

Studie | Mai 2022

Digitalisierung für ein nachhaltigeres Ernährungssystem: Potenziale zur Gestaltung von Produktion und Konsum

Eine Studie im Auftrag von
Huawei Technologies Deutschland GmbH



Lena Hennes

Melanie Speck

Christa Liedtke

Herausgeber:

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

Autorinnen:

Lena Hennes
E-Mail: lena.hennes@wupperinst.org
Prof. Dr. Melanie Speck
Prof. Dr. Christa Liedtke

Die Autorinnen bedanken sich bei Dr. René Arnold (Huawei) und Dr. Stephan Ramesohl für wertvolle Hinweise und Kommentare, bei Christoph Tochtrop für den Beitrag „Food Hub im Quartier“, sowie bei Lea Epke und Jana Duisberg bei der Mitarbeit an Bericht und Recherche.

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.

Bitte den Bericht folgendermaßen zitieren:

Hennes, L., Speck, M., & Liedtke, C. (2022). Digitalisierung für ein nachhaltigeres Ernährungssystem: Studie im Rahmen des Projekts „Shaping the Digital Transformation“. Wuppertal Institut.

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/>



Executive Summary

Das Landwirtschafts- und Ernährungssystem steht vor umfassenden Herausforderungen: Entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Lebensmittelproduktion, angefangen bei Vorleistungen, dem landwirtschaftlichen Anbau, über die Verarbeitung und Veredelung der Produkte, der Vermarktung und letztendlich dem Konsum, entstehen eine Vielzahl von vermeidbaren, negativen ökologischen Folgewirkungen. Unsere Ernährung hat wesentlichen Einfluss auf die individuelle Gesundheit. Eine zunehmend unausgewogene Ernährungskultur führt zu ernährungsbedingten Krankheiten. Entlang immer komplexer und globaler werdenden Lieferketten nehmen Risiken für soziale Problemlagen zu.

Weder Akteur*innen aus Produktion noch Konsum kann die alleinige Verantwortung und Handlungskontrolle für die Transformation des Ernährungssystems zugeschrieben werden. Stattdessen benötigt es techno-ökonomischen wie auch soziokulturellen Wandel im ganzen System. Dies ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe und bezieht alle Akteur*innen "vom Acker bis zum Teller", also die Landwirtschaft, die Weiterverarbeitung, den Handel, die Außer-Haus-Verpflegung wie auch die privaten Konsument*innen und die Politik mit ein.

Die Digitalisierung kann diese Transformationsprozesse unterstützen und wirkt auf den drei Ebenen Improve - Convert- Transform, die als integrierter Ansatz den Rahmen unseres Projekts „Shaping the Digital Transformation – Digital solution systems for the sustainability transition“ bilden.

Konkrete Ansatzpunkte der Digitalisierung zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele im Ernährungssektor sind:

Improve

- **Durch Digitalisierung Ressourceneinsatz optimieren und Umweltauswirkungen minimieren:** Smart Farming Technologien, wie beispielsweise das Precision Farming können die Umweltwirkungen der Landwirtschaft durch einen verminderten Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden sowie optimierte Erträge vermindern.
- **Verbraucher*innen durch digitale Tools und Assistenzsysteme unterstützen:** Digitale Tools zur Informationsvermittlung (z.B. Apps) können Konsument*innen zum richtigen Zeitpunkt genau die Informationen geben die sie brauchen, um eine nachhaltige Einkaufsentscheidung zu vereinfachen.
- **Risiken der Digitalisierung erkennen und Fehlentwicklungen vorbeugen:** Digitalisierung sollte nicht zum Selbstzweck erfolgen und der Einsatz stets kritisch hinterfragt werden um Reboundeffekte oder unerwünschte Nebenwirkungen (z.B. ein einseitiger struktureller Wandel) zu vermeiden.

Convert

- **Nachhaltigkeitskennzahlen entlang der Wertschöpfungskette vom Acker bis zum Teller mitführen:** Daten entlang der gesamten Lieferkette zu erheben, konsequent mitzuführen und zu nutzen ist die Grundlage für eine fundierte Nachhaltigkeitsbewertung und kann allen Akteur*innen richtungssicheres Handeln ermöglichen.
- **Vernetzung von Produktions- und Konsumprozessen innerhalb der Wertschöpfungskette:** Die horizontale und vertikale Vernetzung von Betrieben durch gemeinsame Datenräume und Plattformen bietet die Möglichkeit Produktionsprozesse zu optimieren, neue Geschäftsmodelle zu entwickeln oder Nischeninnovationen in den Mainstream zu bringen.

Transform

- **Rahmenbedingungen für neue Produkt- und Konsumsysteme:** Die Digitalisierung kann ein unterstützendes Werkzeug für die zwei Kernaufgaben der Transformation – den Umbau von Wirtschaft und Wertschöpfung, sowie die sozio-ökologische Neuorientierung der Gesellschaft – sein. Grundsätzlich ist jedoch eine systemische Transformation notwendig, welche durch technologische, ökonomische, kulturelle und institutionelle Rahmenbedingungen begleitet werden muss: Eine Neuausrichtung der Agrarsubventionen und damit eine Veränderung der Produktionsanreize für die Landwirtschaft sowie die Schaffung von Ernährungsumgebungen, die für einen Ernährungswandel bei Konsument*innen auch die nötigen Gegebenheiten bieten.
- **Bedingungen für eine wirkungsvolle Digitalisierung im Ernährungssystem schaffen:** Die gelungene Nutzung der Potenziale der Digitalisierung muss durch Anreizsysteme, Regulierungen und Rahmenbedingungen flankiert und gefördert werden: dazu gehört die notwendige technische Infrastruktur, eine Standardisierung von Daten und Schnittstellen, Regulierungen für Datenschutz, Datenhoheit und Datensicherheit, die Unterstützung bspw. kleiner Unternehmen bei hohen Investitionen um einen einseitigen Strukturwandel zu vermeiden und die Integration der Digitalisierung in Aus- und Weiterbildung.

Die positiven Auswirkungen der Digitalisierung werden auf der Ebene Improve heute schon zu Teilen in Produktion und Konsum genutzt. Hier bedarf es einer wirkungsvollen Skalierung um zum Beispiel die Stickstoffeffizienz der Düngung flächendeckend und bestmöglich in der Landwirtschaft zu realisieren. Neue Geschäftsmodelle der Convert Ebene sind in Ansätzen bereits vorhanden. Sie müssen sich nun von Nischenmärkten in den Mainstream vorarbeiten. Rahmenbedingungen, wie das verpflichtende Mitführen von Nachhaltigkeitskennzahlen sollte dazu durch rechtliche Regelungen verpflichtend werden.

Wesentlich für eine konsequente und umfassende techno-ökonomische und gesellschaftliche Transformation ist, die notwendigen institutionellen, gesellschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen zu schaffen. Digitale Chancen sind in einen "analogen" Kontext einzubetten, d.h. Agrar-, Umwelt-, Ernährungs-, Verbraucher- und Gesundheitspolitik sollten die wesentliche Richtung einleiten und die Dynamik des Wandels bestimmen, indem die Digitalisierung dann wirken kann.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	6
Danksagung	7
1 Einleitung	8
2 Ausgangslage und Herausforderungen	10
3 Zielbild	12
4 Improve – Produktionsprozesse optimieren, Verbraucher*innen unterstützen	15
4.1 Durch Digitalisierung Ressourceneinsatz optimieren und Umweltauswirkungen minimieren	15
4.2 Verbraucher*innen durch digitale Tools und Assistenzsysteme unterstützen	16
4.3 Risiken der Digitalisierung erkennen und Fehlentwicklungen vorbeugen	17
5 Convert – Neue Geschäftsmodelle und Rahmenbedingungen	19
5.1 Nachhaltigkeitskennzahlen entlang der Wertschöpfungskette vom Acker bis zum Teller mitführen	19
5.2 Vernetzung von Produktions- und Konsumprozessen innerhalb der Wertschöpfungskette	20
6 Transform – Einen umfassenden Ernährungswandel ermöglichen	22
6.1 Rahmenbedingungen für neue Produkt- und Konsumsysteme	22
6.2 Bedingungen für eine wirkungsvolle Digitalisierung im Ernährungssystem schaffen	25
7 Fazit	28
8 Literaturverzeichnis	30

Abkürzungsverzeichnis

API	Application Programming Interface
CO ₂ e	Carbon dioxide equivalent
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik der Europäischen Union
GPS	Global Positioning System
IT	Informationstechnologie
Kcal	Kilokalorien
KJ	Kilojoule
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PKW	Personenkraftwagen
5G	Fünfte Generation des Mobilfunks

Danksagung

Die Autorinnen bedanken sich ganz herzlich bei allen Teilnehmenden des Workshops “Potenziale der Digitalisierung für ein nachhaltigeres Ernährungssystem” am 28.03.2022. Deren Impulse und Diskussionen lieferten eine wertvolle Grundlage für diesen Bericht. Teilgenommen haben:

Alina Elsen (best4bps), Martin Hirt (Landwirtschaftskammer Österreich), Daniela Kirsch (Rebional GmbH), Oliver Kohl (Rebional GmbH), Birgit Metz (best4bps), Prof. Dr. Jörn Lamla (Universität Kassel), Mirko Lampe (Verband der Digitalwirtschaft Berlin & Brandenburg), Karl Heinz Land, Dr. Gerlind Oberbach (best4bps), Dr. Peter Pascher (Deutscher Bauernverband), Bettina Reiß (Universität Kassel), Andreas Schweikert (Bitcom) und Dr. René Arnold (Huawei).

Von Seiten des Wuppertal Instituts nahmen Prof. Dr. Christa Liedtke, Prof. Dr. Melanie Speck, Lena Hennes, Lea Epke und Jana Duisberg (Abteilung Nachhaltiges Produzieren und Konsumieren, Forschungsbereich Produkt- und Konsumsysteme) teil. Die Verantwortung für Inhalt und Aussagen des Berichts liegt dabei ausschließlich bei den Autorinnen.

1 Einleitung

Im Jahr 2021 sind die Treibhausgasemissionen in Deutschland wieder um 4,5 Prozent angestiegen, nachdem im Vorjahr 2020, bedingt durch die COVID-19 Pandemie, noch ein deutlicher Rückgang verzeichnet wurde (UBA, 2022). Um die Klimaschutzziele der Bundesregierung bis zum Jahr 2030 zu erreichen, müssen die Ambitionen und der Umsetzungswille für einen ökologischen Wandel deutlich angehoben werden.

Digitalisierung kann eine Erfolgsvoraussetzung für diesen ökologischen Wandel darstellen. Digitale Technologien und Anwendungen können es ermöglichen, gegenwärtige Verfahren, Prozesse und Strukturen zu verbessern (**Improve**) oder erste Schritte in eine neue Ausrichtung von Geschäftsmodellen oder Rahmenbedingungen zu gehen (**Convert**). Gleichzeitig sollte die Digitalisierung auch für einen weitergehenden Umbau von Wirtschaft und Wertschöpfung sowie für die ökologische Neuorientierung von Gesellschaft und Lebensstilen wirksam werden (**Transform**) (Abbildung 1). Gerade diese letzte Wirkungsebene wird entscheidend für den Erfolg des sozial-ökologischen Wandels sein, sie sollte daher stärker in den Fokus der Debatte rücken. Diese drei Wirkungsebenen sind miteinander verknüpft, beeinflussen sich gegenseitig und müssen mit einem ganzheitlichen Ansatz adressiert werden.

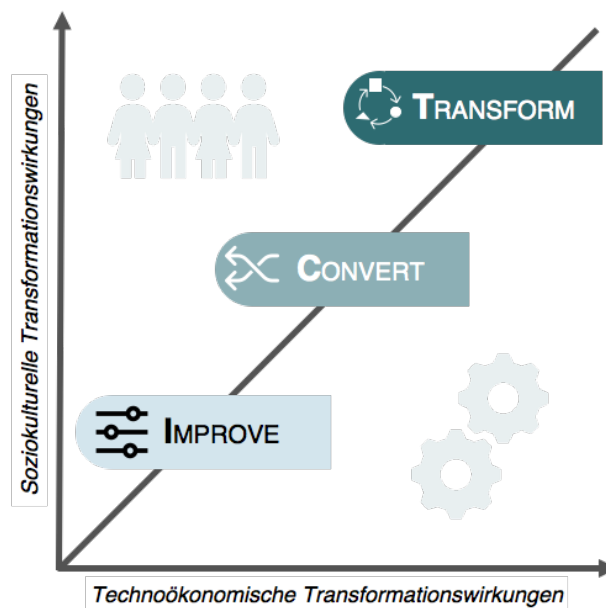


Abbildung 1: Wirkungsebenen der Digitalisierung für die Nachhaltigkeitstransformation (Quelle: Eigene Darstellung aus (Ramesohl et al., 2021).

Hier setzt das Projekt "Digitalisierung gestalten - Transformation zur Nachhaltigkeit ermöglichen" im Auftrag von Huawei Technologies Deutschland an. Innerhalb des Projekts werden die besonderen Transformationspotenziale der Digitalisierung herausgearbeitet und für Deutschland am Beispiel der ausgewählten Handlungsfelder Mobilität, Kreislaufwirtschaft (Circular Economy) sowie Landwirtschaft und Ernährung diskutiert (Ramesohl et al., 2021).

Dieser Bericht widmet sich dem Handlungsfeld eines nachhaltigem Ernährungssystems. Die Ernährungswende wird durch vielseitige Herausforderungen bestimmt. Innerhalb dieses Handlungsfeldes gilt es sowohl ökologische, soziale als auch Herausforderungen der individuellen Gesundheit zu adressieren.

Dies erfordert nicht nur eine Transformation in der Agrarwirtschaft, sondern auch einen Wandel in den Ernährungs- und Lebensstilen der Konsument*innen (Grethe et al. 2021). Bei der Bewältigung der identifizierten Herausforderungen, stehen Akteur*innen entlang der gesamten Wertschöpfungskette in der Verantwortung und weder die Seite der Produktion noch des Konsums hat die alleinige Handlungskontrolle und Gestaltungsmacht, den Umbau des Ernährungssystems zu bewältigen (ZKL, 2021).

In naher Zukunft ein ressourcenleichtes, klimaneutrales und faires Ernährungssystem zu erreichen, das eine gesunde Ernährung für alle ermöglicht, ist eine gesamtgesellschaftliche und systemische Aufgabe (Grethe et al., 2021; ZKL, 2021; WBAE, 2020). Digitale technologische Innovationen zu nutzen, zu skalieren und weiterzuentwickeln, kann Potenziale für die Lösungen dieser Herausforderungen bieten, indem bestehende Prozesse durch eine höhere Effizienz optimiert, Verbraucher*innen beim nachhaltigeren Konsum unterstützt werden und die Gestaltung neuer Produkt- und Konsumsysteme gefördert werden kann. Dazu wird folgend, in Kapitel 2 zunächst die Ausgangslage durch unser heutiges Ernährungssystem charakterisiert. In Kapitel 3 werden anhand eines Zielbildes vorgestellt, wie diesen Herausforderung begegnet werden kann. Anschließend werden dann, anhand der Kapitel 4, 5 und 6 aufgezeigt, welche Chancen die Digitalisierung bieten kann.

Der vorliegende Bericht hat nicht den Anspruch auf Vollständigkeit bei der Vorstellung der Möglichkeiten, Herausforderungen und Risiken der Digitalisierung und stellt keine systemische Lösung in Gänze vor. Vielmehr sollen verschiedene, ausgewählte Denkanstöße und neue Impulse für eine Ernährungswende beispielhaft aufgezeigt werden und diese insbesondere aus einem systemischen Blick entlang der gesamten Wertschöpfungskette und in Verbindung von Konsum und Produktion eingeordnet und bewertet werden. Er basiert u.a. auf den Ergebnissen eines interdisziplinären Workshops (März 2022) unter dem Titel “Potenziale der Digitalisierung für ein nachhaltigeres Ernährungssystem” mit verschiedenen Akteur*innen des Ernährungssystems (vgl. Danksagung). Die Workshopdiskussion erweitert dabei aktuelle Erkenntnisse der Forschung zu den politischen, organisatorischen und technischen Rahmenbedingungen für eine ökologisch wirksame und gleichzeitig sozial ausgewogene Ernährungswende erweitert.

2 Ausgangslage und Herausforderungen

Die Art und Weise, wie Lebensmittel produziert werden und wie wir uns ernähren, hat weitreichende und multidimensionale Auswirkungen auf die Umwelt, auf soziale Faktoren und unsere Gesundheit.

Entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Lebensmittelproduktion, beginnend bei Vorleistungen (Saatgut- und Düngemittelherstellung), dem landwirtschaftlichen Anbau, über die Verarbeitung und Veredelung der Produkte, der Vermarktung und letztendlich dem Konsum und der Entsorgung, bestehen eine Vielzahl von vermeidbaren negativen **ökologischen Folgewirkungen** (UBA, 2021c). In Deutschland ist die Landwirtschaft für 13,4 % der gesamten Treibhausgasemissionen verantwortlich, rechnet man Transport, Weiterverarbeitung, Handel und Zubereitung mit ein sogar für ca. 23 % (Grethe et al., 2021). Neben dem Beitrag zum Klimawandel, beeinflusst die Lebensmittelproduktion auch weitere lebenswichtige und für den Erhalt der Ökosysteme relevante Ressourcen: Mehr als zwei Drittel der prognostizierten Verluste zu Land lebender Arten sind der Intensivierung der Landwirtschaft zuzuschreiben (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2014; Wezel et al., 2020). Ein zu hoher Stickstoffeintrag durch die landwirtschaftliche Düngung hat nicht nur schädliche Auswirkungen auf die Biodiversität, sondern auch auf die Qualität von Luft und Wasser (BMU, 2016; UBA, 2014). Insbesondere die massenhafte Produktion tierischer Lebensmittel und die damit verbundene Futtermittelproduktion, ist für einen relevanten Anteil dieser Problematiken verantwortlich (Reisinger & Clark, 2018; ZKL, 2021).

Neben ökologischen Herausforderungen, hat die Ernährung einen signifikanten Einfluss auf den **individuellen Gesundheitszustand**, die Lebensqualität und das Wohlbefinden. In der westlichen Ernährungskultur führt eine zunehmend unausgewogene Aufnahme von Fetten, Kohlenhydraten, Zucker und Salz zu einem Anstieg ernährungsbedingter Krankheiten wie Adipositas, Typ-2-Diabetes und diversen Herzerkrankungen, womit auch weitreichende Risiken für das Gesundheitssystem und die gesundheitliche Resilienz der Gesellschaft einhergehen (Morze et al., 2020; RKI, 2015). Selbst in einem wirtschaftlich wohlhabenden Land wie Deutschland existieren Fehl- und Mangelernährungen und es besteht dabei ein struktureller Zusammenhang aus sozioökonomischer Position und einer gesundheitsförderlichen Ernährung, die somit nicht für alle Bevölkerungsgruppen selbstverständlich und auch zugänglich ist (Fekete & Weyers, 2016; RKI, 2018).

Die Ernährung erfüllt auch wichtige **soziale Funktionen**. Unser Ernährungsverhalten ist in kulturellen Handlungen fest integriert, gestaltet einen großen Teil unseres sozialen Zusammenseins, gibt Identität und manifestiert sich in Traditionen. Als relevantes Handlungsfeld des alltäglichen Lebens prägt es regelmäßige Praktiken und Routinen (WBAE, 2020). Neben diesem Einfluss auf unseren persönlichen Alltag, wirkt die Lebensmittelproduktion auch auf die Gestaltung unseres direkten Lebensraums. In Deutschland werden mehr als 50 % der verfügbaren Flächen landwirtschaftlich genutzt, wodurch der ländliche Raum wesentlich geprägt wird und darüber hinaus Angebote für Freizeit, Tourismus und Gastronomie bietet (Limmer et al., 2019). Durch urban farming und vertical farming wird perspektivisch auch zunehmend unser städtisches Umfeld beeinflusst. Die sozialen Auswirkungen unserer Ernährung wirken über nationale Grenzen hinaus.

Entlang immer komplexer und globaler werdender Wertschöpfungsketten entstehen Risiken in Bezug auf Arbeitsbedingungen, Kinderarbeit, Marktverdrängung von lokalen Kleinbauern durch Dumpingimporte oder Landraub (De Schutter, 2017; Heydenreich & Paasch, 2020; Reichert, 2018).

Letztlich bettet sich die Produktion und der Konsum von Lebensmitteln in ein globales Gesamtgefüge ein. Vegetationszonen, Nährstoffversorgung, wirtschaftliche Erwägungen, sowie, insbesondere mit Blick auf aktuelle Krisensituationen, die Versorgungssicherung der Bevölkerung setzen den Rahmen für etwaige Veränderungen des Ernährungssystems. Insgesamt sieht sich die Landwirtschaft und das Ernährungssystem als Ganzes somit einem besonderen und komplexen Mix an Herausforderungen bei der Erreichung der gesetzten Klima- und Nachhaltigkeitsziele gegenüber. Vor diesem Hintergrund zeichnet sich trotz der Diversität von Interessen, Positionen und Ansatzpunkten mittlerweile immer klarer ab, welches Zielbild zu erreichen ist. Dies wird im folgenden Kapitel umrissen.

3 Zielbild

Die Aufgabe, die sich aus den zuvor beschriebenen Herausforderungen ergibt, ist eindeutig: Wir brauchen ein sozial-ökologisch optimiertes Landwirtschafts- und Ernährungssystem, welches gleichzeitig soziale Gerechtigkeit über die Wertschöpfungsketten hinweg sicherstellt und gesunde Ernährungsmuster befördert (Speck et al. 2021).

Basis und Ausgangspunkt ist die landwirtschaftliche Produktion. Neben der Erzeugung von tierischen und pflanzlichen Nahrungsmitteln im Einklang mit der Umwelt, hat sie die Gewährleistung einer sicheren Lebensmittelversorgung zur Aufgabe. Eine faire Entlohnung unter sozial gerechten Arbeitsbedingungen aller Beschäftigten national wie auch global muss dabei sichergestellt werden. Die in anderen Sektoren häufig angewendete Strategie, fossile durch erneuerbare Treibstoffe substituieren, um Treibhausgasemissionen zu senken, greift in der Landwirtschaft nicht. Insbesondere Methan und Lachgas durch intensive Düngung und die Tierhaltung sind für den hohen Treibhausgasausstoß verantwortlich. Hinzu kommen weitere ökologische Auswirkungen über den Klimawandel hinaus. Es bedarf daher anderer Produktionsprozesse. Dies bedeutet, dass die Bewirtschaftung des Bodens, z.B. durch die Ausbringung von Produktionsmitteln, wie Dünger und Pflanzenschutzmittel, in einem Umfang stattfindet, dass Wasser- und Nährstoffkreisläufe nicht belastet, die Biodiversität nicht gefährdet und die generelle Funktionsleistung der Ökosysteme aufrechterhalten wird (Grethe et al., 2021; ZKL, 2021). Zwangsläufig gehört zur ökologischen Optimierung der landwirtschaftlichen Produktion auch, die konsequente Reduktion der Bestände an Nutztieren. Insbesondere die Verdauungsvorgänge von Wiederkäuern, aber auch die Ausbringung von Wirtschaftsdünger (Mist und Gülle) tragen wesentlich zu Methan- und Lachgasemissionen des Sektors bei (Grethe et al., 2021; ZKL, 2021).

Die Eindämmung der negativen externen Effekte der Lebensmittelproduktion kann folglich nicht ohne eine Veränderung des Konsums einhergehen. Es ist notwendig, dass sich auch Ernährungsmuster privater Konsument*innen wandeln und suffizienter werden (Poore & Nemecek, 2018; Willett et al., 2019). Wissenschaftliche Empfehlungen für eine nachhaltige und gesunde Ernährung gehen in die gleiche Richtung: Ein höherer Anteil pflanzlicher Produkte wie Hülsenfrüchte, Obst und Gemüse und ein verminderter Konsum von tierischen Produkten wie Fleisch- und Wurstwaren, aber auch Milch- und Milchprodukten, wird als notwendig erachtet (Lukas et al., 2018; Willett et al., 2019). Hinzu kommt, dass in Deutschland vor allem private Endverbraucher*innen für einen Großteil der Lebensmittelverschwendung, die mit einem hohen Ressourcenverbrauch einhergeht, verantwortlich sind. Von den 10 Millionen Tonnen vermeidbaren Lebensmittelverlusten die jährlich in Deutschland anfallen, wird die Hälfte durch private Haushalte verursacht (Noleppa & Carlsburg, 2015). Unter anderem durch eine bessere Einkaufsplanung können diese Verluste verringert werden (Noleppa & Carlsburg, 2015; Noleppa & von Witzke, 2012).

Voraussetzung dafür, dass private Konsument*innen dies auch umsetzen können, ist eine Ernährungsumgebung¹, die dies aktiv unterstützt (WBAE, 2020). Bestehende Rahmenbedingungen begünstigen geradezu ein nicht nachhaltiges Handeln. So erhöht z.B. die Überrepräsentation von nicht nachhaltigen und ungesunden Produkten in der Werbung, die Wahrnehmung dieser Produkte und Ernährungsmuster (WBAE, 2020). Dazu sind Fleischersatzprodukte häufig um ein Vielfaches teurer als Fleisch. Es ist daher erforderlich, auch den Lebensmitteleinzelhandel und die Außer-Haus-Verpflegung als Bindeglied zwischen Lebensmittelproduktion und -konsum in die Transformation einzubinden (Speck et al., 2021).

Aktuelle Krisen und ökologische sowie soziale Herausforderungen verdeutlichen die Notwendigkeit resilienter Wertschöpfungsketten (Liedtke et al., 2020). Für den Ernährungssektor bedeutet dies - aber nicht ausschließlich - regionalwirtschaftliche Logistikkonzepte zu entwickeln, Strukturen im ländlichen Raum zu stärken und Wirtschaftskreisläufe zu regionalisieren (BMNT, 2018). Der Vielfältigkeit von landwirtschaftlichen Strukturen in Deutschland, in Verbindung mit zusätzlichen gesellschaftlichen Leistungen der Landwirtschaft (z.B. Gestaltung des ländlichen Raumes, Freizeit- Tourismus- und Gastronomieangebote), lässt sich durch eine Vielseitigkeit von Betriebskonzepten gewährleisten, um ein resilientes und zukunftsfähiges Agrarsystem zu schaffen (ZKL, 2021).

Einzelnen Beteiligten kann dabei nicht die alleinige Verantwortung für die Lösung dieser Problemlagen zugeschrieben werden: Beispielsweise führt ein zunehmend intensiver nationaler und globaler Wettbewerb zu einem Ökonomisierungsdruck in der Lebensmittelproduktion, bei dem soziale oder ökologische Belange durch die Landwirtschaft häufig nicht berücksichtigt werden können (Schneidewind, 2018; ZKL, 2021). Für die privaten Konsument*innen bietet die Ernährung großes Potenzial, nachhaltige Handlungen umzusetzen, da sie im Prinzip jederzeit, mit geringen Kosten und – im Vergleich zu anderen Bedarfsebenen – mit weniger großer Abhängigkeit von äußeren Rahmenbedingungen wie der Infrastruktur (z.B. Anbindung an den ÖPNV), umgestellt werden kann. Gleichzeitig beruht der eigene Ernährungsstil zu großen Teilen auf fest etablierten Gewohnheiten, die nicht immer einfach zu verändern sind, insbesondere nicht, wenn eine nachhaltigere Wahl als aufwendiger, zeit- und kostenintensiver wahrgenommen wird (WBAE, 2020).

Aufgrund dieser Vielseitigkeit und Komplexität des Ernährungssystems und der Fülle an ökologischen, sozialen und gesundheitlichen Leistungen, die es bietet (siehe Abbildung 2), ist es nicht vorstellbar, die Ernährungswende mit einem einzigen Ansatz oder Instrument zu vollziehen (ZKL, 2021). Es braucht vielschichtige technologische, ökonomische, kulturelle und institutionelle Rahmenbedingungen, die einerseits einen technologisch-ökonomischen und andererseits einen kulturell-sozialen Systemumbau ermöglichen (Schneidewind, 2018). Dies stellt eine große Herausforderung dar, die

¹ Unter der Ernährungsumgebung sind sämtliche Einflüsse zu verstehen, welche die individuelle Ernährung beeinflussen. Die Einflüsse beziehen sich dabei nicht nur auf den Moment der Entscheidung, sondern auf alle Phasen des Verhaltensprozesses: Exposition (z.B. in der Werbung und den sozialen Medien, bestimmt welche Präsenz welche Lebensmittel in unserer Wahrnehmung einnehmen), Zugang (wird bestimmt durch Preis, Verfügbarkeit oder soziale Normen), Auswahl (wird beeinflusst durch sozioökonomische Aspekte, Vorlieben, Gewohnheiten uvm.), Konsum (was, wieviel, wann, wo und mit wem usw.) (siehe WBAE, 2020).

durch verschiedene Maßnahmen gemeistert werden muss. Im Folgenden sollen Impulse und Ansätze aufgezeigt werden, die beispielhaft verdeutlichen, welchen Beitrag die Digitalisierung zu diesen Lösungsstrategien leisten kann.



Abbildung 2: Herausforderungen und Zielbild eines nachhaltigen Ernährungssystems (Quelle: Wuppertal Institut)

4 Improve – Produktionsprozesse optimieren, Verbraucher*innen unterstützen

Die Digitalisierung ist in vielen Teilen des Ernährungssystems kein Neuland mehr und findet in allen Stufen der Wertschöpfungskette bereits Anwendung. Einzelne Technologien optimieren schon heute Verfahren und Prozesse. Nachfolgend soll beispielhaft aufgezeigt werden, wie digitale Technologien bereits auf Seite der Produktion dazu eingesetzt werden, landwirtschaftliche Prozesse ökologischer auszurichten. Auf der Konsumseite unterstützen digitale Anwendungen Verbraucher*innen bei Entscheidungen durch eine bessere Informationsvermittlung. Dazu beleuchtet dieses Kapitel mögliche unerwünschte Nebenwirkungen und Reboundeffekte der Digitalisierung, welche es zu vermeiden gilt.

4.1 Durch Digitalisierung Ressourceneinsatz optimieren und Umweltauswirkungen minimieren

Seit jeher wurde die Landwirtschaft durch technologischen Fortschritt stetig gewandelt. Dieser Fortschritt ermöglichte enorme Produktionssteigerungen und eine weitreichende Versorgungssicherheit mit Lebensmitteln. Digitale Lösungen als Teil dieses technologischen Fortschritts sind heute aus der Landwirtschaft nicht mehr wegzudenken (DLG, 2018; Hertzberg, 2021). Etwa 80 % der in einer 2020 durchgeführten, repräsentativen Untersuchung befragten landwirtschaftlichen Betriebe gaben an, einzelne digitale Technologien wie z.B. Futterautomaten oder GPS-unterstützte Landtechnik zu nutzen (Bitkom, 2020). Dabei beschränkt sich die Nutzung aber überwiegend auf einzelne Technologien, eine intensive sowie umfassende Praxisanwendung ist bisher flächendeckend noch nicht im Einsatz (LfL, 2017). Hemmnisse und Bedenken seitens der Landwirtschaft beziehen sich dabei am häufigsten auf einen zu hohen Investitionsbedarf in Verbindung mit einer fraglichen Wirtschaftlichkeit, die Inkompatibilität verschiedener Systeme, die Datenhoheit und den Datenschutz. Weniger relevant sind Argumente wie die technische Störanfälligkeit sowie Hemmnisse bezüglich einer komplizierten Bedienung und fehlendes IT-Know-how (Bitkom, 2020).

Eine elementare Herausforderung, die die Landwirtschaft vor dem Hintergrund der Bereitstellung grundlegender ökosystemarer Funktionsleistungen bewältigen muss, ist die Optimierung des Einsatzes der Betriebsmittel. Um Treibhausgase in der Landwirtschaft zu reduzieren und gleichzeitig Synergien mit weiteren Zielen, wie dem Erhalt der Biodiversität und dem Gewässerschutz aufrechtzuerhalten, ist die Verbesserung der Stickstoffeffizienz der Düngung sowie der umweltschonendere Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, Voraussetzung (Grethe et al., 2021; UBA, 2019a; ZKL, 2021). Verschiedene Technologien, die sich unter dem Begriff des Smart Farming zusammenfassen lassen, verfolgen dieses Ziel.

Eine Technologiegruppe des Smart Farmings ist das sog. **Precision Farming**. Durch dieses können landwirtschaftliche Nutzflächen gezielter und damit effizienter bewirtschaftet werden. Die Agrarrobotik ermöglicht zum Beispiel durch "Farmbots" die gezielte mechanische Unkrautentfernung, sodass die Ausbringung von Pestiziden minimiert werden kann. Eine Automatisierung durch GPS-gestützte Lenksysteme in Verbindung mit einer Teilflächenbewirtschaftung, welche eine punktgenaue und bedarfsgerechte Applikation von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln ermöglicht (z.B. durch eine Düngungsbedarfsermittlung anhand eines Satelliten gesteuerten

Erscheinungsbildes der Vegetation), können die Ausbringung von Betriebsmitteln erheblich minimieren. Untersuchungen zeigen, dass die teilflächenspezifische Ausbringung von Düngemitteln die Stickstoffrückstände im Boden um 30 - 50 % senken kann (Kliem et al., 2022). Im Falle von Pestiziden kann eine gezieltere Anwendung durch Precision Farming den Verbrauch in Einzelfällen um bis zu 80 % senken (Europäisches Parlament, 2016). Auch der Verbrauch von Kraftstoffen für Landmaschinen konnte in einer Studie, durch eine effizientere Routenplanung um 17 % gesenkt werden (Saiz-Rubio & Rovira-Más, 2020). Zusätzlich kann durch den Einsatz von automatisierten Kleinmaschinen die Anbaudiversität (z.B. Zweitfrucht- oder Streifenanbau) erhöht werden, was sich positiv auf die Artenvielfalt und Populationsgrößen von Insekten, Vögeln und kleinen Säugetieren sowie durch eine geringere Verdichtung auf die Bodenqualität auswirken kann (UBA, 2020a).

Neben diesen Lösungen, kann die ebenso zum Smart Farming gehörende **digitale Informationsverwaltung** das Handling von Daten und Entscheidungen optimieren. In der Landwirtschaft werden viele Entscheidungen unter Unsicherheit getroffen, da sie u.a. abhängig von Wetter- und Bodenbedingungen sowie volatilen Preisen sind. Entscheidungsalgorithmen können diese Unschärfen vermindern und ein formalisiertes Handeln ermöglichen (Hertzberg, 2021). So können Farm-Management-Informationssysteme (FMIS) die Verwaltung von Daten verbessern (z.B. durch die automatische Dokumentation der Anbaudaten). Spezielle Agrar-Apps dienen als Entscheidungsunterstützung, um Informationen bzgl. des Wetters, des Marktes, des Pflanzenschutzes oder der Maschineneinstellung zu erlangen und den Einsatz von Betriebsmitteln effizienter an standortspezifische Bedingungen auszurichten (BMNT, 2018).

4.2 Verbraucher*innen durch digitale Tools und Assistenzsysteme unterstützen

Fast immer haben Verbraucher*innen die Auswahl zwischen diversen Produktalternativen: Das Schnitzel vom regionalen Metzger vs. ein in Plastik verpacktes, industriell hergestelltes veganes Schnitzel; eine Bio-Tomate aus Spanien vs. eine konventionell hergestellte Tomate aus der Region. Teilweise ist eindeutig, welche Entscheidung die nachhaltigere ist, in vielen Fällen muss jedoch zwischen unterschiedlichsten Produktattributen (Preis, Verpackung, Herkunft, Anbauweise, uvm.) abgewogen werden. Umweltauswirkungen von Lebensmitteln werden dabei vielfach über- oder unterschätzt und so wird beispielsweise die Plastikverpackung eines Produktes regelmäßig als relevanter eingeschätzt als das Produkt selbst (Camilleri et al., 2019; F.A.Z., 2019; UBA, 2021a). Gerade Lebensmittel sind häufig "Low-Involvement"-Produkte, für die bei der Kaufentscheidung nicht viel Zeit investiert werden kann und wird (Young et al., 2009). Konsument*innen wünschen sich daher einfache, klare Informationen, Entscheidungshilfen oder Heuristiken, die sie im Moment des Kaufes unterstützen (SVRV, 2021; Vlaeminck et al., 2014).

Digitale Tools zur Informationsvermittlung können hier einen Beitrag leisten (Kirchgeorg et al., o. J.). Gerade Smartphones sind aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken und in annähernd jeder Situation schnell zur Hand. So können Apps durch die Bereitstellung von Produktinformationen, die Transparenz in puncto Nachhaltigkeit erhöhen und Konsument*innen helfen, nachhaltige Kaufentscheidungen umzusetzen, indem sie relevante und bedarfsgerechte Informationen am Point of Sale bereitstellen

und vereinfachen (Schwarzinger et al., 2019). Die Beschaffung des notwendigen Wissens wird damit in einer kürzeren Zeit ermöglicht und ist mit einem geringeren Aufwand verbunden. Studien zeigen, dass die Informationsvermittlung über Apps, die Wahl für ein nachhaltigeres Produkt positiv beeinflussen kann (Joerß et al., 2018; Schwarzinger et al., 2019).

Es gibt bereits auf dem Markt etablierte Anwendungen, mittels denen der Barcode eines Produktes gescannt wird und so zusätzliche Produktinformationen bereitgestellt werden (Die App CodeCheck verzeichnet beispielsweise 3,5 Millionen Nutzer und 100 Millionen abgerufene Produktinformationen (CodeCheck, 2020)). Vorwiegend werden hierbei gesundheitliche Informationen wie der Nährwertgehalt oder Allergene, Preisangaben oder Rezensionen angeboten, zunehmend aber auch Nachhaltigkeitsinformationen wie z.B. einen “Klima Score” bei CodeCheck. Weiterentwickelt könnten solche Angebote zu “smarten Einkaufsumgebungen” beitragen, die personalisierte Zusatzinformationen bieten und so die Asymmetrie aus Informationsflut oder Informationsmangel auflösen könnten (Stieninger et al., 2019; SVRV, 2022).

4.3 Risiken der Digitalisierung erkennen und Fehlentwicklungen vorbeugen

Die Digitalisierung bietet verschiedene Potenziale und Ansatzpunkte für die Ernährungswende. Zugleich können digitale Technologien in bestimmten Bereichen unerwünschte, kontraproduktive Entwicklungen begünstigen, die dem Ziel eines ressourcenleichten, treibhausgasneutralen und fairen Ernährungssystems entgegenstehen. Daher sollen diese Technologien keinesfalls nur zum Selbstzweck eingesetzt, sondern kritisch hinterfragt werden, um Fehlentwicklungen frühzeitig zu erfassen, gegenzusteuern und bestenfalls präventiv zu verhindern (BMNT, 2018; WBGU, 2019).

Ein Anwendungsfeld, das sowohl Chancen wie auch Risiken der Digitalisierung widerspiegelt, ist in der Nutztierhaltung zu finden. Sensoren zur Erfassung tierspezifischer Parameter (Körpertemperatur, Futteraufnahme, Klauenbefunde etc.), automatische Systeme zur Optimierung des Stallklimas und ein systematisches Herdenmanagement können dazu dienen, Diagnosedaten zu erfassen und Erkrankungen frühzeitig zu erkennen sowie tiermedizinische Behandlungen individueller und spezifischer auszurichten. Mit Hilfe dieser Technologien können somit verbesserte Rahmenbedingungen geschaffen und sowohl die Haltungsbedingungen als auch das Tierwohl gesteigert werden (BMNT, 2018). Systeme, die zu einer Automatisierung von Prozessen oder Handlungsabläufen in der Tierhaltung führen, sind beispielsweise Melkroboter oder Melkkarusselle, Reinigungs- und Fütterungssysteme. In Folge der Automatisierung können größere Tierbestände durch weniger Arbeitskraft und -zeit versorgt werden (BMNT, 2018). Gegen eine grundsätzlich höhere Effizienz der Tierhaltung ist nichts einzuwenden, eine zunehmende Automatisierung könnte aber perspektivisch die Gefahr für noch größere Tierbestände verstärken (Kliem et al., 2022). Zusätzlich ergeben sich durch einen steigenden Automatisierungsgrad in der Tierhaltung ethische Fragestellungen durch eine Entfremdung oder einen Wandel der Position des Tieres, vom Individuum zur Systemkomponente oder zum Produktionsmittel (BMNT, 2018).

Diese Risiken gelten nicht nur für die Tierhaltung, sondern für die Landwirtschaft generell. Automatisierungstechnologien könnten in erster Linie zur Intensivierung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung eingesetzt werden und die Effizienzgewinne nicht zu einer absoluten Verringerung des Einsatzes von Betriebsmitteln wie

Pestiziden und Düngemitteln, sondern zur Steigerung der Produktion genutzt werden, wodurch sogenannte Reboundeffekte entstehen (Kliem et al., 2022). Die kapitalintensive Anschaffung der digitalen Technologien, die gegebenenfalls eher für Großbetriebe rentabel ist, erhöht das Risiko für die Verstärkung eines einseitigen strukturellen Wandels zu immer weniger, aber immer größer und einheitlicher werdenden Betrieben (BMEL, 2021). Der Einsatz digitaler Technologien muss umsichtig erfolgen, darf nicht dem Selbstzweck dienen, sondern muss immer mit dem Zielbild eines ressourcenleichten, klimaneutralen und sozial ausgeglichenen Ernährungssystems einhergehen. Eventuelle Nebeneffekte, die zu Zielkonflikten führen können (z.B. höhere Effizienz durch die Nutzung von Skaleneffekten vs. Diversifizierung von Betrieben) müssen dabei stets Berücksichtigung finden.

5 Convert – Neue Geschäftsmodelle und Rahmenbedingungen

Punktuelle Verbesserungen verschiedener Elemente der Wertschöpfungskette können einzelne Strukturen des Ernährungssystems verbessern. Seien es produktionstechnische Optimierungen durch einen effizienteren Einsatz von Ressourcen oder verbesserte Verbraucherinformationen, die einen soziokulturellen Wandel forcieren können. Grundsätzliche Problemstellungen, wie Überproduktion oder Lebensmittelverschwendung durch Haushalte, können damit aber nur bedingt adressiert werden. Nachfolgend werden zwei Handlungsansätze vorgestellt, die durch neue Geschäftsmodelle und Rahmenbedingungen einen tiefgreifenden Wandel von Produktionsprozessen und Ernährungsstilen einleiten können.

5.1 Nachhaltigkeitskennzahlen entlang der Wertschöpfungskette vom Acker bis zum Teller mitführen

Wie in fast allen Industriesektoren, werden auch im Bereich der Lebensmittelproduktion Wertschöpfungsketten immer komplexer, wettbewerbsintensiver und globaler (De Schutter, 2017; Schneidewind, 2018). Transparenz und Rückverfolgbarkeit entlang der Wertschöpfungsketten sind zentrale Rahmenbedingungen für die Zielerreichung eines nachhaltigen Ernährungssystems. Der Lebensmittelsektor ist in Hinblick auf die Rückverfolgbarkeit im Vergleich zu anderen Sektoren bereits ein gutes Beispiel (Härtel, 2017; Willers, 2016). Dies bietet die Grundlage für die Weiterentwicklung zu einer fundierten Nachhaltigkeitsbewertung von Lebensmitteln, die zentral ist, um allen Akteur*innen richtungssicheres Handeln zu ermöglichen und einzelne Prozessstufen weiter zu optimieren.

Beginnend mit der landwirtschaftlichen Urproduktion, wird seit langem von diversen Gremien gefordert, eine einzelbetriebliche Nährstoffbilanzierung (Stoffstrombilanzierung oder Hoftorbilanzierung) umzusetzen (Löw et al., 2021; UBA, 2020b; WBA & WBD, 2013). Bei der Umsetzung mangelt es allerdings bisher an den infrastrukturellen Rahmenbedingungen in Form fehlender Softwarelösungen und deren Implementierung (Grethe et al., 2021). Neben dem Monitoring einzelbetrieblicher Nährstoffverwendungen und deren Reduzierung entsprechend vorgeschriebener Zielwerte, kann es eine automatische **digitale Erfassung von Nährstoffbilanzen** ermöglichen, öffentliche Gelder wirkungsvoller an die Bereitstellung öffentlicher Leistungen zu koppeln (im Rahmen ökonomischer Anreizsysteme der europäischen Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP)). So können Landwirt*innen für die Bereitstellung und das „Intakt halten“ öffentlicher Güter (in diesem Falle wären intakte Nährstoffkreisläufe, aber auch die Berücksichtigung von Treibhausgasemissionen oder Biodiversität denkbar) entlohnt werden und ökologische Handlungsweisen stärker in Betriebskosten miteinbezogen werden. Die Erhebung und Nutzbarmachung von Nachhaltigkeitsdaten sollte dann aber nicht bei der Landwirtschaft aufhören, sondern entlang der Wertschöpfungskette konsequent umgesetzt und für alle Akteur*innen anwendbar gemacht werden (Prause et al., 2021). Mit der entsprechenden digitalen Infrastruktur (z.B. digitale Ackerschlagkartei auf Ebene der Landwirtschaft, Integration in Warenwirtschaftssysteme bei der Gastronomie) und den notwendigen Schnittstellen (APIs), ist ein digitaler Produktpass für Lebensmittel denkbar, in den automatisiert mit jeder Produktionsstufe beispielsweise zusätzlich entstehende Treibhausgase ergänzt werden.

In Verbindung mit klaren Zielwerten können **Nachhaltigkeitskennzahlen eine Orientierung für Akteur*innen in nachgelagerten Stufen der Wertschöpfungsketten** bieten. Ein Beispiel ist hier die Gemeinschaftsverpflegung. Durch eine große Anzahl von hunderten bis tausenden ausgegebenen Menüs pro Küche, können bedeutende Hebel durch diese generiert werden. Schon minimale Veränderungen auf Rezepturebene, wie die Verminderung des Fleischanteils eines Gerichtes, können sich zu großen Einsparpotenzialen summieren (Speck et al., 2020). Hierzu brauchen die verantwortlichen Akteur*innen Richtungssicherheit und klare Zielvorgaben z.B. nach der Empfehlung von Speck et al., (2021a) 600 g CO₂e pro Mittagmenü. Die Integration von Nachhaltigkeitskennzahlen in betriebseigene Warenwirtschaftssysteme, ermöglicht es, diese genauso standardisiert abzurufen, wie dies bereits bei ernährungsphysiologischen Daten (z. B. kcal/ KJ Angaben, Nährstoffen, Allergenen) möglich ist. Dies ist eine Voraussetzung, um etwa Treibhausgasemissionen bei der Entwicklung von Menüs zu berücksichtigen. Die Nachhaltigkeit eines Menüs wird dadurch klar bewertbar und ermöglicht eine Integration von Nachhaltigkeitskriterien in Ausschreibungen von Verpflegungseinrichtungen in der öffentlichen Hand (z.B. Kita- und Schulverpflegung). Auch eine Umsetzung auf Ebene des Lebensmitteleinzelhandels, in Form eines Labels, kann als Entscheidungshilfe am Point of Sale für Konsument*innen dienen und wird vereinzelt schon umgesetzt.

5.2 Vernetzung von Produktions- und Konsumprozessen innerhalb der Wertschöpfungskette

Die horizontale Verknüpfung mehrerer landwirtschaftlicher Unternehmen innerhalb der Region durch die Nutzung **gemeinsamer Plattformen und Datenräume** kann eine betriebsübergreifende, ökologische Optimierung ermöglichen. So kann eine bessere Vernetzung von Betrieben die Umsetzung regionaler Nährstoffkonzepte realisieren: Betriebe mit hohem Nährstoffaufkommen (z.B. durch Gülle) können ihre Aktivitäten mit Betrieben mit einem großen Bedarf an Düngemitteln als Abnehmer von Wirtschaftsdünger aufeinander abstimmen. Rohstoffbörsen können Anbietende und Nutzende von ungenutzten Sekundärressourcen wie Biomasse oder Abwärme zusammenbringen. Die Regionalisierung von Rohstoffkreisläufen und kürzere Transportrouten können dann soziale und ökologische Vorteile mit sich bringen und die Vernetzung der örtlichen Betriebe kann die regionale Wertschöpfung fördern und so die Wirtschaft im ländlichen Raum langfristig stärken. (BMNT, 2018; UBA, 2020a).

Auch eine vertikale Vernetzung von Produktionsprozessen über verschiedene Ebenen der gesamte Wertschöpfungskette hinweg, also auch im vor- und nachgelagerten Bereich, kann durch eine Optimierung von Logistikprozessen und eine erhöhte Planungssicherheit ökologische und soziale Vorteile bieten (BVE, 2020). Die Digitalisierung kann Informationsflüsse entlang der Wertschöpfungskette zwischen verschiedenen Unternehmen erheblich vereinfachen und die Reaktionsgeschwindigkeit und Flexibilität erhöhen (Kersten et al., 2018). Insbesondere bei Lebensmitteln, die im Vergleich zu anderen Konsumgütern eine "schnellere" Verderblichkeit aufweisen und von variablen Erntezeiten abhängen, ist eine hohe Reaktionsfähigkeit und Flexibilität der Logistikkette zentral. Zusätzlich kann die Digitalisierung Informationsflüsse effizienter gestalten, die Kosten senken und bei ggf. neu entstehende Geschäftsmodelle überhaupt erst eine Rentabilität ermöglichen.

Solche neuen Geschäftsmodelle können eine Direkt- oder Regionalvermarktung von saisonalen und regionalen Produkten über **digitale Plattformen und webbasierte Kanäle** sein (z.B. marktschwaermer.de, Gemüse- und Kochkisten, Solidarische Landwirtschaft) und der Landwirtschaft, wie auch weiterverarbeitenden Betrieben (z.B. lokale Bäckereien und Metzgereien) alternative Absatzchancen bieten. Zugleich bietet die Digitalisierung Potenziale, Nischeninnovationen populär zu machen und in die breite Anwendung zu bringen. Ein Beispiel hierfür ist die Verteilung von nicht mehr benötigten Lebensmitteln über Plattformen (z.B. Foodsharing und ToGoodToGo), um Lebensmittelverschwendung zu verringern (UBA, 2019b).

6 Transform – Einen umfassenden Ernährungswandel ermöglichen

Die vorangegangenen Kapitel haben gezeigt, wie durch punktuelle Optimierungen seitens der Produktion und des Konsums, ein bestehendes System verbessert werden kann (Improve) und somit Lösungen für klar umrissene Problemstellungen bereitgestellt werden. Die Digitalisierung ermöglicht innovative Geschäftsmodelle, welche eine Neuausrichtung des Ernährungssystems einleiten könnten (Convert). Weitergehend benötigt das Ernährungssystem aber eine umfassende Transformation, welche radikalere und systemische Veränderungen mit sich bringt. Digitale Technologien können diesen Prozess unterstützen und fördern, wesentlich ist es aber, die zugrundeliegenden und notwendigen institutionellen, gesellschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen für diesen Umbruch zu schaffen. Im Folgendem soll beispielhaft vorgestellt werden, welche Rahmenbedingungen dies sind und wie Digitalisierung durch die unter *Improve* und *Convert* vorgestellten Maßnahmen den Prozess befördern kann.

6.1 Rahmenbedingungen für neue Produkt- und Konsumsysteme

Für die Transformation des Ernährungssystems bestehen zwei Kernaufgaben: der Umbau von Wirtschaft und Wertschöpfung, sowie die sozio-ökologische Neuorientierung der Gesellschaft (Schneidewind, 2018). Für diesen Prozess kann die Digitalisierung an vielen Stellen als Werkzeug unterstützen (siehe Abbildung 4).



Abbildung 3: Ansätze für Digitalisierung im Ernährungssystem (Quelle: Wuppertal Institut)

Grundsätzlich ist jedoch eine systemische Transformation notwendig, welche durch technologische, ökonomische, kulturelle und institutionelle Rahmenbedingungen begleitet werden muss (Schneidewind, 2018). Dies ist eine gesamtgesellschaftliche

Aufgabe, die alle Stufen der Wertschöpfungsketten und die jeweiligen Akteur*innen und regionalen Lebens- und Wirtschaftsstrukturen mit einbezieht (ZKL, 2021).

Für die Produktion, im speziellen die Landwirtschaft, bedeutet dies, dass ökonomische Produktionszwänge gemindert werden müssen, um es Landwirt*innen zu ermöglichen, ökologische und soziale Belange mehr zu berücksichtigen (Schneidewind, 2018; ZKL, 2021). Durch die GAP agiert die Landwirtschaft in einem stark politisch definierten Rahmen. Fast die Hälfte des Einkommens der deutschen landwirtschaftlichen Betriebe, stammt aus Subventionen, wodurch sie von grundsätzlichen Marktlogiken teilweise entkoppelt sind. Die Subventionspolitik ist daher ein nicht unerheblicher Hebel um die Landwirtschaft zu beeinflussen (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, 2019). Die Ausrichtung der GAP muss daher den Umgestaltungsprozess in der Landwirtschaft gezielt einleiten und dazu entsprechende Anreizsysteme bieten, die durchgehend auf die Erhaltung der gesellschaftlichen und ökologischen Leistungen der Landwirtschaft abzielen (ZKL, 2021). Eine Schlüsselrolle nehmen dabei die Fördersummen und das Anspruchsniveau der ab 2022 geplanten Eco-Schemes und die Mindestanforderungen für den Erhalt der Direktzahlungen ein² (Grethe et al., 2021). Der wesentliche Anschlag für die Agrarwende muss durch die Neugestaltung der politischen Rahmenbedingungen erfolgen, die Digitalisierung kann anschließend die Umsetzung unterstützen. So könnte ein digitalisiertes und automatisiertes Monitoring zur Abbildung einzelbetrieblicher Nährstoffkreisläufe den Erhalt von Direktzahlungen bzw. Eco-Schemes daran ausrichten (siehe Kapitel 5.1).

Einer Ernährungswende ist nicht nur durch eine gesteigerte Effizienz und Konsistenz in der Produktion nachzukommen, gleichzeitig ist es notwendig, Lebensstile in Richtung Suffizienz zu transformieren (Speck et al., 2021; Lukas et al., 2018; Schneidewind, 2018). Auf individueller Ebene ist insbesondere die Lebensmittelauswahl ein Hebel für die Reduzierung ökologischer Auswirkungen, der forciert werden muss und damit einen grundlegenden Wandel von Ernährungsstilen notwendig macht. Die Ernährung ist dabei einem stetigen Wandel von Rahmenbedingungen und Ansprüchen (z.B. die Verteilung von Hausarbeit zwischen den Geschlechtern in Verbindung mit der beruflichen Erwerbstätigkeit) an die private Lebensführung unterworfen (Schlegel-Matthies, 2018). Sie ist dabei mit anderen Bedarfs- und Konsumbereichen eng verknüpft, so stehen die Ernährung und die Wahl des Einkaufsorts beispielsweise eng mit der Mobilität in Verbindung (Pfeiffer et al., 2017).

Auch hier kann die Digitalisierung als unterstützendes Element fungieren. Das nachfolgende Beispiel eines Food Hubs im Quartier verdeutlicht, wie die Digitalisierung neue, sektorübergreifende Konsumsysteme ermöglichen kann.

Wesentlich für die Ausbildung neuer Ernährungsstile sind aber nicht nur neue digitale Möglichkeiten die einen nachhaltigen Konsum erleichtern (wie Apps vgl. Kapitel 4.2 oder der vorgestellte Food Hub), sondern dass sich die grundlegenden Bedingungen

² Im Rahmen der GAP fördert die EU-Landwirt*innen sowie ländliche Regionen mit finanziellen Mitteln. Einen wesentlichen Anteil nehmen dabei bisher die Direktzahlungen ein. Neben einer Basiszahlung, die sich nach der Betriebsfläche richtet, gibt es zusätzliche Zahlungen u.a. für konkrete Umweltleistungen (bisher das sog. Greening, ab 2022 Eco-Schemes) wie z.B. den Erhalt von Dauergrünland. Die Auszahlung der Direktzahlungen ist an die Erfüllung gewisser Auflagen (z.B. Grundanforderung an die Betriebsführung und gutem landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand) gekoppelt.

des Ernährungsumfeldes wandeln. Dies erfordert eine politische Unterstützung und die Schaffung von fairen Ernährungsumgebungen für einen nachhaltigen Konsum (WBAE, 2020). Beispiele sind Preisanreize durch einen vergünstigten Mehrwertsteuersatz für pflanzliche Produkte, aktuell wird pflanzliche Milch in Deutschland höher besteuert als Kuhmilch. Eine nachhaltige Kita- und Schulverpflegung (z.B. durch die Umsetzung der DGE Qualitätsstandards), in Verbindung mit der Verankerung von Ernährungsbildung und Bildung für nachhaltige Entwicklung in den Lehrplänen, kann den Grundstein für nachhaltige Ernährungs- und Lebensstile setzen. Die stärkere Regulierung von Werbung für ungesunde Produkte für Kinder oder Würfesendungen, die Fleisch zu Dumpingpreisen als Lockangebote nutzen, kann die Überrepräsentation dieser Produkte vermindern.

Langfristig sollte nachhaltige und gesunde Ernährung selbstverständlich und zum Standard werden, der nicht von Einkommen und Bildungsstand abhängt oder nur von bestimmten Bevölkerungsgruppen umgesetzt werden kann, sondern gesamtgesellschaftlich (WBAE, 2020).

Vision eines neuen Dienstleistungssystems: Der Food Hub im Quartier

Entlang der gesamten Logistikkette von Lebensmitteln verursacht die sogenannte "letzte Meile", die häufig von Konsument*innen mit dem privaten PKW zurückgelegt wird, den größten Anteil an transportbedingten Emissionen (Stelwagen et al., 2021). Insbesondere aufgrund der COVID-19-Pandemie haben Lieferdienste für Lebensmittel und sog. Kochboxen ein enormes Wachstum erfahren (BEVH, 2022; BVE, 2020). Die weitere Entwicklung dieser Angebote bleibt zu beobachten, doch können auch hier durch eine ineffiziente Routenplanung, wenn beispielsweise die Lieferung besonders kurzfristig erfolgen soll, erhöhte Emissionen entstehen (UBA, 2021b). Um diesen beiden Effekten entgegenzuwirken, könnten sich, ähnlich wie Paketstationen, sogenannte Food Hubs (siehe Abbildung 3) in städtischen Gebieten ansiedeln. Diese sind ausgestattet mit gekühlten Vorratsschränken und werden mit Lebensmitteln von Lieferdiensten befüllt. Die Standorte von Food Hubs verteilt über Wohngebiete ermöglicht eine tägliche Anlieferung und Abholung von Lebensmitteln. Hierdurch können sowohl die Routen der Lieferdienste effizienter gestaltet werden, als auch die Abholung von Lebensmitteln zu Fuß oder auf dem täglichen Weg zur Arbeit ermöglicht werden. Für eine effiziente Bestellung und Befüllung kann Künstliche Intelligenz Lösungen bieten, um Lieferung und Abholung optimiert auf das Essverhalten der Nutzer*innen auszurichten.



Abbildung 4: Food Hub (Quelle: Alica Assadi, Christoph Tochtrop, Folkwang Universität der Künste)

6.2 Bedingungen für eine wirkungsvolle Digitalisierung im Ernährungssystem schaffen

Die gelungene Nutzung der Potenziale der Digitalisierung muss durch politische Anreizsysteme und Regulierungen flankiert und gefördert werden, sodass zum einen, wie

in den Kapiteln *Improve* und *Convert* vorgestellten Technologien und Geschäftsmodelle eine breite, zielgerichtete Skalierung erlangt werden können und zum anderen, die notwendigen Voraussetzungen für *Transform* geschaffen wird. Letztlich hängt der Erfolg von den Rahmenbedingungen ab, die eine Anwendbarkeit für alle Akteur*innen erlaubt und unerwünschte Entwicklungen verhindern soll.

Eine Grundvoraussetzung, um diese Potenziale für die Transformation des Ernährungssystems nutzbar zu machen, ist die Existenz der **technischen Kommunikationsinfrastruktur**. Insbesondere in ländlichen Regionen ist der Zugang zu leistungsfähigen Netzen noch unzureichend. Dies hemmt nicht nur die Entwicklung sämtlicher dort ansässiger Wirtschaftszweige, sondern steht insbesondere der Entwicklung einer digitalen Landwirtschaft 4.0 im Wege (DLG, 2018; Nüssel, 2018; UBA, 2018). Ein flächendeckender Ausbau mit einem 5-G-Netz muss daher gewährleistet sein. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Konsistenz der Systeme: Die Ernährungswirtschaft gehört zur kritischen Infrastruktur, ein zeitweiliger Ausfall der Systeme muss daher unbedingt verhindert werden (DLG, 2018).

Bisher ist die Vision einer komplett vernetzten Wertschöpfungskette noch eine Utopie. Neben der fehlenden Dateninfrastruktur mangelt es auch an einer **Interoperabilität der Daten**. Es reicht nicht aus, nur Daten zu sammeln, ebenso müssen diese zusammengeführt und integriert und somit nutzbar gemacht werden, sodass neue Handlungsmöglichkeiten durch kollaborative Datennutzung erschlossen werden (Rame-sohl et al., 2022). Um das Potenzial der Datenströme nutzen zu können, müssen Hürden für den bislang eingeschränkten Datenfluss abgebaut und eine effiziente sektorübergreifende Datennutzung und -verwendung ermöglicht werden. Nur so können Wertschöpfungsketten vertikal und horizontal vernetzt (siehe Kapitel 5.2.) und das konsistente Mitführen von Nachhaltigkeitskennzahlen ermöglicht werden (siehe Kapitel 5.1.) (Europäische Kommission, 2018). Dies ist kein Selbstläufer, die Politik muss in Kooperation mit den Stakeholdern die dafür notwendigen Standards und Dateninfrastrukturen schaffen.

Eng damit verknüpft sind Diskussionen um **Datenschutz, Datenhoheit und Datensicherheit**. Produzenten, sei es die Landwirtschaft, die Weiterverarbeitung oder der Handel, dürfen keine "gläsernen Betriebe" werden, die Verbraucher*innen keine "gläsernen Konsument*innen". Rechtlich verbindliche, internationale Rahmenbedingungen müssen über die gesamte Wertschöpfungskette den beteiligten Akteur*innen Datensouveränität im Sinne der "Fähigkeit einer juristischen oder natürlichen Person zur Selbstbestimmung über ihre Datengüter" ermöglichen (Otto & Burmann, 2021). In Anlehnung an die Datenstrategie der Bundesregierung brauchen wir Datenökosysteme für eine nachhaltige Ernährung und Landwirtschaft als Zusammenspiel der "...verschiedenen Akteurinnen und Akteur*innen, Dienste und Anwendungen (Software), welche Daten nutzen, um sie ökonomisch oder gesellschaftlich zu teilen und zu verwerten. [...] Das Datenökosystem im hier verwendeten Sinne bezeichnet ein innovatives, technisch, organisatorisch und regulativ ausgestaltetes datenbezogenes System." (Bundesregierung, 2021).

Neben diesen Grundbedingungen, um ein digitalisiertes Ernährungssystem überhaupt zu ermöglichen, bedarf es weiterer Rahmenbedingungen und "Leitplanken", um

unerwünschte und Fehlentwicklungen zu vermeiden und die Digitalisierung in die richtigen Bahnen zu lenken.

Insbesondere die Anschaffung von digitalen Technologien in der Landwirtschaft kann mit sehr hohen Investitionen verbunden sein, wobei es gleichzeitig schwierig sein kann, den Nutzer*innen die **Wirtschaftlichkeit** und konkrete ökonomischen Vorteile nachzuweisen (BMEL, 2021). Um eine Skalierung kapitalintensiver, digitaler Technologien zu gewährleisten, muss den Praxisakteur*innen ein Nutzen erkennbar sein (BMEL, 2021; BMNT, 2018; LfL, 2017). Die Anschaffung der entsprechenden Technologien ist nicht selten für große Betriebe schneller rentabel. Insbesondere bei Markteinführung der Technologien muss eine gewisse Risikobereitschaft und ein Innovationswillen gegeben sein, wobei kleinere Unternehmen nicht abgehängt werden dürfen (BMEL, 2021; Schmidt, 2018). Investitionsförderungen und Anschubfinanzierungen müssen dazu bereitgestellt werden, um einem einseitigen Strukturwandel der Landwirtschaft entgegenzuwirken. Amtliche und öffentliche Daten wie Wetterinformationen, Kataster- und Bodendaten (z.B. Wasserhaltevermögen und Straßennetze) sollten den landwirtschaftlichen Stakeholdern gebührenfrei zur Nutzung bereitgestellt werden (DLG, 2018). Das gemeinschaftliche Nutzen von Technologien (wie es bereits durch Maschinenringe gängige Praxis ist) für Kleinbetriebe muss konsequenter skaliert werden und ein Umdenken in der Investitionspolitik hervorgerufen werden (Schmidt, 2018). Die standortspezifischen Kompetenzen der Landwirte*innen dürfen nicht unkontrolliert über Cloud-Plattformen als Datengrundlage für dritte Geschäftsmodelle genutzt werden, an denen die Landwirt*innen nicht beteiligt sind. In diesem Falle müssen Landwirt*innen einen finanziellen Nutzen aus der Bereitstellung ihrer Daten ziehen können (DLG, 2018).

Wenn sich digitale Technologien in Produktions- und Konsumprozessen als neuer, für die Nachhaltigkeit notwendiger, Status quo etablieren sollen, muss die digitale Infrastruktur der Allgemeinheit zugänglich sein. Dazu muss auch eine weitergehende **Teilhabe und gesellschaftliche Akzeptanz** ermöglicht werden. Die künftigen Herausforderungen bestehen vor allem in der Dynamik der technologischen Fortentwicklung und dem Ausmaß, in dem diese permanenten Veränderungsprozesse neue gesellschaftliche und soziale Kompetenzen mit sich führen und notwendig machen (WBGU, 2019). Gerade im Handlungsfeld Ernährung spielt dies eine besondere Rolle, da eine Teilhabe für alle Gesellschaftsschichten und Generationen gewährleistet werden muss. Alle involvierten Akteur*innen, neben der Landwirtschaft, auch Unternehmen der Weiterverarbeitung, des Handels, der Außer-Haus-Verpflegung und (öffentliche) Einrichtungen, müssen die Kompetenz erlangen können, Daten zu erfassen, sie zu verarbeiten und zu nutzen. Um eine Erlernbarkeit und “Digital Literacy” sicherzustellen, müssen digitale Technologien als fester Bestandteil der Aus- und Weiterbildung bzw. Schulbildung (z.B. durch das Erlernen einer Programmiersprache im Schulunterricht) generell integriert werden (DLG, 2018). Dies gilt nicht nur für die Landwirtschaft, sondern auch für alle weiteren Akteur*innen des Ernährungssystems.

7 Fazit

Die Produktion und der Konsum von Lebensmitteln haben, wie in diesem Bericht dargestellt, multidimensionale Auswirkungen auf die Umwelt, soziale Gerechtigkeit und den gesundheitlichen Zustand der Gesellschaft. Um einen nachhaltigen, resilienten Status des Ernährungssystems zu erreichen, ist eine systemische Transformation vonnöten.

Die Digitalisierung bietet eine Grundlage für punktuelle Verbesserungen des bestehenden Systems sowie für neue Rahmenbedingungen und Geschäftsmodelle. Dies kann einerseits in Form von digitalisierten landwirtschaftlichen Gerätschaften sein (z.B. Agrarrobotik im Rahmen des Smart Farmings), die eine ressourceneffizientere Bewirtschaftung ermöglichen. Einen noch größeren Anteil an der Transformation des Ernährungssystems kann aber die Sammlung, Bereitstellung und Nutzung von Datenströmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette bieten. Eine größere Transparenz der Lieferketten und das konsequente Mitführen von Nachhaltigkeitskennzahlen, wie Treibhausgasemissionen oder die Biodiversitätsauswirkungen von Lebensmitteln, können richtungssicheres Handeln für die verarbeitenden Betriebe, wie die Gastronomie sowie auch für Verbraucher*innen ermöglichen. Die Vernetzung einzelner Prozessstufen sowie die Konnektivität von Endverbraucher*in mit der Urproduktion kann neue Absatzkanäle bieten oder dabei helfen, Nischeninnovationen populär zu machen. Diese Lösungen können einen Ernährungswandel unterstützen und befördern.

Für all dies müssen die notwendigen Voraussetzungen vorliegen: Die erforderliche Infrastruktur, die Standardisierung von Daten und Schnittstellen sowie die rechtlichen Voraussetzungen für Datensicherheit und Datenhoheit sind Grundbedingungen, damit die Technologien überhaupt genutzt werden können. Um breitflächige Skaleneffekte zu gewährleisten und gegebenenfalls negativ wirkende Nebeneffekte wie einen einseitigen Strukturwandel, abzumildern, müssen Investitionen gefördert und ermöglicht werden. Die Einführung und Nutzung von digitalen Technologien sollte nicht zum Selbstzweck geschehen, sondern immer auf den Zielzustand eines klimaneutralen und ressourcenleichten Ernährungssystems zusteuern. Ansonsten besteht die Gefahr, dass die Digitalisierung eher kontraproduktive, schädliche Wirtschaftsmuster beschleunigt (BMNT, 2018; WBGU, 2019). Nicht nur das wirtschaftliche Geschehen, sondern auch unser gesellschaftliches Miteinander wird sich durch die Digitalisierung fundamental wandeln (DLG, 2018; WBGU, 2019). Eine grundsätzliche Erlernbarkeit und Teilhabe für alle Bevölkerungsgruppen sind daher zentral (SVRV 2021).

Wesentlich für eine konsequente und umfassende techno-ökonomische und gesellschaftliche Transformation ist es aber, die notwendigen institutionellen, gesellschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen zu schaffen. Digitale Chancen müssen in einen "analogen" Kontext eingebettet werden, d.h. Agrar-, Umwelt-, Ernährungs-, Verbraucher- und Gesundheitspolitik müssen die wesentliche Richtung einleiten und die Dynamik des Wandels bestimmen indem die Digitalisierung dann wirken kann.

Für die Landwirtschaft heißt dies beispielsweise eine Neuausrichtung der ökonomischen Anreizsysteme im Rahmen der GAP, um Produktionszwänge abzumildern und soziale sowie ökologische Leistungen besser zu honorieren. Ist diese Voraussetzung erfüllt, kann die Digitalisierung die erfolgreiche Umsetzung durch ein verbessertes und automatisiertes Monitoring unterstützen.

Parallel hierzu müssen für private Konsument*innen die Voraussetzungen für nachhaltigen Konsum geschaffen werden (z.B. durch angemessene Ernährungsumgebungen und Preisgestaltungen). Die Verminderung von Informationsasymmetrien durch digitale Entscheidungshilfen, kann diesen Prozess unterstützen.

Eine Transformation des Ernährungssystems durch die Schaffung grundlegender Rahmenbedingungen sollte stärker in den Fokus genommen und konsequent politisch gesteuert werden. Die vielseitigen Chancen der Digitalisierung können dann zielgerichtet wirken und diesen Prozess unterstützen.

8 Literaturverzeichnis

BEVH. (2022). *E-Commerce ist normal*. https://www.bevh.org/fileadmin/content/05_presse/Pressemitteilungen_2022/220126_-_Praesentation_bevh_Jahrespressegesprach_2022.pdf

Bitkom. (2020). *Digitalisierung in der Landwirtschaft* (S. 15). https://www.bitkom-research.de/system/files/document/200427_PK_Digitalisierung_der_Landwirtschaft.pdf

BMEL. (2021). *Digitalisierung in der Landwirtschaft. Chancen nutzen – Risiken minimieren*. 32.

BMNT. (2018). *Digitalisierung in der Landwirtschaft Entwicklung, Herausforderungen und Nutzen der neuen Technologien für die Landwirtschaft* (S. 98) [Bericht der Plattform Digitalisierung in der Landwirtschaft des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus]. Bericht der Plattform Digitalisierung in der Landwirtschaft des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus

BMU. (2016). *Klimaschutzplan 2050—Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung*. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf

Bundesinformationszentrum Landwirtschaft. (2019). *Was verdienen Landwirte in Deutschland?* <https://www.praxis-agrar.de/betrieb/betriebsfuehrung/was-verdienen-landwirte-in-deutschland>

Bundesregierung. (2021). *Datenstrategie der Bundesregierung—Eine Innovationsstrategie für gesellschaftlichen Fortschritt und nachhaltiges Wachstum Kabinettsfassung, 27. Januar 2021* (S. 122). <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1960032/fo73096a398e59573c7526feaadd43c4/2021-08-12-datenstrategie-deutsch-data.pdf?download=1>

BVE. (2020). *Jahresbericht 2019/20*. <https://www.bve-online.de/presse/infothek/publikationen-jahresbericht/bve-jahresbericht-ernaehrungsindustrie-2020>

Camilleri, A. R., Larrick, R. P., & Hossain, S. (2019). *Consumers underestimate the emissions associated with food but are aided by labels*. 9(1), 53–58. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0354-z>

CodeCheck. (2020). „Transparenz ist das, was uns bei CodeCheck täglich bewegt“ *Hinter den Kulissen*. <https://www.codecheck.info/news/Transparenz-ist-das-was-uns-bei-CodeCheck-taeglich-bewegt-369325#:~:text=2019%20war%20ein%20sehr%20erfolgreiches,Standorten%20Z%C3%BCrich%20und%20Berlin%20gewachsen>

De Schutter, O. (2017). The political economy of food systems reform. *European Review of Agricultural Economics*, 44(4), 705–731. <https://doi.org/10.1093/erae/jbx009>

DLG. (2018). *Digitale Landwirtschaft—Ein Positionspapier der DLG* (S. 12). https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/ausschuesse_facharbeit/DLG_Position_Digitalisierung.pdf

Europäische Kommission. (2018). *Study on emerging issues of data ownership, interoperability, (re-)usability and access to data, and liability: Final report*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2759/781960>

Europäisches Parlament. (2016). *Präzisionslandwirtschaft und die Zukunft der*

Landwirtschaft in Europa. Wissenschaftliche Vorschau. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2861/175493>

F.A.Z. (2019). *Wie sehr hilft der Verzicht auf Plastik tatsächlich?* <https://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/menschen/studie-wie-sehr-hilft-der-plastik-verzicht-dem-klima-16442756.html>

Fekete, C., & Weyers, S. (2016). Soziale Ungleichheit im Ernährungsverhalten: Befundlage, Ursachen und Interventionen. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 59(2), 197–205. <https://doi.org/10.1007/s00103-015-2279-2>

Grethe, H., Martinez, J., Osterburg, B., Taube, F., & Thom, F. (2021). *Klimaschutz im Agrar- und Ernährungssystem Deutschlands: Die drei zentralen Handlungsfelder auf dem Weg zur Klimaneutralität.* https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2021/06/2021-06-01-Klimaneutralitaet_Landwirtschaft.pdf

Härtel, I. (2017). § 2 Ernährungswirtschaftsrecht – zwischen Steigerung von Komplexität und dem Anspruch wohlgeordneten Rechts. 37–72. <https://doi.org/10.5771/9783845280875-37>

Hertzberg, J. (2021). *Kann Künstliche Intelligenz die Landwirtschaft Transformieren?* dfki.de. <https://www.dfki.de/web/news/kann-kuenstliche-intelligenz-die-landwirtschaft-transformieren>

Heydenreich, C., & Paasch, A. (2020). *Globale Agrarwirtschaft und Menschenrechte: Deutsche Unternehmen und Politik auf dem Prüfstand - Bericht 2020* (Bd. 116). Bischöfliches Hilfswerk MISEREOR e.V; Germanwatch e.V. https://www.germanwatch.org/sites/default/files/Druckversion%20Bericht%202020%20Globale%20Agrarwirtschaft%20und%20Menschenrechte_o.pdf

Joerß, T., Mai, R., & Akbar, P. (2018). *Nachhaltigkeitsinformationen zu Lebensmitteln am Point-of-Sale mittels mobiler Augmented Reality* (S. 4). Gesellschaft für Informatik. https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/23138/30_131.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Kersten, W., von See, B., & Indorf, M. (2018). Digitalisierung als Wegbereiter für effizientere Wertschöpfungsnetzwerke. In A. Khare, D. Kessler, & J. Wirsam (Hrsg.), *Marktorientiertes Produkt- und Produktionsmanagement in digitalen Umwelten: Festgabe für Klaus Bellmann zum 75. Geburtstag* (S. 101–117). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21637-5_8

Kirchgeorg, M., Weber, A., & Jäger, A. (o. J.). *Förderung nachhaltigen Konsumverhaltens am Point of Decision – Optimierung der Gestaltung der Kommunikation im Online- und Offline-Kontext auf Basis psychologischer Erkenntnisse* (S. 42). DBU; HHL. Abgerufen 7. April 2022, von https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-34764_01-Hauptbericht.pdf

Kliem, L., Wagner, J., Olk, C., Kreßler, L., Lange, S., Krachunova, T., & Bellingrath-Kimura, S. (2022). *Digitalisierung in der Landwirtschaft—Chancen und Risiken für den Natur- und Umweltschutz* (S. 74). Institut für ökologische Wirtschaftsforschung. https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/Schriftenreihen/IOEW_SR_222__Digitalisierung_der_Landwirtschaft.pdf

LfL. (2017). *Ackerbau – technische Lösungen für die Zukunft* (S. 86). https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/ackerbau-technische-loesungen-zukunft-landtechnische-jahrestagung-2017_lfl-schriftenreihe.pdf

- Liedtke, C., Köhler, M., Wiesen, K., Stinder, A. K., Brauer, J., Beckmann, J., Fedato, C., El Mourabit, X., Büttgen, A., & Speck, M. (2020). *Nachhaltige Lieferketten: Global kooperative Regionalwirtschaften für Wohlstand und Resilienz*. https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7635/file/ZI11_Lieferketten.pdf
- Limmer, I., Hemmer, I., Trappe, M., Mainka, S., & Weiger, H. (2019). Einleitung & Kurzzusammenfassung der Beiträge. In *Zukunftsfähige Landwirtschaft: Herausforderungen und Lösungsansätze* (S. 14). Oekom Verlag.
- Löw, P., Osterburg, B., & Klages, S. (2021). Comparison of regulatory approaches for determining application limits for nitrogen fertilizer use in Germany. *Environmental Research Letters*, 16(5), 055009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abf3de>
- Lukas, M., Rohn, H., & Liedtke, C. (2018). *The nutritional footprint: Assessing environmental and health impacts of foodstuffs*. https://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index/start/19/rows/10/sortfield/year_sort/sortorder/desc/searchtype/simple/query/Christa+Liedtke/doctypefq/bookpart/docId/7135
- Morze, J., Danielewicz, A., Hoffmann, G., & Schwingshackl, L. (2020). Diet Quality as Assessed by the Healthy Eating Index, Alternate Healthy Eating Index, Dietary Approaches to Stop Hypertension Score, and Health Outcomes: A Second Update of a Systematic Review and Meta-Analysis of Cohort Studies. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 120(12), 1998-2031.e15. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2020.08.076>
- Noleppa, S., & Carlsburg, M. (2015). *Das grosse Wegschmeissen—Vom Acker bis zum Verbraucher: Ausmaß und Umwelteffekte der Lebensmittelverschwendung in Deutschland*. WWF Deutschland. https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Studie_Das_grosse_Wegschmeissen.pdf
- Noleppa, S., & von Witzke, H. (2012). *Ernährung, Nahrungsmittelverbrauch, Flächenverbrauch—Tonnen für die Tonnen*. WWF Deutschland. https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/studie_tonnen_fuer_die_tonne.pdf
- Nüssel, M. (2018). Landwirtschaft 4.0 – die Waffe gegen Hunger und Umweltzerstörung? In C. Bär, T. Grädler, & R. Mayr (Hrsg.), *Digitalisierung im Spannungsfeld von Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Recht: 1. Band: Politik und Wirtschaft* (S. 343–363). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-55720-4_34
- Otto, B., & Burmann, A. (2021). Europäische Dateninfrastrukturen. *Informatik Spektrum*, 44(4), 283–291. <https://doi.org/10.1007/s00287-021-01386-4>
- Pfeiffer, C., Speck, M., & Strassner, C. (2017). *What leads to lunch: How social practices impact (non-)sustainable food consumption / eating habits*. https://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index/start/8/rows/10/sortfield/year_sort/sortorder/desc/searchtype/simple/query/Speck/doctypefq/article/docId/6792
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987–992. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>
- Prause, L., Hackfort, S., & Lindgren, M. (2021). Digitalization and the third food regime. *Agriculture and Human Values*, 38(3), 641–655. <https://doi.org/10.1007/s10460-020-10161-2>
- Ramesohl, S., Gunnemann, A., & Berg, H. (2021). *Digitalisierung gestalten - Transformation zur Nachhaltigkeit ermöglichen: Eine Studie im Auftrag von Huawei Technologies Deutschland GmbH*. <https://doi.org/10.48506/opus-7869>

- Ramesohl, S., Sebestyén, J., & Berg, H. (2022). *Datenökosysteme für die Nachhaltigkeitstransformation: Studie im Rahmen des Projekts „Shaping the Digital Transformation“*. Wuppertal Institut. https://wupperinst.org/fa/redaktion/downloads/projects/ShapingDIT_Data_de.pdf
- Reichert, T. (2018). Lösungen erkannt – aber kaum umgesetzt Über die Afrikapolitik Deutschlands und der EU aus entwicklungs- und handelspolitischer Sicht. In *Der kritische Agrarbericht 2018 Schwerpunkt Globalisierung gestalten*. (S. 4). AgrarBündnis e.V. https://www.kritischer-agrarbericht.de/fileadmin/Daten-KAB/KAB-2018/KAB_2018_103_106_Reichert.pdf
- Reisinger, A., & Clark, H. (2018). How much do direct livestock emissions actually contribute to global warming? *Global Change Biology*, 24(4), 1749–1761. <https://doi.org/10.1111/gcb.13975>
- RKI. (2015). *Gesundheit in Deutschland. Gesundheitsberichterstattung des Bundes*. <https://doi.org/10.17886/RKIPUBL-2015-003>
- RKI. (2018). *Gesundheitliche Ungleichheit in Deutschland und im internationalen Vergleich: Zeitliche Entwicklungen und Trends*. <https://doi.org/10.17886/RKI-GBE-2018-019>
- Saiz-Rubio, V., & Rovira-Más, F. (2020). From Smart Farming towards Agriculture 5.0: A Review on Crop Data Management. *Agronomy*, 10(2), 207. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020207>
- Schlegel-Matthies, K. (2018). Konsum, Ernährung und Gesundheit als zentrale Handlungsfelder für die alltägliche Lebensführung. *HiBiFo – Haushalt in Bildung & Forschung*, 7(3). <https://budrich-journals.de/index.php/HiBiFo/article/view/32106>
- Schmidt, C. (2018). Landwirtschaft 4.0 – Digitalisierung als Chance für eine nachhaltige Landwirtschaft. In C. Bär, T. Grädler, & R. Mayr (Hrsg.), *Digitalisierung im Spannungsfeld von Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Recht: 1. Band: Politik und Wirtschaft* (S. 397–407). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-55720-4_38
- Schneidewind, U. (2018). *Die große Transformation: Eine Einführung in die Kunst gesellschaftlichen Wandels* (Originalausgabe). Fischer Taschenbuch.
- Schwarzinger, S., Kaltenecker, I., & Bird, D. N. (2019). „Smarte“ Technologien als Schlüssel zu klimafreundlichem Konsum? In R. Hübner & B. Schmon (Hrsg.), *Das transformative Potenzial von Konsum zwischen Nachhaltigkeit und Digitalisierung: Chancen und Risiken* (S. 59–77). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-26040-8_4
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity. (2014). *Global Biodiversity Outlook 4*. <https://www.cbd.int/gbo/gbo4/publication/gbo4-en-hr.pdf>
- Speck, M., Biengen, K., Wagner, L., Engelmann, T., Schuster, S., Teitscheid, P., & Langen, N. (2020). Creating Sustainable Meals Supported by the NAHGAST Online Tool—Approach and Effects on GHG Emissions and Use of Natural Resources. *Sustainability*, 12(3), 1136. <https://doi.org/10.3390/su12031136>
- Speck, M., Liedtke, C., Hennes, L., El Mourabit, X., & Wagner, L. (2021). *Zukunftsfähige Ernährungssysteme und Konsummuster gestalten: Aktuelle Erkenntnisse aus der Forschung zu nachhaltiger Ernährung am Wuppertal Institut* (Bd. 19). Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. <https://doi.org/10.48506/opus-7834>
- Stelwagen, R. E., Slegers, P. M., de Schutter, L., & van Leeuwen, E. S. (2021). A bottom-up approach to model the environmental impact of the last-mile in an urban food-

system. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 958–970. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.12.039>

Stieninger, M., Auinger, A., & Riedl, R. (2019). Digitale Transformation im stationären Einzelhandel. *Wirtschaftsinformatik & Management*, 11(1), 46–56. <https://doi.org/10.1365/s35764-018-0152-4>

SVRV. (2021). *Gutachten zur Lage der Verbraucherinnen und Verbraucher 2021. Gutachten des Sachverständigenrats für Verbraucherfragen. B.* https://www.svr-verbraucherfragen.de/wp-content/uploads/SVRV_Gutachten_2020.pdf

SVRV. (2022). *Personalisierte Verbraucherinformation: Ein Werkstattbericht. Dokumentation einer Veranstaltung des SVRV. Veröffentlichungen des Sachverständigenrats für Verbraucherfragen. Berlin: Sachverständigenrat für Verbraucherfragen.* <https://www.svr-verbraucherfragen.de/2022/02/16/dokumentation-der-veranstaltung-personalisierte-verbraucherinformation-ein-werkstattbericht/>

UBA. (2014). *Reaktiver Stickstoff in Deutschland. Ursachen, Wirkungen, Maßnahmen* (S. 56). www.uba.de/stickstoff-in-deutschland

UBA. (2018). *Die Zukunft im Blick: Konsum 4.0: Wie Digitalisierung den Konsum verändert—Trendbericht zur Abschätzung der Umweltwirkungen* (S. 104). https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/fachbroschuere_konsum_4.0_barrierefrei_190322.pdf

UBA. (2019a). *Entwicklungsperspektiven der ökologischen Landwirtschaft in Deutschland.* https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-03-17_texte_32-2020_oekologische-landwirtschaft.pdf

UBA. (2019b). *Transformation des Ernährungssystems: Grundlagen und Perspektiven.* <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/transformation-des-ernaehrungssystems-grundlagen>

UBA. (2020a). *Digitalisierung ökologisch nachhaltig nutzbar machen Entwicklung von Handlungsempfehlungen zu den wichtigsten umweltpolitischen Maßnahmen in ausgewählten Trendthemen der Digitalisierung mittels der Durchführung von Stakeholderdialogen* (S. 105). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/digitalisierung-oekologisch-nachhaltig-nutzbar>

UBA. (2020b). *Novellierung der Stoffstrombilanzverordnung: Stickstoff- und Phosphorüberschüsse nachhaltig begrenzen—Fachliche Stellungnahme zur Novellierung der Stoffstrombilanzverordnung.* https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_11_05_texte_200_2020_papier_novellierung_stoffbilv.pdf

UBA. (2021a). *25 Jahre Umweltbewusstseinsforschung im Umweltressort Langfristige Entwicklungen und aktuelle Ergebnisse. Umweltbundesamt.* https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021_hgp_umweltbewusstseinsstudie_bf.pdf

UBA. (2021b). *Teilbericht II - Die Ökologisierung des Onlinehandels—Neue Herausforderungen für die umweltpolitische Förderung eines nachhaltigen Konsums* (S. 235). <https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/die-oekologisierung-des-onlinehandels-o>

UBA. (2021c). *Von der Welt auf den Teller Kurzstudie zur globalen Umweltinanspruchnahme unseres Lebensmittelkonsums.* <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/von-der-welt-auf-den-teller>

- UBA. (2022, März 15). *Gemeinsame Pressemitteilung von Umweltbundesamt und Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz Treibhausgasemissionen stiegen 2021 um 4,5 Prozent Bundesklimaschutzministerium kündigt umfangreiches Sofortprogramm an*. <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/treibhausgasemissionen-stiegen-2021-um-45-prozent>
- Vlaeminck, P., Jiang, T., & Vranken, L. (2014). Food labeling and eco-friendly consumption: Experimental evidence from a Belgian supermarket. *Ecological Economics*, 108, 180–190. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.10.019>
- WBA & WBD. (2013). *Kurzstellungnahme Novellierung der Düngeverordnung: Nährstoffüberschüsse wirksam begrenzen*. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/StellungnahmeDuengeVO.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- WBAE. (2020). *Politik für eine nachhaltigere Ernährung: Eine integrierte Ernährungspolitik entwickeln und faire Ernährungsumgebungen gestalten—WBAE-Gutachten*. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/wbae-gutachten-nachhaltige-ernaehrung.html
- WBGU. (2019). *Unsere gemeinsame digitale Zukunft: Zusammenfassung*. Wissenschaftlicher Beirat d. Bundesregierung Globale Umweltveränderungen.
- Wezel, A., Herren, B. G., Kerr, R. B., Barrios, E., Gonçalves, A. L. R., & Sinclair, F. (2020). Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(6), 40. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00646-z>
- Willers, C. (2016). CSR in der Lebensmittelwirtschaft – eine Einleitung. In C. Willers (Hrsg.), *CSR und Lebensmittelwirtschaft: Nachhaltiges Wirtschaften entlang der Food Value Chain* (S. 3–22). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-47016-9_1
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L. J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., De Vries, W., Majele Sibanda, L., ... Murray, C. J. L. (2019). Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447–492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
- Young, W., Hwang, K., McDonald, S., & Oates, C. J. (2009). Sustainable consumption: Green consumer behaviour when purchasing products. *Sustainable Development*, n/a-n/a. <https://doi.org/10.1002/sd.394>
- ZKL. (2021). *Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe—Empfehlung der Zukunftskommission Landwirtschaft* (S. 160). https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/abschlussbericht-zukunftskommission-landwirtschaft.pdf?__blob=publicationFile&v=15