
Kapitel 4

Landwirtschaft, Digitalisierung und digitale Daten

Jana Zscheischler, Reiner Brunsch, Hans W. Griepentrog,
Christine Tölle-Nolting, Sebastian Rogga, Gert Berger,
Bernard Lehmann, Tanja Strobel-Unbehaun, Christian Reichel,
Steffi Ober, Roland W. Scholz

unter Mitarbeit von Hermann Buitkamp



Abstract: Dieses Kapitel präsentiert die Ergebnisse eines transdisziplinären Prozesses zur Digitalisierung und Nutzung digitaler Daten in der Landwirtschaft. Ziel dieses Prozesses war es, neben den Chancen und Potenzialen mögliche Entwicklungen und negative Auswirkungen der Digitalisierung („Unseens“) im Agrarbereich Deutschlands zu identifizieren, zu bewerten und Maßnahmen zu entwickeln, um digitale Technologien als Beitrag zur Umsetzung der nachhaltigen Entwicklungsziele im Agrarbereich nutzbar zu machen. Als Ergebnis wurden vier Bereiche von „Unseens“ als Folge der wesentlichen Veränderungen der digitalen Transformation identifiziert. Dies sind i) Auswirkungen auf die Agrarökologie ii) Folgen für Datenrechte und Marktkonzentrationen, iii) verändertes Wissen und Einfluss auf Entscheidungskompetenzen, sowie iv) Effekte auf die Ernährungssicherheit. Nach der Beschreibung der identifizierten „Unseens“ werden Mechanismen und Ursachen zur jeweiligen Entstehung der „Unseens“ diskutiert sowie Ziele, Maßnahmen und „sozial-robuste Orientierungen“ zum Umgang mit diesen unerwünschten Folgen formuliert.

Executive Summary:

Die Digitalisierung und die Nutzung digitaler Daten führen zu weitreichenden Veränderungen entlang der landwirtschaftlichen Produktionskette einschließlich der vor- und nachgelagerten Bereiche. Damit verbunden sind viele Potenziale und Chancen nicht nur hinsichtlich Ertragssteigerungen und Arbeitserleichterungen sondern auch für eine umweltgerechtere Landwirtschaft. Neben den positiven Auswirkungen der digitalen Transformation werden aus Sicht bestimmter Stakeholdergruppen jedoch auch eine Reihe unerwünschter Folgen als möglich erachtet bzw. befürchtet. Diese Folgen sind bislang nur unzureichend verstanden, so dass von vagen oder ambiguiden Risiken gesprochen werden kann.

Ziel des transdisziplinären Prozesses zur Digitalisierung und Nutzung digitaler Daten in der Landwirtschaft war es, diese nicht-intendierten und gesellschaftlich unerwünschten Folgewirkungen der digitalen Transformation besser zu verstehen. Dies soll es ermöglichen, im Sinne eines vorausschauenden Risikomanagements, frühzeitig passende Maßnahmen zu entwickeln und entsprechende Innovationen zu initiieren, um die Chancen und Potenziale der Digitalisierung möglichst optimal auszuschöpfen und mit den Zielen einer nachhaltigen Entwicklung zu harmonisieren. An dem zweijährigen transdisziplinären Prozess beteiligten sich WissenschaftlerInnen unterschiedlicher Disziplinen und VertreterInnen verschiedener gesellschaftlicher Interessensgruppen. Wie bei systemischen Risiken charakteristisch, variierte die Wahrnehmung und Bewertung potentieller Risiken stark zwischen den AkteurInnengruppen. So gibt es unterschiedliche Einschätzungen darüber, welche konkreten agrarökologischen

Auswirkungen die Digitalisierung der Landwirtschaft haben kann und wie die Potenziale zur Entlastung der Umwelt tatsächlich genutzt werden können. Hier bedarf es unabhängiger Forschungsarbeiten, um die Auswirkungen auf Biodiversität, Umweltgüter, Ökobilanz, Bodenstruktur und Kulturlandschaft zu überprüfen.

Die automatisierte Sammlung großer Datenmengen auf (zentralen) Plattformen und ihre Auswertung ermöglichen neue Geschäftsmodelle. Während die Landwirte häufig keinen Zugang zu diesen Daten haben, beginnen sich neue, global agierende Akteure mit hoher Digitalkompetenz und Finanzkraft für die Landwirtschaft und das Ernährungssystem zu interessieren. Neue Abhängigkeitsverhältnisse sowie zunehmende Marktkonzentrationen etwa durch (Daten-)Monopolbildungen sind denkbar. Aber auch Manipulationen oder irreführende Preissignale mit unerwünschten Folgen für die Ernährungssicherheit werden möglich.

Hier braucht es klare Regeln zu der Frage, wer, wie Zugang zu landwirtschaftlichen Betriebs- und Produktionsdaten bekommt und wer diese Daten wie wettbewerblich nutzen oder vermarkten darf. Die Datensouveränität¹ und Vermeidung zu großer Abhängigkeiten der Landwirte sollte deshalb besondere Aufmerksamkeit erhalten. Es gilt vertrauenswürdige Strukturen und gesetzliche Regelungen für einen fairen Wettbewerb der Beteiligten zu ermöglichen. Darüber hinaus brauchen Landwirte zur Ausübung ihrer Datensouveränität ausreichendes Wissen aber auch neue Kompetenzen im Umgang mit den komplexeren technologischen Systemen. Dies muss durch geeignete Weiterbildungen, Kommunikations- und Austauschmaßnahmen unterstützt werden.

1 Einführung

1.1 Strukturveränderungen

Die Sicherstellung der Ernährung, die auf der landwirtschaftlichen Produktion aufbaut, stellt eine kritische Versorgungsstruktur dar und besitzt als wesentliche Infrastruktur eine große gesellschaftliche Bedeutung. Die Digitalisierung und die Nutzung digitaler Daten erbringen

weitreichende Veränderungen entlang der landwirtschaftlichen Produktionskette und darüber hinaus in den vor- und nachgelagerten Bereichen. Durch die digitale Verknüpfung fast aller Prozesse entlang der landwirtschaftlichen Produktions- und Wertschöpfungskette (IoT) wird die digitale Infrastruktur unauflösbar mit neuen digitalen Technologien und Prozessen der Produktion verbunden (Scholz et al., 2020).

1 Der Begriff der Datensouveränität ist bislang nicht genau definiert, teils auch umstritten und ist häufig mit dem Konzept des informationellen Selbstbestimmungsrechtes eng verknüpft. Wir nutzen ihn hier und im Folgenden im Sinne einer normativen Gestaltungsgröße, die über den Schutz personenbezogener Daten hinausgehend auch betriebswirtschaftliche Daten einschließt und Einfluss- bzw. Kontrollmöglichkeiten von LandwirtInnen zur Verwertung und Nutzung der in ihrem Betrieb erhobenen Daten meint.

Digitale Daten werden zu einer neuen Art von geldwertem Betriebsmittel.

Begriffe wie „precision agriculture“ werden seit der Mechanisierungsdiskussion der Landwirtschaft (Meek, 1947) verwendet. „Smart farming“ und „Landwirtschaft 4.0“ sind als Fortentwicklung von „precision agriculture“ zu verstehen. Die Landwirtschaft mit Hilfe digitaler Daten und Technologien durch umfassende interne und externe Vernetzungen zukunftsfähig zu machen, ist ein wesentliches Ziel von „Landwirtschaft 4.0“ (Griepentrog, 2018). Für „digital farming“ stellt die Verknüpfung von (großen) Daten(mengen) aus dem landwirtschaftlichen Betrieb, dem Umweltsystem (z.B., Wetter, Insekten, Pilzen, etc.) und den Märkten etc. einen zentralen Erfolgsfaktor dar. Dies erlaubt auch eine genauere Erfassung, Planung und Gestaltung von Produktions- und Wertschöpfungsprozessen sowie von Wechselbeziehungen mit der Umwelt und anderen Auswirkungen.²

Digitalisierungsfortschritte in der Landwirtschaft haben nicht nur große wirtschaftliche Potenziale. Sie können auch die Ressourcen- und Klimaeffizienz verbessern, die Biodiversität und das Tierwohl fördern und die Transparenz und Rückverfolgbarkeit der Lebensmittelerzeugung gegenüber dem Verbraucher erhöhen. Damit

kann die Digitalisierung auch dazu beitragen, das bei Teilen der deutschen Bevölkerung angeschlagene Vertrauen in die landwirtschaftlichen Produktionsweisen (Pfeiffer, Gabriel, Gandorfer, 2020) zu verbessern. Hervorzuheben sind beispielsweise die Möglichkeiten für eine nachhaltigere und umweltgerechtere Landwirtschaft durch die präzisere, an die Bedingungen der Pflanze, des Bodens und anderer Umweltfaktoren angepasste und somit effizientere Ausbringung von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln.

Neben den positiven Auswirkungen bringt die digitale Transformation aber auch eine Reihe von Risiken, schwierig zu erbringende Anpassungsleistungen und von einigen AkteurInnen als unerwünscht beurteilte Folgen mit sich. Wie häufig bei sozio-technischen Innovationen und Transitionen³ sind die sozial-ökologischen Folgen und Konsequenzen kaum im Vorfeld abzuschätzen und mit großen Unsicherheiten verbunden (z.B. Hirsch-Kreinsen, 2015; Schweizer & Renn, 2019). In der Technologieschichte hat sicher immer wieder gezeigt, dass neben den erwünschten positiven Effekten zugleich eine Reihe kaum kalkulierbarer und schwer beherrschbarer Nebenwirkungen, so genannter „unintended side-effects“ (kurz: Un-

- 2 Aktuell ist die Automatisierung in der Außenwirtschaft begrenzt auf Hauptfunktionen innerhalb von Landmaschinen mit Bedienern hauptsächlich mittels automatischen Lenksystemen und Teilbreitenschaltungen als auch sensorbasiert zur Steuerung von Düngerapplikationen und Hackgeräten. Kleine autonome Roboter werden vereinzelt im Feldgemüsebau zur Unkrautregulierung eingesetzt. In der Innenwirtschaft werden häufig vollautomatisierte Stallklimatisierungssysteme aber auch autonome Melkroboter eingesetzt. In beiden Wirtschaftszweigen unterstützen Farm-Management-Informationssysteme (FMIS) den Betriebsleiter indem die Prozesse überwacht bzw. analysiert werden und konkrete Entscheidungsunterstützung geleistet wird.
- 3 Die Begriffe „Transformation“ und „Transition“ weisen inhaltliche Überschneidungen auf und beziehen sich beide auf Veränderungsprozesse in komplexen Systemen. In Anlehnung an Hölscher et al. (2018) verwenden wir die beiden Begriffe für Prozesse unterschiedlicher Größenordnungen: mit Transition sind Übergangs- und Veränderungsprozesse in gesellschaftlichen Subsystemen gemeint, während Transformation auf globale gesamtgesellschaftliche Wandlungsprozesse Bezug nimmt.

seens) auftreten (Scholz et al., 2018; Scholz et al., 2021).

Auch wenn AgrarexpertInnen die Digitalisierung und ihre Auswirkungen sehr unterschiedlich bewerten (Deutscher Bundestag, 2019), ist anzunehmen, dass mit dieser Umstrukturierung eine Reihe möglicher unerwünschter Veränderungen, Risiken und Vulnerabilitäten (Unseens; zur Erklärung siehe Box 1) verbunden sind.

Mit diesem in einem zweijährigen transdisziplinären Prozess erarbeiteten (siehe Box 2) Papier, werden Risiken und mögliche Anpassungsleistungen im Bereich der Landwirtschaft identifiziert und analysiert, sowie die von verschiedenen AkteurInnen präferierten Maßnahmen für ein Vulnerabilitätsmanagement im Kontext der Nutzung digitaler Daten dis-

kutiert. Die am Ende des Textes präsentierten „Sozial robusten Orientierungen“ (SoRO)⁴ sollen Wegweiser und Leitplanken für einen Umgang mit den potentiellen Vulnerabilitäten liefern und die Ausgestaltung einer gesellschaftlich erwünschten und am Gemeinwohl orientierten digitalen Transformation unterstützen.

Die Betrachtung dieser Unseens, die kritische Analyse und Diskussion zugrundeliegender Ursachen, Mechanismen und möglicher Entwicklungspfade ermöglicht es, im Sinne eines prospektiven Risikomanagements (siehe Box 1), frühzeitig Anpassungen zu entwickeln und begleitende Innovationen zu initiieren, um die gesellschaftlichen, ökologischen und wirtschaftlichen Chancen und Potenziale der Digitalisierung möglichst optimal auszuschöpfen.

Box 1: Vulnerabilitätsmanagement: Was ist damit gemeint?

Unter Vulnerabilität (als Gegensatz zum Begriff Resilienz) verstehen wir die Anfälligkeit zur Unfähigkeit von AkteurInnen, die normale Funktions- und Lebensfähigkeit zu erhalten, wenn es zu unerwünschten Veränderungen bzw. Ereignissen (Risiken bzw. Unseens) kommt oder eine Anpassung (mit Hilfe adaptiver Kapazität) an schon stattgefundene Veränderungen gefordert wird. Vulnerabilität ist also eine Funktion des Risikos und adaptiver Kapazitäten. Im Projekt DiDaT wird Vulnerabilität in diesem technischen Sinne verstanden.

Innerhalb des Vulnerabilitätsraumes „Landwirtschaft“ betrachten wir die unerwünschten Folgen („Unseens = Unintended side Effects“) der Digitalisierung in der Landwirtschaft und teilweise der Lebensmittelwertschöpfungskette. Ein Vulnerabilitätsmanagement soll zu einer reibungslosen, resilienten Nutzung digitaler Technologien und Software-Lösungen im Landwirtschaftsbereich beitragen.

⁴ Sozial Robuste Orientierungen entstehen, wenn wissenschaftliches State-of-the Art-Wissen von WissenschaftlerInnen mit Wissen von PraxisexpertInnen zu einem komplexen Problem zusammengebracht und integriert werden. Diese Orientierungen sind allgemein verständlich und berücksichtigen die aufgrund der Komplexität des Problems bestehenden Unsicherheiten und Unwissen.

Eine Wahrnehmung und Bewertung der Risiken sozio-technischer Transformationen variiert zwischen verschiedenen AkteurInnengruppen, zwischen den Persönlichkeiten (etwa der Angst vor Verlusten oder Unbekanntem), aber auch dem jeweiligen normativen Weltbild (Jenkins-Smith & Smith, 2019). Eine besondere Herausforderung bei der Bewertung solcher Technik-Risiken ergibt sich etwa aus der hohen Komplexität, Unsicherheiten und „Ambiguität“, welche zu unterschiedlichen und teilweise auch gegensätzlichen Sichtweisen und Wahrnehmungen führen können (Renn et al., 2007). Selbst wissenschaftliche Analysen können zu kontroversen Ergebnissen kommen und zu einer gesellschaftlichen Polarisierung über Umwelt- und Technikfragen beitragen (Brand, 2014). So gehören Risikokonflikte zu den zentralen Konflikten seit Beginn der Umweltbewegung (Beck, 1986).

Aufgrund hoher Unsicherheiten in Bezug auf die Vorhersagbarkeit zukünftiger Entwicklungen und der zugleich komplexen Wechselwirkungen, aber auch aufgrund divergierender normativ geprägter Weltanschauungen im Umgang mit den verschiedenen Entwicklungsoptionen, initiierte DiDaT einen transdisziplinären Lernprozess unter Beteiligung von RepräsentantInnen verschiedener AkteurInnengruppen (siehe auch Box 2). Im Vulnerabilitätsraum (VR) „Landwirtschaft, Digitalisierung und digitale Daten“ beteiligten sich VertreterInnen aus Wissenschaft (Umweltsoziologie, Agrarökologie, Pflanzenbau, Informationstechnologie/Software, den Nachhaltigkeitswissenschaften,

Systems Engineering und Raumplanung) und der Praxis (VertreterInnen der Landwirtschaft, der Landmaschinentechnikhersteller, des Umwelt- und Naturschutzes, der Agrarkonzerne) am transdisziplinären Lern- und Bewertungsprozess.

Die Leitfragen⁵ für die transdisziplinäre Zusammenarbeit des Vulnerabilitätsraum „VR04 – Landwirtschaft, Digitalisierung und digitale Daten“ lauteten:

- Von welchen (negativen und positiven)⁶ Auswirkungen der Digitalisierung und der Nutzung digitaler Daten sind Landwirtschaft, Umwelt und sozioökonomische Systeme betroffen?
- Wie verändert sich die Beteiligung der AkteurInnen entlang der Wertschöpfungskette?
- Welche Folgen haben unterschiedliche Realitäten der Datenhoheit auf betriebliche Souveränität und Wertschöpfung?
- Wie muss der Rahmen gesetzt werden, um die Vorteile für Gesellschaft und Umwelt zu steigern und die Risiken zu minimieren?

Ziel des transdisziplinären Prozesses war es, mögliche Entwicklungen und negative Auswirkungen der Digitalisierung im Agrarbereich Deutschlands zu identifizieren, zu bewerten und Maßnahmen zu entwickeln, um digitale Technologien als Beitrag zur Umsetzung der nachhaltigen Entwicklungsziele im Agrarbereich nutzbar zu machen.

5 Diese Leitfragen wurden gemeinsam mit allen AkteurInnen auf der ersten Stakeholder-Konferenz am 25. Juni 2019 in Potsdam diskutiert und definiert.

6 Das Projekt DiDaT zielt auf den verantwortungsvollen Umgang mit Daten. Vor diesem Hintergrund stehen die Risiken und Vulnerabilitäten in DiDaT im Vordergrund.

Box 2: Die transdisziplinäre Methodik des DiDaT Projekts

DiDaT erstellte in einem zweijährigen Prozess wechselseitigen Lernens und aktiver Beteiligung von 64 WissenschaftlerInnen und 73 PraktikerInnen sozial-robuste Orientierungen (SoROs) für einen verantwortungsvollen Umgang mit digitalen Daten. Der Prozess durchlief in allen sieben Vulnerabilitätsräumen folgende Schritte:

- (i) Definition von **Leitfrage** und **Systemgrenzen**,
- (ii) Identifikation wichtiger unintendierter Auswirkungen der Digitalisierung (sog. „unintended side effects, kurz: **Unseens**“),
- (iii) Konstruktion eines **Systemmodells** und Bestimmung der wichtigsten **Stakeholdergruppen**,
- (iv) Genaue Beschreibung der Unseens, Analyse der Unseens, Diskussion verschiedener Ziele für den Umgang mit den Unseens und Entwicklung von SoROs zur **zielkonditionalen Maßnahmenbündeln** zu diesen Unseens
- (v) Erstellung des **DiDaT Weißbuchs**, welches Orientierungen, Wegweiser und Leitplanken für einen nachhaltigen Umgang mit digitaler Daten für Zivilgesellschaft, Wirtschaft, Politik und Betroffenen liefert.

Die Zwischenprodukte wurden auf Stakeholder-Konferenzen und in vielen Arbeitsgruppentreffen diskutiert. VertreterInnen der Fachwissenschaft, der Praxis, der Nachhaltigkeit und öffentlicher Einrichtungen haben jedes einzelne Kapitel des DiDaT Weißbuchs und alle Beiträge der Ergänzenden Materialien zum Weißbuch „Verantwortungsvoller Umgang mit Digitalen Daten: Orientierungen eines transdisziplinären Prozesses“ begutachtet. Die vorliegende Version wird zum Gegenstand einer Transdisziplinären Vernehmlassung, in der AkteurInnen der Zivilgesellschaft, Organisationen, Unternehmen und Institutionen zu den Orientierungen ihre Meinung, Stellungnahmen und Verbesserungsvorschläge einbringen.

1.2 Unseens der Digitalisierung in der Landwirtschaft

Im Ergebnis des transdisziplinären Lernprozesses in DiDaT wurden für den Bereich Landwirtschaft vier Bereiche identifiziert, in denen Unseens als Folge der wesentlichen Veränderungen der digitalen Transformation als Möglichkeit auftreten können. Diese sind Auswirkungen auf i) die Agrarökologie ii) Datenrechte und Marktkonzentrationen, iii) verändertes Wissen und

Entscheidungskompetenzen durch Digitalisierung, sowie iv) die Ernährungssicherheit.

1.2.1 Agrarökologische Auswirkungen der Digitalisierung (SI 4.1, Reichel et al., 2021)

Trotz großer Potenziale der Digitalisierung für eine umweltgerechtere Landwirtschaft wurden Risiken hinsichtlich vermuteter negativer agrarökologischer Auswirkungen betrachtet. Dies

betrifft: i) eine weiter voranschreitende Reduktion der Biodiversität und negative Auswirkungen auf die Umweltgüter; ii) mögliche negative Auswirkungen auf Bodenstrukturen und Bodenfruchtbarkeit; iii) mögliche unvorteilhafte Veränderungen der gewachsenen Kulturlandschaften; sowie iv) mögliche negative Auswirkungen auf die Ressourcen- und Ökobilanz.

1.2.2 Datenrechte und Marktkonzentrationen (SI 4.2, Brunsch et al., 2021)

Die Digitalisierung im Bereich der Lebensmittelproduktion bewirkt eine Beschleunigung des Strukturwandels in der landwirtschaftlichen Produktion, in der Verarbeitung und im Handel. Neben den klassischen AkteurInnen treten neue globale Akteure mit hoher Digitalkompetenz und Finanzkraft auf. Die großen global agierenden Unternehmen der Landmaschinen-, Saatgut- und Chemieindustrie generieren über die Bereitstellung von Maschinen, Beratungs- und Serviceleistungen im Zuge der Planung und Durchführung von Prozessen große und detaillierte Datenbanken. Dies geschieht bei einer von verschiedenen AkteurInnen unterschiedlichen Interpretation, wer welche Daten – etwa bei den Maschinendaten – nutzen darf (Fezer, 2018). Es ist unter den AkteurInnen umstritten, inwieweit es sektorspezifischer gesetzlicher Regelungen bedarf, die in partizipativen und transdisziplinären Prozessen zu erarbeiten sind. Die Marktmacht der Beteiligten in der Wertschöpfungskette ist sehr unausgewogen (Mooney, 2018). Wir finden hier

AkteurInnen und Oligopolisten, die sich aktiv an einer Findung von Modellen für eine gutes Daten-Sharing (Hardjono, Shrier, & Pentland, 2019) beteiligen, während andere sich aus der Diskussion heraushalten. Hier kann es aus wettbewerbsrechtlicher Sicht zu problematischen Abhängigkeiten von landwirtschaftlichen Betrieben kommen. Die Wettbewerbsvorteile durch den Zugang zu einer großen Anzahl von Daten im gesamten Ernährungssystem ermöglichen neue Wertschöpfungspotenziale und Kooperationen. Es sollte aber auch kritisch betrachtet werden, ob und wie dies eine Bildung von Oligopolen und Monopolen beschleunigt.

1.2.3 Veränderung von Wissen und Entscheidungskompetenzen (SI4.3, Zscheischler et al., 2021)

Die Digitalisierung der Landwirtschaft ermöglicht eine Optimierung und Automatisierung landwirtschaftlicher Produktion. Die betriebliche Planung, die Organisation und das Management werden von der Automatisierung weitgehend erfasst. Auf der Mechanisierungsebene werden zunehmend autonom operierende Maschinen (Roboter) eine neue Qualität der Automatisierung erreichen (Shamshiri et al., 2018). Es bestehen viele Potenziale und es kommt zu vielen positiven Veränderungen, wie etwa Arbeits- und Entscheidungserleichterungen und Effizienzsteigerung. Die Digitalisierung und die schrittweise Nutzung digitaler Betriebsmodelle (z.B. des „digitalen Zwillings“) verändert das Qualifikationsprofil des Landwirts⁷. Es

7 In den Texten des Projektes DiDaT wird der Begriff „Landwirt“ in einer sehr allgemeinen Bedeutung von „in der Landwirtschaft tätigen Personen jeglichen Geschlechts“ verstanden. Das berücksichtigt sowohl unterschiedliche Betriebsstrukturen und Kompetenz- und Aufgabenverteilung im konkreten landwirtschaftlichen Unternehmen. In diesem Sinne sind auch DienstleisterInnen und BeraterInnen einbezogen, sofern sie im Auftrag des landwirtschaftlichen Unternehmens tätig werden. Infolge dieses Begriffsverständnisses ist es real oder wahrscheinlich, dass nicht alle Aussagen, die zum „Landwirt“ getroffen werden, jeweils für die Gesamtheit der heterogenen Gruppe zutreffen.

entstehen einerseits mögliche Risiken für die und Einschränkungen der Entscheidungskompetenzen des Landwirts, da viele Schritte der digitalisierten Produktionskette von Externen übernommen werden. Bezogen auf die Rolle und Funktion der Landwirte und die dafür notwendigen Kompetenzen im Wissen und bei den Entscheidungen gibt es bei den Stakeholdern verschiedene Sichtweisen und Erwartungen. Von technologiekritischer Seite wird eine Abnahme von Wissen und Urteilsfähigkeiten, eine steigende Abhängigkeit des Landwirts und Beeinflussung seiner Entscheidungen durch externe AkteurInnen, sowie eine Monotonisierung von Arbeitsabläufen befürchtet.

Demgegenüber steht die unternehmerische Sicht der Landwirtschaft. Roboter, digitale Systeme und Programme befreien den Landwirt von wenig attraktiven Routinearbeiten und ermöglichen zeitlich und informationell, sich – gemeinsam mit Beratern und DienstleisterInnen – den wesentlichen agronomischen Aufgaben der Planung, Bewirtschaftung und Vermarktung unter Verständnis der Wirkzusammenhänge Boden-Pflanze-Tier zu widmen. Dazu braucht es das Vertrauen der NutzerInnen in die digitalen Systeme. Ein drittes Bild ist eine Erweiterung der zweiten Perspektive. Hier wird den digitalen Kompetenzen eine größere Bedeutung beigemessen. Der Landwirt wird als eine Art „digitaler Biosystemmanager“ begriffen, der das analoge Wissen über Tier und Pflanze mit dem Wissen über deren Repräsentation auf dem „digitalen Zwilling“ verbindet. In dieser – zumindest bei kleineren Betrieben vielleicht zeitlich nicht in naheliegender Zukunft liegenden Variante – kommt dem Wissen über die Arbeitsweise der Algorithmen (etwa regelbasiert deterministisch, stochastisch, Typen von Selbstlernen, etc.) sowie der Fähigkeit, die

quantitativen Daten und qualitativen Ergebnisse interpretieren zu können, eine wichtige Rolle zu. Die im Betrieb erhobenen Daten stellen für den Landwirt eine Art Geschäftsgeheimnis dar. Die Veröffentlichung dieser Daten bedeutet den Verlust eines Wettbewerbsvorteils für den Landwirt und begründet die Motivation zur Erhaltung der Datensouveränität. Dies ist bei der Diskussion darüber, welche Daten „open accessed“ und in der Verfügung des Unternehmens bleiben, von Bedeutung.

1.2.4 Ernährungssicherheit (SI4.4, Scholz et al., 2021)

Die globalen digitalen Daten besitzen großes Potenzial, nicht nur weltweit Ernährungsgänge frühzeitig zu erkennen, sondern durch ein verbessertes Planungs-, Entscheidungs- und Risikomanagement die globale Ernährungssicherheit weiter auszubauen. Nicht-intendierte Folgen der Digitalisierung (Unseens) könnten jedoch aus Informations-Asymmetrien, falschen Preis- und Marktsignalen, einer fehlenden Internalisierung von (Umwelt-)Kosten und neuen Möglichkeiten der Genmanipulationen resultieren. Letztere können zu einer Reduktion der Diversität von Nutzpflanzen und Nutztieren beitragen, etwa um Vulnerabilitäten durch resistente Schädlinge zu vermeiden.

Um das Potenzial zu nutzen, sollten alle SchlüsselakteurInnen der Wertschöpfungskette Zugang zu Agrar-Grunddaten erhalten, beispielsweise über eine gemeinnützige Open Source Agrar-Datenbank. Dies würde Informationsasymmetrien zwischen den AkteurInnen (etwa zwischen schwach entwickelten Ländern und Agraroligopolen) vermeiden und ein durch die öffentliche Hand geführtes Monitoring multipler Ursachen und kritischer Ertragsdynamiken ermöglichen. Somit könnte auf Ertrags-

ausfällen wegen Klimaänderungen, Fehlbewirtschaftung oder anderen Gründen frühzeitig reagiert werden. Die erfolgreiche Implementierung derartiger Datenbanken sollte – im Zusammenspiel privatwirtschaftlicher Daten von Landwirten und Unternehmen – einen wesentlichen Beitrag zu resilienten Landwirtschaftssystemen, Innovationen und Wettbewerb im Dienste der Ernährungssicherheit liefern.

2 Ursachen für die Entstehung der *Unseens*

Ein Überblick zu den Mechanismen und Ursachen, die den diskutierten *Unseens* zugrunde liegen (dokumentiert in den SIs), findet sich in Tabelle 1. Die Tabelle stellt mögliche bzw. denkbare Einflussfaktoren im Zusammenspiel verschiedener „Risikoszenarien“ dar und erlaubt damit Verknüpfungen unterschiedlicher Ausprägungen möglicher Faktoren. Auf diese Art und Weise entstehen, wie in einer Szenario-Analyse üblich, Möglichkeitsräume. Wir verbleiben in diesem Kapitel auf einer qualitativen Analyse, da eine quantitative Konstruktion konsistenter Risikoszenarien (siehe dazu: Scholz, Czichos, Parycek, Lampoltshammer, 2020) den Rahmen des Projekts überschritten hätte. In Tabelle 1 sind alle im Diskussionsprozess erörterten und von den Stakeholdergruppen eingebrachten (und stark be-

gründeten) Faktoren enthalten. Es ist jedoch zu beachten, dass keinerlei Aussagen über Wahrscheinlichkeiten und quantitative Auswirkungen gemacht wurden. In vielen Fällen handelt es sich um ambiguiöse Risiken, bei denen sehr kleine und unsichere Wahrscheinlichkeiten bestehen und die Höhe negativer Einschätzungen unklar ist (siehe Box 1 in SI 4.1 Agrarökologische Auswirkungen, Reichel et al., 2021). Welche Aspekte für die Konstruktion der Sozial Robusten Orientierungen (SoRo) in den vier Bereichen genutzt wurden, lässt sich aus den Kapiteln der Supplementarischen Informationen (SI) erschließen.

Um die Komplexität in zugänglicher Weise zu strukturieren, starten wir mit einer Beschreibung der i) technologischen Seite der Transformation, betrachten dann ii) mikro-ökonomische und iii) makro-ökonomische Strukturen, in welche sich iv) Wissen und Entscheidungen von AkteurInnenen einbetten. Dies liefert die Grundlage, um v) die Anpassungsleistungen in dem sich verändernden sozio-technischen System besser zu fassen.

Tabelle 1:⁸ Ursachenfaktoren potentieller negativer Folgen der Digitalisierung für die vier identifizierten *Unseens* (4.1 bis 4.4). Bei vielen dieser Ursachen handelt es sich um ambiguierte Risikofaktoren. Wirkung und Wahrscheinlichkeit lassen sich für solche Faktoren gegenwärtig nicht quantitativ bestimmen. Die verschiedenen Aspekte wurden von unterschiedlichen AkteurInnen zu unterschiedlichen Zeitpunkten in die Diskussion eingebracht.

4.1 Agrarökologie ⁹	4.2 Datenrechte und Marktkonzentration	4.3 Smarte Automatisierung	4.4 Ernährungssicherheit
Unzureichende Digitalisierung <ul style="list-style-type: none">• Unzureichende Ausnutzung der Potenziale einer Digitalisierung Reduktion von Biodiversität <ul style="list-style-type: none">• Nutzung digitaler Daten ist nicht auf eine „Maximierung“ der Biodiversität optimiert;• Egalisierung der Bodenverhältnisse im Ackerschlag und Verlust marginaler Teilstandorte	Trend zur Monopolbildung <ul style="list-style-type: none">• Trend, dass kleinere, innovative Unternehmen von Großunternehmen übernommen werden• Absprachen zwischen einigen wenigen Playern (u.a. zu Interoperabilität der Systeme)• Exklusivität von Daten/Marktzugängen	Verändertes Verhältnis Maschine-Interaktion <ul style="list-style-type: none">• Systemkomplexität steigt und Eingriffsmöglichkeiten schwieriger durch mangelnde „digitale Alphabetisierung“• reduzierte menschliche Interventionen• Bedeutung menschlicher Arbeitskraft nimmt ab• Arbeit wandelt sich zu einer Form der „Automationsarbeit“	Fehler- und Störanfälligkeit nimmt zu <ul style="list-style-type: none">• Zunehmende Komplexität digitaler Systeme• Hackerangriffe• Abhängigkeit von äußeren Faktoren steigt

8 Bei der Ermittlung der Ursachen für die Entstehung von *Unseens* wurde wie folgt vorgegangen: Für die vier exemplarisch betrachteten *Unseens* 4.1 Agrarökologie, 4.2 Datenrechte, 4.3 Smarte Automatisierung und 4.4 Ernährungssicherheit wurden auf der Grundlage der gemeinsam erarbeiteten Kurzpapiere zu den *Unseens* (Sts) Scharniertabellen erstellt, welche die in den einzelnen *Unseens* vorliegenden Kommunalitäten in den einschlägigen Merkmalen der Beschreibung, der Ursachenfaktoren, der Ziele und der Maßnahmen abbilden. Technisch gesprochen, stellen diese Merkmale die Begriffe des Codierungsschemas einer Inhaltsanalyse (zu den Ursachen) dar und entsprechen der Form einer Themen-Matrix wie sie auch von Kuckartz (2016) für die qualitative Inhaltsanalyse vorgeschlagen wird. Im Band „Ergänzende Materialien zum Weißbuch“ (Scholz et al., 2021) finden sich die Analysen zu den vier *Unseens*. Methodisch können wir dieses Vorgehen als transdisziplinäre Bottom-Up-Wissensintegration betrachten. Die Merkmale wurden von verschiedenen Wissenschaftler-Praktiker-Gruppen erstellt und mittels der Scharniertabelle qualitativ integriert. Diese führen zur Identifikation übergreifender Hauptfaktoren bzw. -mechanismen.

9 Agrarökologische Bedenken wurden insbesondere aus der Sicht von RepräsentantInnen der Umweltverbände und einigen WissenschaftlerInnen eingebracht.

4.1 Agrarökologie	4.2 Datenrechte und Marktkonzentration	4.3 Smarte Automatisierung	4.4 Ernährungssicherheit
<p><i>Trend zu leichten und smarten Feldrobotern</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Verlust ökologischer Nischen durch Nutzung zuvor schwer zugänglicher Brachflächen mittels Feldroboter <p><i>Trend größerer Maschinen setzt sich fort</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Bodenverdichtung (Bodenerosion, ungünstig für Wasserhaushalt und Stickstoffverluste) <p><i>Veränderte Ressourcen- und Ökobilanz</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Reboundeffekte durch erhöhten Energie- und Materialeinsatz <p><i>Veränderungen in Kulturlandschaften</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Anpassungen der Landschaft an Technologien• Einfluss auf Schlaggrößen• Verlust von Saumstrukturen und Nischenflächen• Veränderte Feldwegeninfrastrukturen <p><i>Homogenisierung von Bewirtschaftungspraktiken führt zur Abnahme der Vielfalt in Agrarlandschaften</i></p>	<p><i>Abhängigkeit des Landwirts von Agrar- und Datenkonzernen steigt. Souveränität des Landwirts wird eingeschränkt.</i></p> <ul style="list-style-type: none">• „Lock-In“ Effekte (schlechte Portabilität der Daten)• Einzigartigkeit der Dienste / fehlende Auswahl (und Entscheidungsfreiheit) am Markt• Manche Dienste an Datenfreigabe gekoppelt• Fehlendes Wissen über (Open-Source) Angebote <p><i>Kontrolle über eigene Daten des Landwirts nimmt ab.</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Fehlende Exportierbarkeit von Daten / fehlende Kontrollmöglichkeit für Daten/fehlendes Bewusstsein („Landwirte sitzen eigentlich am längeren Hebel“)?• Fehlende Qualifikation/Wissen die Datenhoheit auszuüben• Mangelnde Transparenz bei Diensten	<p><i>Verändertes Wissen und Urteilsfähigkeiten</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Virtualisierung führt zum Verlust an visuellen, akustischen und taktilen Zugang zum Geschehen• „automation bias“ schränkt Entscheidungsfähigkeit ein• Praktisches Wissen geht durch „Nichtgebrauch“ verloren <p><i>Einschränkungen auf der Entscheidungsebene des Landwirts</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Landmaschinen sammeln im Betrieb regelmäßig Daten und geben diese an Plattformbetreiber weiter• Landwirt wird für Plattformbetreiber transparent, beeinflussbar und abhängiger• Abhängigkeit führt zu eingeschränkter Entscheidungsfreiheit des Landwirts, der an Dienstleistungen der Plattformbetreiber gebunden wird• Eingeschränkte Auswahlmöglichkeit führt zur Abnahme der Vielfalt in Agrarlandschaften	<p><i>Monopolbildungstendenzen</i></p> <ul style="list-style-type: none">• global agierende Technologiekonzerne entdecken Landwirtschaft als Handlungsfeld• „Kann Microsoft/Amazon Landwirtschaft?“• Absprachen unter MarktteilnehmerInnen• keine Transparenzregeln <p><i>„Digital Divide“ nimmt weiter zu</i></p> <ul style="list-style-type: none">• ungleicher Wissenszugang• ungleiche finanzielle Mittel• global north versus global south <p><i>Falsche Preissignale zu/Spekulation mit Agrarrohstoffen</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Marktpreise beeinflussen Entscheidungen und Anbauverhalten des Landwirts• digitale Systeme optimieren auf wirtschaftlichen Erfolg <p><i>Abnahme der Robustheit des Ernährungssystems</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Optimierte Systeme verlieren an Redundanzen und Vielfalt• digitale Systeme optimieren auf bestimmte Anbaukulturen• Abnahme der Vielfalt individueller Managementpraktiken

i) Technologische Transformation durch Digitalisierung

Zunächst sind die spezifischen Veränderungen der Digitalisierung selbst und ihrer technologischen Mechanismen zu nennen. Die Digitalisierung und die Nutzung digitaler Daten bringen wesentliche Veränderungen innerhalb der landwirtschaftlichen Betriebsabläufe. Dies beginnt bei der züchterischen *Optimierung* der genutzten Pflanzen und Tiere, dem *effizienteren Gebrauch* von Nährstoffen und Hilfsmitteln (wie etwa dem Einsatz von Pestiziden), einer zunehmend digitalisierten, automatisierten und weniger menschliche Arbeit benötigenden *Arbeitsumgebung*, mit dem Potenzial einer *umweltfreundlicheren und artgerechteren* tierischen und pflanzlichen Produktion und einer darauf aufbauenden Nahrungsmittelproduktion.

Neue digitale Technologien und Sensoren ermöglichen die automatisierte Sammlung von großen Datenmengen auf (zentralen) Plattformen. Die Analyse und Nutzung dieser Daten ermöglicht eine Optimierung und Automatisierung landwirtschaftlicher Produktionsprozesse. Dies umfasst die betriebliche Planung, Organisation und das Management. Durch die Vernetzung landwirtschaftlicher Maschinen untereinander und mit (zentralen) Datenplattformen kann eine neue Qualität der Automatisierung erreicht werden, beispielsweise im Bereich von Regelungsautomatisierungen oder autonom agierenden Maschinen (Roboter, Schwarmtechnologien). Die Analyse großer Datenmengen (Big Data) ermöglicht digitale Entscheidungsprozesse, die auf bestimmte Ziele (z.B. Optimierung auf Wirtschaftlichkeit oder Optimierung auf Agrarökologie) ausgerichtet sind und damit „verbesserte“ Entscheidungen unterstützen.

Zu der Frage, welche konkreten agrarökologischen Auswirkungen die Digitalisierung der Landwirtschaft haben wird und wie die Potenziale zur Entlastung der Umwelt tatsächlich genutzt werden, gibt es entgegengesetzte Einschätzungen. Zum einen kann eine Trendfortsetzung der Entwicklung großer Landmaschinen beobachtet werden, die zunehmend automatisiert werden. Dem gegenüber steht die Entwicklung kleiner, leichter Feldroboter, die ggf. in Schwärmen zum Einsatz kommen. In diese Richtung weisen aktuell jedoch wenige Marktsignale.

ii) Neustrukturierung der Wertschöpfungskette: Neue Akteure und globale Vernetzung

Mit diesen technologischen Entwicklungen verbunden ist die Möglichkeit große Mengen von Daten zu sammeln, zu verarbeiten und in Beziehung zu setzen. Durch die Nutzung digitaler Daten ergeben sich neue Geschäftsmodelle, die bislang jedoch noch nicht gut verstanden sind. Daten und die mit ihnen generierbaren Informationen sind und werden so ein zunehmend wichtiger Wettbewerbsfaktor.

Häufig hat der Landwirt keinen Zugang zu den auf seinem Betrieb erhobenen Daten und weiß nicht, wofür diese genutzt werden. Bislang fehlen „Transparenzregeln“, die es dem Landwirt ermöglichen Datensouveränität zu erlangen. Die Bereitstellung und Sammlung betrieblicher Daten auf zentralen Datenplattformen kann zu einer Abhängigkeit von Agrar- und Datenkonzernen führen.

Neue Akteure mit hoher Digitalkompetenz und Finanzkraft beginnen sich für Daten aus dem Landwirtschafts- und Ernährungssektor zu interessieren. Hierzu gehören global agierende große Unternehmen (u.a. Amazon, Google), die aufgrund fehlender nationaler Bindung eine

Herausforderung für die politische Steuerung darstellen. Es ist möglich, dass die Digitalisierung und die mit ihr verbundene zunehmende Vernetzung Globalisierungstendenzen unterstützen, welche zu einer Oligopolisierung im Ernährungssystem führen können.

iii) Marktmechanismen: Marktkonzentration, neue Abhängigkeiten und Optimierung

Die Digitalisierung hat das Potenzial bereits existierende Trends zur Marktkonzentration weiter voranzutreiben. Die unterschiedlichen Anpassungsfähigkeiten der MarktteilnehmerInnen an die digitale Transformation können dazu führen, dass kleinere durch größere Betriebe übernommen werden und der Strukturwandel somit durch die Digitalisierung verstärkt wird. Absprachen unter AkteurInnen mit erheblichem Marktanteil (beispielsweise zur Interoperabilität der Systeme) schränken überdies den Zugang für neue AkteurInnen zum Markt erheblich ein und können die Wettbewerbsbedingungen für kleinere Unternehmen erschweren. Durch die steigende Abhängigkeit von Daten und dem zugleich fehlenden Zugang des Landwirts (Landwirte haben häufig keinen Zugriff auf die von Maschinen erhobenen Daten) und die fehlende Portabilität dieser Daten, aber auch mangelnden Interoperabilitäten zwischen verschiedenen Anbieter-Systemen, kann es zu „Lock-In“-Effekten kommen, was die Auflösung von Verträgen erschwert und zu kaum auflösbaren Abhängigkeiten von digitalen DienstleisterInnen führen kann (siehe SI 4.3, Zscheischler et al., 2021).

Viele marktwirtschaftliche Prozesse orientieren sich an Effizienzsteigerung und wirtschaftlicher Optimierung. Die zunehmende Rationalisierung und Optimierung durch digitale Entscheidungsunterstützungssysteme können

diese Mechanismen unterstützen. Dies kann potentiell zu einer Einschränkung der Vielfalt an Produkten und Produktionsverfahren führen (siehe SI 4.1 Agroökologische Auswirkungen, Reichel et al., 2021). Ob dies der Fall ist oder durch die Digitalisierung in der Landwirtschaft im Gegenteil die Agrarbiodiversität positiv beeinflusst wird, lässt sich gegenwärtig nicht beantworten.

iv) Mechanismen in der Entscheidungsunterstützung

Die Verknüpfung landwirtschaftlicher Maschinen mit unterschiedlichen Datensätzen über zentrale Datenplattformen (Clouds) ermöglicht einen neuen Grad der Automatisierung. Dies betrifft auch die Entscheidungsprozesse. Ein unkritisches und zu großes Vertrauen der Landwirte in die Fähigkeiten digitaler Systeme („automation bias“; Parasuraman & Manzey, 2010; Hancock et al., 2013) kann dazu führen, dass eigene Überlegungen, Entscheidungen und Urteile zu schnell zurückgenommen bzw. verworfen, der Entscheidung der Maschine untergeordnet werden und in kritischen Situationen die Management- und Entscheidungskompetenzen fehlen (SI 4.3 Automatisierung, Zscheischler et al., 2021).

Es besteht darüber hinaus die Möglichkeit, dass Entscheidungen automatisiert durch Algorithmen und ohne Landwirt getroffen werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass neue Technologien und Algorithmen als auch (die Auswahl der) Trainingsdatensätze zur Entwicklung von Algorithmen auf Wertemodellen mit vordefinierten Indikatoren und Regeln basieren. Diese normative Dimension prägt die automatisierten, digitalen Entscheidungsprozesse (u.a., Martin, 2019; Fournieret & Yvert, 2020). Folgen alle automatisierten Systeme der gleichen

Logik und dem gleichen Optimierungsziel (z.B. Erhöhung der Effizienz, Reduktion von Arbeitsplätzen), kann die Vielfalt von Managementpraktiken reduziert werden. Aber auch die Bindung an und Abhängigkeit von bestimmten Plattformen, Dienstleistungen und Landmaschinen kann die Entscheidungsfreiheit des Landwirtes einschränken.

vi) Steigende Systemkomplexität: neue Wissensanforderungen und Anpassungsleistungen

Die mit der digitalen Transformation verknüpften Veränderungen erfordern Anpassungsleistungen seitens der Landwirte und aller verbundenen AkteurInnen, um im Wettbewerb und damit am Markt zu bestehen. Die veränderten Arbeitsbedingungen bringen viele Erleichterungen für den Landwirt. Die Digitalisierung erfordert und ermöglicht aber auch neues Wissen zur erfolgreichen Bewirtschaftung des landwirtschaftlichen Betriebes. Der Umgang mit modernen Landmaschinen und das anspruchsvolle Management betrieblicher Abläufe über Farm-Management-Systeme erfordern ein verändertes Qualifikationsprofil des Landwirtes. Dies schließt auch Wissen und Fähigkeiten zur Interpretation von Daten und die kritische Bewertung von Ergebnissen aus Datenanalysen ein, um die Qualität und Zuverlässigkeit von Entscheidungs unterstützenden Informationen einschätzen zu können.

Mit zunehmender Komplexität digitaler Systeme und steigender Abhängigkeit von Daten kommt es zur Entwicklung neuer Typen von Stör- und Fehleranfälligkeiten der Systeme. Gleichzeitig erschwert diese Komplexität, zusammen mit mangelnder Transparenz und fehlendem Wissen, den Eingriff des Landwirts bei Systemstörungen.

Die Digitalisierung führt zu einer neuen Qualität des Informationsaustausches zwischen Landwirt, seinen Produktionsmitteln und der Produktionsumgebung. Es kommt zu einem veränderten Mensch-Technik-Umwelt-Verhältnis. Immer mehr Sensoren sollen die komplexen „analogen“ Wahrnehmungen des Menschen ersetzen. Gekoppelt mit historischen Informationen und Vorhersagen liefern digitale Informationen eine verbesserte Entscheidungsbasis. Handlungsroutrinen ändern sich und es besteht wie bei jeder Innovation die Möglichkeit, dass „alte“, traditionelle Fähigkeiten und Wissen durch neue ersetzt, damit kaum noch gebraucht werden und durch längeren Nichtgebrauch verloren gehen.

Transparenz im Umgang mit Daten, aber auch Problembewusstsein und Wissen seitens der Landwirte sind wesentliche Voraussetzungen für die Teilhabe am Nutzen der digitalen Transformation im Agrarbereich.

3 Ziele und Zielkonflikte, an denen sich der Umgang mit diesen Risiken orientiert

Die Risiken der Digitalisierung werden von verschiedenen AgrarexpertInnen recht unterschiedlich und teilweise kontrovers eingeschätzt. Dies liegt im Bereich von Mensch-Technik-Umwelt-Beziehungen an zwei generischen Eigenschaften solcher Risiken (siehe Brand, 2014): Zum einen ist das Eintreten von Risiken und Gefährdungen und den mit ihnen verbundenen Schäden ungewiss und im Vorfeld kaum objektiv und schwer bestimmbar. Wir sprechen hier von vagen oder ambiguiden Risiken (zur Definition siehe Reichel et al. 2021 in dem SI Band zum Weißbuch). Zum anderen

sind die Wahrnehmung und Bewertung dieser Risiken stark beeinflusst von den akteurspezifischen normativen Annahmen, Überzeugungen und Weltanschauungen, aber auch Interessen, Zielen und Wissen, welche diese Bewertung beeinflussen. Erschwerend kommt außerdem hinzu, dass auch Mensch-Tier-Beziehungen von der Digitalisierung betroffen sind und hier verschiedene ethische Auffassungen beispielsweise zur Schweinehaltung aufeinandertreffen (Brucker et al., 2015).

Aus diesen unterschiedlichen Wahrnehmungen ergeben sich „Risikokonflikte“ genauso wie Konflikte über die Ziele verschiedener AkteurInnengruppen im Umgang mit diesen Risiken. Die Gegensätze spannen sich hier auf zwischen den Polen unternehmerischer, marktorientierter Positionen mit eher technikoptimistischen Annahmen einerseits und technologieskeptischen, kritischeren Stimmen seitens verschiedener zivilgesellschaftlicher Gruppen (z.B. Umwelt, Tierschutz, Soziales) andererseits.

Die objektive Beurteilung der Risiken und Ziele im Umgang mit diesen ist nicht nur schwierig zu erreichen vor dem Hintergrund unterschiedlicher Werte, Normen und Weltanschauungen, sondern auch hinsichtlich sehr komplexer Zusammenhänge und großer Unsicherheiten in Bezug auf zu erwartende zukünftige Entwicklungen. So werden von den beteiligten AkteurInnen im VR „Landwirtschaft“ teils auch sehr gegensätzliche Entwicklungen für die Zukunft prognostiziert.

Dieses Spannungsfeld zwischen den verschiedenen AkteurInnen und ihren Zielsetzungen im Umgang mit den Risiken, wie sie sich im Laufe der Diskussion im VR „Landwirtschaft“ gezeigt haben, soll im Folgenden auszugsweise beleuchtet werden. Dabei differen-

zieren wir zwischen übergeordneten Zielen der Gesellschaft als Ausgangspunkt und betrachten dann die unterschiedlichen Zielsetzungen verschiedener gesellschaftlicher Teilgruppen.

3.1 Übergeordnete gesellschaftliche Zielsetzungen:

Grundsätzlich werden übergeordnete Zielstellungen auf der Ebene der Gesellschaft, wie eine Orientierung am Gemeinwohl und Nachhaltigkeit allgemein geteilt und übereinstimmend befürwortet. Dazu gehörten eine allgemeine Zustimmung zu den Zielen der Ernährungssicherheit und –souveränität sowie Ressourcenschutz und Biodiversitätserhalt als auch Vertrauenswürdigkeit von Daten, das Vermeiden dysfunktionaler und wettbewerbsrechtlich kritischer Datenmonopolbildungen und neuer Abhängigkeiten der Landwirte. Wie die genaue Ausgestaltung dieser Ziele, aber auch die Prozess-Operationalisierung (Transformationswissen) zum Erreichen der Ziele erfolgen soll, wurde jedoch sehr kontrovers von den am transdisziplinären Prozess beteiligten AkteurInnen diskutiert.

Zielkonflikte ergeben sich bereits aus dem besonderen Nachhaltigkeitsbezug der Landwirtschaft (durch die direkte Beziehung zwischen Mensch-Technik-Umwelt) und den drei daran geknüpften Ziel- Dimensionen der wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Entwicklung. Verschiedene Akteursgruppen verknüpfen hier mit dem Nachhaltigkeitsgedanken teilweise kontroverse Vorstellungen. Die Landwirtschaft wird seitens der Wissenschaft als eines der wichtigsten Transformationsfelder unserer Zeit betrachtet (WBGU 2019). Allerdings hat sich mit der zunehmenden Kritik an landwirtschaftlichen Praktiken und den Forderungen nach Veränderung von

weiten Teilen der Gesellschaft in Deutschland ein andauernder gesellschaftlicher Diskurs mit teils verhärteten Konfliktlinien und kontroversen Sichtweisen zu der Frage etabliert, wie eine „gute“ und gerechte Landwirtschaft aussehen soll. Diese Konfliktlinien waren auch zwischen den beteiligten AkteurInnen im transdisziplinären Prozess des VR „Landwirtschaft“ beobachtbar, setzen sich also in der Diskussion über die Ziele im Umgang mit den Risiken der Digitalisierung fort.

3.2 Zielsetzungen unterschiedlicher Akteursgruppen und Gesellschaftsschichten:

Seitens der AkteurInnen im VR „Landwirtschaft“ finden sich unterschiedliche Bewertungen und Betrachtungen derselben Entwicklung und damit verknüpfte Zielsetzungen. Als wesentliche Konflikträume konnten a) gegensätzliche Weltanschauungen und Positionen (insbesondere sozial-ökologische Positionen versus wirtschaftsorientierte und regulierungs-averse Positionen) sowie b) zunehmende gesellschaftliche Disparitäten, welche durch die Digitalisierung teilweise verstärkt werden, identifiziert werden (siehe SI 5.2 Digitale Gewalt, Thull, Dinar & Ebner, 2021).

Die landwirtschaftliche Technikentwicklung hat in der Vergangenheit große Fortschritte hinsichtlich Produktionssteigerung sowie Arbeitserleichterungen gebracht. Zugleich waren mit dem technischen Fortschritt immer auch negative Folgewirkungen für bestimmte Teile und Gruppen der Gesellschaft verbunden. Dies hat zu einem Ende des allgemeinen Fortschrittsoptimismus beigetragen und zu einem Spannungsverhältnis zwischen Fortschrittshoffnung einerseits und Technikskepsis andererseits geführt. Die unterschiedlichen Positionen der

Beteiligten sind eng mit ihren Interessen verbunden.

Wirtschaftsorientierte und technikoptimistische Perspektiven:

Ökonomische Interessen, Zwänge und Wettbewerbsdruck fördern und beschleunigen den technischen Fortschritt. Aus technik-optimistischer Sicht können neue Technologien negative Folgen bisheriger Technologien lösen (Grunwald, 2010). So wurde auch von den AkteurInnen, die eine wirtschaftsorientierte Position vertreten, die Digitalisierung als „große Chance“ und vorwiegend positiv gesehen. Sie sehen vor allem die positiven Effekte für die Umwelt und den Landwirt, sehen wenig regulatorischen Bedarf und vertreten die folgenden Ziele:

- die Digitalisierungsfortschritte weitestgehend auszuschöpfen, um agrarökologische und tierschutzrelevante Vorstellungen und Ziele der Gesellschaft besser umzusetzen und einen angemessenen Ausgleich zwischen agrarökonomischen und ökologischen Zielen zu finden;
- das Potenzial der Digitalisierung zu nutzen, um den Landwirt in seinen Arbeitsroutinen erheblich zu entlasten und ihm freie Kapazitäten für wesentliche andere Aufgaben zu schaffen;
- die Ausschöpfung digitaler Möglichkeiten zur Steigerung von Erträgen und Effizienz (z.B. durch Einsparungen von Betriebsmitteln, Erleichterungen bei der Dokumentation und Verbesserung in Entscheidungsfindung und Betriebsführung) zu unterstützen;
- die Ausbildung einer Kompetenz, um mit neuen Typen von Fehlern (z.B. intuitive Entscheidungsfehler) geeignet umzugehen

sowie eine Kompetenzentwicklung zum Umgang mit Daten;

- Wettbewerbsvorteile der Digitalisierung (z.B. durch Stärkung der Position als Technikvorreiter im globalen Wettbewerb) zu nutzen und auszubauen.

Sozial-ökologische und technikskeptische Perspektiven:

Demgegenüber stehen technikskeptische, sozial-ökologische Positionen, die sich um die Auswirkungen der Digitalisierung in den Agrarlandschaften sorgen hinsichtlich ihrer ökologischen als auch sozialen Folgen. Zwar räumen auch diese AkteurInnen der Digitalisierung ein ökologisches Optimierungspotenzial ein. Sie äußern sich jedoch skeptisch dahingehend, inwiefern diese positiven Effekte automatisch und ohne nicht-intendierte Folgen für Natur und Mensch eintreten. So befürchten sie eine Trendfortsetzung der vergangenen Technikentwicklung in der Landwirtschaft und daran geknüpft zunehmende negative Folgen. Aus Sicht dieser AkteurInnengruppe sind zentrale Ziele

- eine Regulierung der Digitalisierung, um Erhalt und Ausbau multifunktionaler Agrarlandschaften sowie Schutz, Verbesserung und Wiederherstellung der Biodiversität zu fördern;
- der Erhalt der Vielfalt bäuerlicher Betriebsstrukturen unter Wahrung einer umweltschonenden Landwirtschaft, die gezielt Umweltleistungen bereitstellt;
- Landwirte geeignet in ihrer Anpassungs- und „Wettbewerbsfähigkeit“ zu unterstützen. Dabei ist ein Umgang mit kritischen Aspekten, wie Fähigkeiten zum digitalen Störfallmanagement und Vermeidung großer Abhängigkeiten von (neuen) digitalen

und industriellen Akteuren durch gutes Management der Datensouveränität von Bedeutung;

- eine vollzugstaugliche Regelung zur Allokation, Zugang und Nutzung von Daten auf nationaler, internationaler und gegebenenfalls supra-nationaler Ebene im Bereich Landwirtschaft und Ernährung zu schaffen;
- sowie die Herstellung von Transparenz und Vertrauenswürdigkeit.

Wissenschaftliche Perspektiven und Forschungsziele:

Nach wie vor sind die Unsicherheiten und das Unwissen zu Mechanismen und Folgen der Digitalisierung groß. Aus wissenschaftlicher Sicht besteht daher das Ziel, weitere vertiefende Forschung zur Digitalisierung in der Landwirtschaft durchzuführen und so zu verbesserten Wissensgrundlagen beizutragen. Dabei wird die Digitalisierung nicht nur als technologische, sondern als sozio-technische Transformation verstanden. Zu den Forschungszielen gehören:

- ein besseres Verständnis zu verschiedenen Modellen der Datenhoheit und betrieblichen Datensouveränität und Diskussion mit verschiedenen Anspruchsgruppen;
- die Ermittlung der Bereitschaften und Präferenzen bezüglich Bereitstellung, geteilten oder begrenzten Zugangs von Daten bzw. als wirtschaftliches Privatgut;
- die Klärung der Rolle von traditionellem landwirtschaftlichem Wissen für ein geeignetes Vulnerabilitätsmanagement;
- die Klärung ambiguer bzw. mehrdeutiger Risiken durch vertiefte wissenschaftliche Untersuchungen;

- vertieftes Wissen zu Risikowahrnehmung und Fragen von Akzeptanz.

Sozial-robuste Orientierungen zum Umgang mit den Unseens der Digitalisierung in der Landwirtschaft

Vor dem Hintergrund verschiedener Risikowahrnehmungen und Zielsetzungen im Umgang mit den identifizierten *Unseens* im VR „Landwirtschaft“ wurden von den AkteurInnen zielkonditionale Maßnahmen vorgeschlagen und diskutiert. Zu den sozial-robusten und damit von allen geteilten und befürworteten

Orientierungen gehören: eine grundsätzliche Klärung des Bedarfs und der Chancen eines rechtlichen Rahmens, der Zugang zu und Nutzung von Daten reguliert (SoRO 4.2, Brunsch et al., 2021), Wissen und Kompetenzbildung bei den Landwirten zum Umgang mit den neuen Systemkomplexitäten und möglichen Abhängigkeiten sowie vertrauenswürdige digitale Strukturen (SoRo 4.3, Zscheischler et al., 2021) als auch weiterführende Forschungsarbeiten zur Klärung und Vermeidung von Risiken der Digitalisierung in Bezug zur Umwelt (SoRo 4.1, Reichel et al., 2021).

SoRO 4.1 Agrarökologische Auswirkungen

Ob und unter welchen Voraussetzungen und welche negativen agrarökologischen Auswirkungen die Digitalisierung der Landwirtschaft zur Folge hat, ist weitgehend ungeklärt. Von Seiten des Umwelt- und Naturschutzes bestehen Befürchtungen über negative Auswirkungen auf Biodiversität, Umweltgüter, Ökobilanz, Bodenstruktur und Kulturlandschaft. Es bedarf konzentrierter, unabhängiger Forschungsarbeiten zur Klärung, ob diese Bedenken gerechtfertigt sind.

Wie bereits weiter oben beschrieben, werden trotz der großen Potenziale für eine umweltgerechtere Landwirtschaft von einigen AkteurInnen (insbesondere von Seiten der Umweltverbände und einigen beteiligten WissenschaftlerInnen) auch negative agrarökologische Auswirkungen der Digitalisierung in der Landwirtschaft angenommen (vgl. SI 4.1, Reichel et al., 2021). Es wird von der Ausgestaltung und den Zielparametern der digitalen Systeme abhängen, welche agrarökologischen Zielsetzungen schließlich verfolgt und damit auch erreicht werden. Das Unseen der „Agrarökologischen Auswirkungen“ war das am stärksten

kontrovers diskutierte im VR „Landwirtschaft“. Die AkteurInnen konnten sich aber auf die o.g. vier Bereiche einigen, in denen negative Auswirkungen potentiell möglich erscheinen. Es wurde zudem gefolgert, dass in allen Bereichen ein teilweise erheblicher Forschungsbedarf besteht, um diese Risiken zuverlässig zu bewerten.

Aus wissenschaftlicher Sicht ist es heute unstrittig, dass unser gegenwärtiges Landwirtschafts- und Ernährungssystem zu den Verursachern globaler kritischer Umweltveränderungen gehört (WBGU, 2019) und beträchtlich zum Klimawandel, dem Verlust der Artenvielfalt (Donald et al., 2001; Donald et al., 2006,

Norris, 2008; Sanchez-Bayo et al., 2019) und zu enormen Stickstoffeinträgen in die Umwelt beiträgt (Carpenter et al., 1998, Le Moal et al., 2019). Dieses, aus der Sicht der Wissenschaft als „gesichert“ zu betrachtendes Wissen wurde nicht von allen AkteurInnen geteilt und sogar stark angezweifelt. Hierzu mag es verschiedene Gründe geben, die jedoch nicht zum Gegenstand der Diskussion gemacht wurden. Eine Ursache liegt vermutlich darin, dass es einigen WissenschaftlerInnen schwerfällt, zwischen wissenschaftlichen (beschreibenden) und (umwelt)politischen (wertenden) Aussagen zu unterscheiden. Zudem beinhalten viele – wenn nicht alle – Umweltprobleme eine normative Komponente (Scholz, 2017). Es bleibt zudem offen, inwiefern verbesserte Wissensgrundlagen allein zu einer veränderten Risikowahrnehmung beitragen.

Ein wesentliches und drängendes Handlungsfeld liegt in der Gestaltung der Datennutzungs- und -zugangsrechte (SoRO 4.2, Brunsch et al., 2021). Bislang hat der Landwirt häufig keinen Zugang zu den (von ihm) auf seinem Betrieb gesammelten Daten und weiß nicht, was mit diesen Daten passiert. Er ist somit stark in der Ausübung seiner Datensouveränität eingeschränkt. Zugleich besteht die Tendenz zur Datenmonopolisierung und zu dysfunktionalen Abhängigkeiten der Landwirte von großen Agrar- bzw. Datenkonzernen. Aufgrund unterschiedlicher Interessen der beteiligten AkteurInnen konnte sich nicht grundsätzlich auf den Bedarf einer rechtlichen Regulierung geeinigt werden. Allerdings wird der Bedarf zur Prüfung eines geeigneten gesetzlichen Rahmens grundsätzlich anerkannt und ein weiterführender, transdisziplinärer Gestaltungsprozess, der die zentralen Stakeholder beteiligt, befürwortet.

SoRO 4.2 Datenrechte

Es braucht Auslegeregeln zu der Frage, wer, wie Zugang zu landwirtschaftlichen Betriebs- und Produktionsdaten bekommt und wer diese Daten wie wettbewerbsfähig nutzt oder vermarktet. Der Datensouveränität und der Vermeidung zu großer Abhängigkeiten der Landwirte sowie der Resilienz der Landwirtschaft gefährdender (Daten-)Monopolbildung ist Beachtung zu schenken. Dies bedarf partizipativer Gestaltungsprozesse mit allen zentralen Stakeholdern.

Nachgedacht wurde zudem auch darüber, wie vertrauenswürdige Strukturen branchenspezifisch gestaltet werden könnten. Überlegungen zu mehr Transparenz in digitalen Produkten und Dienstleistungen, verbesserte Interoperabilitäten zwischen Systemen verschiedener Anbieter sowie Open-Source-Angebote oder sogenannten Daten-Allmenden als Gegenkraft

zur Monopolisierung wurden jedoch nicht von allen AkteurInnen gleich getragen.

Als eine wichtige Voraussetzung zur Ausübung der Datensouveränität wird die Schulung und Informierung von Landwirten betrachtet (SI 4.3, Zscheischler et al., 2021). Ausreichendes Wissen über den (ökonomischen) Wert der in seinem Betrieb erhobenen

Daten, die Arbeitsweise der Algorithmen (etwa regelbasiert deterministisch, stochastisch, Typen von Selbstlernen, etc.) sowie neue Fähigkeiten quantitative Daten und qualitative Er-

gebnisse interpretieren zu können, werden dabei von Teilen der AkteurInnen eine (wichtige) Rolle eingeräumt.

SoRO 4.3 Automatisierung

Damit landwirtschaftliche AkteurInnen die digitalisierte Automatisierung und Wertschöpfungskette (IoT) sowie die Reflexion über multiple Fehler-/Störquellen aktiv mitgestalten können, braucht es umfassende Lernforen (z.B. Reallabore). Die Frage wer, zu welchen Daten, wann und wie Zugang bekommen soll, bedarf des Wissens der AkteurInnen um – z.B. für Agrardatenplattformen – vertrauenswürdige Strukturen und gesetzliche Regelungen für einen fairen Wettbewerb der Beteiligten zu ermöglichen.

Das neue Qualifikationsprofil der Landwirte und die neuen Kompetenzen im Umgang mit den komplexeren Systemen erfordern Anpassungsleistungen seitens der Landwirte, die durch geeignete Weiterbildungen, Kommunikations- und Austauschmaßnahmen unterstützt werden müssen. Aber auch die neuen Anforderungen eines Störfallmanagements erfordern angepasste Maßnahmen wie Notfallpläne, systematisch erstellte Listen mit Entscheidungsfehlern, etc. Landwirtschaftliche Ausbildungsinhalte müssen zudem auf allen

Qualifikationsebenen baldmöglichst und kontinuierlich angepasst werden.

Um kritische Dynamiken in der Ernährungssicherheit abzuwenden, sollten bestimmte Informations-Asymmetrien vermieden werden. Sie bilden unter anderem eine Voraussetzung für „unfaire Transaktionen“ (SI 4.4, Scholz et al., 2021). Maßnahmen zur Stärkung der Handlungsfähigkeit sowie der gleichberechtigte Zugang zu landwirtschaftlichen Grunddaten wären hier wichtige Schritte.

SoRO 4.4 Ernährungssicherheit

Informationsasymmetrien zwischen am Gemeinwohl orientierten AkteurInnen und Oligopolen mit großen Datenbanken, erlauben (prinzipiell) irreführende Preissignale oder eine nicht-nachhaltige Nutzung von Böden, Nutzpflanzen oder Nutztieren. Globale Open Source Agrar-Datenbanken mit Grunddaten zum Monitoring der multiplen Ursachen kritischer Ertragsdynamiken unterstützen – im Zusammenspiel privatwirtschaftlicher Daten von Landwirten und Unternehmen – resiliente Strukturen, Innovationen und Wettbewerb zum Erhalt der Ernährungssicherheit.

Auch im Kontext der Ernährungssicherheit wird die Bedeutung einer Datenallmende in Form einer Open Source Datenbank für „Grunddaten“ somit diskutiert (siehe auch SI 4.2, Brunsch et al. 2021 und SI 4.3, Zscheischler et al., 2021). Es gilt zukünftig unter Be-

teiligung von RepräsentantInnen aller Stakeholdergruppen Strategien, Architekturen und Konzepte zur Gestaltung einer solchen Datenplattform auch unter Nutzung transdisziplinärer Prozesse zu entwickeln und zu verhandeln.

Literatur

- Beck, U. (1986). Risikogesellschaft. edition suhrkamp.
- Brand, K. W. (2014). Umweltsoziologie. Entwicklungslinien, Basiskonzepte und Erklärungsmodelle, Beltz Juventa.
- Brucker, R., Bujok, M., Mütterich, B., Seeliger, M., & Thieme, F. (2015). *Das Mensch-Tier-Verhältnis*. Wiesbaden: Springer.
- Brunsch, R., Scholz, R. W., Zscheischler, J. (2021). Datenrechte und Marktkonzentration. In R. W. Scholz, E. Albrecht, D. Marx, M. Mißler-Behr, O. Renn, & V. van Zyl-Bulitta (Eds.), *Supplementarische Informationen zum Weißbuch Verantwortungsvollen Umgang mit digitalen Daten: Orientierungen eines transdisziplinären Prozesses* (S. 164–172). Baden-Baden: Nomos.
- Carpenter, S. R., Caraco, N. F., Correll, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N., & Smith, V. H. (1998). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 8(3), 559–568.
- Deutscher Bundestag. (2019). Agrarexperten bewerten Digitalisierung sehr unterschiedlich. *Dokumente*.
- Donald, P. F., Green R.E., Heath M.F. (2001) *Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations*. *Proc Royal Soc Lond Ser B-Biol Sci* 268, 25–29.
- Donald, P. F., Sanderson, F. J., Burfield, I. J., & Van Bommel, F. P. (2006). Further evidence of continent-wide impacts of agricultural intensification on European farmland birds, 1990–2000. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 116(3–4), 189–196.
- Fezer, K.-H. (2018). *Repräsentatives Dateneigentum*. Bonn: Konrad Adenauer Stiftung.
- Fournieret, E., & Yvert, B. (2020). Digital Normativity: a challenge for human subjectivation. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 3, 27.
- Grunwald, A. (2010). *Technikfolgenabschätzung: Eine Einführung* (Vol. 1). edition sigma.
- Hancock, P. A., Jagacinski, R. J., Parasuraman, R., Wickens, C. D., Wilson, G. F., Kaber, D. B. 2013: Human-Automation Interaction Research: Past, Present, and Future. In: *Ergonomics in Design: The Quarterly of Human Factors Applications* 2013 Jg. 21 (2013), H. 9; S. 9–14.
- Hardjono, T., Shrier, D. L., & Pentland, A. (2019). *Trusted Data: A New Framework for Identity and Data Sharing*. Cambridge: MIT Connection Science & Engineering.
- Hölscher, K., Wittmayer, J. M., & Loorbach, D. (2018). Transition versus transformation: what's the difference?. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 27, 1–3.
- Jenkins-Smith, H. C., & Smith, W. K. (2019). Ideology, Culture, and Risk Perception. In *Politics, policy, and culture* (S. 17–32). New York: Routledge.
- Kuckartz, U. (2014). *Qualitative text analysis: A guide to methods, practice and using software*. Sage.
- Le Moal, M., Gascuel-Oudoux, C., Ménesguen, A., Souchon, Y., Étrillard, C., Levain, A., & Pinay, G. (2019). Eutrophication: a new wine in an old bottle?. *Science of the Total Environment*, 651, 1–11.
- Martin, K. (2019). Ethical implications and accountability of algorithms. *Journal of Business Ethics*, 160(4), 835–850.
- Meek, W. E. (1947). Mechanization of cotton. *Proc Cotton Res Congr*, 8, 20–27.
- Mooney, P. (2018). Blocking the chain: Industrial food chain concentration, Big Data platforms and food sovereignty solutions. Joint publication by ETC Group, GLOCON, INKOTA and the Rosa Luxemburg Stiftung.
- Norris, K. (2008). Agriculture and biodiversity conservation: opportunity knocks. *Conservation letters*, 1(1), 2–11.
- Parasuraman, R./Manzey, D. (2010). Complacency and bias in human use of automation: An attentional integration. *Human Factors*, Jg. 52, H. 3, S. 381–410
- Pfeiffer, J., Gabriel, A., & Gandorfer, M. (2020). Understanding the public attitudinal acceptance of digital farming technologies: a nationwide survey in Germany. *Agriculture and Human Values*, 22. doi:10.1007/s10460-020-10145-2
- Reichel, C., Pascher, P., Scholz, R. W., Berger, G., Strobel-Unbehaun, T., Tölle-Nolting, C., Brunsch, R., Rogga, S. Zscheischler, J. (2021). Agrarökologische Auswirkungen der Digitalisierung. In R. W. Scholz, E. Albrecht, D. Marx, M. Mißler-Behr, O. Renn, & V. van Zyl-Bulitta (Eds.), *Supplementarische Informationen zum Weißbuch Verantwortungsvollen Umgang mit digitalen Daten: Orientierungen eines transdisziplinären Prozesses* (S. 157–163). Baden-Baden: Nomos.
- Renn, O., Schweizer, P. J., Dreyer, M., & Klinke, A. (2007). *Risiko. Über den gesellschaftlichen Umgang mit Unsicherheit*. München.
- Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological conservation*, 232, 8–27.
- Scholz, R. W. (2017). The normative dimension in transdisciplinarity, transition management, and transformation sciences: New roles of science and universities in sustainable transitioning. *Sustainability*, 9(991). doi:doi:10.3390/su9060991

- Scholz, R. W., Albrecht, E., Marx, D., Missler-Behr, M., & Renn, O. (2021). *Weißbuch: Orientierungen für einen verantwortungsvollen Umgang mit digitalen Daten*. Baden Baden: Nomos.
- Scholz, R. W., Beckedahl, M., Noller, N., & Renn, O. (2021). Sozial robuste Orientierungen für einen verantwortungsvollen Umgang mit digitalen Daten: Zusammenfassung und Perspektive. In R. W. Scholz, M. Beckedahl, S. Noller, O. Renn, E. unter Mitarbeit von Albrecht, D. Marx, & M. Mißler-Behr (Eds.), *DiDaT Weißbuch: Orientierungen zum verantwortungsvollen Umgang mit digitalen Daten – Orientierungen eines transdisziplinären Prozesses* (S. 1–68). Baden-Baden: Nomos.
- Scholz, R. W., Bartelsman, E. J., Diefenbach, S., Franke, L., Grunwald, A., Helbing, D., Viale Pereira, G. (2018). Unintended side effects of the digital transition: European scientists' messages from a proposition-based expert round table. *Sustainability*, 10(6), 2001; <https://doi.org/10.3390/su10062001>.
- Scholz, R. W., Czichos, R., Parycek, P., & Lampoltshammer, T. J. (2020). Organizational vulnerability of digital threats: A first validation of an assessment method. *European Journal of Operational Research*, 282, 627–643.
- Scholz, R. W., Brunsch, R., Berger, G., Buitkamp, H., Lehmann, B., & Zscheischler, J. (2021). Vulnerabilität und Stützung der globalen Ernährungssicherheit durch digitale Daten. In R. W. Scholz, E. Albrecht, D. Marx, M. Mißler-Behr, O. Renn, & V. van Zyl-Bulitta (Eds.), *Supplementarische Informationen zum Weißbuch Verantwortungsvollen Umgang mit digitalen Daten: Orientierungen eines transdisziplinären Prozesses* (S. 183–193). Baden-Baden: Nomos.
- Schweizer, P.-J., & Renn, O. (2019). Systemische Risiken und Transformationsprozesse auf dem Weg zu einer nachhaltigen Wirtschafts- und Gesellschaftsentwicklung. In *Nachhaltiges Management* (S. 211–227): Springer.
- Shamshiri, R., Weltzien, C., Hameed, I. A., Yule, I., Grift, T., Balasundram, S. K., Chowdhary, G. (2018). Research and development in agricultural robotics: A perspective of digital farming. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(4), 1–14.
- Thull, B., Dinar, C., & Ebner, F. (2021). Digitale Gewalt. In R. W. Scholz, E. Albrecht, D. Marx, M. Mißler-Behr, O. Renn, & V. van Zyl-Bulitta (Eds.), *Supplementarische Informationen zum Weißbuch Verantwortungsvollen Umgang mit digitalen Daten: Orientierungen eines transdisziplinären Prozesses* (S. 202–211). Baden-Baden: Nomos.
- WBGU-Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2019). *Unsere gemeinsame digitale Zukunft*. Berlin: WBGU.
- Zscheischler, J., Rogga, S., Brunsch, R., Scholz, R.W. (2021). Automatisierung und Veränderung von Wissen und Urteilsfähigkeit in der Landwirtschaft: Neue Qualifikationsprofile und Abhängigkeiten. In R. W. Scholz, E. Albrecht, D. Marx, M. Mißler-Behr, O. Renn, & V. van Zyl-Bulitta (Eds.), *Supplementarische Informationen zum Weißbuch: Verantwortungsvollen Umgang mit digitalen Daten – Orientierungen eines transdisziplinären Prozesses* (S. 173–182). Baden-Baden: Nomos.

