzens von Daten im Sinne des *Circular Economy Data Space* konkret umgesetzt werden kann - und wie damit die Transformation zu zirkulären und ressourcenschonenden Geschäftsmodellen und Dienstleistungen tatsächlich vorangetrieben werden kann. Im nächsten Vertiefungsschritt des Projekts soll hierauf eingegangen werden.

Beispiel 2: Intelligente Mobilität im Umweltverbund - vernetzt, attraktiv und klimaschonend

Die Erreichung der Klimaschutzziele wird maßgeblich davon abhängen, dass es uns gelingt, auch im Verkehrssektor in den nächsten Jahren die Weichen für deutliche Emissionsminderungen zu stellen. Im Mittelpunkt steht dabei der PKW-Verkehr, der mit fast 60% den größten Anteil der verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen in Deutschland verursacht (Sach et al., 2020). Eine Wende beim fossil motorisierten Individualverkehr - unserem Autofahren - ist daher der Schlüssel zur Senkung der Treibhausgasemissionen, gleichzeitig aber auch zur Vermeidung von Luftschadstoffen und Lärm, für weniger Flächenverbrauch sowie zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und Lebensqualität in unseren Städten.

Die Aufgabe ist klar beschrieben (Hochfeld et al., 2017): der Pkw-Verkehr muss so weit wie möglich auf einen Umweltverbund von klimaschonenden Mobilitätsangeboten verlagert werden, d.h. dem Zusammenspiel von Fuß- und Radverkehren mit dem öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) und der Bahn im Fernverkehr. Dabei spielen auch Sharing-Angebote wie Carsharing, Bikesharing und E-Scooter-Sharing sowie neue Mobilitätsdienstleistungen wie zum Beispiel flexible On-Demand-Ridepooling Angebote eine wichtige Rolle (Bauer et al., 2020; Purr et al., 2019).

Darüber hinaus müssen alle Fahrzeuge selbst emissionsfrei werden, vor allem durch den Umstieg auf erneuerbare Energieträger als Basis der Elektromobilität und von synthetischen Kraftstoffen. Dazu müssen die Potenziale der Verkehrsvermeidung genutzt werden: kurzfristig zum Beispiel durch mehr Home Office oder virtuelle Geschäftsreisen wie auch langfristig durch nachhaltige Stadtentwicklung im Sinne einer Stadt der kurzen Wege entlang von umweltfreundlichen Achsen des öffentlichen Nahverkehrs (Abbildung 6).

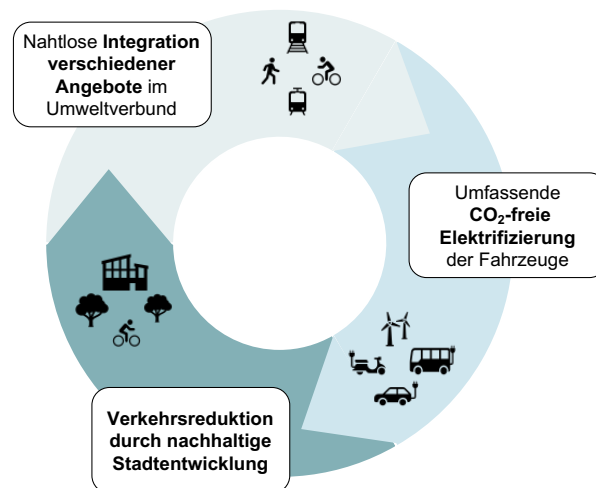


Abbildung 6: Eckpunkte für nachhaltige Mobilität im Personenverkehr (Quelle: Eigene Darstellung)

Nur das Auto technisch zu verbessern reicht nicht. Wirksamer Klimaschutz im Verkehr erfordert eine tiefgreifende Transformation von bislang dominierenden Mobilitätsstrukturen. Hierfür braucht es die Verknüpfung von neuen infrastrukturellen Rahmensetzungen (z.B. dem Ausbau von Alternativen wie dem Schienenverkehr oder Umverteilung des Straßenraums) mit kundenzentrierten Enablern, wie neuen Dienstleistungen und innovativen Mobilitätsangeboten. Die Politik sollte diesen Prozess regulatorisch flankieren, um "Rosinenpicken" zulasten des ÖPNV und im Ergebnis letztlich höheren PKW-Verkehr zu vermeiden.

Digitalisierung schafft die Voraussetzungen für diese Transformation und ist Grundlage für einen leistungsfähigen und nachhaltigen Umweltverbund für die Mobilität im Nah- und Fernverkehr (Abbildung 7). Wichtige Bausteine sind:

- **integrierte nutzerfreundliche digitale Lösungen** für die Planung und Durchführung von Trips (gebündelte Apps zur vollständigen Routenplanung, Bezahlung und Abrechnung etc. aus einer Hand)
- **vernetzte Informationssysteme** zur ganzheitlichen Verkehrssteuerung, Kundeninformation und Abstimmung der unterschiedlichen Angebote (Umsteige- und Anschlussgarantie)
- **Plattformen und Apps** für ergänzende stationslose Sharing Angebote (*free floating*) und On-Demand-Angebote wie Ridepooling, die in den öffentlichen Nahverkehr integriert sind, um Kannibalisierung zu vermeiden.
- **Autonome und selbstfahrende Fahrzeuge** haben das Potenzial, die Nutzungsmuster von PKWs drastisch zu verändern. Ein Beitrag zur Mobilitätswende wird allerdings nur erreicht, wenn sich autonome Fahrzeuge in die skizzierte Transformationspfade einfügen und z.B. für Hausanschlussverkehre (letzte Meile) im ländlichen Raum zum Einsatz kommen.

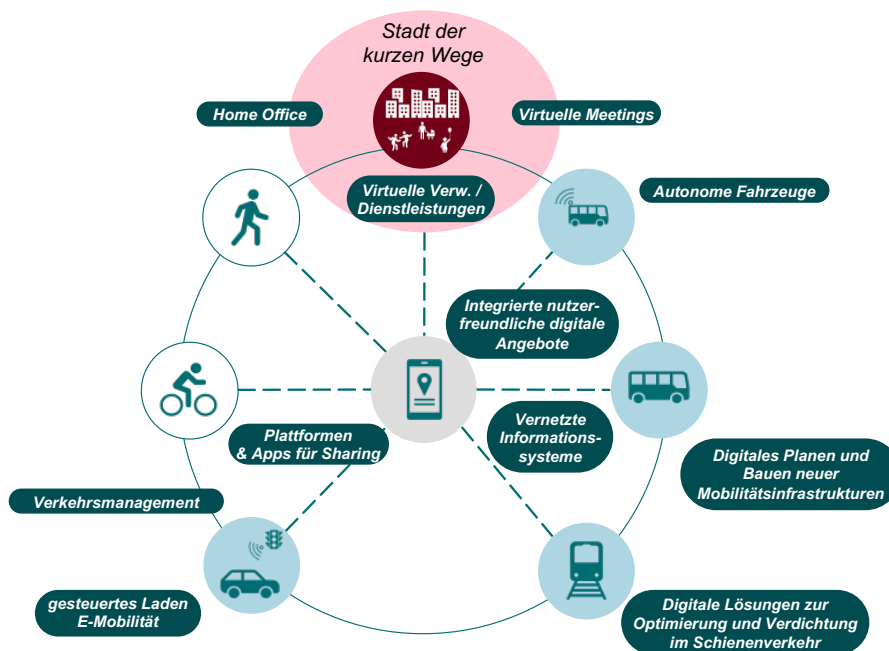


Abbildung 7: Ansatzpunkte für digitale Lösungen für nachhaltige Mobilität im Umweltverbund (Quelle: Eigene Darstellung)

- **Digitale Technologien für die anstehende Skalierung und Kommerzialisierung der Elektro-Mobilität** u.a. beim Betrieb und Management der Ladeinfrastrukturen. Das betrifft z.B. die Reservierung von Ladestationen, die Abrechnung oder auch intelligente Lösungen für stromnetzkompatibles gesteuertes Laden.
- Digitalisierung leistet einen **Beitrag zur Steigerung der Raumeffizienz in Städten** durch die Steuerung und Optimierung eines immer weiter zurückgehenden Autoverkehrs bei gleichzeitiger Umwandlung und Umnutzung von Straßenraum für den Fuß- und Radverkehr oder für neue Orte des öffentlichen Lebens mit hoher Aufenthaltsqualität.

- Eine bessere Nutzung von Infrastrukturen wird auch durch **digitale Lösungen zur Optimierung und Verdichtung im Schienenverkehr** mit dem Ziel höherer Kapazität und Zuverlässigkeit erreicht. Das verbessert auch die Voraussetzungen zur Substitution von Kurzstreckenflügen durch eine leistungsfähige und attraktive Bahn. Interessante Perspektiven ergeben sich in diesem Kontext für die Überwindung von Engpässen bei Planung und Bau neuer nachhaltiger Mobilitätsinfrastrukturen (z.B. der Einsatz von digitalen Zwillingen beim digitalen Planen und Bauen).
- Und nicht zuletzt: Die erzwungenen Einschränkungen der Covid-Pandemie haben vielen Menschen gute Erfahrungen mit und einen neuen Blick auf **digitale Kommunikationsmedien** verschafft. Jetzt geht es darum, die pandemie-bedingten Verkehrsvermeidung durch Home Office oder den Ersatz von Geschäftsreisen durch virtuelle Meetings und Konferenzen zu verstetigen. Auch das Aufholen des offensichtlichen Nachholbedarfs bei der Digitalisierung von Behörden und öffentlichen Einrichtungen kann durch die virtuelle Bereitstellung von Verwaltungsangeboten und Dienstleistungen zur Verkehrsvermeidung beitragen.

Dieser erste und unvollständige Überblick vermittelt einen Eindruck, wie einzelne digitale Technologien und Anwendungen zur umfassenden Transformation unseres Mobilitätsverhaltens und Verkehrssystems beitragen können. Erste Beispiele, engagierte Initiativen, innovative Prototypen und auch marktfähige Lösungen können in vielen Bereichen gefunden werden (Kampffmeyer et al., 2021) - die Herausforderung ist nun die Skalierung dieser Innovationen. Der nächste Vertiefungsschritt sucht dafür nach konkreten Ansatzpunkten, um diese einzelnen Elemente zu vernetzen und mit den entsprechenden, ambitionierten politischen Rahmenbedingungen und Anreizstrukturen zu flankieren.

Beispiel 3: Transparenz für eine nachhaltige Agrar- und Ernährungswende

Wie kaum ein anderer Sektor ist die Landwirtschaft in ihrem Wirtschaften mit der natürlichen Umwelt verbunden, verändert diese und ist gleichzeitig davon unmittelbar abhängig. In Deutschland wie weltweit steht die Landwirtschaft dabei im Zentrum von sich verschärfenden ökologischen Problemlagen. Es geht damit nicht alleine um den Klimaschutz, d.h. die Reduktion der Treibhausgasemissionen bei der Maschinennutzung, Tierhaltung oder dem Einsatz von Düngemitteln. Die Aufgabe umfasst gleichzeitig die Senkung von Ressourcen- und Flächenverbrauch, den Schutz von Gewässern, die Wahrung des Tierwohls und den Erhalt der biologischen Vielfalt.

Die Art und Weise wie Lebensmittel produziert und verarbeitet werden steht im direkten Zusammenhang mit den Ernährungsgewohnheiten und dem Konsumverhalten von uns allen als Verbraucher und Verbraucherinnen. Deshalb müssen Agrarwende und Ernährungswende zusammen gedacht werden und ihre Wechselwirkungen entsprechend berücksichtigt werden.

Das Zielbild umfasst einerseits die gesunde Ernährung und sichere Lebensmittelversorgung für alle. Andererseits braucht es den Strukturwandel hin zu einer nachhaltigen Landwirtschaft, in der die Landwirte und Landwirtinnen für eine hochwertige, umweltverträgliche Nahrungsmittelproduktion bei gleichzeitigem Engagement für Tierwohl, Natur- und Artenschutz belohnt werden (Zukunftskommission Landwirtschaft, 2021).

Dies erfordert eine tiefgreifende Transformation der bisherigen Agrarpolitik und den von internationalem Wettbewerb, Preisdruck und industrieller Produktionslogik gekennzeichneten Marktstrukturen. Eine an Nachhaltigkeit ausgerichtete Agrar- und Ernährungswende muss daher an verschiedenen Punkten ansetzen. Auch hier zeigt sich, dass die unterschiedlichen

Strategieelemente zusammenwirken und es darum gehen muss, die sozio-ökonomischen Strukturen unserer Lebensmittelversorgung über die nächsten Jahre dauerhaft zu verändern (Abbildung 8).



Abbildung 8: Kernstrategien für die Agrar- und Ernährungswende (Quelle: Eigene Darstellung)

Digitale Technologien unterstützen bei dieser Transformationsaufgabe an vielen Stellen (Abbildung 9):

- **Digitale Tools und Assistenzsysteme** helfen beim Wandel von Ernährungsgewohnheiten und Lebensstilen durch bessere Verbraucherinformation, als Entscheidungshilfe beim Einkauf und zur Unterstützung bei der Vermeidung von Koch- und Küchenabfällen. Sie ermöglichen dazu höhere Transparenz und stellen verlässliche Informationen zu Herkunft, Produktionsbedingungen und den ökologischen und sozialen Standards der heimischen wie globalen Lieferkette bereit.
- Alternative Angebote wie Erzeugerkooperativen, Einkaufsgemeinschaften und Lieferdienste zur (direkten) Vermarktung saisonaler und regionaler Produkte finden ihre Kundschaft über **digitale Plattformen und webbasierte Kanäle**.
- Bislang unbekannte und innovative lokale Anbaumethoden in der Stadt wie Vertical Farming oder Urban Farming nutzen **Sensoren und IoT-Anwendungen** zum Beispiel für das Bewässerungsmanagement und können das Angebot frischer Lebensmittel ohne lange Lieferketten ergänzen.
- **Datenbasierte Prognosetools** tragen zur Vermeidung von Lebensmittelabfällen durch die Optimierung von Einkauf, Vorratshaltung und Absatzplanung beim Lebensmittelhandel, in Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung oder Restaurants bei. Plattformen und Apps erlauben eine zeitnahe Verwertung und Vermarktung von Resten. Datengetriebene und IoT-basierte Lösungen zur Optimierung von Produktionsprozessen und Logistik kommen in der Lebensmittelindustrie und im Handel zum Einsatz.
- Auf dem Bauernhof erfolgt die Optimierung des landwirtschaftlichen Betriebes durch **Agrarmanagementsysteme** mit der Verknüpfung von Wetterdaten, Bewässerung, Düngung, Saatgutoptimierung und dem Flottenmanagement der Landmaschinen. Sensoren, Monitoringsysteme und Datenanalysen helfen Tiergesundheit und Tierwohl zu gewährleisten. Neue Konzepte versprechen, die Auswirkungen der Bodenbearbeitung wie z.B. die Bodenverdichtung zu reduzieren, indem schwere Traktoren durch ferngesteuerte Flotten von kleinen, leichten autonomen Landmaschinenrobotern ersetzt werden.

- Die **Nutzung gemeinsamer Plattformen und Datenräume** bietet neue Potenziale zur Senkung der regionalen ökologischen Belastungen durch die Vernetzung von mehreren Betrieben. Dies erlaubt z.B. die feldübergreifende, ökologische Optimierung des Einsatzes von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln ausgerichtet an der aktuellen lokalen Umwelt- und Wettersituation. Digitalisierung ermöglicht die Nutzung von Umweltsensoren, Drohnenaufklärung und Satellitendaten zur **Überwachung und Zustandsbewertung von Ökosystemen** und zur Schärfung des Vollzugs von Umweltauflagen und Gesetzen.
- Digitale Anwendungen spielen eine Rolle sowohl in der **Umsetzung wie auch für das Monitoring von Konzepten zur Änderung der ökonomischen Anreizsysteme der Landwirtschaft**, wie sie im Zuge der Reform der gemeinsamen europäischen Agrarpolitik diskutiert werden. Durch zusätzliche Eco-Schemes, deren ökologische Anforderungen über die verpflichtenden Standards hinausgehen, sollen den Betrieben neue Einnahmen eröffnet werden - zum Beispiel, wenn Blühstreifen als Lebensraum für Insekten angelegt werden.

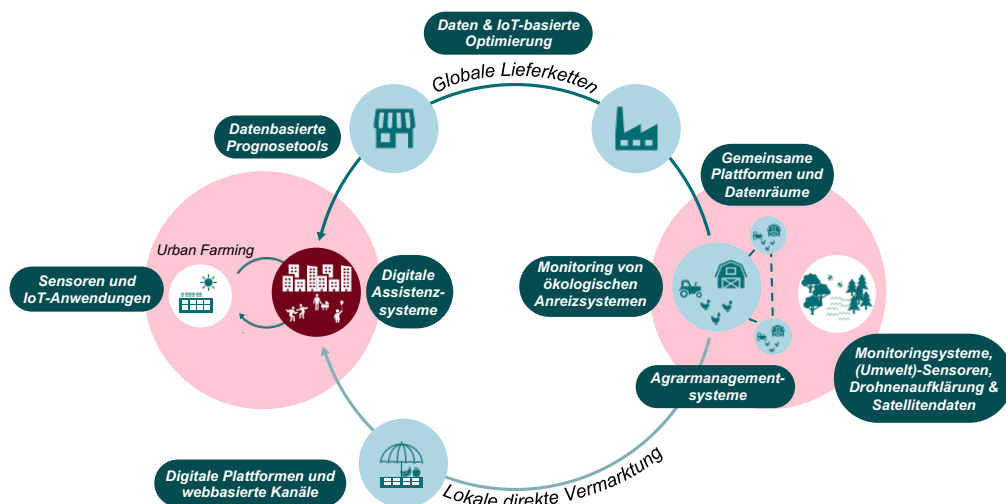


Abbildung 9: Ansatzpunkte für digitale Lösungen in der Agrar- und Ernährungswende (Quelle: Eigene Darstellung)

Das Bild zeigt viele Facetten und trotzdem ist noch offen, wie diese unterschiedlichen Bausteine und digitalen Lösungen im Verbund zu einer umfassenden ökologischen Transformation des Agrar- und Ernährungssystems beitragen können. Im folgenden Vertiefungsschritt wird daher diskutiert, wie die digitalen Technologien des Precision Farming mit den digitalen Möglichkeiten für das Monitoring und dem Schutz von Biodiversität und Ökosystemen zusammenspielen und so als Treiber einer ökologischen Weiterentwicklung der Agrarpolitik wirken können. Ebenso soll erörtert werden, inwiefern digitale Lösungen jedem einzelnen dabei helfen können, nachhaltigere Einkaufs- und Essgewohnheiten zu verstetigen.

Die Bedingung – Umweltwirkung der digitalen Lösungen minimieren

Die vorangegangenen Abschnitte skizzieren die mögliche Rolle der Digitalisierung für die Transformation in den drei Beispielbereichen. Vielfältige digitale Lösungen erweitern unser Wissen um den aktuellen und künftigen Zustand unserer Umwelt und schaffen neue Möglichkeiten, unsere sozialen und ökonomischen Prozesse und Strukturen nachhaltig und klimaschonend zu organisieren. Diese Chancen müssen genutzt werden.

Eines muss uns aber dabei immer bewusst sein: Digitalisierung hat selbst eine Auswirkung auf die Umwelt, denn sie erfordert den Einsatz und die Nutzung von Endgeräten und Infrastrukturen wie Rechenzentren oder Kommunikationsnetzwerken. Negative Umweltwirkungen entstehen:

- bei der **Herstellung der physischen Endgeräte, Anlagen und Infrastrukturen** im Zuge der Gewinnung und Verarbeitung der benötigten Rohstoffe, die in vielen Fällen sozial wie ökologisch bedenkliche Lieferketten aufweisen. Gleichzeitig verschärft sich weltweit das Entsorgungsproblem durch steigende Mengen an Elektronikschrott und die Rückgewinnungsquoten im Elektronikschrottreycling sind noch unzureichend.
- durch den **Energieverbrauch** und die damit verbundenen **Treibhausgasemissionen** beim Betrieb von Geräten, Anlagen und Infrastrukturen.

Die Herausforderung ist klar umrissen: es geht darum, *"wie"* Digitalisierung konkret gestaltet werden muss, damit die negativen Effekte minimiert und die positiven Systemwirkungen maximiert werden können.

Die Diskussion dazu hat begonnen und gewinnt immer mehr an Fahrt. Ein Schwerpunkt liegt dabei z.B. auf der Klimabilanz von Rechenzentren und unterschiedliche politische wie private Initiativen aus der Digitalwirtschaft zielen darauf ab, in den nächsten Jahren auch hier Klimaneutralität zu erreichen. Das sind Schritte in die richtige Richtung. Sie werden für sich alleine aber nicht ausreichen. Insbesondere der Ressourcenverbrauch durch die Digitalisierung ist ein wachsendes Problem, dass in der Debatte noch zu kurz kommt. Hier besteht Handlungsbedarf.

Wichtig ist dabei, dass die physischen Endgeräte und Infrastrukturen nicht isoliert für sich betrachtet werden. Welche digitalen Geräte und Infrastrukturen wir einsetzen, in welcher Form und Umfang wir sie nutzen und wie lange wird maßgeblich von der Software, den Datenarchitekturen, Use Cases und digitalen Geschäftsmodellen und ihren Kommerzialisierungsinteressen beeinflusst. Wir sprechen daher vom **Zielbild eines nachhaltigen Systemdesigns der Digitalisierung**, das all diese Komponenten einbezieht und deren Wechselwirkungen berücksichtigt. Damit sind auch nicht nur die Betreiber von Rechenzentren oder Hersteller von Smartphones angesprochen. Für eine ökologisch-nachhaltige Digitalisierung müssen alle Akteure dieses Systems einbezogen werden. Wichtige Handlungsoptionen sind:

- **Rechenzentren** sind die Grundlage aller internetbasierten Lösungen, Cloud Diensten, Streaming Angeboten usw. Auch wenn hier in der Vergangenheit der Energieverbrauch vom Zuwachs an Rechenleistung entkoppelt werden konnte, müssen weiterhin alle Optionen zur Senkung des Energiebedarfs ausgeschöpft werden (Bieser et al., 2020; Masanet et al., 2020). Das erfordert Einsatz effizienter Servertechnologien, Optimierung von Infrastrukturen und Hilfsenergien, bestmögliche Abwärmenutzung, Steigerung der Auslastung und letztlich die konsequente Umstellung auf eine vollständige Versorgung mit erneuerbaren Energien. KI-gestützte Tools können beim Energiemanagement von Rechenzentren einen Beitrag leisten.

- **Kommunikationsnetze** sind das unverzichtbare Bindeglied der Nutzer in einer vernetzten digitalen Welt. Die Strategien zum Betrieb und weiteren Ausbau von Glasfaser- und Mobilfunknetzen müssen sich noch stärker als bisher an Energieeffizienz, Ressourceneffizienz und der Vollversorgung durch erneuerbare Energien orientieren.
- Die zunehmende Zahl von **digitalen Endgeräten** bei gleichzeitig typischerweise kurzer Nutzungsdauer ist ein wesentlicher Treiber für den Ressourcenverbrauch der Digitalisierung. Für alle digitalen Produkte und Endgeräte sind deshalb die oben skizzierten Prinzipien und Strategien einer Kreislaufwirtschaft konsequent anzuwenden. Ein Schwerpunkt muss auf möglichst langer Nutzungsdauer der Rohstoffe durch die Langlebigkeit sowie Reparatur- und Recyclingfähigkeit von Endgeräten gelegt werden. Die Bündelung von Funktionen in einem Endgerät bietet zusätzliche Potenziale, den Ressourcenbedarf insgesamt zu senken. Voraussetzung für Langlebigkeit ist ein entsprechendes Design zum Beispiel durch modulare Bauweise und Austauschbarkeit von einzelnen Komponenten. Bei zufriedenstellender Funktionsweise sollte ein Endgerät nach Nutzerwunsch auch lange betrieben werden können. Das erfordert gleichzeitig entsprechende Strategien für Software Updates zur Vermeidung von softwarebedingter Obsoleszenz. Funktionserweiternde Software-Updates mit höheren Hardware Ansprüchen sollten von sicherheitsrelevanten Aktualisierungen getrennt werden können. Die - ggf. zeitlich verzögerte -Freigabe von Hardwarelizenzen und Softwarecodes (Open Source) kann durch alternative Reparaturlösungen und Update-Angeboten ebenfalls zur Lebensdauererlängerung beitragen
- Bei **Software** liegen erhebliche ungenutzte Effizienzpotenziale in der Gestaltung und Programmierung z.B. hinsichtlich der Wahl von Programmiersprachen und der Effizienz von Rechenroutinen (Geiger et al., 2021).
- Verfahren der **künstlichen Intelligenz** (KI) werden immer wichtiger. Sie ergänzen bisherige statistische Ansätze und Big Data Analytics und bieten neue Chancen und Potenziale in allen Anwendungsbereichen. Da KI-Modelle im Zuge der Entwicklung und des Trainings teilweise erheblichen Rechenaufwand verursachen, muss jede KI-Lösung von Beginn an auch an Nachhaltigkeit ausgerichtet werden. Dies betrifft die Grundsatzfrage der Verfahrenswahl (Brauche ich dieses Tool bzw. diesen Ansatz für die spezifische Aufgabe? Welcher Aufwand ist gerechtfertigt?) wie auch Aspekte der Wiedernutzung von Datensätzen und schon vorhandenen Modellen z.B. im Rahmen von *off-the-shelf* Lösungen oder als *AI-as-a-Service* Angebote.

Die genannten Punkte sind wichtige Handlungsfelder um die Digitalisierung selbst nachhaltig zu gestalten. Ein übergeordneter Aspekt ist dabei von besonderer Bedeutung: Digitale Lösungen basieren auf Daten, Daten brauchen Infrastrukturen. Jede **Datennutzung verursacht Umweltwirkungen**. Hinzu kommen weitere Problemfelder gerade bei personenbezogenen Daten wie z.B. Datenschutz, Schutz von Privatsphäre und Persönlichkeitsrechten aber auch die Rolle von Daten zur Beschleunigung und Verstetigung von nicht-nachhaltigen Konsummustern.

Das Thema ist breit - im Kontext dieser Studie zu digitalen Lösungen zwischen kommerziellen Akteuren (B2B Lösungen), Industrie 4.0 Ansätzen und dem Internet of Things (IoT) legen wir den Fokus auf die Umweltwirkungen und sehen einen vielversprechenden Ansatzpunkt:

Datenstrategien und Geschäftsmodelle sind an einem intelligenten, kooperativen und kollaborativen Umgang mit Daten (data intelligence) auszurichten.

Das bedeutet, dass sich Gewinnung, Vernetzung, Speicherung und Verwertung von Daten immer am übergeordneten Zweck und Nutzen messen lassen müssen, um unnötige Umweltwirkungen zu vermeiden. Das schärft den Blick dafür, eine jeweils angemessene zeitliche und räumliche Auflösung der Daten in Bezug auf die (dynamischen) Anforderungen des Anwendungsfalles als Leitprinzip der Digitalisierung zu etablieren (Wofür brauche ich die Daten?). Hierzu gehören aber auch die optimierte zeitliche und räumliche Organisation der Erhebung, Weiterleitung und Verarbeitung von Daten im Sinne eines cyber-physischen Systems, d.h. die dynamische Optimierung wo und wann die Daten letztendlich wirklich gebraucht und verarbeitet werden - und wo eben nicht.

Daran anknüpfend liegt ein großes Potenzial im kooperativen und kollaborativen Umgang mit Daten, die in - thematisch strukturierten - Datenräumen zusammengeführt und für viele Nutzer verfügbar gemacht werden können. Hier setzen die Datenstrategien der Europäischen Union und auch der Bundesregierung an. Ein Beispiel ist der oben erwähnte Datenraum für die Kreislaufwirtschaft, der als *Circular Economy Data Space* auch im Green Deal der EU angelegt ist. Für die konkrete Umsetzung müssen jetzt konzeptionelle, institutionelle und regulatorische Herausforderungen gelöst werden wie zum Beispiel Fragen von Governance, Vertraulichkeit, Zugangsmanagement, Incentivierung usw.

Völlig offen ist allerdings noch, inwieweit und unter welchen Bedingungen derartige Ansätze auch zu einer ökologischen Entlastung im Vergleich zu bisherigen Mustern der Datengenerierung, Speicherung und Datennutzung führen. Hier besteht Untersuchungsbedarf, der ebenfalls in einem weiteren Vertiefungsschritt adressiert wird. Es ist dabei das Ziel, das Konzept einer *Data Intelligence* zu konkretisieren und für nachhaltige Transformationsaufgaben nutzbar zu machen.

Der Ausblick – was jetzt ansteht

Die Ausgangslage für die Nachhaltigkeitstransformation hat sich verändert. Die Klimaschutzdebatte hat an Schwung gewonnen - die *Fridays for Future* Bewegung hat mit ihrem lautstarken Protest das Thema in die Gesellschaft hineingetragen, immer mehr Staaten und Wirtschaftsräume definieren konkrete und verbindliche Klimaschutzprogramme wie die EU (European Commission, 2021) oder Deutschland (Bundesregierung, 2021) und auch die Zahl der mittelständischen Unternehmen wie der globalen Konzerne wächst, die eigene Ziele und Strategien für die Klimaneutralität ihres wirtschaftlichen Handelns in den nächsten Jahrzehnten formulieren.

Gleichzeitig setzt der Green Deal der EU Kommission wie auch das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm *ProgRes III* (BMU, 2020) den Ressourcenschutz und die Kreislaufwirtschaft auf die Agenda und die Wirtschaft erkundet die ökonomischen Potenziale der Circular Economy - nicht zuletzt unter dem Eindruck gestörter Lieferketten während der Pandemie oder den offensichtlichen Knappheiten auf globalen Rohstoffmärkten. Dazu kommen Städte wie München oder Kiel, die für sich das Zielbild der Zero Waste City anstreben und zusammen mit ihren Bürgerinnen und Bürgern realisieren möchten.

Die Bereitschaft wächst, sich den großen ökologischen Transformationsaufgaben zu stellen und es wird immer deutlicher, dass ein nachhaltiger Systemumbau möglich ist. Die Voraussetzungen dafür sind gemeinsam entworfene und umgesetzte Systeminnovationen, d.h. die Anpassung und Veränderung der grundlegenden Strukturen unseres täglichen sozialen Lebens, unseres beruflichen Alltags und Wirtschaftens.

Richtig gestaltet und gelenkt wird die Digitalisierung dafür wichtige Lösungsbausteine liefern und die entscheidenden Voraussetzungen schaffen, dass wir soziale, institutionelle und ökonomische Innovationen für Klima-, Umwelt- und Ressourcenschutz realisieren können. Digitalisierung muss dafür aber eingebettet sein in einen ambitionierten und konsistenten Politikrahmen mit klaren Zielen und verbindlichen Umsetzungspfaden - nicht nur in der Klimapolitik, sondern auch beim Ressourcenschutz wo derartige quantitative Zielpfade und Lenkungsgrößen wie z.B. für den Einsatz von Sekundärmaterial noch fehlen. Eine wichtige Rolle werden auch ökologische Preissignale wie die CO₂-Bepreisung spielen müssen, um neue, nachhaltige Geschäftsmodelle anzureizen und zu verstetigen.

Der kurze Blick in die drei beispielhaften Handlungsfelder in den vorangegangenen Abschnitten vermittelt einen Eindruck der Vielfalt der Beiträge und Potenziale der Digitalisierung - und lässt gleichzeitig erkennen, wo die Herausforderungen liegen.

Viele digitale Technologien und Anwendungen tragen dazu bei, gegenwärtige Verfahren, Prozesse und Strukturen zu verbessern (**Improve**) oder erste Schritte in eine neue Ausrichtung von Geschäftsmodellen oder Rahmenbedingungen zu gehen (**Convert**) (Abbildung 10). Gleichzeitig muss die Digitalisierung jedoch auch für einen umfassenden Umbau von Wirtschaft und Wertschöpfung sowie die Neuorientierung von Gesellschaft und Lebensstilen wirksam werden (**Transform**). Gerade diese letzte Wirkungsebene wird entscheidend für den Erfolg sein und kommt aus unserer Sicht in den aktuellen Debatten noch zu kurz.

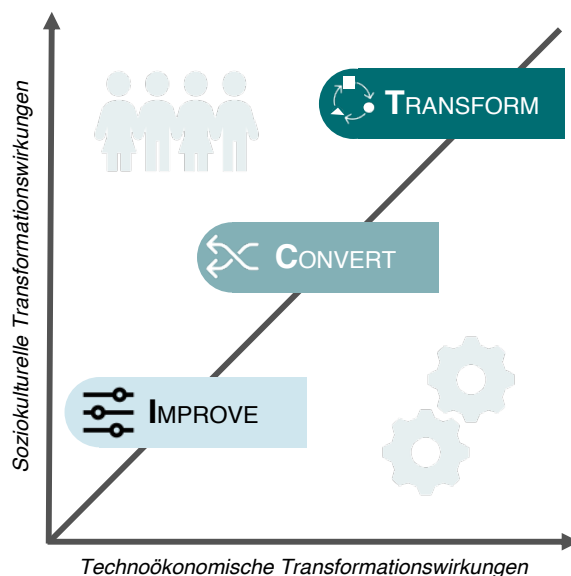


Abbildung 10: Wirkungsebenen der Digitalisierung für die Nachhaltigkeitstransformation (Quelle: Eigene Darstellung)

Wir möchten daher in diesem Projekt einen neuen Akzent setzen und gezielt fragen, welche Transformationswirkungen durch die Digitalisierung im Sinne einer derartigen ganzheitlichen ICT-Strategie in den drei ausgewählten Handlungsfeldern angestoßen und unterstützt werden können.

Erste Ansatzpunkte und Leitfragen sind:

Digitale Circular Economy - mit Daten zur Ressourceneffizienz: Wie kann das Konzept des Teilens und gemeinsamen Nutzens von Daten im Sinne des *Circular Economy Data Space* konkret umgesetzt werden - und wie wird damit die Transformation zu zirkulären und ressourcenschonenden Geschäftsmodellen und Dienstleistungen tatsächlich vorangetrieben werden?

Intelligente Mobilität im Umweltverbund - vernetzt, attraktiv und klimaschonend: Wie können die vielen Beispiele, engagierte Initiativen, innovative Prototypen und auch marktfähige digitale Lösungen für umweltfreundliche Mobilität vernetzt und skaliert werden - und mit den entsprechenden, ambitionierten politischen Rahmenbedingungen und Anreizstrukturen flankiert werden?

Transparenz für eine nachhaltige Agrar- und Ernährungswende: wie spielen die digitalen Technologien des Precision Farming mit den digitalen Möglichkeiten für das Monitoring und dem Schutz von Biodiversität und Ökosystemen zusammen und wie können sie als Treiber für eine ökologische Weiterentwicklung der Agrarpolitik und der Anreizsysteme wirken?

Diesen Fragen wollen wir uns in der zweiten Projektphase widmen, die Problemstellung schärfen und bislang unberücksichtigte Ansatzpunkte für konkretes Handeln herausarbeiten. Das geht nicht alleine - es liegt in der Natur der Aufgabe eines Systemumbaus, dass die unterschiedlichen Akteure und Stakeholder aus der Wirtschaft, Gesellschaft, der Zivilgesellschaft und Umweltorganisationen, Wissenschaft, Politik und Verwaltung zusammenarbeiten, gemeinsame Zielbilder entwerfen und Umsetzungspfade beschreiten müssen.

Neue interdisziplinäre und kollaborative Formate und Diskurse sind gefordert- sowohl in den Transformationsarenen wie auch beim Management der Umweltwirkungen der Digitalisierung an sich. Es geht darum, gemeinsam Potenziale zu erkennen, Erfolgsfaktoren zu verstehen, Randbedingungen und Voraussetzungen zu schaffen und letztlich unternehmerisches und privates Handeln zu lenken.

Die nächste Phase bis Anfang des nächsten Jahres baut daher auf einer Sequenz von Events in den drei Handlungsfeldern auf, in denen wir gemeinsam mit den beteiligten Experten und Expertinnen Beiträge für die Diskussion erarbeiten und dabei auch Perspektiven, Eckpunkte und Optionen für die notwendige Gestaltung der politischen Rahmenbedingungen durch die neue Bundesregierung beschreiben werden.

Ergänzt wird die Diskussion in den drei Transformationsarenen durch eine vierte Aktivität zu den Anforderungen und Chancen für eine klimaschonende und umweltfreundliche Digitalisierung, wie es im vorherigen Abschnitt angesprochen wurde. Der Schwerpunkt soll auf der Konkretion des skizzierten Konzepts eines intelligenten, kooperativen und kollaborativen Umgangs mit Daten (*Data Intelligence*) liegen, insbesondere im Kontext von digitalen Lösungen zwischen kommerziellen Akteuren (B2B Lösungen), Industrie 4.0 Ansätzen wie auch des Internet of Things (IoT) in den drei Beispielbereichen.

Auch hier erwarten wir neue, ergänzende Impulse für die Diskussion einer nachhaltigen Digitalisierung.

Literaturverzeichnis

- Bauer, U., Bracher, T., & Gies, J. (2020). *Ein anderer Stadtverkehr ist möglich. Neue Chancen für eine krisenfeste und klimagerechte Mobilität*. [Studie]. Agora Verkehrswende. https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2020/Covid19_Stadtverkehr/Agora-Verkehrswende_Ein-anderer-Stadtverkehr-ist-moeglich_1-1.pdf
- Berg, H., Bendix, P., Jansen, M., Le Blévenec, K., Bottermann, P., Magnus-Melgar, M., Pohjalainen, E., & Wahlström, M. (2021). *Unlocking the potential of Industry 4.0 to reduce the environmental impact of production*. European Environment Agency, European Topic Centre on Waste and Materials in a Green Economy. <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-wmge/products/unlocking-the-potential-of-industry-4-0-to-reduce-the-environmental-impact-of-production>
- Bieser, J., Hintemann, R., Beucker, S., Schramm, S., & Hilty, L. (2020). *Klimaschutz durch digitale Technologien—Chancen und Risiken* [Kurzstudie]. Bitkom e.V., Borderstep Institut, Universität Zürich. https://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-05/2020-05_bitkom_klimastudie_digitalisierung.pdf
- BMU. (2020). *Deutsches Ressourceneffizienzprogramm III 2020 – 2023. Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen*. <https://www.bmu.de/download/deutsches-ressourceneffizienzprogramm-progress-iii/>
- Bundesregierung. (2021). *Entwurf eines Ersten Gesetzes zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes*. <https://www.bmu.de/gesetz/entwurf-eines-ersten-gesetzes-zur-aenderung-des-bundes-klimaschutzgesetzes/>
- European Commission. (2020). *Making Europe's businesses future-ready: A new Industrial Strategy for a globally competitive, green and digital Europe* [Press release]. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_416
- European Commission. (2021). „Fit for 55“: *Delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality*. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/chapeau_communication.pdf
- European Environment Agency, EPA Network, ISPRA, & Sistema Nazionale per la Protezione dell' Ambiente. (2020). *Bellagio Declaration. Circular Economy Monitoring Principles*. <https://www.isprambiente.gov.it/files2021/notizie/bellagio-declaration-final.pdf>
- Geiger, L., Hopf, T., Loring, J., Renner, M., Rudolph, J., Scharf, A., Schmidt, M., & Termer, F. (2021). *Ressourceneffiziente Programmierung*. Bitkom e.V. https://www.bitkom.org/sites/default/files/2021-03/210329_lf_ressourceneffiziente-programmierung.pdf
- Hochfeld, C., Jung, A., Klein-Hitpaß, A., Maier, U., Meyer, K., & Vorholz, F. (2017). *12 Thesen zur Verkehrswende (Kurzfassung)*. Agora Verkehrswende. https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/12_Thesen/Agora-Verkehrswende-12-Thesen-Kurzfassung_WEB.pdf
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*. IPCC. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf
- Kadner, S., Kobus, J., Stuchtey, M. R., & Weber, T. (2021). *Circular Economy Roadmap für Deutschland*. Circular Economy Initiative Deutschland, Systemiq, acatech. <https://www.acatech.de/publikation/circular-economy-roadmap-fuer-deutschland/>
- Kampffmeyer, N., Motschall, M., Scherf, C.-S., Weber, M., Kern, M., & Krauß, J. (2021). *Nachhaltigkeit und Regionalität digitaler Plattformen in den Bedürfnisfeldern Ernährung und Mobilität*. Öko-Institut e.V., Institut für Arbeitswissenschaften und Technologiemanagement, Universität Stuttgart. <https://www.reggedigital.de/publikationen>
- Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S., & Koomey, J. (2020). Recalibrating global data center energy-use estimates. *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.aba3758>
- Purr, K., Günther, J., Lehmann, H., & Nuss, P. (2019). *Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität* (RESCUE - Studie Nr. 36/2019; Climate Change). Umweltbundesamt. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>
- Ramesohl, S., & Berg, H. (2019). *Digitalisierung in die richtige Richtung lenken—Eckpunkte für Wissenschaft und Politik* (Wuppertaler Impulse zur Nachhaltigkeit). Wuppertal Inst. f. Klima, Umwelt, Energie. https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7392/file/7392_Digitalisierung.pdf
- Sach, T., Jörling, K., Lotz, B., Jakob, M., Schult, H., & Bietenholz, D. (2020). *Klimaschutz in Zahlen: Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik Ausgabe 2020*. BMU. <https://www.bmu.de/publikation/klimaschutz-in-zahlen-2020/>

- Schneidewind, U. (2018). *Die Große Transformation—Eine Einführung in die Kunst des gesellschaftlichen Wandels*. Fischer Taschenbuch Verlag.
- Sun, X., Lettow, F., & Neuhoff, K. (2021). *Klimaneutralität braucht koordinierte Maßnahmen zur Stärkung von hochwertigem Recycling* (2.0, DIW Wochenbericht). DIW Berlin. http://www.diw.de/sixcms/detail.php?id=diw_01.c.820722.de
- WBGU (Hrsg.). (2011). *Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation ; [Hauptgutachten]* (2., veränd. Aufl). Wiss. Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU). <https://www.wbgu.de/de/publikationen/publikation/welt-im-wandel-gesellschaftsvertrag-fuer-eine-grosse-transformation>
- Zukunftskommission Landwirtschaft. (2021). *Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe*. [Abschlussbericht]. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/abschlussbericht-zukunftskommission-landwirtschaft.html