

**Die Digitalisierung der Milchwirtschaft:  
Gesellschaftliche Akzeptanz und Nutzungsbereitschaft unter Landwirten**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades  
der Fakultät für Agrarwissenschaften  
der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von

**Greta Langer**

geboren in Bergisch Gladbach

Göttingen, im August 2023

D 7

1. Referent: Prof. Dr. Achim Spiller

2. Korreferent: Prof. Dr. Holger Schulze

Tag der mündlichen Prüfung: 30. Oktober 2023

Für meinen Vater  
Michael Langer (†)



## **Inhaltsverzeichnis**

<b>Gendererklärung</b> .....	<b>6</b>
<b>Einleitung</b> .....	<b>7</b>
<b>Teil I – Die Wertschöpfungskette Milch im Überblick</b> .....	<b>24</b>
I. 1 Der Markt für Milch und Milcherzeugnisse 2022.....	<b>24</b>
<b>Teil II – Smart Dairy Farming - Nutzungsbereitschaft und Akzeptanz unter Landwirten</b> .....	<b>55</b>
II. 1 Ein konzeptioneller Beitrag zur Untersuchung der Akzeptanz deutscher Milchviehhalter zur Digitalisierung in der Milchproduktion.....	55
II. 2 From Intentions to Adoption: Investigating the Attitudinal and Emotional Factors That Drive IoT Sensor Use Among Dairy Farmers.....	74
II. 3 IoT in der Milchviehhaltung am Beispiel von Gesundheitssensoren – Akzeptanzbarrieren im Adoptionsprozess .....	106
II. 4 Die Einstellung deutscher Milchviehhalter gegenüber dem Internet der Dinge.....	114
<b>Teil III – Gesellschaftliche Akzeptanz gegenüber der Digitalisierung in der Milchviehhaltung</b> .....	<b>131</b>
III. 1 Perception and acceptance of robots in dairy farming – a cluster analysis of German citizens	<b>131</b>
III. 2 Die gesellschaftliche Einstellungsakzeptanz digitaler Technologien in der Milchviehhaltung – eine Betrachtung der affektiven Dimension.....	168
<b>Teil IV – Exkurs - Internationalisierungsstrategien der Molkereiwirtschaft</b> .....	<b>183</b>
IV 1. Strategic Actions for a Sustainable Internationalization of Agri-Food Supply Chains: The Case of the Dairy Industries from Brazil and Germany .....	183
<b>Schlussbetrachtung und Ausblick</b> .....	<b>210</b>
<b>Veröffentlichungs- und Vortragsverzeichnis</b> .....	<b>230</b>
<b>Eidesstattliche Erklärung</b> .....	<b>232</b>

**Gendererklärung**

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Folgenden auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen und Bezeichnungen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

## Einleitung

Die Nutztierhaltung in Deutschland befindet sich gegenwärtig in einem tiefgreifenden und dynamischen Wandel, der mit einer Vielzahl an Herausforderungen und bedeutenden Veränderungen einhergeht. Dieser Prozess wird sowohl von internen Entwicklungen als auch von externen Einflüssen geprägt. Gesellschaftliche Strukturen, makroökonomische Bedingungen, Klimafaktoren, technologischer Fortschritt sowie politische Rahmenbedingungen stellen nur einige der Faktoren dar, die die Nutztierhaltung derzeit beeinflussen (Zukunftskommission Landwirtschaft, 2021). Angesichts ihres direkten Einflusses auf die Ökosysteme wird die Landwirtschaft zunehmend in Zusammenhang mit Ressourcenknappheit und Nachhaltigkeit untersucht und diskutiert. Es besteht die Forderung, dass landwirtschaftliche Praktiken nicht nur für eine ausreichende, erschwingliche und sichere Lebensmittelproduktion sorgen sollen, sondern auch einen Beitrag zum Tier-, Umwelt-, Biodiversitäts- und Klimaschutz leisten müssen bzw. diesen Zielen nicht entgegenwirken dürfen (Hartmann et al., 2013; Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (WBA), 2015).

Unterdessen zeigt sich in der Nutztierhaltung eine Entwicklung, die seit Jahrzehnten maßgeblich von einem strukturellen Wandel gekennzeichnet ist (Deutscher Bauernverband (DBV), 2023). Dieser Strukturwandel führte und führt zu stärker spezialisierten und größeren Betriebsstrukturen (Nowack et al., 2019). So verringerte sich beispielsweise in der Milchviehhaltung in den Jahren 2010 bis 2022 die Anzahl der Betriebe um  $-42\%$  auf 52.895. Im selben Zeitraum ging die Zahl der in Deutschland gehaltenen Milchkühe um  $-9\%$  zurück auf 3,8 Mio., während sich die Anzahl der durchschnittlich gehaltenen Milchkühe je Betrieb auf 72 erhöhte (2010: rd. 46 Kühe/Betrieb) (Destatis, 2023). Dabei sind vor allem kleinere Betriebe in der Größenklasse bis 49 Kühe aus der Produktion ausgeschieden. Der Strukturwandel hat zu einer Professionalisierung des betrieblichen Managements geführt, das verstärkt auf effiziente Produktionsmethoden setzt, die durch technischen und züchterischen Fortschritt gekennzeichnet sind (WBA, 2015; Nowack et al., 2019).

Parallel zu dieser Entwicklung hat die öffentliche Kritik an der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung in den letzten Jahren weiter zugenommen (Spiller et al., 2015; Cembalo et al., 2016) und auch die moderne Milchviehhaltung ist in den Fokus der gesellschaftlichen Kritik gerückt (Weinrich et al., 2014; Pieper et al., 2016; Weary und von Keyserlingk, 2017; Lendle und Meinders, 2023). Verbraucher zweifeln an dem derzeitigen Umgang mit Milchkühen und äußern ethische Bedenken hinsichtlich der Trennung von Kuh und Kalb, des Enthornens der Kühe, der kurzen Lebensdauer von Milchkühen und des mangelnden Weidezugangs (Vasseur et al., 2010; Weary et al., 2011; Gaillard et al., 2014; Schuppli et al., 2014). Akzeptanzkonflikte gegenüber der Milchviehhaltung bestehen aber auch auf Grund negativer Umweltauswirkungen bei der Milcherzeugung (WBA, 2015; Lendle und Meinders, 2023). So sind Methanemissionen aus dem Gärungs- und Verdauungsprozess von Wiederkäuern sowie Ammoniak-Emissionen, die in der Milchviehhaltung entstehen, eine Quelle treibhauswirksamer Emissionen (Janze et al., 2022) und tragen zum Versauerungspotenzial der Atmosphäre bei (Müller-Lindenlauf et al., 2014).

Es wurde wiederholt festgestellt, dass Defizite im Bereich des Tier- und Umweltschutzes bestehen und landwirtschaftliche Produktionsprozesse überdacht werden müssen, um strukturelle und prozessuale Veränderungen zu ermöglichen (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2009; WBA 2015; Meyer et al., 2021). Dabei sind Landwirte grundsätzlich bereit Veränderungen anzunehmen, jedoch nicht ohne Berücksichtigung der wirtschaftlichen Auswirkungen (Reid et al., 1993).

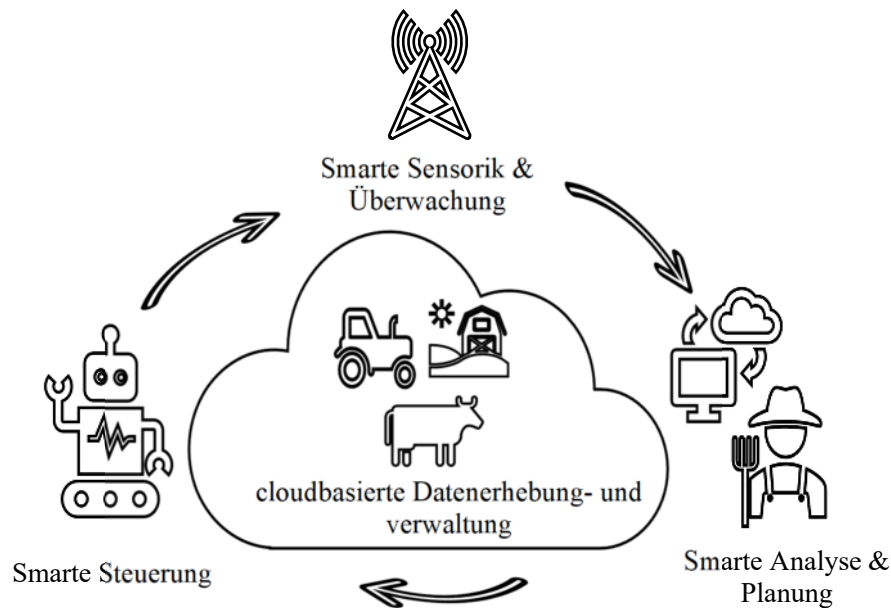
In diesem Zusammenhang wird seit langem eine breite und kontroverse Diskussion geführt, welche Betriebsgrößen und -formen einer nachhaltigen Nutztierhaltung am besten entsprechen könnten (D'Souza und Ikerd, 1996; Scholten et al., 2013). Es gibt allerdings keinen Konsens darüber, wie eine gesellschaftlich akzeptierte und zugleich nachhaltige Tierhaltung aussehen soll und vor allem wie sie erreicht werden kann (Busch et al., 2018; Nowack et al., 2019). In dieser Debatte wird die vierte landwirtschaftliche Revolution, auch bekannt als Landwirtschaft 4.0, als vielversprechender Ansatz diskutiert (Scholten et al., 2013; Klerkx und Rose, 2020; Soheyb et al., 2021).

Der Begriff der Landwirtschaft 4.0 bezieht sich auf den Einsatz fortschrittlicher Technologien wie dem Internet der Dinge (IoT), Künstliche Intelligenz (KI), Big-Data-Analyse und Cloud Computing sowie der Robotik, die das Potenzial haben, landwirtschaftliche Praktiken zu transformieren und innovative Lösungsansätze für die komplexen Herausforderungen der Branche zu bieten (Wolfert et al., 2017; Rose und Chilvers 2018; Tedeschi et al., 2021; Ayris und Rose, 2023). Das Smart Farming<sup>1</sup> zeichnet sich durch die Vernetzung von verschiedenen Geräten über das Internet aus, die eigenständig Echtzeitdaten erfassen, verarbeiten und dem Landwirt Entscheidungsunterstützungen bieten oder sogar vollständig autonom handeln können (Porter und Heppelmann, 2014; Schukat, 2021) (siehe Abbildung 1). Mit der Verbreitung dieser Technologien werden landwirtschaftliche Prozesse zunehmend datengesteuert und dem Landwirt dabei eine überwachende und prüfende Position zugeschrieben (Wolfert et al., 2017)

---

<sup>1</sup> Smart Farming bezeichnet den Einsatz moderner Technologien, die im Rahmen der vierten landwirtschaftlichen Revolution entwickelt werden (Schukat et al., 2019).





**Abbildung 1:** Smart-Farming-Prinzip

Quelle: in Anlehnung an Wolfert et al. (2017).

Die Landwirtschaft 4.0 wurde zwar weitgehend von Produktivitäts- und Effizienzzielen angetrieben (Eastwood et al., 2019), allerdings gehen politische Entscheidungsträger und Wissenschaftler auch davon aus, dass Smart Farming eine Lösung sein kann, um den gesellschaftlichen Forderungen nach mehr Tierwohl und Ressourcenschutz gerecht zu werden (Busse et al., 2015; Dawkins, 2016; Eastwood et al., 2019; Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), 2022). Zudem spielt die fortschreitende Entwicklung digitaler Technologien eine entscheidende Rolle, um im internationalen Marktgeschehen bestehen zu können (Lutz, 2017). Das deutsche Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) investiert seit 2021 beispielsweise 816 Millionen Euro in die digitale Transformation der deutschen Landwirtschaft und betrachtet die Digitalisierung als Schlüsselrolle bei der Bewältigung der Herausforderungen der Gegenwart und Zukunft (BMEL, 2022; Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), 2022).

Konkret im Milchviehbereich liegt der Fokus des Smart Farmings auf dem Gesundheits- und Verhaltensmonitoring und dabei auf dem einzelnen Tier (BMEL, 2022). Es geht um die Verbesserung der Tiergesundheit, die Überwachung des individuellen Tierverhaltens, die optimale Ressourcennutzung durch IoT-Sensoren sowie die Verbesserung der Haltungsbedingungen und Arbeitsbedingungen im Stall durch den Einsatz digitaler Robotik (z. B. Fütterungs- oder Melkroboter) (Unold et al., 2020; Tedeschi et al., 2021; Martin et al., 2021). Insbesondere IoT-Sensoren spielen eine entscheidende Rolle für die Nachhaltigkeit und das Wohlbefinden von Tieren in der Milchviehhaltung (Lovarelli et al., 2020; Akhigbe et al., 2021). Durch die Überwachung der Leistung in Echtzeit und die Implementierung von Frühwarnsystemen werden potenziell negative Auswirkungen auf landwirtschaftliche Systeme reduziert und ihre Widerstandsfähigkeit erhöht (Finger, 2023).

Trotz der genannten Vorteile lässt sich im Vergleich zum Ackerbau aber eine insgesamt langsamere Entwicklung feststellen (Borchers und Bewley, 2015; Rutten et al., 2018). Während der Einsatz von Robotik, wie Melk- und Fütterungsrobotern, zwar bereits weiter verbreitet ist, variiert der Einsatz von IoT-Sensoren unter deutschen Milchviehhaltern erheblich und es besteht eine gewisse Investitionszurückhaltung gegenüber dieser Technologie (Rutten et al., 2018; Kehl et al., 2021; Bianchi et al., 2022). Driessen und Heutinck (2015) argumentieren in diesem Kontext, dass Smart Farming die täglichen Arbeitsabläufe der Landwirte grundlegend verändert und ihre Überlegungen und Handlungen maßgeblich beeinflusst (Sonka, 2014). Angesichts dieser Veränderungen sind Landwirte gezwungen, neue Kompetenzen zu erlernen (Schukat, 2021) und ihre Arbeitsweise neu auszurichten. Diese Anpassungen können jedoch aufgrund der Abweichung von den traditionellen Aufgaben der Landwirte auf Akzeptanzbarrieren stoßen. Solche Barrieren haben das Potenzial, den Transformationsprozess erheblich zu verlangsamen oder sogar zum Scheitern zu bringen (Driessen und Heutinck, 2015; Michels et al., 2020; Schukat, 2021). Dennoch wird von politischen Akteuren und Technologieherstellern erwartet, dass Smart Farming, und insbesondere IoT-Technologien, in Zukunft zu einer umfassenden Optimierung der Produktionsprozesse in der Milchviehhaltung führen werden (Bianchi et al., 2022; Finger, 2023).

Neben den Akzeptanzbarrieren auf Seiten der Landwirte werden die digitalen Veränderungen auch von einem kritischen Diskurs über sozio-ethische Herausforderungen begleitet (Boogaard et al., 2010; Carbonell, 2016; Rotz et al., 2019; van der Burg et al., 2019; Rose et al., 2021). Dabei stehen drei Hauptbedenken im Vordergrund: (I) Dateneigentum, -zugang und -kontrolle, (II) Machtverteilung und (III) Auswirkungen auf das menschliche Leben und die Gesellschaft (van der Burg et al., 2019). Auf landwirtschaftlicher Seite werden Fragen zur Datenhoheit, zum Datenschutz und zum offenen Zugang zu Daten im Interesse des Gemeinwohls sowie zum Schutz der Interessen der Landwirte diskutiert (Finger, 2023). Einhergehend mit der Frage, wem die Daten gehören, werden auch Machtungleichgewichte aufgrund eines potenziell begrenzten Zugangs einiger Landwirte zu digitalen Technologien erwartet. Es wird vermutet, dass überwiegend große landwirtschaftliche Betriebe von der Digitalisierung profitieren und nicht alle Betriebsformen und -strukturen Zugang zu Smart Farming haben werden (Mooney et al., 2007; Bronson und Knezevic, 2016; Fleming et al., 2018). Kshetri (2014) spricht in diesem Zusammenhang von der Entstehung einer „digitalen Kluft“. Diese Kluft kann sich jedoch nicht nur auf landwirtschaftlicher Ebene bilden, sondern auch zwischen Landwirten und Bürgern bzw. der Gesellschaft als Ganzes (Wachenheim und Rathge, 2000). Denn die Entwicklungen des Smart Farmings werden mit einem Verlust traditioneller Produktionsweisen in Verbindung gebracht und werfen die Frage auf, wie sich der Beruf des Landwirts und dessen gesellschaftliche Wahrnehmung verändert (Driessen und Heutinck, 2015; Block und Long, 2016; Carolan, 2017). Die zunehmende Automatisierung im Stall weckt Befürchtungen, dass die Entfremdung zwischen Landwirt und Tier das Tierwohl negativ beeinflusst und dass der Fokus der Landwirte zukünftig hauptsächlich auf der Dateninterpretation liegt (Block und Long, 2016; van der Burg et al., 2019). Zudem wird zu bedenken gegeben, dass diese Entwicklung den Strukturwandel und die Industrialisierung in der Nutztierhaltung vorantreibt (Klerkx et al., 2019; Finger,

2023) und damit bestehenden gesellschaftlichen Wunschvorstellungen von einer romantisch verklärten, kleinbäuerlichen Landwirtschaft widerspricht (Velde et al., 2002; Vierboom et al., 2006; Kühl et al., 2019).

Um sicherzustellen, dass die digitale Transformation in der Nutztierhaltung die Kluft zwischen gesellschaftlichen Erwartungen und tatsächlichen landwirtschaftlichen Praktiken nicht vergrößert und die sogenannte „license to operate“ nicht gefährdet (Hiss, 2006; Busch, 2016), ist es entscheidend, das Smart Farming als einen ganzheitlichen gesellschaftlichen Wandel zu verstehen (OECD, 2020; Wissenschaftsrat, 2023). Ein sog. verantwortungsvoller Ansatz wird in diesem Zusammenhang gefordert (Stilgoe et al. 2013; van Burg et al., 2019; Ayris und Rose, 2023), der sowohl Landwirte, die solche Technologien nutzen (sollen), als auch andere Interessengruppen, wie bspw. Verbraucher und Bürger, nicht nur als passive Zuschauer ansieht, sondern ihnen eine aktive Rolle bei der Mitgestaltung der technologischen Transformation ermöglicht (Eastwood et al., 2019). Um jedoch relevante Stakeholder einzubeziehen, ist es zunächst erforderlich, Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie diese den digitalen Wandel bisher wahrnehmen (Hemphill, 2016). Ein tiefergehendes Verständnis der Ursachen und Hintergründe akzeptanzbezogener Einstellungen ist notwendig (Petermann und Scherz, 2005; Schäfer und Keppler, 2013). Bisher wurde in der wissenschaftlichen Literatur jedoch vernachlässigt, welche Auswirkungen digitale Veränderungen auf den gesamten landwirtschaftlichen Sektor haben können.

Obwohl in den letzten Jahren verschiedene Forschungsarbeiten zur Nutzungsintention digitaler Technologien in der Landwirtschaft durchgeführt wurden (vgl. z. B. Aubert et al., 2012; Michels et al. 2019; Schukat und Heise 2021; Sonntag et al., 2022), liegt der Fokus dieser Arbeiten meist auf einer technologischen Sichtweise oder beschränkt sich auf betriebliche und soziodemografische Bestimmungsfaktoren, während Verhaltensdeterminanten weitestgehend vernachlässigt werden (Goodhue, 1995; Landmann et al., 2021; Mohr und Kühl, 2021). Zudem gibt es nur wenige Arbeiten, die sich mit der Digitalisierung in der Nutztierhaltung und insbesondere in der Milcherzeugung befassen (vgl. Michels et al., 2019; Marescotti et al., 2021), obwohl das Smart Dairy Farming als besonders zukunftsweisend angesehen wird (Henchion et al., 2022). Des Weiteren mangelt es an empirischer Forschung, die sich explizit mit der gesellschaftlichen Akzeptanz der Digitalisierung in der Milchviehhaltung befasst (Millar et al., 2002; Boogaard et al., 2011; Pfeiffer et al., 2020). Vorhandene Arbeiten konzentrieren sich meist (lediglich) auf die Bedeutung des Tierwohls im Zuge der Moderne und vernachlässigen gesamtgesellschaftliche Einstellungsprozesse. Es bleibt demnach unklar, welche Veränderungen und Dynamiken das Smart Dairy Farming bei Bürgern und Landwirten hervorruft.

Vor den genannten Hintergründen widmet sich die vorliegende Dissertation dem Thema der Akzeptanz der Digitalisierung in der Milchviehhaltung. Das übergeordnete Ziel besteht darin, sowohl die gesellschaftliche Perspektive als auch die Sichtweise der potenziellen Nutzer, also die der Milchviehhalter, in Bezug auf die Einstellungs- und Nutzungsakzeptanz des Smart Farmings zu untersuchen. Dabei werden sowohl die Chancen und Risiken erforscht als auch die Barrieren der Akzeptanz und die verhaltensbezogenen Einflussfaktoren im Adoptionsprozess identifiziert. Die Arbeit leistet somit einen wichtigen

Beitrag zum Verständnis des Technikakzeptanzprozesses in der Landwirtschaft im Allgemeinen und insbesondere im Kontext des Smart Dairy Farmings. Darüber hinaus werden konkrete Handlungsempfehlungen zur Gestaltung ganzheitlicher Akzeptanz- und Adaptionstrategien erarbeitet. Der Aufbau der Dissertation gliedert sich in vier Teile und ist in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1.** Aufbau der Dissertation

<b>Einleitung</b>	
<b>Teil I:</b> Die Wertschöpfungskette Milch im Überblick	<b>I.1</b> Der Markt für Milch und Milcherzeugnisse 2022
<b>Teil II:</b> Smart Dairy Farming – Nutzungsbereitschaft und Akzeptanz unter Landwirten	<b>II.1</b> Ein konzeptioneller Beitrag zur Untersuchung der Akzeptanz deutscher Milchviehhalter zur Digitalisierung in der Milchproduktion <b>II.2</b> From Intentions to Adoption: Investigating the Attitudinal and Emotional Factors That Drive IoT Sensor Use Among Dairy Farmers <b>II.3</b> IoT in der Milchviehhaltung am Beispiel von Gesundheits-sensoren – Akzeptanzbarrieren im Adoptionsprozess <b>II.4</b> Die Einstellung deutscher Milchviehhalter gegenüber dem Internet der Dinge
<b>Teil III:</b> Gesellschaftliche Akzeptanz gegenüber der Digitalisierung in der Milchviehhaltung	<b>III.1</b> Perception and acceptance of robots in dairy farming – A cluster analysis of German citizens <b>III.2</b> Die gesellschaftliche Einstellungsakzeptanz digitaler Technologien in der Milchviehhaltung – eine Betrachtung der affektiven Dimension
<b>Teil IV Exkurs:</b> Internationalisierungsstrategien der Molkereiwirtschaft	<b>IV.1</b> Strategic Actions for a Sustainable Internationalization of Agri-Food Supply Chains: The Case of the Dairy Industries from Brazil and Germany
<b>Schlussbetrachtung und Ausblick</b>	

Quelle: Eigene Darstellung.

## **Teil I – Die Wertschöpfungskette Milch im Überblick**

Der erste Teil der Dissertation widmet sich der umfassenden Analyse der Wertschöpfungskette Milch, wobei Verbraucher, Lebensmitteleinzelhandel, Molkereien und Milcherzeuger betrachtet werden. Der Beitrag I.1 „Der Markt für Milch und Milcherzeugnisse 2022“ gibt zunächst einen detaillierten Überblick über den aktuellen Stand des Milchmarktes in Deutschland. Darüber hinaus wird eine eingehende Untersuchung der europäischen Milchmärkte, der Produktion und des Konsums in Europa sowie des innereuropäischen Handels durchgeführt. Zusätzlich werden Preisentwicklungen in der ökologischen und konventionellen Milchproduktion sowie die Unterschiede zwischen europäischen Ländern aufgezeigt und Entwicklungen auf den internationalen Märkten für Milcherzeugnisse für das Jahr 2022 betrachtet. Durch diese umfassende Darstellung werden wichtige Rahmenbedingungen skizziert, die unter anderem den Kontext für die Diskussion zur Digitalisierung in der Milcherzeugung bilden.

## **Teil II – Smart Dairy Farming – Nutzungsbereitschaft und Akzeptanz unter Landwirten**

In Teil zwei der Arbeit wird das Smart Farming aus der Sicht der Milcherzeuger betrachtet. In einer umfassenden Literaturanalyse wird im ersten Beitrag II.1 zunächst untersucht, welche konkreten Akzeptanzbarrieren im Bereich der IoT-Gesundheitsüberwachung existieren und welche Faktoren Einfluss auf die Akzeptanz der Landwirte nehmen können. Es erfolgt die konzeptionelle Entwicklung eines kombinierten Verhaltensmodells konkret für IoT-Sensoren in der Gesundheitsüberwachung von Milchviehbetrieben. Die Ergebnisse des ersten Beitrages dienen als theoretisch-konzeptionelle Vorüberlegung, um vorhandene methodische Akzeptanzansätze der Literatur (u. a. dem Technology Acceptance Model (TAM), der Theory of Planned Behavior (TPB) und dem Model of Goal-Directed Behaviour (MGDB)) (Davis, 1993; Perugini und Bagozzi, 2001; Ajzen, 2011) auf das Handlungsfeld der digitalen Transformation in der Milchviehhaltung anzupassen. Denn die Bereitschaft der Landwirte zur Nutzung von Smart-Farming-Technologien hängt entscheidend von der Technologieakzeptanz (individuelle Nutzerakzeptanz) ab (Sundrum, 2018; Schukat und Heise, 2021).

Aufbauend auf diesen Ergebnissen beschäftigen sich der zweite II.2 „From Intentions to Adoption: Investigating the Attitudinal and Emotional Factors That Drive IoT Sensor Use Among Dairy Farmers“ und dritte II.3 Beitrag „IoT in der Milchviehhaltung am Beispiel von Gesundheitssensoren – Akzeptanzbarrieren im Adoptionsprozess“ mit der empirischen Untersuchung der theoretischen Vorüberlegungen. Hierzu wurde eine quantitative Befragung mit Milchviehhaltern (n=212) in Deutschland durchgeführt. Ziel ist es aufzuzeigen, welche kognitiven und affektiven Verhaltensdeterminanten für den Akzeptanzprozess von IoT-Sensoren bei Milchviehhaltern von Bedeutung sind und in welchen Bereichen Potenzial zur Verbesserung der Akzeptanz und tatsächlichen Nutzung von Smart-Farming-Technologien besteht. Es können Übereinstimmungen mit und Abweichungen vom Forschungsstand sichtbar gemacht werden sowie einerseits Handlungsempfehlungen für politische Akteure zur Rolle des Smart

Farmings in der Milchviehhaltung abgeleitet und andererseits konkrete Vorschläge für Technologiehersteller zur Bewältigung von Akzeptanzbarrieren diskutiert werden.

Da Studien gezeigt haben, dass Milchviehhalter in ihren Wahrnehmungen und Einstellungen keine homogene Gruppe darstellen (Luhmann et al., 2016; Heise und Gieske, 2018; Heise und Theuvsen, 2018), untersucht Artikel II.4 „Die Einstellung deutscher Milchviehhalter gegenüber dem Internet der Dinge“ mittels Faktor- und Clusteranalyse die vorherrschenden Einstellungsmuster unter Milchviehhaltern (n=193) in Bezug auf die Nutzung von Smart-Farming-Technologien. Dabei wird analysiert, wie sich diese Muster voneinander unterscheiden und welche Einstellungsfaktoren besonders deutliche Unterschiede aufweisen. Die vier Unterscheidungsfaktoren der Clustersegmente stellen den erwarteten Nutzen für das Tierwohl, betriebliche Nutzenvorteile, den Einfluss des sozialen Umfelds und das Vertrauen in Smarte Produkte dar.

### **Teil III – Gesellschaftliche Akzeptanz gegenüber der Digitalisierung in der Milcherzeugung**

Im dritten Teil der Arbeit wird die moderne Milchviehhaltung aus dem Blickfeld der Gesellschaft analysiert. Wie Boogaard et al. bereits 2011 festgestellt haben, besteht in der gesellschaftlichen Wahrnehmung eine „Ambivalenz der zwei Seiten der Moderne“. Einerseits werden positive Aspekte mit der Moderne assoziiert, andererseits aber auch negative Seiten wahrgenommen, wobei die Gesellschaft häufig eine Unterteilung in „gute“ oder „schlechte“ Innovationen vornimmt (Vierboom et al., 2006).

Der erste Beitrag untersucht anhand eines bildgestützten Ansatzes, ob die Ambivalenz der Moderne auch für den Bereich der Digitalisierung in der Milchviehhaltung gilt und welche Assoziationen mit dem Einsatz moderner Technologien wie dem Melk- und Fütterungsroboter wahrgenommen werden. Dabei wird ein Mixed-Method-Design angewendet, um qualitative und quantitative Forschungselemente miteinander zu kombinieren (Hussy et al., 2010).

Wie zuvor bereits beschrieben, hat die digitale Transformation der Landwirtschaft bisher ohne die Einbeziehung der Gesellschaft stattgefunden. Welche Risiken und Chancen mit der Digitalisierung in der Milchviehhaltung wahrgenommen werden, ist weitestgehend unklar. Der zweite Beitrag III.2 untersucht daher, welche Argumente aus Sicht der Gesellschaft für oder gegen den Einsatz digitaler Technologien sprechen und inwiefern sich unterschiedliche gesellschaftliche Einstellungsgruppen gegenüber dieser Thematik identifizieren lassen. Aus den Ergebnissen können Einflussfaktoren für die Zustimmung bzw. Ablehnung der Einstellungsakzeptanz erarbeitet und Empfehlungen für eine Ausgestaltung des künftigen digitalen Transformationsvorhabens in der Nutztierhaltung abgeleitet werden.

### **Teil IV Exkurs – Internationalisierungsstrategien der Molkereiwirtschaft**

Im abschließenden Teil der Dissertation wird im Rahmen eines Exkurses untersucht, wie nachhaltige Internationalisierungsprozesse in der Molkereiwirtschaft erreicht werden können. Angesichts der

Globalisierung landwirtschaftlicher Wertschöpfungsketten gewinnt die Verknüpfung von Internationalisierungs- und Nachhaltigkeitsstrategien von Unternehmen zunehmend an Bedeutung (Antonowicz und Jarzębowski 2018). Laut Martí und Seifert (2013) wird erwartet, dass Unternehmen ihr nachhaltiges Lieferkettenmanagement über die Unternehmensgrenzen hinaus ausweiten und diese Themen auch auf internationaler Ebene umsetzen. Darüber hinaus suchen multinational agierende Unternehmen im Agrar- und Ernährungsbereich verstärkt in Entwicklungsländern nach Möglichkeiten, ihre Ressourcenerschließung und Marktexpansion auszubauen. Der Beitrag IV.1 "Strategic Actions for a Sustainable Internationalization of Agri-Food Supply Chains: The Case of the Dairy Industries from Brazil and Germany" greift diese Entwicklungen auf und untersucht mithilfe von Experteninterviews, welche Strategien zur Integration brasilianischer und deutscher Molkereilieferketten verfolgt werden können und wie beide Seiten, insbesondere im Hinblick auf Nachhaltigkeit, von dieser Situation profitieren können.

## Literatur

- Ajzen, I. (2011). The theory of planned behaviour: Reactions and reflections. In: *Psychology & Health*. (26)9: 1113–1127. <https://doi.org/10.1080/08870446.2011.613995>.
- Akhigbe, B.I., K. Munir, O. Akinade, L. Akanbi und L.O. Oyedele (2021). IoT Technologies for Live-stock Management: A Review of Present Status, Opportunities, and Future Trends. In: *Big data and cognitive computing* 5(10): 1–40. <https://doi.org/10.3390/bdcc5010010>.
- Antonowicz, M. und S. Jarzebowski (2018). Innovative Models of Supply Chain Management. In: *Central European Management Journal*. 2: 2–15. <https://doi.org/10.7206/jmba.ce.2450-7814.225>.
- Aubert, A.B., J. Schroeder und J. Grimaudo (2012). IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. In: *Decision Support Systems* 54(1): 510–520. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.07.002>.
- Ayris, K. und D.C. Rose (2023). Social and ethical considerations for agricultural robotics. In: *Advances in agri-food robotics*. Kapitel 19. an Henten, E. and Edan, Y. (Hrsg.). Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK. <http://dx.doi.org/10.19103/AS.2023.0124.20>.
- Bianchi, M.C., L. Bava, A. Sandrucci, F.M. Tangorra, A. Tamburini, G. Gislou und M. Zucali (2022). Diffusion of precision livestock farming technologies in dairy cattle farms. In: *Animal* 16: 100650. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100650>.
- Blok, V. und T.B. Long (2016). The role of responsible innovation in the technology assessment of smart farming technologies in Europe. In: Olsson, A.S., Araújo, S.M., Fátima Vieira, M. (Hrsg.), *Food Futures: Ethics, Science and Culture*. Wageningen Academic Publishers. [https://doi.org/10.3921/978-90-8686-834-6\\_84](https://doi.org/10.3921/978-90-8686-834-6_84).
- Boogaard, B.K., B.B. Bock, S.J. Oosting und E. Krogh (2010). Visiting a Farm: An Exploratory Study of the Social Construction of Animal Farming in Norway and the Netherlands Based on Sensory Perception. In: *International Journal of Sociology of Agriculture and Food* 17(1): 24–50.
- Boogaard, B.K., B.B. Bock, S.J. Oosting, J.S.C. Wiskerke und A.J. van der Zijpp (2011). Social Acceptance of Dairy Farming: The Ambivalence Between the Two Faces of Modernity. In: *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 24(3): 259–282. <https://doi.org/10.1007/s10806-010-9256-4>.
- Borchers, M.R. und J.M. Bewley (2015). An assessment of producer precision dairy farming technology use, prepurchase considerations, and usefulness. In: *Journal of Dairy Science* 98: 4198–4205. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8963>.
- Bronson, K. und I. Knezevic (2016). Big data in food and agriculture. In: *Big Data and Society* 3(1): 1–5. <https://doi.org/10.1177/2053951716648174>.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2022). Digitalisierung in der Landwirtschaft Chancen nutzen – Risiken minimieren. URL: <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/digitalpolitik-landwirtschaft.html> (Abgerufen am: 26.06.2023).



- Busch, G. (2016). Nutztierhaltung und Gesellschaft. Kommunikationsmanagement zwischen Landwirtschaft und Öffentlichkeit. Dissertation Georg-August-Universität Göttingen.
- Busch, G., M., Gauly und A. Spiller (2018). Opinion paper: What needs to be changed for successful future livestock farming in Europe? In: *Animal* 12(10): 1999–2001. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001258>.
- Busse, M., W. Schwerdtner, R. Siebert, A. Doernberg, A. Kuntosch, B. König und W. Bokelmann (2015). Analysis of animal monitoring technologies in Germany from an innovation system perspective. In: *Agricultural Systems* 138: 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.05.009>.
- Davis, F.D. (1993). User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts. In: *International Journal of Man-Machine Studies* 38(3): 475–487. <https://doi.org/10.1006/imms.1993.1022>.
- Dawkins, M.S. (2016). Animal welfare and efficient farming: is conflict inevitable? In: *Animal Production Science* 57(2): 201–208. <https://doi.org/10.1071/AN15383>.
- Destatis (2023). Allgemein und Repräsentative Erhebung über die Viehbestände. URL: <https://www-genesis.destatis.de> (Abgerufen am: 26.06.2023).
- Driesen, C. und L.F.M. Heutnick (2015). Cows desiring to be milked? Milking robots and the co-evolution of ethics and technology on Dutch dairy farms. In: *Agriculture and Human Value* 32: 3–20. <https://doi.org/10.1007/s10460-014-9515-5>.
- Carbonell, I.M. (2016). The ethics of big data in big agriculture. In: *Internet Policy Review* 5(1): 1–13. <https://doi.org/10.14763/2016.1.405>.
- Carolan, M.S. (2017). Smart' farming technologies as political ontology: access, sovereignty and the performance of neoliberal end not-so neoliberal worlds. In: *Sociologia Ruralis* 58(4): 745–764. <https://doi.org/10.1111/soru.12202>.
- Cembalo, L., F. Caracciolo, A. Lombardi, T. Del Giudice, K.G. Grunert und G. Cicia (2016). Determinants of Individual Attitudes Toward Animal Welfare-Friendly Food Products. In: *Journal of Agriculture and Environmental Ethics* 29: 237–254. <https://doi.org/10.1007/s10806-015-9598-z>
- Deutscher Bauernverband (DBV) (2023). Strukturwandel. URL: <https://www.bauernverband.de/themendossiers/strukturwandel> (Abgerufen am: 16.06.2023).
- D'Souza, G. und J. Ikers (1996). Small Farms and Sustainable Development: Is Small More Sustainable? In: *Journal of Agriculture and Applied Economics* 28(1): 73–83. <http://dx.doi.org/10.1017/S1074070800009470>.
- Eastwood, C., L. Klerkx, M. Ayre und B. Dela Rue (2019). Managing Socio-Ethical Challenges in the Development of Smart Farming: From a Fragmented to a Comprehensive Approach for Responsible Research and Innovation. In: *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 32: 741–768. <https://doi.org/10.1007/s10806-017-9704-5>.
- Finger, R. (2023). Digital innovations for sustainable and resilient agricultural systems. In: *European Review of Agriculture Economics*: 1–33. <https://doi.org/10.1093/erae/jbad021>.

- Fleming, A., E. Jakku, L. Lim-Camacho, B. Taylor und P. Thorburn (2018). Is big data for big farming or for everyone? Perceptions in the Australian grains industry. In: *Agronomy for Sustainable Development* 38(24):1–10 <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0501-y>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2009). *The State of Food and Agriculture. Livestock in the balance*. URL: <https://www.fao.org/3/i0680e/i0680e.pdf>. (Abgerufen am: 26.06.2023).
- Gaillard, C., R.K. Meagher, M.A.G. von Keyserlingk und D.M. Weary (2014). Social housing improves dairy calves' performance in two cognitive tests. In: *PLoS ONE* 9: e90205. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090205>.
- Goodhue, D.L. (1995). Understanding user evaluations. In: *Management Science* 41(12): 1827–1844. <https://doi.org/10.1287/mnsc.41.12.1827>.
- Groher, T., K. Heitkämper und C. Umstätter (2020). Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. In: *Animal* 14(11): 2404–2413. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001391>.
- Hartmann, M., S. Heinen, S. Melis und J. Simons (2013). Consumers' awareness of CSR in the German pork industry. In: *British Food Journal*. 115(1): 124–141. <https://doi.org/10.1108/00070701311289911>.
- Heise, H. und D. Gieske (2018). Gesagt, getan? Zusammenhang zwischen Einstellung und persönlichen Merkmalen der Landwirte und dem Tierwohlniveau auf Milchviehbetrieben. In: Vortrag auf der 58. Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.
- Heise, H. und T.Theuvsen (2018). German dairy farmers' attitudes toward farm animal welfare and their willingness to participate in animal welfare programs: a cluster analysis. In: *International Food and Agribusiness Management Review* 21(8): 1121–1136. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2017.0066>.
- Hemphill, T.A. (2016). Responsible innovation in industry: A cautionary note on corporate social responsibility. In: *Journal of Responsible Innovation* 3(1): 81–87. <https://doi.org/10.1080/23299460.2016.1178896>.
- Henchion, M.M., A. Regan, M. Beecher und A. MackenWalsh (2022). Developing 'Smart' Dairy Farming Responsive to Farmers and Consumer-Citizens: A Review. In: *Animals* 12(3): 360. <https://doi.org/10.3390/ani12030360>.
- Hiss, S. (2006). *Warum übernehmen Unternehmen gesellschaftliche Verantwortung? Ein soziologischer Erklärungsversuch*. Campus, Frankfurt/Main.
- Hussy, W., M. Schreier und G. Echterhoff (2010) *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) (2022). *Digitalisierung in der Landwirtschaft. Chancen und Risiken für den Natur- und Umweltschutz*. Schriftenreihe des IÖW 222/22.

- Janze, C., C. Schmidt, L. von Plettenberg, S. Laux, S. Mohrmann, G. Langer, D.M. Robinson, C. Schaper und S. Schukat (2022). Konjunkturbarometer Agribusiness in Deutschland 2022.
- Kehl, C, R. Meyer und S. Steiger (2021). Digitalisierung der Landwirtschaft: gesellschaftliche Voraussetzungen, Rahmenbedingungen und Effekte. TAB-Arbeitsbericht Nr. 194. URL: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000142951> (Abgerufen am: 16.06.2023).
- Klerkx, L. und D. Rose (2020). Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways? In: *Global Food Security* 24: 100347. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100347>.
- Klerkx, L., E. Jakku und P. Labarthe (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. In: *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 90–91: 100315. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>.
- Kshetri, N. (2014). The emerging role of Big Data in key development issues: Opportunities, challenges, and concerns. In: *Big Data and Society* 1(2): 1–20. <https://doi.org/10.1177/2053951714564227>
- Kühl, S., S. Gauly und A. Spiller (2019). Analysing public acceptance of four common husbandry systems for dairy cattle using a picture-based approach. In: *Livestock Science* 220: 196–204. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.12.022>.
- Landmann, D., C.-J. Lagerkvist und V. Otter (2021). Determinants of Small-Scale Farmers' Intention to Use Smartphones for Generating Agricultural Knowledge in Developing Countries: Evidence from Rural India. In: *European Journal of Development Research* 33: 1435–1454. <https://doi.org/10.1057/s41287-020-00284-x>.
- Lendle, M. und L. Meinders (2023). AFC-Issue-Monitor. Report 2023 Kritische Themen und Trends in der Agrar- und Ernährungsbranche. URL: <https://www.agrarzeitung.de/news/media/10/AFC-Issue-Monitor-Report-2023--93325.pdf> (Abgerufen am: 30.06.2023).
- Lovarelli, D., J. Bacenetti und G. Marcella (2020). A review on dairy cattle farming: Is precision livestock farming the compromise for an environmental, economic and social sustainable production? In: *Journal of Cleaner Production* 262: 121409. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121409>.
- Luhmann, H., C. Schaper und L. Theuvsen (2016). Future-oriented dairy farmers' willingness to participate in a sustainability standard: evidence from an empirical study in Germany. In: *International Journal on Food System Dynamics* 7(3): 243–257. <https://doi.org/10.18461/ijfsd.v7i3.735>.
- Lutz, K. J. (2017). Digitalisierung der Landwirtschaft: Revolution mit evolutionärem Charakter. In: Hildebrandt A. und W. Landhäußer (Hrsg.). *CSR und Digitalisierung. Der digitale Wandel als Chance und Herausforderung für Wirtschaft und Gesellschaft*. Wiesbaden: Springer Gabler Verlag: 429–442.
- Marescotti, M., E. Demartini, R. Filippini und A. Gaviglio (2021). Smart farming in mountain areas: Investigating livestock farmers' technophobia and technophilia and their perception of innovation. In: *Journal of Rural Studies* 86: 463–472. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.07.015>.

- Martí, J.M.C. und R.W. Seifert (2013). Assessing the Comprehensiveness of Supply Chain Environmental Strategies. In: *Business Strategy and the Environment* 22(5): 339–356. <https://doi.org/10.1002/bse.1749>.
- Martin, T., P. Gasselin, N. Hostiou, G. Feron, L. Laurens und F. Purseigle (2021). Robots and Transformations of Work on Farms: A Systematic Review. In: *2nd International Symposium on Work in Agriculture*: 1–15. <https://doi.org/10.15454/2dwm-x990>.
- Meyer, R., C. Priefer und S. Sauter (2021). Nachhaltigkeitsbewertung landwirtschaftlicher Systeme – Herausforderungen und Perspektiven. Endbericht zum TA-Projekt.
- Michels, M., V. Bonke und O. Musshoff (2019). Understanding the adoption of smartphone apps in dairy herd management. In: *Journal of Dairy Science* 102(10): 9422–9434. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16489>.
- Michels, M., W. Fecke, J.H. Feil, O. Musshoff, J. Pigisch und S. Krone (2020). Smartphone adoption and use in agriculture: empirical evidence from Germany. In: *Precision Agriculture* 21: 403–425. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16489>.
- Millar, K.M, S.M. Tomkins, R.P. White und T.B. Mephram (2002). Consumer attitudes to the use of two dairy technologies. In: *British Food Journal* 104(1): 31–44. <http://dx.doi.org/10.1108/00070700210418721>.
- Mohr, S. und R. Kühl (2021). Acceptance of artificial intelligence in German agriculture: an application of the technology acceptance model and the theory of planned behavior. In *Precision Agriculture* 22: 1816–1844. <https://doi.org/10.1007/s11119-021-09814-x>.
- Mooney, P., C. Clément und N. Jacobs (2007). Too Big to Feed; Exploring the Impacts of Mega-mergers, Consolidation and Concentration of Power in the Agri-food Sector. IPES-Food report. URL: [https://www.ipes-food.org/\\_img/upload/files/Concentration\\_FullReport.pdf](https://www.ipes-food.org/_img/upload/files/Concentration_FullReport.pdf). (Abgerufen am: 30.06.2023).
- Müller-Lindenlauf, M., C. Cornelius, G. Reinhardt, N. Rettenmaier und T. Schmidt (2014). Umweltbilanz von Milch und Milcherzeugnissen. Status quo und Ableitung von Optimierungspotenzialen. Projektbericht Ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. URL: <https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/IFEU-VDM-Milchbericht-2014.pdf> (Abgerufen am: 10.07.2023).
- Nowack, W., J.C. Schmid und H. Grethe (2019). Wachsen oder weichen!? Eine Analyse der agrarstrukturellen Debatte im Kontext der EU-Agrarpolitik nach 2020. In: *GAIA - Ecological Perspectives on Science and Society* 28(4): 356–364. <https://doi.org/10.14512/gaia.28.4.7>.
- OECD (2020). Künstliche Intelligenz in der Gesellschaft. <https://doi.org/10.1787/6b89dea3-de>
- Reid, J.I., A.F. Mcrae und R. Brazendale (1993). Farmer First Research: A review of phase one results in relation to farmers' willingness and ability to change. In: *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 55: 17–21. <http://dx.doi.org/10.33584/jnzg.1993.55.2079>.

- Perugini, M. und R.P. Bagozzi (2001). The role of desires and anticipated emotions in goal-directed behaviours: Broadening and deepening the theory of planned behaviour. In: *British Journal of Social Psychology* 40(1): 79–98. <https://doi.org/10.1348/014466601164704>.
- Petermann, T. und C. Scherz (2005). TA und (Technik-)Akzeptanz (-forschung). In: *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 14(3): 45–53. <https://doi.org/10.14512/tatup.14.3.45>.
- Pfeiffer, J., A. Gabriel und M. Gandorfer (2020). Understanding the public attitudinal acceptance of digital farming technologies: a nationwide survey in Germany. In: *Agriculture and Humans Values* 38(1): 107–128. <https://doi.org/10.1007/s10460-020-10145-2>.
- Pieper, L., M.G. Doherr und W. Heuwieser (2016). Consumers' attitudes about milk quality and fertilization methods in dairy cows in Germany. In: *Journal of Dairy Science* 99(4): 3162–3170. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10169>.
- Porter, M.E. und J.E. Heppelmann (2014). How smart, connected products are transforming competition. In: *Harvard Business Review* 65–88 November 2014. URL: <https://hbr.org/2015/10/how-smart-connected-products-are-transforming-companies> (Abgerufen am: 30.06.2023).
- Rose, D.C. und J. Chilvers (2018). Agriculture 4.0: Broadening Responsible Innovation in an Era of Smart Farming. In: *Frontiers in Sustainable Food Systems* 2(87): 1–7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00087>.
- Rose, D.C., J. Lyon, A. de Boon, M. Hanheide und S. Pearson (2021). Responsible development of autonomous robotics in agriculture. In: *Nature Foods* 2: 306–309. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00287-9>.
- Rotz, S, E. Duncan, M. Small, J. Botschner, R. Dara, I. Mosby, M. Reed und E.D.G. Fraser (2019). The Politics of Digital Agricultural Technologies: A Preliminary Review. In: *Sociologia Rurali* 59(2): 203–228. <https://doi.org/10.1111/soru.12233>.
- Rutten, C.J., W. Steeneveld, A.G.J.M. Oude Lansink und H. Hogeveen (2018). Delaying investments in sensor technology: The rationality of dairy farmers' investment decisions illustrated within the framework of real options theory. In: *Journal of Dairy Science* 101: 7650–7660. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13358>.
- Schäfer, M. und D. Keppler (2013). Modelle der technikorientierten Akzeptanzforschung. Überblick und Reflexion am Beispiel eines Forschungsprojekts zur Implementierung innovativer technischer Energieeffizienz-Maßnahmen, Discussion paper der Technischen Universität Berlin Nr. 34/2013, 2014. <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-4461>.
- Scholten, M.C.Th., I.J.M. de Boer, B. Gremmen und C. Lokhorst (2013). Livestock Farming with Care: towards sustainable production of animal-source food. In: *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences* 66(1): 3–5. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2013.05.009>.
- Schukat, S. und H. Heise (2021). Towards an Understanding of the Behavioral Intentions and Actual Use of Smart Products among German Farmers. In: *Sustainability* 13: 6666. <https://doi.org/10.3390/su13126666>.

- Schukat, S., L. Theuvsen und H. Heise (2019). IT in der Landwirtschaft: mit einheitlichen Definitionen zu einheitlichem Verständnis. In: 39. GIL-Jahrestagung, Digitalisierung für landwirtschaftliche Betriebe in kleinstrukturierten Regionen – ein Widerspruch in sich: 211–216.
- Schukat, S. (2021). Akzeptanz- und Ökonomiefragen zu Tierwohl und Smart Products in der deutschen Landwirtschaft. Dissertation Georg-August-Universität Göttingen.
- Schuppli, C.A., M.A.G., von Keyserlingk und D.M. Weary (2014). Access to pasture for dairy cows: Responses from an on-line engagement. In: *Journal of Animal Science* 92(11): 5185–5192. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2014-7725>.
- Soheyb, A, T. Abdelmoutia und T.S. Labib (2021). Toward agriculture 4.0: Smart farming environment based on robotic and IoT. In: 4th International Symposium on Advanced Electrical and Communication Technologies (ISAECT): 1–5 <https://doi.org/10.1109/ISAECT53699.2021.9668490>
- Sonka, S. (2014). Big Data and the Ag sector: more than lots of numbers. In: *International Food and Agribusiness Management Review* 17(1). <https://doi.org/10.22004/ag.econ.163351>.
- Sonntag, W.I., N. Wienrich und D. Schulze Schwering (2022). Precision Farming – Nullnummer oder Nutzbringer? Eine empirische Studie unter Landwirten. In: *Berichte über Landwirtschaft* 100(2): 1–32. <https://doi.org/10.12767/buel.v100i2.411>.
- Spiller, A., M. Gauly, A. Balmann, J. Bauhus, R. Birner, W. B Okelmann O. Christen, S. Entenmann, H. Grethe, U. Kniern, U. Latacz-Lohmann, J. Martinez, H. Nieberg, M. Qaim , F. Taube, B.-A. Tenhagen und P. Weingarten (2015). Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. In: *Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft* 221. <https://doi.org/10.12767/buel.v0i221.82>
- Stilgoe, J., R. Owen und P. Macnaghten (2013). Developing a framework for responsible innovation. In: *Research Policy*, 42(9), 1568–1580. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.05.008>.
- Sundrum, A. (2018): Big Data – Mittel zu welchen Zwecken? In: 7. Wilhelm-Stahl-Symposium Big Data im Stall – Zukunftsmodell oder Sackgasse? Tagungsbeiträge: 15–19.
- Tedeschi, L.O., P.L. Greenwood und I. Halachmi (2021). Advancements in sensor technology and decision support intelligent tools to assist smart livestock farming. In: *Journal of Animal Science* 99(2): 1–11. <https://doi.org/10.1093/jas/skab038>.
- Unold, O., M. Nikodem, M. Piasecki, K. Szyc, H. Maciejewski, M. Bawiec, P. Dobrowolski und M. Zdunek (2020). IoT-Based Cow Health Monitoring System. In: *Computational Science–ICCS 2020: 20th International Conference*: 344–356.
- van der Burg, S., M.-J. Bogaardt und S. Wolfert (2019). Ethics of smart farming: Current questions and directions for responsible innovation towards the future. In: *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences* 90–91: 100289. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.01.001>.
- Vasseur, E., F. Borderas, R.I. Cue, D. Lefebvre, D. Pellerin, J. Rushen, K. M. Wade und A.M. de Passille (2010). A survey of dairy calf management practices in Canada that affect animal welfare. In: *Journal of Dairy Science* 93:1307–1315. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2429>.

- Velde, H.T. N. Aarts und C. van Woerkum (2002). Dealing with Ambivalence: Farmers' and Consumers' Perceptions of Animal Welfare in Livestock Breeding. In: *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 15(2): 203–219. <https://doi.org/10.1023/A:1015012403331>.
- Vierboom, C., I. Härten und J. Simons (2006). Akzeptanz organisatorischer und technologischer Innovationen in der Landwirtschaft bei Verbrauchern und Landwirten. In: *Organisatorische und technologische Innovationen in der Landwirtschaft Schriftenreihe der landwirtschaftlichen Rentenbank Band 21*: 171–209.
- Wachenheim, C. und R. Rathge (2000). Societal Perceptions of Agriculture. *Agribusiness and Applied Economics Report No. 449*. Department of Agribusiness and Applied Economics Agricultural Experiment Station North Dakota State University.
- Weary, D.M., C.A. Schuppli und M.A.G. von Keyserlingk (2011). Tail docking dairy cattle: Responses from an online engagement. In: *Journal of Animal Science* 89(11): 3831–3837 <https://doi.org/10.2527/jas.2011-3858>.
- Weary, D.M. und M.A.G. von Keyserlingk (2017). Public concerns about dairy-cow welfare: how should the industry respond? In: *Animal Production Science* 57: 1201–1209 <http://dx.doi.org/10.1071/AN16680>.
- Weinrich, R., S. Kühl, A. Spiller und A. Zühlsdorf (2014). Consumer attitudes in Germany towards different dairy housing systems and their implications for the marketing of pasture-raised milk. In: *International Food and Agribusiness Management Review* 17(4): 205–222. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.188715>.
- Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim BMEL (WBA) (2015). Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Gutachten, Berlin. URL: [http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung.pdf;jsessionid=6CB4790DE7EB036DC22F808FAD570954.2\\_cid367?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung.pdf;jsessionid=6CB4790DE7EB036DC22F808FAD570954.2_cid367?__blob=publicationFile) (Abgerufen am: 30.06.2023).
- Wissenschaftsrat (2023). Perspektiven der Agrar- und Ernährungswissenschaften. Positionspapier. <https://doi.org/10.57674/vzz6-sw54>.
- Wolfert, S., L. Ge, C. Verdouw und M.-J. Bogaardt (2017). Big Data in Smart Farming – A review. In: *Agriculture Systems* 153: 69–80. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>.
- Zukunftskommission Landwirtschaft (2021). Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Empfehlungen der Zukunftskommission Landwirtschaft. URL: [www.bmel.de/goto?id=89464](http://www.bmel.de/goto?id=89464) (Abgerufen am: 30.06.2023).

## **Teil I – Die Wertschöpfungskette Milch im Überblick**

### **I. 1 Der Markt für Milch und Milcherzeugnisse 2022**

Greta Langer, Clara Mehlhose, Tim Knöpfel, Gesa Busch, Bernhard Brümmer und  
Achim Spiller

Dieser Beitrag ist so oder in ähnlicher Fassung veröffentlicht in der wissenschaftlichen  
Zeitschrift: German Journal of Agriculture Economics 72(Supplement): 18-36.



## 1. Einleitung

Das Jahr 2022 war weltweit durch außerordentliche Ereignisse gekennzeichnet: Pandemie, der russische Angriffskrieg gegen die Ukraine und eine Inflationsrate, die im Jahresdurchschnitt in Deutschland bei 7,9 % lag, haben die gesamtwirtschaftlichen Bedingungen im Vergleich zu den Vorjahren stark verändert. Davon betroffen waren auch die Entwicklungen am Milchmarkt. Mit Beginn des russischen Angriffskriegs im Februar 2022 verschlechterte sich die Beurteilung der Geschäftslage in der deutschen Molkereiwirtschaft deutlich (Janze et al., 2023). Gründe hierfür waren die sich abzeichnenden Unsicherheiten bei der künftigen Energieversorgung und die daraus resultierenden Mehrkosten für die Molkereiwirtschaft und die Milcherzeuger. Das Jahr 2022 war für die deutsche Milchwirtschaft trotzdem mit Rekordumsätzen von geschätzt 35 Mrd. Euro relativ erfolgreich (MIV, 2023a).

Zu Beginn des Jahres 2022 hatte die anhaltende Corona-Pandemie die europäische Milchwirtschaft noch fest im Griff und Lieferkettenprozesse waren teilweise verzögert. Die Milchanlieferung ging von März bis Juni 2022 durch eine in weiten Teilen der EU vorherrschende Dürre deutlich zurück. Dadurch waren auch die Inhaltsstoffe der Milchanlieferungen auf einem geringen Niveau, und Hersteller benötigten mehr Rohstofflieferungen für die Herstellung der gleichen Mengenchargen. Ab Juni 2022 nahm die EU-weite Produktion relativ zum Vorjahr jedoch wieder zu, sodass die Gesamtanlieferungsmenge in 2022 ungefähr auf Vorjahresniveau lag.

Die in der EU beobachteten Preise waren durch den Nettoexportstatus eng verknüpft mit den weltweiten Entwicklungen auf dem Milchmarkt und den Faktormärkten. Während in Neuseeland und Australien die Produktionsmengen sanken, konnten die USA ihre Exporte deutlich steigern und von den hohen Weltmarktpreisen profitieren. Auf Importseite verhinderte ein deutlicher Rückgang der Nachfrage aus China einen noch stärkeren Anstieg der Preise. Die ökologischen und konventionellen Erzeugerpreise stiegen stark an, und auch die Verbraucherpreise für Milchprodukte überschritten neue Preisschwellen.

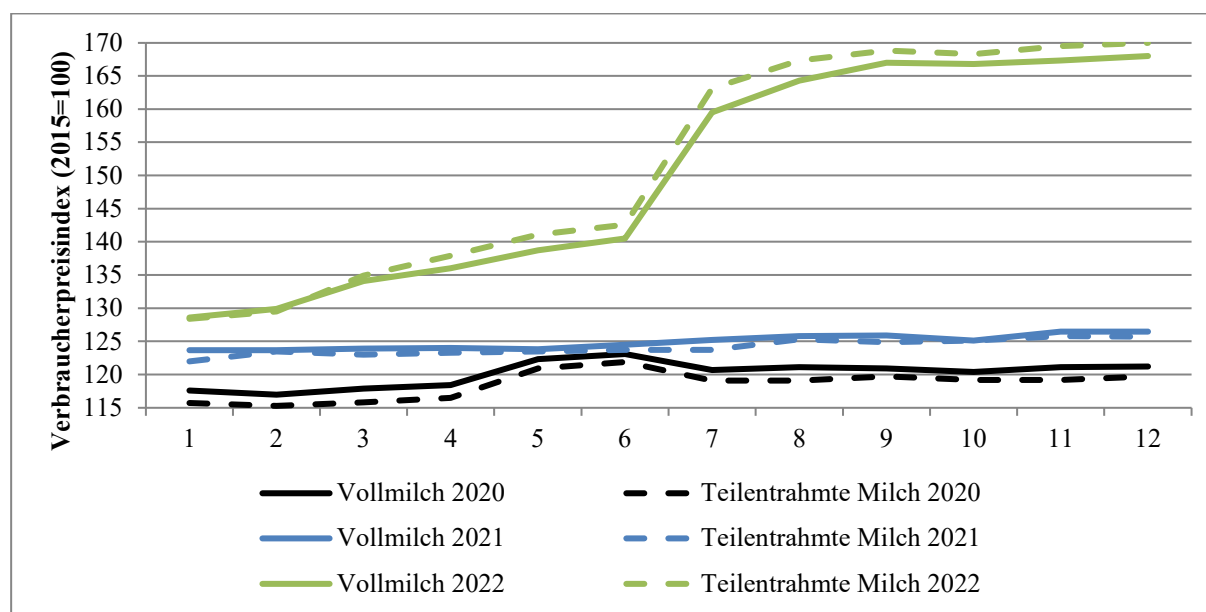
In der EU zeigte sich allerdings eine Trendwende bei der Nachfrage nach Biomilch, die zuvor während der Corona-Pandemie stark gestiegen war. Konventionelle und Bio-Erzeugerpreise näherten sich daher erstaunlich stark an. Daher widmen wir der Preisentwicklung auf dem Milchmarkt, insbesondere dem Vergleich von konventioneller und ökologischer Produktion, ein eigenes Kapitel am Ende des Artikels. Zu Beginn dieses Beitrags wird die Entwicklung entlang der Wertschöpfungskette Milch skizziert, von Konsument\*innen bis Produzent\*innen. Dabei werden die europäischen Milchmärkte, die Produktion und der Konsum in Europa sowie der innereuropäische Handel beleuchtet. Das folgende Kapitel betrachtet die internationalen Märkte und geht dabei auf Angebot, Nachfrage, Preise und Lagerhaltung ein. Abschließend werden die Entwicklung der Preise in der ökologischen und konventionellen Milchproduktion aufgezeigt und Unterschiede zwischen europäischen Ländern sichtbar gemacht. In den vorangehenden Kapiteln wird daher auf Unterschiede zwischen konventionellen und biologischen Preisentwicklungen weitgehend verzichtet.

## 2. Entwicklungslinien entlang der Wertschöpfungskette für Milchprodukte in Deutschland

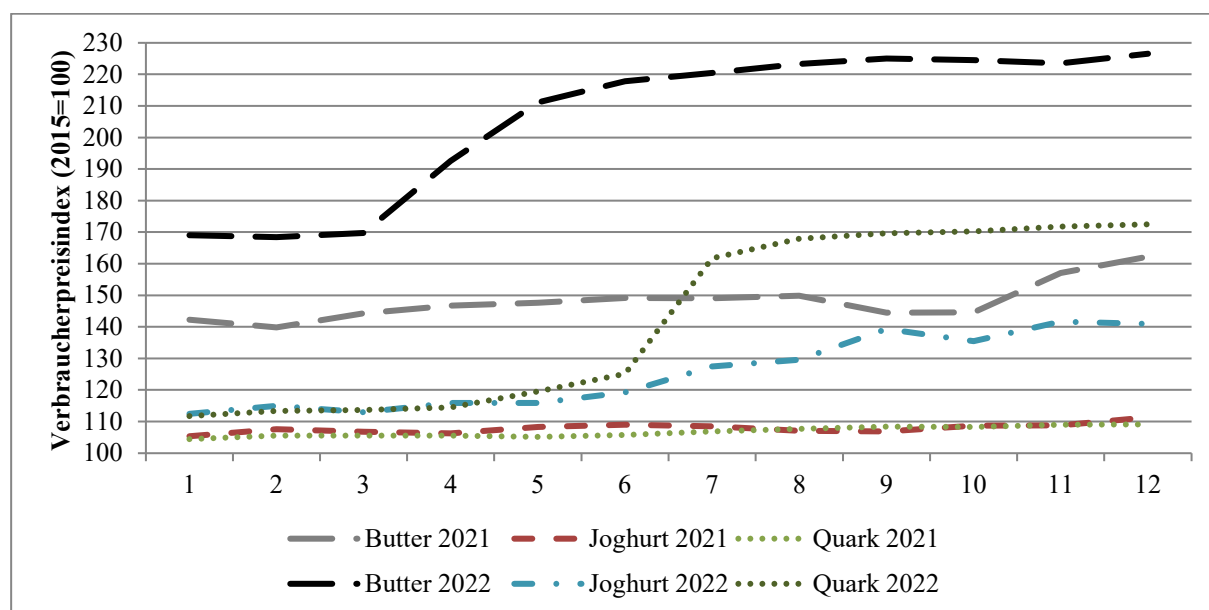
### 2.1 Konsument\*innen

Im Vergleich zum Vorjahr haben sich die Verbraucherpreise im Jahr 2022 insgesamt um 7,9 % erhöht (Destatis, 2023a). Die Jahresteuerrate war damit deutlich höher als in den vergangenen Jahren. Auch die monatlichen Inflationsraten waren im gesamten Jahr 2022 sehr hoch, der höchste Wert wurde im Oktober mit 10,4 % festgestellt. Getrieben wurde dies vor allem durch die extremen Preisanstiege für Nahrungsmittel und Energieprodukte seit Beginn des Krieges in der Ukraine. Die Verbraucherpreise für Nahrungsmittel erhöhten sich 2022 um 13,4 % gegenüber dem Vorjahr; 2021 hatte die Preissteigerung bei 3,2 % gelegen. Alle Nahrungsmittelgruppen waren von den Preisanstiegen betroffen, überdurchschnittlich stark verteuerten sich jedoch Speisefette und Speiseöle (+36,2 %, darunter beispielsweise Butter: +39,1 %) und Molkereiprodukte und Eier (+19,7 %) (Destatis, 2023a): Für Vollmilch und teilentrahmte Milch stiegen die Verbraucherpreise im Vergleich zum Vorjahr um 20,2 % bzw. 22,3 % an (siehe Abbildung 1). Für Quark (+33,6 %) und Joghurt (+16,3 %) stiegen die Preise ebenfalls deutlich (siehe Abbildung 2). Bei den Produkten der Gelben Linie verzeichneten Schnittkäse (+20,1 %), gefolgt von Frischkäse (16,8 %) und Hartkäse (+13,4 %) den stärksten Anstieg (siehe Abbildung 3) (Destatis, 2023b).

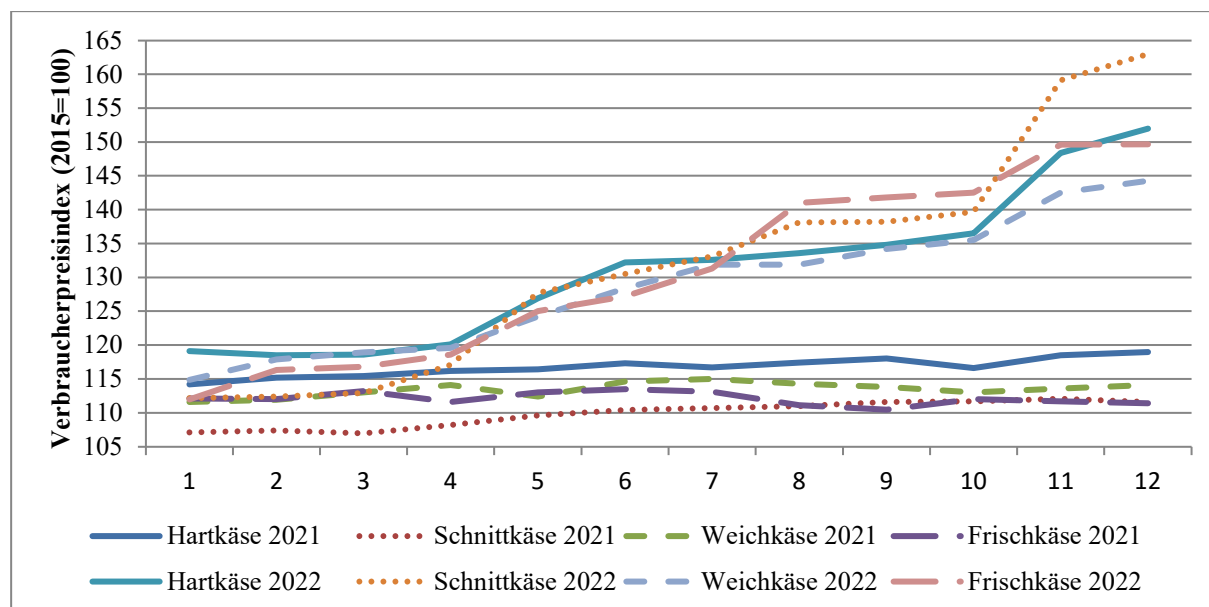
**Abbildung 1.** Verbraucherpreisindices für Vollmilch und teilentrahmte Milch im Vergleich der Jahre 2020-2022



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Destatis (2023b).

**Abbildung 2.** Verbraucherpreisindices für Joghurt, Quark und Butter im Vergleich der Jahre 2021 und 2022

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Destatis (2023b).

**Abbildung 3.** Verbraucherpreisindices für Hart-, Schnitt-, Weich- und Frischkäse im Vergleich der Jahre 2021 und 2022

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Destatis (2023b).

Die Einkaufsmengen für Produkte der Weißen Linie gingen 2022 um 4,4 % im Vergleich zum Vorjahr zurück (GfK, 2022). Dabei setzt sich bei Konsummilch der langjährige Trend fort: Die Absätze im Lebensmitteleinzelhandel (LEH) fielen in den ersten zehn Monaten des Jahres 2022 um 7,0 % niedriger aus als im Vorjahreszeitraum (ZMB, 2022). Erstmals war vom Rückgang auch der Absatz von Biomilch betroffen (-4,5 %), wohingegen die Nachfrage nach Konsummilch aus Weidehaltung zugenommen hat. Diese konnte im Durchschnitt jedoch günstiger eingekauft werden als Biomilch (ZMB, 2022). Positive

Absatzentwicklungen zeigten sich vor allem bei Handelsmarkenprodukten und dabei insbesondere bei Joghurt (+3,6 %), Fertigdesserts (+4,1 %) und Milchgetränken (+5,9 %) sowie auch bei Biohandelsmarkenprodukten (+1,4 %). Gestiegene Absatzzahlen verzeichneten außerdem die pflanzlichen Produkte der Weißen Linie (+3,3 %); auch hier stiegen mengenmäßig jedoch vor allem die Handelsmarkenprodukte (+6,3 % im Vergleich zu -8,3 % bei Markenprodukten) (GFK, 2022). Erstmals ist auch der Absatz von Käse zurückgegangen. Er sank im Jahr 2022 um 2,1 %, lag damit aber weiterhin höher als vor Beginn der Corona-Pandemie im Jahr 2019 (Ibid).

## 2.2 Lebensmitteleinzelhandel

Die starken (mengenbezogenen) Absatzsteigerungen der Jahre 2019/2020 scheinen vorerst vorbei zu sein, denn das Umsatzwachstum des deutschen LEH im Jahr 2022 in Höhe von 1,6 % (im Vergleich zum Vorjahr) ging ausschließlich auf Preissteigerungen zurück. Nach einem zunächst mäßigen Start in das Jahr 2022 haben in der zweiten Jahreshälfte fast alle Sortimentsbereiche von den Preissteigerungen profitiert. Allen voran waren es die Discounter, die eine Umsatzsteigerung von 7,6 % verzeichneten. Vollsortimenter, die in den vergangenen Jahren vor allem Coronabedingt noch die größten Umsatzentwicklungen erreichten, erzielten in 2022 ein Umsatzwachstum von nur 0,2 % (GFK, 2022).

Die Handelsmarken konnten nach starken Rückgängen in den Jahren 2018 bis 2021 ihren Umsatz in 2022 deutlich erhöhen. Auch bei Molkereiprodukten zeigte sich die Relevanz von Handelsmarken in Zeiten von Preisängsten der Konsument\*innen: Handelsmarken der Weißen Linien verzeichneten ein höheres Umsatzplus (+20,5 %) sowie geringere Absatzverluste (-1,6 %) als Markenprodukte der Weißen Linie (Umsatz: -3,2 % Absatz: -9,6 %). Für die Umsatzsteigerungen bei Handelsmarken waren damit auch hier ausschließlich höhere Preise verantwortlich (+22,4 %, GFK, 2022).

Insgesamt verzeichnet die Weiße Linie in 2022 ein Umsatzplus von 8,7 % im Vergleich zum Vorjahr. Discounter erzielten dabei das höchste preisgetriebene Umsatzplus von 14,3 %, aufgrund des höchsten Anteils an Handelsmarken. Vollsortimenter konnten ein Plus von 5,9 % und SB-Warenhäusern von 3,7 % erreichen. Bei den einzelnen Produktgruppen der Weißen Linie erzielten Handelsmarken für Joghurt (+3,6 %), Milchgetränke (+5,9 %) sowie Fertigdesserts (+4,1 %) Umsatzsteigerungen. Kein Umsatzplus hingegen ergab sich für Herstellermarken von Frischmilch (-8,1 %), Joghurt (-2,9 %), Fertigdessert (-3,9 %), Milchgetränken (-1,8 %) und Milchrahmerzeugnissen (-4,3 %) sowie Quark (-7,1 %) (GFK, 2022).

Auch Bio-Produkte der Weißen Linie verloren an Absatz (-4,5 %), während der Umsatz anstieg (+1,4 %). Die Verkäufe von veganen Drinks haben auch 2022 zugelegt, allerdings weniger kräftig als in den Jahren zuvor. Im Vergleich zu 2021 ist der Umsatz von Pflanzendrinks um 3,5 % gestiegen. Besonders beliebt unter den Pflanzendrinks war dabei der Haferdrink (IWD, 2022).

Über alle Warengruppen der Gelben Linie hinweg entwickelte sich der Umsatz preisgetrieben positiv (+7,6 %), wobei die verkaufte Menge rückläufig war (-2,1 %). Handelsmarkenprodukte waren dabei

erfolgreicher und verzeichneten ein höheres Umsatzwachstum (+17,9 %) als Markenprodukte (+1,7 %), auch weil Handelsmarkenpreise stärker gestiegen sind (+17,9 %). Umsatztreiber waren vor allem Frischkäse (+14,3 %), der sogar ein Absatzplus von 2,8 % erzielte. Hart- und Schnittkäse erreichten ein preisgetriebenes Umsatzplus von 10,9 %. Wie bereits in der Weißen Linie war auch in der Gelben Linie der Discountbereich der Umsatzgewinner (+14,1 %), gefolgt von Supermärkten (+7,7 %) und SB-Warenhäusern (+6,4 %). Sämtliche Bio-Produkte der Gelben Linie entwickelten sich im Um- und Absatz positiv. Ausnahme war hier lediglich Käse aus Sauermilch, der minimal an Absatz verlor (-0,4 %). Vor allem Bio-Fondue, Raclette Käse (+33,8 %), körniger Frischkäse (+28,9 %) sowie Mozzarella (+20,2 %) waren starke Umsatztreiber (Milch-Marketing, 02/2023).

Bei pflanzlichen Produkten der Gelben Linie wurde sowohl ein Umsatz- (+0,6 %) als auch ein Mengenwachstum (+5,4 %) erzielt (GfK, 2022). Hierbei waren vor allem Handelsmarken, die über Discounter vertrieben wurden, Umsatztreiber. Aber auch Markenhersteller konnten an Umsatz im Discount zulegen, sodass die Discounter insgesamt bei veganen Alternativen an Bedeutung gewonnen haben (Milch-Marketing, 12/2022). Der weltweite Aktionsmonat "Veganuary", der 2014 in Großbritannien initiiert wurde, hat seit dem Jahr 2020 auch im deutschen Lebensmitteleinzelhandel Einzug gehalten. Dabei wird das Ziel verfolgt, Verbraucher\*innen eine vegane Lebensweise näherzubringen. Mittlerweile beteiligen sich alle großen Einzelhändler in Deutschland. Im Jahr 2022 wurde ein neuer Teilnehmerrekord erreicht (Lebensmittelpraxis, 2022).

Zu Beginn der Corona-Pandemie verzeichneten Bio-Lebensmittel einen regelrechten Boom und erreichten zweistellige Wachstumsraten. Im deutschen Bio-Markt war 2022 jedoch kein Wachstum zu beobachten, im Gegenteil, Bio verlor 3,5 % und erreichte 15,3 Mrd. Euro Umsatz in 2022. Der LEH konnte seine Umsätze mit Bio-Lebensmitteln allerdings um 3,2 % steigern und war damit die treibende Kraft beim Bio-Umsatz. Mit insgesamt 10,2 Mrd. Euro erreichte der LEH 2022 einen Umsatzanteil von 66,6 % aller verkauften Bioprodukte. Insbesondere die Discounter trugen mit einem vergrößerten Angebot zur Marktentwicklung bei. Die Umsätze mit Bio-Lebensmitteln stiegen vor allem bei Discountern preisgetrieben an. Nach zwei boomenden Corona-Jahren verzeichnete der Naturkosthandel in 2022 Umsatzrückgänge von 12,0 % gegenüber dem Vorjahr. Auch Hofläden, Märkte, Reformhäuser und der Online-Handel verzeichneten einen Umsatzrückgang von 18,0 % (BÖLW, 2023).

Produktseitig führten vor allem Bio-Pflanzendrinks zu starkem Umsatzwachstum. Neben Käse waren Milchalternativen die einzigen Bio-Produkte mit größeren Einkaufsmengen als in 2021 (BÖLW, 2023).

### **2.3 Molkereien**

Das Jahr 2022 war für die globale Molkereiwirtschaft von Gegensätzen gekennzeichnet. Im ersten Halbjahr 2022 wirkte sich die Corona-Pandemie noch abschwächend auf Exporte von Molkereiprodukten aus. Inzwischen hat sich diesbezüglich die Situation auf den internationalen Agrarmärkten jedoch entspannt (Janze et al., 2023). Allerdings haben der russische Angriffskrieg in der Ukraine sowie der

globale Inflationsdruck die Lage auf dem Milchmarkt zusätzlich verschärft: Im zweiten Quartal 2022 beschleunigte sich der Anstieg der Betriebs- und Produktionskosten für Milch erheblich. Die erhöhten Kosten waren hauptsächlich auf die begrenzte Verfügbarkeit von Futter- und Düngemitteln sowie auf steigende Energiepreise zurückzuführen (Ibid). Insgesamt verzeichneten die 20 weltweit führenden Molkereien ein Gesamtumsatzplus von 9,3 % (in US-Dollar, in Euro entspricht das einem Umsatzwachstum von 5,0 % durch Wechselkurseffekte).

Fusionen und Übernahmen durch die 20 weltweit führenden Molkereien blieben im Jahr 2021 weitgehend auf dem langjährigen Niveau, nahmen aber in der ersten Hälfte des Jahres 2022 mit etwa 10 Übernahmen im Vergleich zu rund 30 Übernahmen im Vorjahr deutlich ab (RABOBANK, 2022). Offensichtlich scheute das Management die Risiken von M&A-Prozessen angesichts der hohen Unsicherheit.

Im Rabobank Molkerei-Ranking des Jahres 2022 zeigen sich Kontinuitäten und Veränderungen: Die privat geführte Molkerei Lactalis (Frankreich) hat mit einem geschätzten Umsatz von 22,6 Mrd. US-Dollar Nestlé im zweiten Jahr in Folge auf Platz zwei verwiesen und erreichte ein zweistelliges Wachstum im Vergleich zu 2021 (+11,9 %). Dies ist auf die Wachstumsfokussierung von Lactalis und eine weltweit ausgerichtete M&A-Strategie zurückzuführen. So übernahm Lactalis beispielsweise das US-amerikanische Naturkäsegeschäft Kraft Heinz (was die Firma aus dem Top-20-Ranking fallen ließ). Zudem wurden die australische Firma Jalna Dairy Foods sowie die Produktgruppe „Frische“ der Bayerische Milchindustrie eG samt Produktionsstätte in Würzburg gekauft. Mit diesem Kauf möchte Lactalis vor allem die Entwicklung des Marktes für regionale Produkte stärken. Darüber hinaus verdrängte die französische Molkerei Danone (Umsatz 17,7 Mrd. Euro, Platz 3) die Dairy Farmers of America Molkerei auf Platz 4 (Umsatz 16,3 Mrd. Euro) (Rabobank, 2022).

Die chinesischen Molkereien zeigen eine interessante Entwicklung. Mengniu erreicht im Ranking Platz 7 und konnte somit zwei Plätze gut machen und die europäischen Molkereien FrieslandCampina und Arla Foods auf Platz 8 bzw. Platz 9 verdrängen. Die chinesische Molkerei Yili befindet sich mit einem Umsatz von 15,4 Mrd. Euro unverändert auf Platz 5. Obwohl sie sich in der Rangfolge nicht verbessern konnte, verzeichnete sie dennoch das größte Umsatzwachstum im Vergleich zum Vorjahr (+31,7 %). Das Yili Future Intelligence and Health Valley, welches auch als "Silicon Valley der Milchwirtschaft" bezeichnet wird, stellt die weltweit größte Milchproduktionsregion dar (Rabobank, 2022; Dairy-Reporter, 2022).

Im Rabobank Molkerei-Ranking befinden sich weiterhin auch zwei deutsche Unternehmen: Das Deutsche Milchkontor (DMK) erzielte in 2021 einen Umsatz in Höhe von 4,4 Mrd. Euro und verschlechterte seine Position damit um sechs Plätze auf nun Platz 18 (letztes Jahr Platz 12). DMK hat seine Mehrheitsbeteiligung an F+S auf 10 % reduziert, was zu einem Umsatzrückgang von 21,8 % bzw. 1,2 Mrd. EUR gegenüber dem Vorjahr führte. Die Molkerei Müller verbesserte sich hingegen um drei Plätze auf Platz 17 (Umsatz 4,9 Mrd. Euro; Umsatzplus von 8,8 %) (Rabobank, 2022). Die geplante Übernahme von Verarbeitungseinrichtungen in Deutschland und 'frische Marken' der Molkerei FrieslandCampina durch

Müller hat grünes Licht vom Kartellamt erhalten (Bundeskartellamt, 2022). Voraussichtlich wird dies dazu führen, dass die Molkerei Müller ihr Umsatzwachstum im deutschen Lebensmitteleinzelhandel weiter verstärken wird (Handelsblatt, 2022). Grundsätzlich haben die Investitionen in der deutschen Molkereiwirtschaft in 2021 im Vergleich zu 2020 um 8,4 % auf 807 Mio. Euro zugenommen. Es lässt sich vermuten, dass angesichts steigender Zinsen, weltweit hoher Inflationsraten und einem damit nur schwer zu prognostizierenden Verbraucherverhalten das Investitionsverhalten von Unternehmen in Zukunft jedoch zurückhaltender ausfallen wird (Destatis, 2023c).

Immer mehr Molkereiunternehmen, darunter auch die DMK Group, richten ihre Nachhaltigkeitsambitionen an den Zielen der "Science Based Targets Initiative" (SBTi) aus. Die neuen Forest-Land-and-Agriculture-(FLAG)-Richtlinien der SBTi erleichtern es der Lebensmittel- und Getränkeindustrie, wissenschaftsbasierte Ziele festzulegen, welche die Treibhausgasemissionen reduzieren und die Dekarbonisierung der Weltwirtschaft vorantreiben sollen (Science Based Targets, 2023). Bisher haben sich acht der Top-20-Molkereiunternehmen zu den SBTi-Zielen öffentlich bekannt (Rabobank 2022; Milch-Marketing, 08/2022). Zudem sind Methansenkung und nachhaltige Verpackung Themen, mit denen sich viele Molkereien und Käsereien auseinandersetzen. Arla Foods beispielsweise hat ein Pilotprojekt zum Thema Methansenkungen in der Milchviehhaltung initiiert. Bestrebungen der Unternehmen, Verpackungen nachhaltiger zu gestalten, beispielsweise durch Tetrapacks aus Zuckerrohr, bestehen. Steigende Rohstoff- und Energiekosten erschweren derzeit jedoch die Suche nach weiteren Verpackungsalternativen (Milch-Marketing, 08/2022). Dennoch ist die Klimadebatte in der Milchwirtschaft längst angekommen, was sich u.a. beim Thema pflanzliche Ersatzprodukte zeigt (Ibid.). So etablierte die Molkerei Zott unter der neuen veganen Marke „Pure Joy“ Joghurt- und Grießsubstitute, und auch die Frischkäsemarke Bresso etablierte eine vegane Sorte und platzierte damit den ersten veganen Brotaufstrich einer bekannten Frischkäsemarke auf dem deutschen Markt (Milch-Marketing, 02/2023).

Die Milchanlieferung an deutsche milchwirtschaftliche Unternehmen hat sich im Jahr 2022 stabilisiert und liegt mit 31,90 Mio. t ungefähr auf Vorjahresniveau, nachdem es einen deutlichen Rückgang der Milchanlieferung im Jahr 2021 gab (in 2021: 31,94 Mio. t). Allerdings lagen vor allem in den Sommermonaten 2022 die Inhaltsstoffe der Milchanlieferungen auf einem geringen Niveau und mit der anhaltenden sommerlichen Dürreperiode war die Futtersversorgung für den Herbst und Winter problematisch (ZMB, 2022). Die Anlieferung von Bio-Milch wuchs mit niedrigen Wachstumsraten ähnlich wie im Vorjahr (Jan.-Okt. 2022: +3,0 %, Jan.-Okt. 2021: +3,2 %) (Ibid.).

Die Herstellung von konventioneller Konsummilch ist 2022 dem rückläufigen Trend des Vorjahres gefolgt und verringert sich voraussichtlich auf einen neuen Tiefststand von 4,1 Mio. t (-7,0 %) (ZMB, 2022). Die Entwicklung auf dem deutschen Buttermarkt verlief im Jahr 2022 (berücksichtigt wurden nur die ersten 11 Monate) uneinheitlich, ähnlich der der Milchanlieferung, mit einem deutlichen Rückgang im ersten Halbjahr und einem Zuwachs im zweiten Halbjahr. Schließlich pendelte sich die produzierte Menge Butter jedoch ungefähr auf Vorjahresniveau ein (-0,7 %) (BLE, 2023). Die Herstellung

von ökologischer Konsummilch nahm in 2022 um 0,6 % ab und bei ökologisch erzeugter Butter zeigte sich ein deutlicher Produktionsrückgang (-16,9 %) (Ibid.).

Jahrelang wuchs der Käsemarkt, sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Bereich. In 2021 wurde sogar noch ein neuer Produktionsrekord erreicht. In 2022 fiel jedoch die Herstellung im ökologischen Bereich um 2,9 % und im konventionellen Bereich um 0,9 % (Jan.-Nov. 2022) (BLE, 2023). Reduziert wurde vor allem die Produktion von konventionellem Koch- und Molkenkäse (-3,2 %), Frischkäse (-2,9 %) und Weichkäse (-1,9 %), wohin gegen bei Schmelzkäse (+3,0 %), Pasta Filata-Käse (+2,2 %) und halbfestem Schnittkäse (+2,0 %) mehr produziert wurde (BLE, 2023). Die teilweise rückläufigen Herstellungsmengen sind vor allem mit einem Konsumrückgang im LEH aufgrund der gestiegenen Preise zu erklären (ZMB, 2022).

## 2.4 Landwirtschaft

Im Jahr 2022 hat die Milchanlieferung mit 31,9 Mio. t in Deutschland wieder das Niveau von 2020 erreicht. Während die Anlieferungsmenge im ersten Halbjahr 2022 aufgrund der extrem hohen Kosten für Dünger, Energie und Futtermittel weiter zurückgegangen war, konnte sie sich im weiteren Jahresverlauf erholen – maßgeblich zurückzuführen auf die hohen Erzeugerpreise von z.T. 60 Cent/kg (eine ausführliche Diskussion der Milcherzeugerpreise findet sich im Kapitel 5 dieses Artikels). Die Milchinhaltsstoffe der angelieferten Milch sind dabei im Jahr 2022 zurückgegangen. Im Biobereich ist die Anlieferung von Milch in 2022 um etwa 3,0 % gestiegen – und damit auf ähnlichem Niveau wie im Vorjahr gewachsen und liegt bei 4,2 % des gesamten Milchaufkommens (ZMB, 2022).

Tabelle 1 zeigt den Strukturwandel auf Betriebsebene in den letzten zehn Jahren. Aktuell werden in Deutschland 3,8 Mio. Milchkühe gehalten und damit knapp 23.000 weniger als im Vorjahr. Der Milchkuhbestand hat sich in den letzten zehn Jahren um 10,7 % verringert – die Anzahl der Milchviehalter ist um ca. 34 % zurückgegangen. Auf Betriebsebene scheiden damit durchschnittlich 4,4 % pro Jahr aus. Im letzten Jahr war der Strukturwandel mit 3,5 % allerdings geringer als in den Vorjahren. Dies dürfte vor allem auf die gute Preislage am Milchmarkt zurückzuführen sein. Es ist daher anzunehmen, dass sich hier keine Trendwende ankündigt, sondern der Strukturwandel in den nächsten Jahren nachgeholt wird – vor allem, wenn die Preise wieder sinken. Die aktuelle Herdengröße lag im Jahr 2022 bei 72 Milchkühen pro Betrieb und ist damit, wie bereits 2021, um zwei Tiere im Vergleich zum Vorjahr gestiegen. Die Milchleistung pro Kuh und Jahr ist im Jahr 2022 mit 12 kg nur leicht gestiegen und lag bei 8.500 kg pro Kuh und Jahr. Daraus ergibt sich eine durchschnittliche Milchproduktion pro Betrieb und Jahr von 612.000 kg Milch.



**Tabelle 1.** Strukturwandel der deutschen Milchviehbetriebe zwischen 2013 und 2022

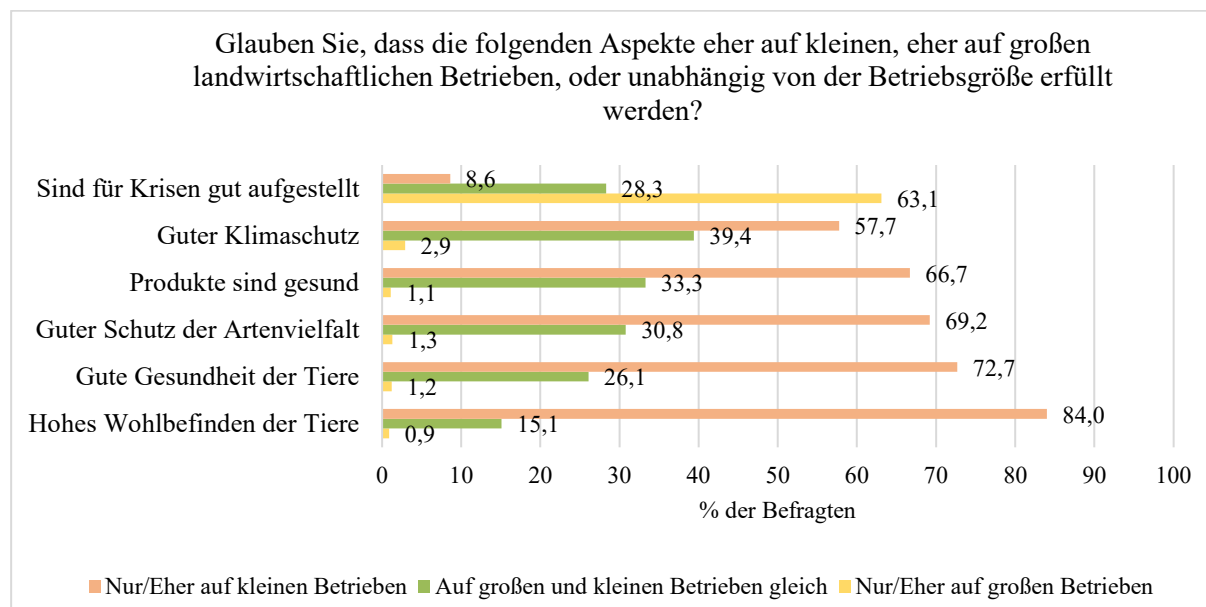
<b>Jahr</b>	<b>Milchkuhbestand</b>	<b>Anzahl Milchviehhalter</b>	<b>Strukturwandel Betriebe pro Jahr in %</b>	<b>Anzahl Kühe pro Halter</b>	<b>Milchproduktion pro Betrieb in kg</b>	<b>Milchleistung je Kuh und Jahr in kg</b>
2013	4.267.611	79.537	-4,00%	54	393.994	7343
2014	4.295.680	76.469	-3,90%	56	423.619	7541
2015	4.284.639	73.255	-4,20%	58	446.157	7628
2016	4.217.700	69.174	-5,60%	61	472.292	7746
2017	4.199.010	65.782	-4,90%	64	495.529	7763
2018	4.100.863	62.813	-4,50%	65	526.147	8068
2019	4.011.674	59.925	-4,60%	67	547.542	8246
2020	3.921.410	57.322	-4,30%	68	578.545	8457
2021	3.832.716	54.787	-4,40%	70	594.160	8488*
2022	3.809.717	52.895	-3,50%	72	612.000	8500**
<b>Veränderung 2013-2022 in %</b>	<b>-10,7</b>	<b>-33,53</b>	<b>-4,4 pro Jahr</b>	<b>+33,3</b>	<b>55,3</b>	<b>15,8</b>

Quelle: Statistisches Bundesamt (2023), MIV (2023b), eigene Berechnungen.

\* = vorläufig, \*\* = geschätzt

Betrachtet man die gesellschaftliche Wahrnehmung tierhaltender Betriebe, so spielt die Betriebsgröße eine wichtige Rolle. In einer Studie zum Zusammenhang zwischen Erwartungen an die Nachhaltigkeit der Tierhaltung und Betriebsgrößen zeigt sich, dass das Merkmal „Hält nur wenige Tiere“ unter den weniger wichtigen Merkmalen für einen ‚idealen‘ landwirtschaftlichen Betrieb gesehen wird (Rang 10 von 12). Ein Großteil der Befragten (ca. 76%) zeigt aber dennoch eine eindeutige Präferenz für kleine tierhaltende Betriebe (Busch et al., 2022a). Dies rührt vor allem aus der Vorstellung der Befragten, dass kleine Betriebe in vielen Merkmalen der Nachhaltigkeit sowie der Produktqualität deutlich besser abschneiden als große Betriebe (siehe Abbildung 4) – auch wenn es hierfür keine wissenschaftlichen Belege gibt. Bei ökonomischen Größen, wie bspw. der Krisenfestigkeit, werden große Betriebe als vorteilhafter eingeschätzt. Dieser vermutete Zusammenhang zwischen Nachhaltigkeit und Betriebsgröße rührt vermutlich daher, dass es vielen Menschen schwerfällt, die Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebe einzuschätzen. Die Betriebsgröße wird dann als Indikator herangezogen. Für den andauernden Strukturwandel mit immer größeren Betrieben in der Milchviehhaltung ist dies eine kommunikative Herausforderung.

**Abbildung 4.** Zusammenhang zwischen Betriebsgröße und Aspekten der Nachhaltigkeit aus Sicht von 985 Befragten in Deutschland



Quelle: eigene Darstellung nach Busch et al. (2022a).

### 3. Die europäischen Märkte für Milch und Milcherzeugnisse

#### 3.1 Produktion und Konsum in der EU-27

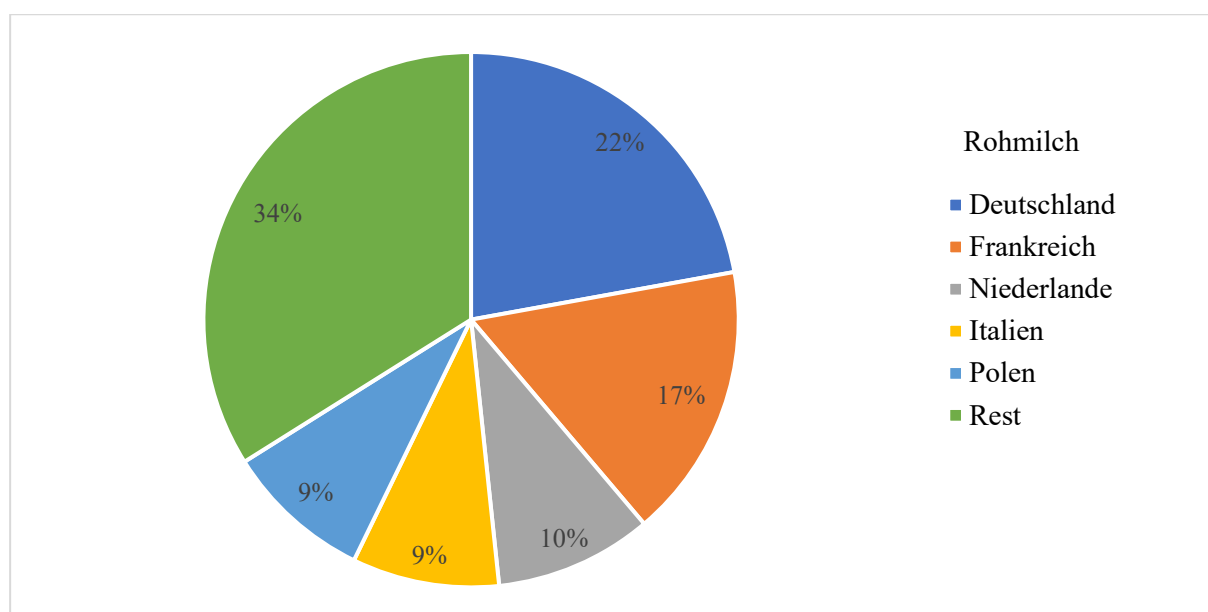
Die Anlieferungsmengen für Kuhmilch in der EU für den Zeitraum von Januar bis November 2022 waren im Vergleich zum Vorjahr quasi unverändert (-0,1 %). Die marginale Mengenreduzierung wird durch eine EU-weite Dürre und ein weiteres Schrumpfen der Herdengröße auf etwa 20,2 Mio. Tiere begründet. Trotz hoher Absatzpreise wird keine Trendänderung erwartet. Die Produktionsbedingungen führten zu deutlich schlechterem Aufwuchs von Gras und anderen Futtermitteln. Aufgrund dieser Bedingungen wird auch von einer Reduktion der Fett- und Proteingehalte in der Milch für 2022 ausgegangen. Im Vergleich zum Vorjahreszeitraum waren die Produktionsmengen bei Butter (-0,1 %), Käse (-0,5 %) und insbesondere Vollmilchpulver (VMP) (-5,3 %) unter den Vorjahresniveaus. Etwas höher war die Menge jedoch bei Magermilchpulver (MMP) (+0,6 %). Weiterhin wird durch weitere Auflagen der am 01.01.2023 in Kraft getretenen Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) und Farm-to-Fork-Strategie (F2F) eine weitere Marktkonsolidierung erwartet (Europäische Kommission, 2023a, b; USDA-FAS, 2022a). Insbesondere bei VMP setzt sich der rückläufige Trend aus dem Vorjahr fort, als die Menge ebenfalls um 10,6 % sank (Busch et al., 2022b).

Durch die in weiten Teilen der EU vorherrschende Dürre entwickelten sich die Anlieferungsmengen in den einzelnen Mitgliedsstaaten im Vergleich zum Vorjahr unterschiedlich. Die größte Mengensteigerung gab es in Österreich (+3,1 %) und die größte Reduktion in Ungarn (-5,5 %). In den Hauptproduktionsländern Deutschland (-0,3 %), Frankreich (-0,8 %) und Italien (-0,9 %) schrumpften die Mengen, während sie in den Niederlanden (+0,9 %), Polen (+2,1 %) und Irland (+0,7 %) stiegen. In Deutschland

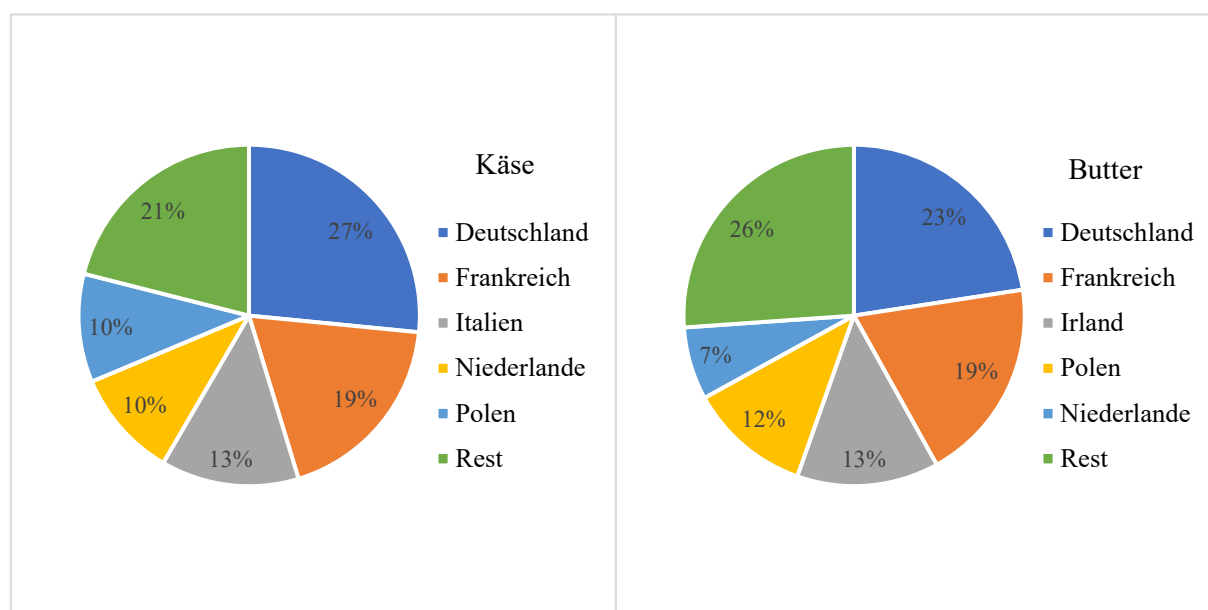
und Frankreich waren die Verluste durch die Dürre im Sommer ausschlaggebend, während die Anlieferungsmengen ab September über dem Vorjahreszeitraum lagen. In den Niederlanden lieferten die landwirtschaftlichen Betriebe bis einschließlich Mai zunächst weniger als im Vorjahr ab, danach dann mehr. Italien verzeichnete Mengenverluste in der zweiten Jahreshälfte. In den Hauptproduktionsländern setzten sich dabei nur in Deutschland und Frankreich die Trends aus dem letzten Jahr fort (Europäische Kommission, 2023a)

Abbildung 5 zeigt die Anteile der EU-weiten Anlieferungen aufgeteilt auf die Mitgliedsländer. Trotz der zuvor erläuterten unterschiedlichen Entwicklungen in den einzelnen Mitgliedstaaten, haben sich die Anteile im Vergleich zum Vorjahr beinahe nicht verändert. Einzig der Anteil der Niederlande wuchs.

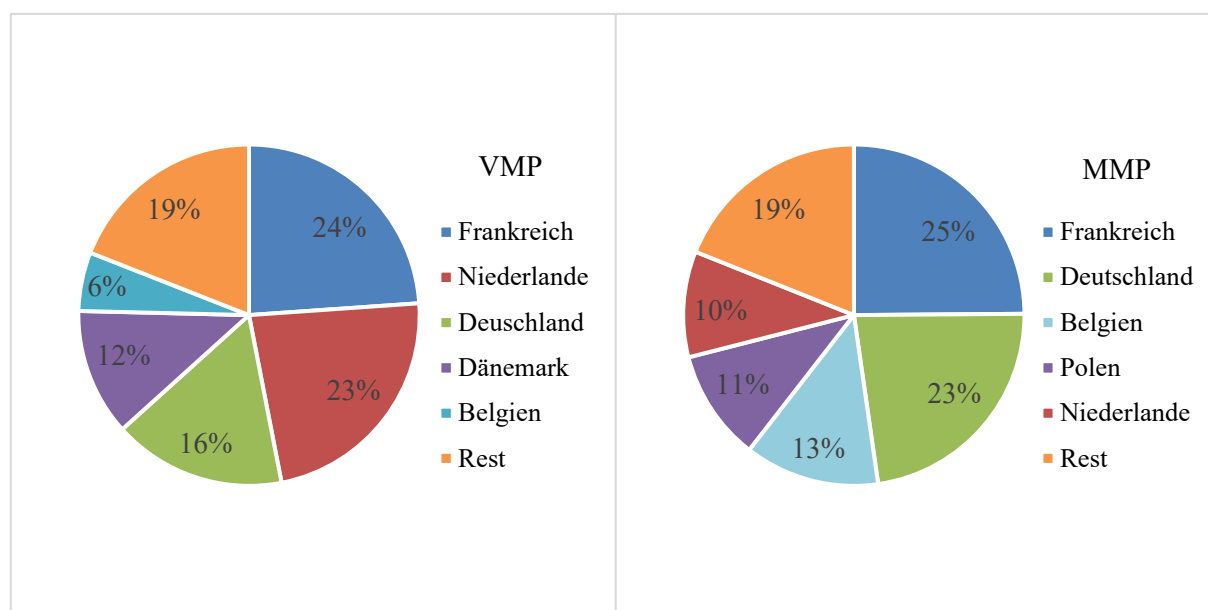
**Abbildung 5.** Anteil der Mitgliedsstaaten an den Anlieferungsmengen der EU-27 für Rohmilch



Quelle: eigene Berechnung nach Europäische Kommission (2023c).

**Abbildung 6.** Anteile der Mitgliedstaaten an den Produktionsmengen der EU-27 für Käse und Butter

Quelle: eigene Berechnung nach Europäische Kommission (2023c).

**Abbildung 7.** Anteile der Mitgliedstaaten an den Produktionsmengen der EU-27 für MMP und VMP

Quelle: eigene Berechnung nach Europäische Kommission (2023c).

Im Jahr 2022 stammten die größten Anteile der EU-weiten Rohmilchanlieferung von Deutschland und Frankreich. Im Vergleich zum Vorjahr waren auch die Anteile der Mitgliedsstaaten an den Produktionsmengen bei Käse und Butter stabil. Bei Käse hatten Deutschland, Frankreich und Italien die größten Produktionsmengen. Dabei konnte nur Frankreich seinen Marktanteil ausbauen. Bei der Produktion von Butter bildeten weiter Deutschland vor Frankreich und Irland die Top-3; Irland verlor und Polen gewann Marktanteile. Im Vergleich zu Käse und Butter änderten sich die Produktionsanteile bei Voll- und Magermilchpulver stärker. Bei VMP sprang Deutschland auf den ersten Rang vor Frankreich und den Niederlanden. Größtes Produktionsland bei MMP war wieder Frankreich vor Deutschland und Belgien.

### 3.2 Innereuropäischer Handel 2022

Laut aktueller Zahlen, dargestellt in den Tabellen 2-5, waren im Jahr 2022 weiterhin Deutschland, Frankreich, die Niederlande, Italien und Irland die mengenmäßig wichtigsten innereuropäischen Handelspartner für Milchprodukte. Im Vergleich zum Vorjahr stiegen die gehandelten Mengen bei MMP (5,0 %) und Käse (+4,5 %). Im Gegensatz dazu sanken die gehandelten Mengen bei Butter (-4,1 %) und VMP (-3,6 %). Käse war mit einem Anteil von 72,0 % an den Handelsmengen der vier wichtigsten Milchprodukte das meistgehandelte Milchprodukt in der EU. Bei den Käseexporten zeigen die Handelsdaten, dass der Marktanteil des wichtigsten Exporteurs Deutschland (-1,7 %) leicht zurückgegangen ist. Währenddessen konnten die Niederlande ihren Anteil (+0,9 %) ausbauen. Bei den Käseimporten sind die Marktanteile weitestgehend gleichgeblieben. Beim zweitmeistgehandelten Produkt Butter verloren die zwei wichtigsten Exporteure Niederlande (-1,1 %) und Irland (-3,9 %) Marktanteile. Auf Importseite konnte Frankreich (+3,0 %) sogar die Niederlande (-3,4 %) als wichtigstes Land ablösen. Beim Handel mit MMP waren weiter Deutschland (-2,1 %) auf Exportseite und die Niederlande (-0,8 %) die bei weitem wichtigsten Handelspartner. In der Kategorie VMP konnte Deutschland (+4,2 %) zum wichtigsten Exporteur vor Frankreich (-8,2 %) aufsteigen. Bei den Importen blieben weiterhin Deutschland (+1,5 %) und Belgien (+1,2 %) die wichtigsten Nationen. Grundsätzlich ist beim innereuropäischen Handel mit Milchprodukten ein sehr hoher Grad an intra-industriellem Handel zu beobachten, sodass die gleichen Länder häufig sowohl zu den größten Importeuren als auch Exporteuren zählen.

**Tabelle 2.** Innereuropäischer Handel mit Butter (ohne Vereinigtes Königreich (VK)) (in 1.000 t)

<b>Butter-Export</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022*</b>	<b>Butter-Import</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022*</b>
Niederlande	195	217	244	226	Frankreich	165	157	172	188
Irland	130	158	170	133	Niederlande	173	186	194	160
Deutschland	117	119	115	109	Deutschland	134	150	167	144
Belgien	106	101	100	102	Belgien	62	62	60	68
Polen	45	43	39	70	Italien	31	28	31	30
Frankreich	31	28	31	30	Spanien	20	19	23	26
Gesamt	721	753	804	771	Gesamt	721	753	804	771

\* Die Handelsmengen im Jahr 2022 sind Hochrechnungen auf Grundlage der bis 10/2022 vorhandenen Daten. Quelle: eigene Berechnungen nach Daten von Europäische Kommission (2023d).

**Tabelle 3.** Innereuropäischer Handel mit Käse (ohne VK (in 1.000 t))

<b>Käse-Export</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022*</b>	<b>Käse-Im- port</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022*</b>
Deutschland	1071	1094	1149	1128	Deutschland	830	863	877	911
Niederlande	746	730	752	824	Italien	512	491	512	517
Frankreich	477	471	488	484	Frankreich	363	386	422	467
Italien	306	324	359	404	Niederlande	388	395	417	419
Dänemark	262	262	266	272	Spanien	298	281	312	354
Belgien	207	209	218	236	Belgien	304	303	331	334
Gesamt	3948	3946	4174	4361	Gesamt	3948	3946	4174	4361

\* Die Handelsmengen im Jahr 2022 sind Hochrechnungen auf Grundlage der bis 10/2022 vorhandenen Daten. Quelle: eigene Berechnungen nach Daten von Europäische Kommission (2023d).

**Tabelle 4.** Innereuropäischer Handel mit MMP (ohne VK) (in 1.000 t)

<b>MMP-Export</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022*</b>	<b>MMP-Im- port</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022*</b>
Deutschland	237	227	207	203	Niederlande	256	231	218	224
Frankreich	100	105	108	98	Italien	80	66	68	85
Irland	70	61	53	78	Deutschland	56	63	59	70
Niederlande	66	69	69	68	Polen	52	45	58	63
Belgien	71	54	55	62	Belgien	59	60	57	49
Polen	28	30	37	51	Spanien	54	52	49	45
Gesamt	708	658	639	671	Gesamt	708	658	639	671

\* Die Handelsmengen im Jahr 2022 sind Hochrechnungen auf Grundlage der bis 10/2022 vorhandenen Daten. Quelle: eigene Berechnungen nach Daten von Europäische Kommission (2023d)

**Tabelle 5.** Innereuropäischer Handel mit VMP (ohne VK) (in 1.000 t)

<b>VMP-Exporte</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022*</b>	<b>VMP-Importe</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022*</b>
Deutschland	47	40	48	57	Deutschland	44	51	49	51
Niederlande	41	40	80	57	Belgien	31	26	41	42
Frankreich	34	37	42	43	Italien	27	24	30	40
Irland	26	30	24	29	Niederlande	48	41	39	36
Belgien	36	31	27	27	Frankreich	24	23	42	24
Polen	18	18	15	12	Polen	13	13	15	17
Gesamt	225	221	263	253	Gesamt.	225	221	263	253

\* Die Handelsmengen im Jahr 2022 sind Hochrechnungen auf Grundlage der bis 10/2022 vorhandenen Daten. Quelle: eigene Berechnungen nach Daten von Europäische Kommission (2023d).

#### 4. Der internationale Markt für Milch und Milcherzeugnisse

##### 4.1 Angebot

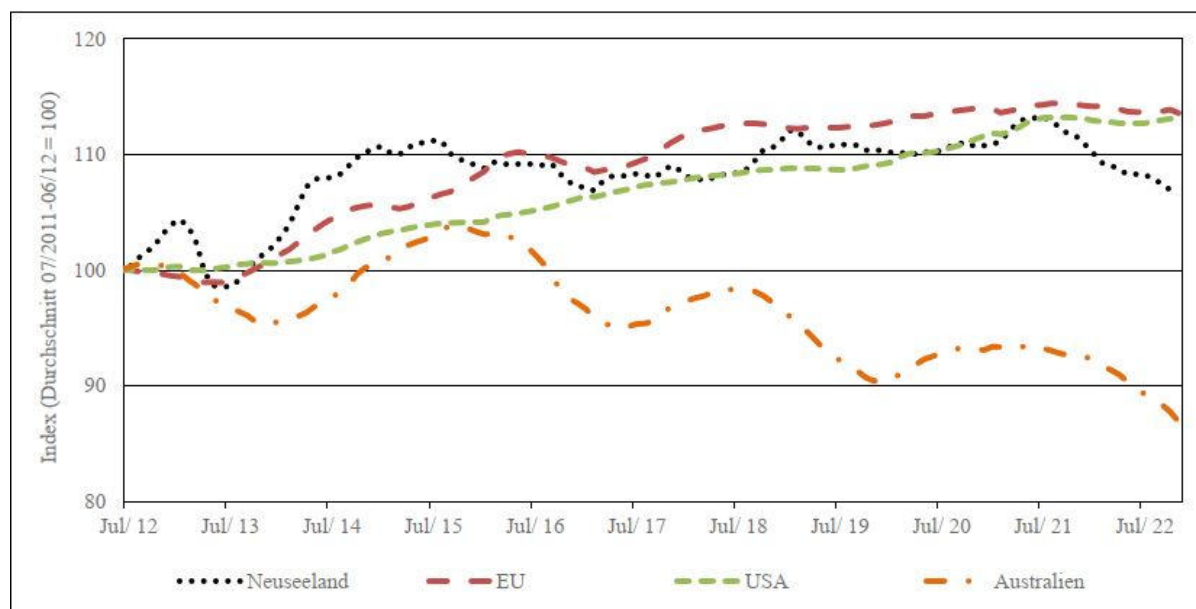
Wie Abbildung 8 zeigt, haben sich die langfristigen Trends bei der Entwicklung der Milchproduktionsmengen in den vier wichtigsten Exportländern weiter fortgesetzt. Im Vergleich zum Referenzzeitraum Juli 2011 bis Juni 2012 war die relative Mengensteigerung in der EU und den USA bis zum Jahr 2022 am größten. Während die Menge in der EU jedoch seit Anfang 2021 stagniert, wächst die Produktionsmenge in den USA stetig weiter. In Neuseeland setzte sich hingegen der seit Anfang 2021 vorherrschende Trend einer abnehmenden Produktion fort. Auch in Australien verstärkte sich der bereits seit 2015 zu beobachtende Trend sinkender Milchproduktionsmengen (Dairy Australia (2023), Europäische Kommission (2023a), USDA-NASS (2023a, b), DCANZ (2023)).

Die Rohmilchanlieferungen in der EU und den USA blieben für den Zeitraum von Januar bis November 2022 im Vergleich zum Vorjahreszeitraum weitestgehend stabil (EU -0,1 %; USA +0,1 %). In Australien (-6,7 %) und Neuseeland (- 4,2 %) sanken die Mengen jedoch deutlich. Wird für Australien (Juli bis November) und Neuseeland (Juni bis November) nur das aktuelle Wirtschaftsjahr betrachtet, so liegen die Mengen mit -6,7 % bzw. -3,1 % hinter den Vorjahresmengen.

In Australien waren die Bedingungen im Jahr 2022 durch hohe Regenmengen, niedrige Futterpreise und hohe Verkaufspreise sehr vorteilhaft für die Milcherzeuger. Allerdings führten der anhaltende Arbeitskräftemangel und hohe Energie- und Düngemittelpreise dazu, dass weiterhin viele Betriebe ihre Produktion ganz oder teilweise auf Mastrinder umstellten. Dies wurde durch die nach wie vor sehr hohen Schlachtpreise weiter begünstigt (USDA-FAS, 2022b).

In Neuseeland wurde das Zusammenspiel von vier Faktoren für die Reduktion der Milchmengen verantwortlich gemacht. Zunächst wurde die Produktion durch zu geringe Regenmengen als Folge des La-Niña-Wetterphänomens negativ beeinflusst. Außerdem führte in der ersten Hälfte des Jahres eine starke Covid-19-Welle zu einem hohen Krankenstand in den Schlachtbetrieben, wodurch diese gezwungen waren, die Produktion herunterzufahren. Als Folge davon verblieben viele Tiere, die zur Schlachtung vorgesehen waren, länger auf den Betrieben und verbrauchten dort Futter, das eigentlich für die Milchproduktion bestimmt war. Darüber hinaus waren die neuseeländischen Betriebe von hohen Futter- und weiteren Faktorpreisen betroffen. Zudem wurde das Land durch Störungen der internationalen Logistik beeinflusst, die die Preise weiter ansteigen ließen und auch die Verfügbarkeit von Produktionsfaktoren störte. Auf Absatzseite wurde die geringere Nachfrage aus China durch gestiegene Liefermengen nach Indonesien und Japan ausgeglichen (USDA-FAS, 2022c).

**Abbildung 8.** Entwicklung der Milchproduktionsmengen in den wichtigsten Exportländern (Referenzzeitraum 07/2011-06/2012)



Quelle: eigene Darstellung nach Daten von Dairy Australia (2023), Europäische Kommission (2023a), USDA-NASS (2023a, b), DCANZ (2023).

In den USA erzielten die wertmäßigen Exporte im Jahr 2022 neue Rekordzahlen durch die stark gestiegenen Weltmarktpreise. Die Werte konnten in den meisten Produktgruppen um 20 bis 30 % gesteigert werden. Im Vergleich stiegen die Mengen wesentlich geringer - im Durchschnitt um etwa 5 %. Bei MMP ist die exportierte Menge sogar um 8 % gesunken, während der Wert der Exporte trotz des Mengenrückgangs um 27 % gestiegen ist (USDA-FAS, 2022d).

In der EU beeinflussten sehr hohe Verarbeitungskosten infolge der gestiegenen Energiekosten die internationale Wettbewerbsfähigkeit insbesondere für Milchpulver negativ. Folglich dürfte die bevorzugte Verarbeitungslinie aufgrund der hohen internationalen Preise die Herstellung von Käse gewesen sein (Europäische Kommission, 2022a).



Wie schon im Vorjahr waren die Außenhandelsmengen der EU für den Zeitraum Januar bis November 2022 in den meisten Produktgruppen gesunken. Im Vergleich war die Reduktion bei Käse (-3,0 %) deutlich geringer als bei MMP (-12,0 %) und VMP (-19,0 %). Nur bei Butter (+1,9 %) konnte eine Steigerung der Exporte in das VK (+39,4 %) die Reduktion der sonstigen Exporte (-10,8 %) ausgleichen (Europäische Kommission, 2023e)<sup>1</sup>.

Die Tabellen 6 und 7 zeigen weitere Entwicklungen der Exportmengen der jeweils fünf wichtigsten Exportländer. Die Reihenfolgen ergeben sich aus der Abfolge der wichtigsten Exporteure im Jahr 2021. Die EU wird hier als ein Handelsblock betrachtet und entsprechend wird der intra-EU-Handel nicht miteinbezogen. Neben den bereits diskutierten wichtigsten Akteuren kommen zudem das VK, Argentinien, die Türkei, Uruguay und Belarus unter den jeweils wichtigsten fünf Exporteuren auf. Für das VK zeigt die Entwicklung einen leichten Aufwärtstrend nach sehr starken Reduzierungen im letzten Jahr. Auffällig ist zudem die starke Konzentration der Exportmengen auf meist ein bis zwei Hauptexporteure, diese ist besonders ausgeprägt bei VMP.

**Tabelle 6.** Veränderungen der Exportmengen der Top-5 Butter- und Käse-Exportländer

Butter & -öl – Exportländer	2022* 1000 t	Veränderung der Exporte			Käse- Exportländer	2022* 1000 t	Veränderung der Exporte		
		2020	2021	2022			2020	2021	2022
1 Neuseeland	396	-8%	-6%	14%	1 EU (extra)	849	2%	6%	-4%
2 EU (extra)	177	6%	15%	-10%	2 USA	418	-1%	11%	12%
3 USA	77	-18%	127%	47%	3 Neuseeland	306	-4%	17%	-6%
4 VK	44	-22%	-57%	10%	4 Australien	133	-5%	3%	-5%
5 Belarus	18	2%	12%	-6%	5 VK	163	-1%	-46%	17%

\*Exportmenge in 1000 t von Januar – November 2022.

Quelle: Europäische Kommission (2022b, 2023f).

<sup>1</sup> Durch fehlende Daten für die Handelsmengen für Nov. 2022 mit dem VK können sich die Relationen nachträglich noch leicht verändern.

**Tabelle 7.** Veränderung der Exportmengen der Top-5 MMP- und VMP-Exportländer

MMP- Exportländer	2022* 1000 t	Veränderung der Exporte			VMP-Export- länder	2022* 1000 t	Veränderung der Exporte		
		2020	2021	2022			2020	2021	2022
1 USA	767	20%	10%	-7%	1 Neuseeland	1,192	1%	9%	-17%
2 EU (extra)	632	-14%	-2%	-12%	2 EU (extra)	211	10%	-10%	-19%
3 Neuseeland	315	-3%	-6%	8%	3 Uruguay	118	8%	-1%	-10%
4 Australien	139	-1%	15%	3%	4 Argentinien	121	70%	-3%	6%
5 Türkei	45	-58%	251%	-20%	5 Australien	53	-13%	55%	17%

\*Exportmenge in 1000 t von Januar – November 2022

Quelle: Europäische Kommission (2022b, 2023f).

## 4.2 Nachfrage

Auf Nachfrageseite gab es im Jahr 2022 unterschiedliche Trends in den wichtigsten Importländern. Der Milchmarkt in China wurde 2022 speziell durch die gestiegenen Produktpreise und die logistischen Unterbrechungen beeinflusst. Infolgedessen sanken die Importe von Käse, MMP und VMP deutlich. Nur die Importmenge von Butter (+4,0 %) steigerte sich leicht. Nach USDA-Schätzungen konnte 2022 die inländische Produktion zwischen 6,4 und 11,3 % gesteigert werden - auf etwa 39 Mio. t. Auch stieg die Anzahl der Milchkühe um 200.000 Tiere auf 6,4 Mio. Tiere an. Der Produktionsausbau wurde weiter durch staatliche Unterstützungsprogramme gefördert. Laut dem aktuellen Fünfjahresplan soll die Milchmenge bis 2025 auf 41 Mio. t ausgebaut werden (USDA-FAS, 2022e).

Die indonesische Milchproduktion wurde 2022 von einem sehr großen Ausbruch der Maul- und Klauenseuche getroffen. Speziell auf der Insel Java, die nahezu die komplette indonesische Herde beheimatet, waren über 90 % der Kühe von Genossenschaften betroffen. Die kleinstrukturierten Mitglieder dieser 59 Milchkooperativen produzierten in der Vergangenheit etwa 72 % der Milchmenge, während die restlichen 28 % von mehreren großen und modernen Milchviehbetrieben kamen. Infolge des Ausbruchs starben annähernd alle Kälber der Kooperativen, und die inländische Milchproduktion sank um 35 % im Vergleich zum Vorjahr. Um die fehlenden Mengen zu kompensieren, stiegen die Importe deutlich um etwa 6 % auf nun geschätzt etwa 86 % der konsumierten Menge an (USDA-FAS, 2022f).

Die Tabellen 8 und 9 zeigen weitere Veränderungen der Importmengen der jeweils zehn wichtigsten Importeure. Die Reihenfolge stammt von der Abfolge der Nationen im Jahr 2021. Besonders deutlich wird in diesen vier Tabellen die große Dominanz von China in drei der vier Produktkategorien trotz großer prozentualer Abnahmen der Importmengen bei MMP und VMP. Für das VK ist weiter eine große Importabhängigkeit von der EU anzumerken. So stammen 2022 weiter 99,0 % der Käse- und 100 % der Butterimporte aus der EU. Auch bei den USA zeigte sich mit 70,0 % der Käse- und 61,0 % der Butterimporte ein starker Fokus auf EU-Produkte.

### 4.3 Preise und Lagerhaltung

Wie auch schon in den letzten Jahren waren die kombinierten Lagerbestände für Butter und MMP in der EU und den USA auf einem sehr niedrigen Niveau (siehe Abbildung 9). Die EU meldet seit Januar 2021, dass ihre Lager für Butter und MMP komplett leer sind, während in den USA ein saisonaler Zyklus bei der Lagerbestandsentwicklung zu beobachten war.

**Tabelle 8.** Veränderungen der Importmengen der Top-10 MMP- und VMP-Importländer

MMP- Importländer	2022* 1000 t	Veränderung der Importe			VMP-Import- Län- der	2022* 1000 t	Veränderung der Importe		
		2020	2021	2022			2020	2021	2022
1 China	306	-2%	27%	-24%	1 China	662	-2%	38%	-19%
2 Indonesien	195	5%	1%	9%	2 Sri Lanka	34	4%	-5%	-52%
3 Philippinen	166	1%	-6%	22%	3 Indonesien	87	-16%	41%	47%
4 Mexiko	184	-13%	-48%	60%	4 Thailand	68	-6%	0%	20%
5 Malaysia	109	-7%	6%	8%	5 Singapur	56	-17%	9%	2%
6 Thailand	58	-9%	4%	-4%	6 Brasilien	73	32%	-36%	51%
7 Ägypten	16	-13%	-6%	-70%	7 Malaysia	39	-21%	-12%	2%
8 Singapur	53	2%	-10%	1%	8 Hong Kong	30	-44%	-28%	-20%
9 Kolumbien	27	-17%	-1%	9%	9 Australien	37	23%	-17%	7%
10 Taiwan	23			-1%	10 Taiwan	34		-1%	2%

\* Importmenge in 1000 t von Januar – November 2022

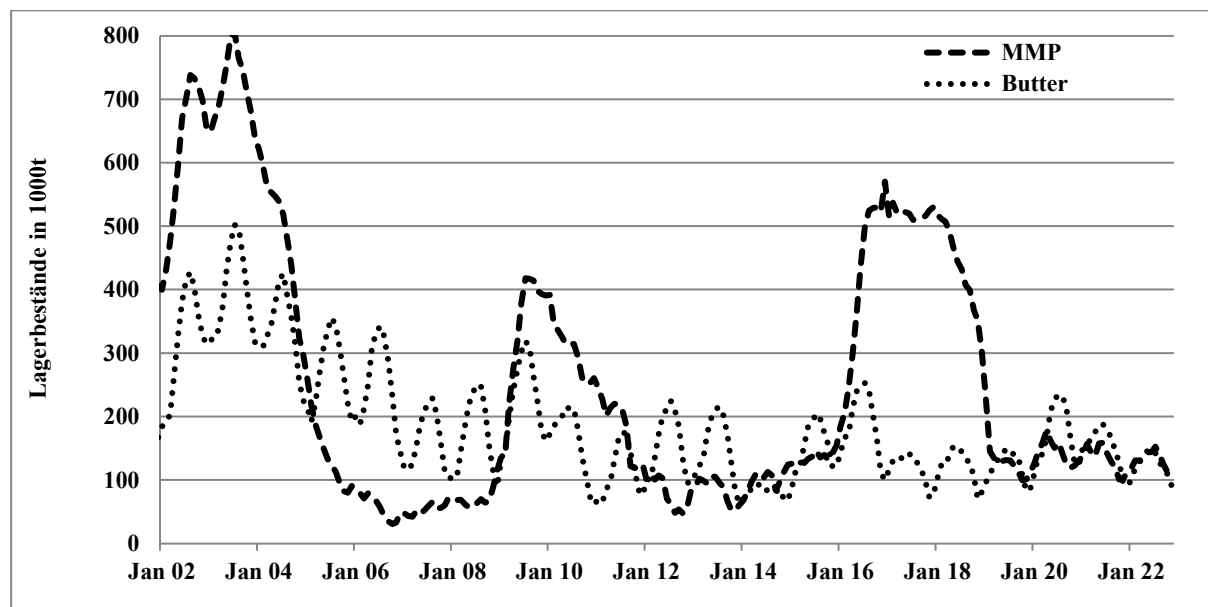
Quelle: Europäische Kommission (2022b, 2023f).

**Tabelle 9.** Veränderung der Importmengen der Top-10 Butter- und Käse-Importländer

Butter & -öl – Importländer		2022* 1000 t	Veränderung der Importe			Käse- Importländer		2022* 1000 t	Veränderung der Importe		
			2020	2021	2022				2020	2021	2022
1	China	132	34%	21%	8%	1	VK	367	-7%	-18%	1%
2	USA	64	0%	-13%	14%	2	Japan	251	-4%	-1%	-5%
3	VK	47	-23%	-23%	0%	3	USA	175	-10%	17%	1%
4	Australien	35	7%	-8%	6%	4	China	134	12%	38%	-18%
5	Philippinen	24	-16%	18%	-18%	5	Südkorea	142	13%	4%	-2%
6	Kanada	29	-7%	28%	11%	6	Australien	85	0%	0%	-6%
7	Taiwan	22		12%	4%	7	Mexiko	102	37%	37%	16%
8	Indonesien	27			59%	8	Schweiz	67	12%	6%	-3%
9	Ägypten	61			322%	9	Chile	52		43%	-25%
10	EU (extra)	31	-39%	-4%	226%	10	EU (extra)	63	1%	10%	4%

\* Importmenge in 1000 t von Januar – November 2022

Quelle: Europäische Kommission (2022b, 2023f).

**Abbildung 9.** Öffentliche und gemeldete Lagerbestände\* der EU und USA

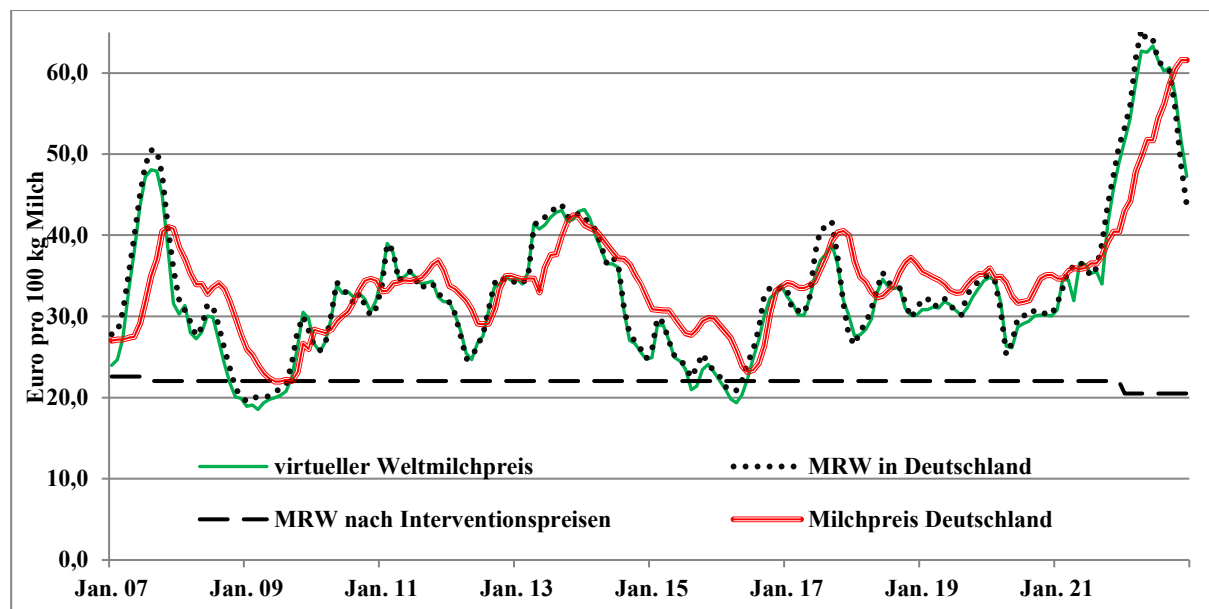
\* Die abgebildeten Lagerbestände umfassen die öffentlichen und privaten Lagerbestände in den USA sowie die Interventionsbestände und Butterbestände mit privater Lagerbeihilfe in der EU.

Quelle: Europäische Kommission (2023g), USDA-ESMIS/NASS (2023).

Nach einer kurzen Corona-bedingten Periode mit Einlagerungen zwischen Mai und Dezember 2020 setzt sich der Zustand leerer Lager in der EU fort. Davor hatte die EU zuletzt im Juli 2019 für MMP und im Mai 2017 für Butter Lagerbestände für diese beiden Produkte gemeldet.

Bestimmend für die internationalen Märkte für Milch und Milchprodukte waren die Rekordpreise des Jahres 2022. Wie in Abbildung 10 zu sehen, stiegen der Milchrohstoffwert (MRW) sowie der Weltmilchpreis und mit einiger Verzögerung auch der Milchpreis in Deutschland sehr stark an. Während der deutsche Milchpreis weiter stieg, sanken der Weltmilchpreis und auch die MRW ab Juli 2022 rapide ab.

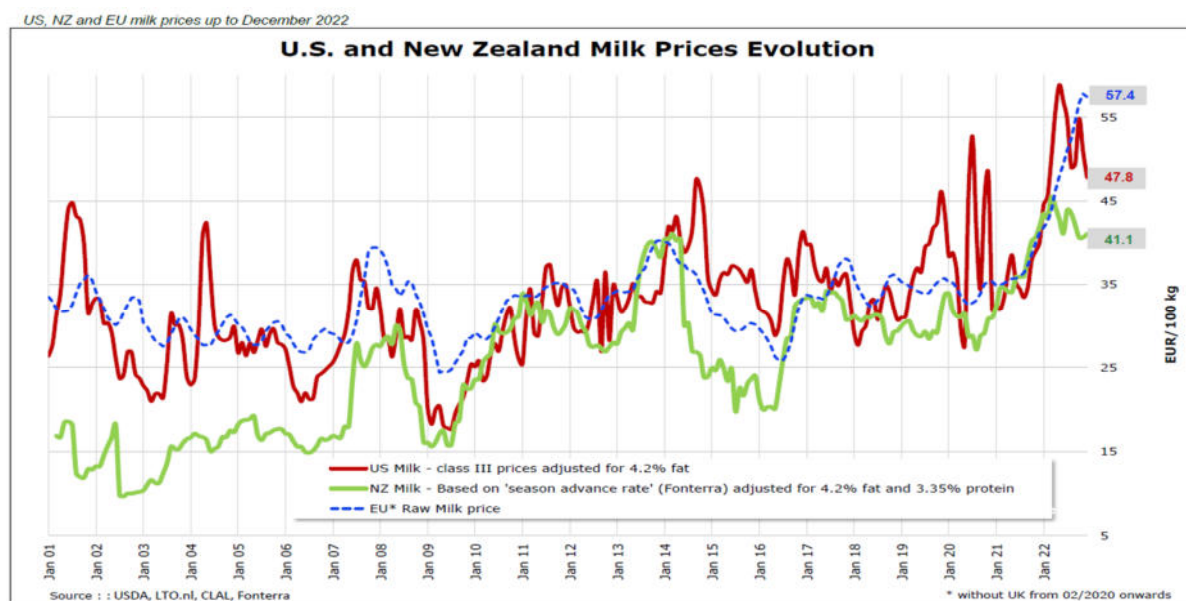
**Abbildung 10.** Entwicklung des Milchrohstoffwertes und Milchpreises



Der Milchrohstoffwert (MRW) setzt sich aus den Preisen für Butter und MMP (Fett- und Eiweißkomponente der Milch), abzüglich Verarbeitungskosten zusammen. Der MRW zu Exportpreisen Westeuropas wird hier als "virtueller Weltmilchpreis" bezeichnet.

Quelle: eigenen Berechnungen nach Europäische Kommission (2023h).

**Abbildung 11.** Entwicklung der Milchpreise in den wichtigsten Exportregionen



Quelle: Europäische Kommission (2023i).

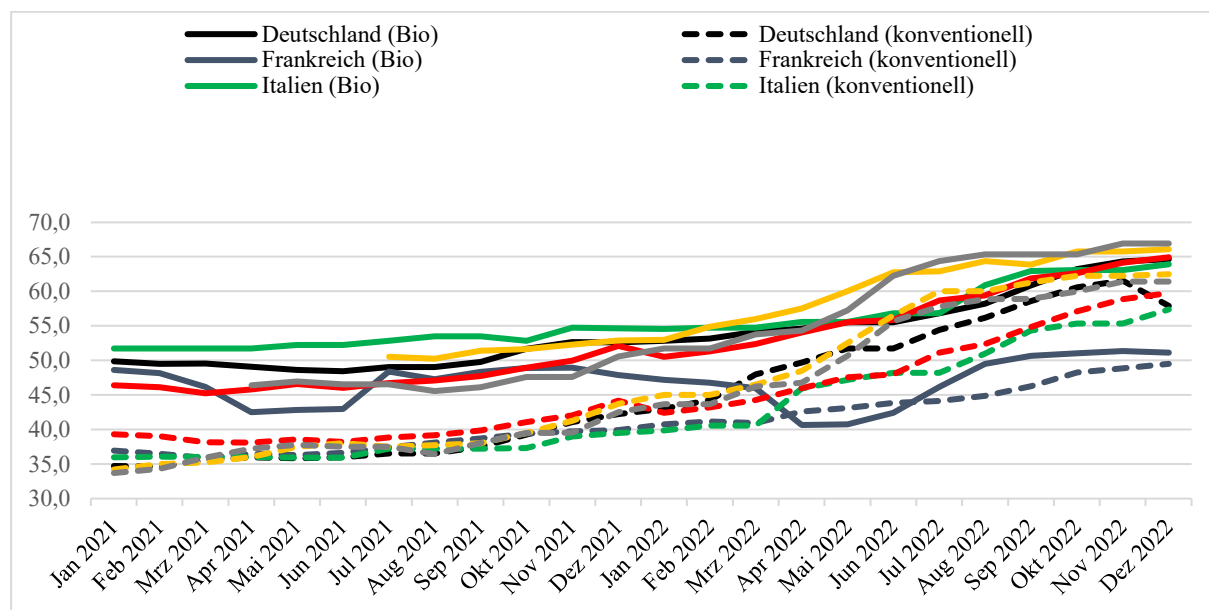
Abbildung 11 verdeutlicht, dass die starke Milchpreisentwicklung und damit auch eine Fortsetzung des Trends aus dem letzten Jahr in den drei wichtigsten Exportnationen USA, Neuseeland und der EU zu finden war. In Neuseeland hielt der steigende Trend allerdings nur kurze Zeit an und sank nach dem Erreichen von knapp über 45 €/100 kg wieder deutlich auf 41 €/100 kg ab. In den USA waren wie auch in den letzten Hochpreisphasen wieder sehr starke Schwankungen zu verzeichnen. Während der Markt zuerst rapide auf etwa 58 €/100 kg anstieg, sank der Preis dann wieder mit starken Schwankungen bis 47 €/100 kg ab. In der EU hielt der Preisanstieg bis November an und erreicht 57 €/100 kg.

## **5. Vergleich der Preisentwicklungen zwischen konventionellen und biologischen Milchpreisen**

Der Vergleich der Erzeugerpreisentwicklungen für konventionelle und Biorohmilch zeigt, dass die Preisabstände zwischen den beiden Produktionsrichtungen in allen dargestellten Hauptproduktionsländern innerhalb der EU deutlich geschrumpft sind (siehe Abbildung 12). Betrug die Preisdifferenz in Deutschland z.B. im Januar 2022 noch 9,8 ct/kg (Biomilch: 52,8 ct/kg; konv. Milch: 43,0 ct/kg), so sank sie im Verlauf des Jahres immer weiter und lag im August 2022 bei nur noch 2,0 ct/kg, sodass die beiden Milchpreise damit fast dasselbe Niveau erreichten (Biomilch 58,8 ct/kg, konv. Milch: 56,2 ct/kg). Bis November lag der Abstand dann weiterhin nur bei 2,8 ct/kg, bevor er im Dezember auf 6,8 ct/kg sprang.

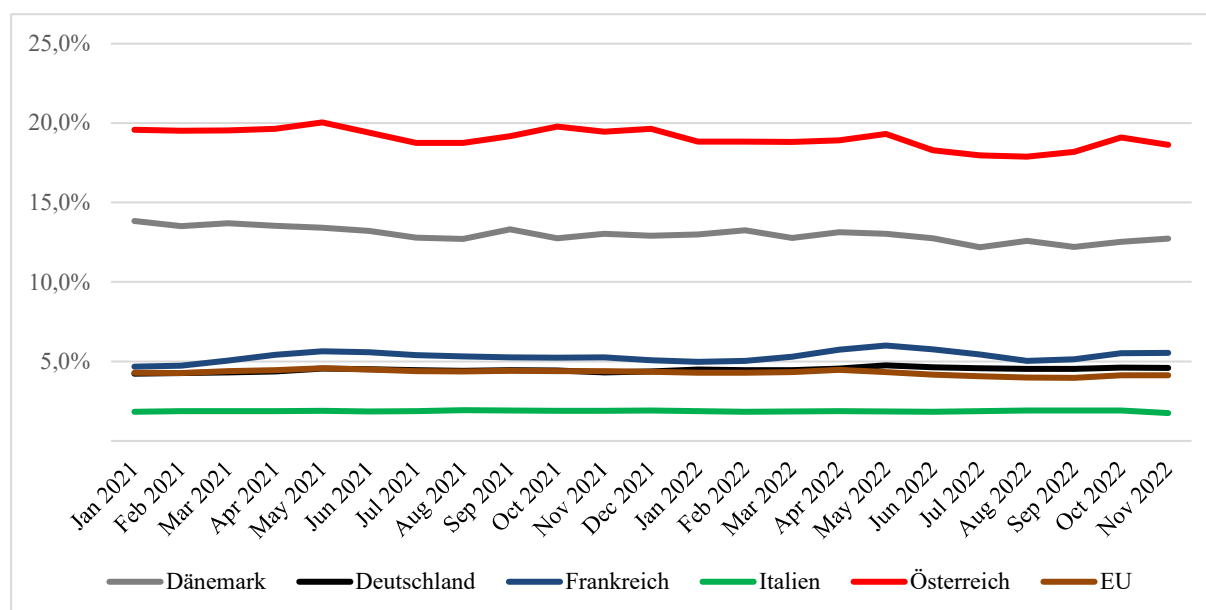
Die Biomilchpreise in den Niederlanden und Dänemark lagen im Dezember 2022 mit 66,1 ct/kg bzw. 67,0 ct/kg im Vergleich zu den anderen Hauptproduktionsländern der EU auf dem höchsten Niveau. Zu diesem Zeitpunkt lagen die Preisabstände bei 3,2 ct/kg bzw. 5,5 ct/kg. Unter den aufgeführten Ländern wurde im Jahr 2022 die größte Differenz von Italien im Januar mit 14,7 ct/kg angegeben. Bis Dezember 2022 schrumpfte der Abstand auch hier auf nur noch 6,5 ct/kg (Biomilch 63,9 ct/kg, konv. Milch 57,4 ct/kg). Dabei fällt auf, dass die Preissteigerung bei konventioneller Milch bereits Mitte 2021 eingesetzt hatte, während dies bei Biomilch erst Mitte 2022 der Fall war.

Besonders ungewöhnlich waren die Preisentwicklungen in Frankreich, wo der Erzeugerpreis für Biomilch Mitte 2022 zeitweise 2,3 ct/kg unter dem Preis von konventioneller Milch lag (Mai 2022 Biomilch 40,8 ct/kg, konv. Milch 43,1 ct/kg). Dies wurde mit weiterhin steigender Produktion bei einem Rückgang des Angebots um 10,0 % erklärt. Entsprechend verkaufte Frankreichs größte Molkerei Lactalis bis zu 40,0 % der Biomilchanlieferung als konventionelle Milch und setzte Anreize für die Landwirte zur konventionellen Produktion zurückzukehren (Agrar-Heute, 2023).

**Abbildung 12.** Preisentwicklung für konventionelle und Biorohmilch im Zeitraum 2021 bis 2022

Quelle: Europäische Kommission (2023c).

Wie Abbildung 13 zeigt, lag der Anteil der Anlieferungsmenge von Biomilch an den Gesamtanlieferungen von Milch in der EU in 2022 im Mittel bei 4,2 % nach 4,0 % im Jahr 2021. Der Spitzenwert wurde im Mai mit 4,5 % gemeldet. Österreich meldete hier mit im Durchschnitt 18,6 % den höchsten Anteil in 2022, ein leichter Rückgang nach durchschnittlich 19,4 % in 2021. Auch Dänemark verzeichnete einen Rückgang von 13,2 % in 2021 zu nur noch 12,4 % in 2022. In Frankreich stieg der Biomilchanteil von 5,2 % auf 5,4 %. Italien verzeichnete von den aufgeführten Ländern den geringsten Anteil mit 1,8 % in 2021 und 2022. Auch Deutschland erreichte einen Anstieg des Biomilchanteils von 4,3 % in 2021 auf 4,5 % in 2022. Vor allem in den ersten drei Quartalen hatte die Biomilch-Anlieferungsmenge in Deutschland zugenommen (+2,7 %). Allein in Bayern, wo ca. die Hälfte der gesamten Biomilch erzeugt wird, wurde in den ersten drei Quartalen 4,7 % mehr Biomilch angeliefert als im Vorjahreszeitraum (BLE, 2023).

**Abbildung 13.** Anteile der Biomilchanlieferungsmenge an Gesamtlieferung Kuhrohmilch

Quelle: Europäische Kommission (2023c).

Die ungewöhnlichen Preisentwicklungen der bei den Produktionsrichtungen sind durch das jeweilige Angebot-Nachfrage-Verhältnis zu erklären: Die konventionelle Milchlieferrmenge war sowohl national als auch international in 2022 zunächst rückläufig. Zwar erholte sich im Gesamtverlauf des Jahres die Mengenerlieferung in Deutschland bis auf das Vorjahresniveau, das temporär knappe Angebot führte aber in Kombination mit einer erhöhten weltweiten Nachfrage (z.B. nach Milchpulver), vor allem aus Asien, zur Preisrallye im konventionellen Milchmarkt. Bei Biomilch stieg dagegen in Deutschland und in einigen benachbarten Ländern das Angebot, während die Nachfrage aufgrund der Inflationspreiskrise, die zu Lasten der hochpreisigen Produkte geht, sank. Die Einbußen bei den real verfügbaren Einkommen führten aufgrund der höheren Einkommenselastizität für Biomilchprodukte zu einem deutlich stärkeren Nachfragerückgang bei diesen Erzeugnissen. So wurden bei Bio-Konsummilch ab Juli deutliche Absatzrückgänge in der Größenordnung von -14,0 % bis -19,0% (lt. ZMB, Nielsen) verzeichnet (Milchland, 2022). Hinzu kam der wegfallende „Corona-Sondereffekt“. Bio ist im Außer-Haus-Markt wesentlich schwächer als im Einzelhandel vertreten, sodass der Wegfall von Gastronomie und Gemeinschaftsverpflegung während der Hochphase der Corona-Pandemie das Biowachstum angetrieben hat. Mit der Erholung des Außer-Haus-Marktes ist dieser Bio-Push erwartungsgemäß wieder entfallen, was die Nachfrage nach Biomilch in 2022 reduzierte.

Interessant ist, dass Bioprodukte mit steigender Inflation deutlich weniger nachgefragt wurden, obwohl die Preissteigerungen hier verhältnismäßig gering waren. So betrug die Preissteigerung bei Bio-Frischeprodukten nur 6,6 %, wohingegen sie bei konventionellen Produkten mit 12,1 % fast doppelt so hoch war (BÖLW, 2023). Bei Biomilchprodukten haben die Unternehmen des LEH allerdings die Verbraucherpreise ähnlich stark angehoben wie bei konventionellen, um die gewohnten Preislagen beizubehalten. Der Preis von konventioneller Konsummilch (3,5 % Fett) stieg im Zeitraum vom Oktober 2021 bis



2022 um durchschnittlich 28,0 % auf 1,13 Euro/Liter, der Vergleichspreis für Bio-Vollmilch legte im gleichen Zeitraum ähnlich zu (+26,0 % auf durchschnittlich 1,47 Euro/Liter) (Milchland, 2022). Konventionell erzeugte Frischmilch war im Herbst 2022 im Discounter um mehr als ein Drittel teurer (+36,0 %) als im Vorjahreszeitraum und die Preise für Bio-Frischmilch wurden etwa gleich stark erhöht (+37,0 %). Dass hier Margen erhöht wurden, zeigt sich daran, dass der Bio-Fachhandel den Preisanstieg für Bio-Milch im gleichen Zeitraum auf weniger als die Hälfte beschränkte (+18,0 %) – ohne davon wesentlich zu profitieren, denn die Verbraucher\*innen haben sich in der Inflationskrise auch durch Preiserwartungen und Preisimages leiten lassen.

Die langfristigen Aussichten für den Biomarkt bleiben aber mit der Normalisierung der Inflationsentwicklung, die ab Ende des Jahres 2022 bis heute fortgesetzt zu beobachten war, unverändert. Aktuelle Preisabstände vom Jahresbeginn deuten eher darauf hin, dass die alten Preisabstände für Rohmilch von knapp 10 ct/kg zugunsten der biologisch erzeugten Milch wieder näher rücken. Die in den letzten Jahren hohen und stabilen Bioaufschläge beim Erzeugerpreis waren auch das Ergebnis einer einheitlich restriktiven Aufnahmepraxis der Molkereien, die dadurch die Biomenge knapp hielten. Ob dies bei turbulenteren Märkten weiterhin gelingt, ist offen – nicht zuletzt, weil das bisherige Vorgehen kartellrechtlich nicht ganz unproblematisch war und offen ist, ob es über den neuen Ausnahmetatbestand für Nachhaltigkeitsvereinbarungen des § 210a GMO gelingt, zulässige Branchenabkommen für die Biomilchwirtschaft aufzustellen, wie dies z. B. Bioland derzeit anstrebt (Plagge, 2022).

## Literatur

- Agrarheute (2023). Zu viel Biomilch in Frankreich: 40 % Biomilch konventionell vermarktet. <https://www.agrarheute.com/markt/milch/viel-biomilch-frankreich-40-biomilch-konventionell-vermarktet-602077>, Abruf: 10.02.2023.
- BLE (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung) (2023): Monatliche Mengen 2022. [https://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Milch-Milcherzeugnisse/\\_functions/TabelleMonatlicheErgebnisse2022.html?nn=8906974](https://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Milch-Milcherzeugnisse/_functions/TabelleMonatlicheErgebnisse2022.html?nn=8906974), Abruf: 15.02.2022.
- BÖLW (Bund ökologische Lebensmittelwirtschaft) (2023): Branchenreport 2023 Ökologische Lebensmittelwirtschaft. [https://www.boelw.de/fileadmin/user\\_upload/Dokumente/Zahlen\\_und\\_Fakten/Broschuere\\_2023/BOELW\\_Branchenreport2023.pdf](https://www.boelw.de/fileadmin/user_upload/Dokumente/Zahlen_und_Fakten/Broschuere_2023/BOELW_Branchenreport2023.pdf), Abruf: 17.02.2023.
- Bundeskartellamt (2022). Die Unternehmensgruppe Theo Müller darf Teile des Molkereigeschäfts von Royal Friesland Campina nach Zusagen übernehmen. [https://www.bundeskartellamt.de/Shared-Docs/Meldung/DE/Pressemitteilungen/2023/22\\_02\\_2023\\_UTM\\_RFC.html](https://www.bundeskartellamt.de/Shared-Docs/Meldung/DE/Pressemitteilungen/2023/22_02_2023_UTM_RFC.html), Abruf: 23.02.2022.
- Busch, G., Bayer, E., Spiller, A., Kühl, S. (2022a). ‘Factory farming’? Public perceptions of farm sizes and sustainability in animal farming. In: PLOS Sustainability and Transformation 1(10): e0000032. <https://doi.org/10.1371/journal.pstr.0000032>
- Busch, G., T. Knöpfel, C. Mehlhose, A. Spiller, B. Brümmer (2022b). Der Markt für Milch und Milcherzeugnisse 2021. In: German Journal of Agricultural Economics 71 (Supplement): Die Landwirtschaftlichen Märkte an der Jahreswende 2021/22.
- Dairy Australia (2023): Industry Stat, industry Reports, Prod. And Sales Stat. <https://www.dairyaustralia.com.au/>, Abruf: 28.01.2023.
- Dairy Reporter (2022): Unmanned factory: Inside Yili’s dairy megapolis. URL: <https://www.dairyreporter.com/Article/2022/07/28/Yili-s-Dairy-Silicon-Valley-comes-to-life>, Abruf: 27.02.2023.
- DCANZ (Dairy companies association of New Zealand) (2023). New Zealand monthly milk production. [https://www.dcanz.com/UserFiles/DCANZ/File/2023\\_01%20NZ%20Milk%20production%20data.xlsx](https://www.dcanz.com/UserFiles/DCANZ/File/2023_01%20NZ%20Milk%20production%20data.xlsx), Abruf: 28.01.2023.
- Destatis (2023a): Inflationsrate im Jahr 2022 bei +7,9 %. Inflationsrate schwächt sich im Dezember 2022 ab, bleibt aber mit +8,6 % auf hohem Stand. Pressemitteilung Nr. 22 vom 17. Januar 2023. [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/01/PD23\\_022\\_611.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/01/PD23_022_611.html), Abruf: 06.02.2023.
- Destatis (2023b): Genesis Online Datenbank 61111-0006, Verbraucherpreisindex: Deutschland, Monate, Klassifikation der Verwendungszwecke des Individualkonsums (COICOP 2-/3-/4-/5-/10-Steller/Sonderpositionen). <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=abruftabelleBearbeiten&levelindex=1&levelid=1675680333095&auswahloperation=abruftabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werte-abruf&code=61111-0006&auswahltext=&nummer=6&variable=6&name=CC13Z1&werte-abruf=Werteabruf#abreadcrumb>, Abruf: 06.02.2023.

- Destatis (2023c): Unternehmen, Beschäftigte, Umsatz und Investitionen im Verarbeitenden Gewerbe und Bergbau. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online#astructure>, Abruf: 19.02.2023.
- Europäische Kommission (2022a): Short-term outlook for EU agricultural markets, Autumn 2022, DG Agriculture and Rural Development, Brussels. [https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2022-10/short-term-outlook-autumn-2022\\_en\\_1.pdf](https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2022-10/short-term-outlook-autumn-2022_en_1.pdf), Abruf: 03.02.2023
- Europäische Kommission (2022b) Milk market observatory: World trade of main competitors. [https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-01/milk-trade-main-competitors\\_en\\_0.pdf](https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-01/milk-trade-main-competitors_en_0.pdf), Zuletzt aktualisiert: 13.01.2022, Abruf: 15.02.2023.
- Europäische Kommission (2023a): Milk market observatory: EU deliveries of raw milk. [https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-01/eu-raw-milk-deliveries\\_en\\_0.pdf](https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-01/eu-raw-milk-deliveries_en_0.pdf), Zuletzt aktualisiert: 25.01.2023, Abruf: 10.02.2023.
- Europäische Kommission (2023b): Milk market observatory: EU deliveries of main dairy products. [https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-01/eu-production-main-dairy-products\\_en\\_0.pdf](https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-01/eu-production-main-dairy-products_en_0.pdf), Zuletzt aktualisiert: 25.01.2023, Abruf: 10.02.2023.
- Europäische Kommission (2023c) Milk market observatory: EU production of main dairy products - summary. [https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/9fc4c2e8-744f-4e60-9960-4214e74efb47\\_en?filename=eu-production-main-dairy-products-summary\\_en\\_0.xlsx](https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/9fc4c2e8-744f-4e60-9960-4214e74efb47_en?filename=eu-production-main-dairy-products-summary_en_0.xlsx), Abruf: 10.02.2023.
- Europäische Kommission (2023d) Milk market observatory: Intra-EU trade (EU and Member States) [https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-01/eu-dairy-intra-trade\\_en.pdf](https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-01/eu-dairy-intra-trade_en.pdf), Zuletzt aktualisiert: 25.01.2023, Abruf: 28.01.2023.
- Europäische Kommission (2023e) Milk market observatory: Eu dairy extra trade. [https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-01/eu-dairy-extra-trade\\_en.pdf](https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-01/eu-dairy-extra-trade_en.pdf), Zuletzt aktualisiert: 19.01.2023, Abruf: 10.02.2023.
- Europäische Kommission (2023f) Milk market observatory: World trade of main competitors. [https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-01/milk-trade-main-competitors\\_en\\_0.pdf](https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-01/milk-trade-main-competitors_en_0.pdf), Zuletzt aktualisiert: 19.01.2023, Abruf: 28.01.2023 & Abruf: 15.02.2022/ Zuletzt aktualisiert: 13.01.2022.
- Europäische Kommission (2023g) Milk market observatory: EU milk internal measures- stock. [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/farming/documents/eu-milk-internal-measures-stocks\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/farming/documents/eu-milk-internal-measures-stocks_en.pdf), Abruf: 28.01.2023.
- Europäische Kommission (2023h): Agridata. Milk and dairy products. <https://agridata.ec.europa.eu/extensions/DataPortal/milk.html>, Abruf: 28.01.2023.
- Europäische Kommission (2023i): Milk market observatory: Dashboard: Milk and dairy products. [https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-02/dashboard-dairy\\_en\\_0.pdf](https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-02/dashboard-dairy_en_0.pdf), Zuletzt aktualisiert: 08.02.2023, Abruf: 10.02.2023.

- GfK (Gesellschaft für Konsumforschung) (2022): Von `New Normal` zur `Zeitenwende`. Consumer Index Total Grocery 12/2022. [https://www.gfk.com/hubfs/EU%202022%20Files/Consumer%20Index/CI\\_12\\_2022.pdf](https://www.gfk.com/hubfs/EU%202022%20Files/Consumer%20Index/CI_12_2022.pdf), Abruf: 06.02.2023.
- Handelsblatt (2022). Müller Milch schluckt Landliebe – Mega-Deal sortiert den deutschen Milchmarkt neu. <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/handel-konsumgueter/lebensmittel-branche-mueller-milch-schluckt-landliebe-mega-deal-sortiert-den-deutschen-milchmarkt-neu/28430926.html>, Abruf: 21.02.2023.
- IWD (Informationsdienst des Instituts der deutschen Wirtschaft) (2022): Milchersatzprodukte werden immer beliebter. <https://www.iwd.de/artikel/milchersatzprodukte-werden-immer-beliebter-546426/>, Abruf: 20.02.2023.
- Janze, C., Schmidt, C., Laux, S., von Plettenberg, L., Uehleke, R., Seifert, S., Schukat, S., Mohrmann, S., Isenhardt, L., Langer, G. (2023). Konjunkturbarometer Agribusiness in Deutschland 2023. Ernst & Young, Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, Hannover.
- Lebensmittelpraxis (2022). Veganuary mit Rekordteilnahme. <https://lebensmittelpraxis.de/handel-aktuell/32702-kampagne-veganuary-mit-rekordteilnahme.html>, Abruf: 28.02.2022.
- Milch-Marketing (08/2022): Sonderausgabe Nachhaltigkeit. <https://moproweb.de/blmedien-epaper/milch-marketing-08-2022/>, Abruf: 20.02.2023.
- Milch-Marketing (12/2022): <https://moproweb.de/blmedien-epaper/milch-marketing-12-2022/>, Abruf 20.02.2023.
- Milch-Marketing (02/2023): Lecker geht auch in Vegan! <https://moproweb.de/blmedien-epaper/milch-marketing-02-2023/>, Abruf: 20.02.2023
- Milchland (2022): Aktueller Marktbericht: Entwicklung der Lebensmittelverbraucherpreise. <https://milchland.de/entwicklung-der-lebensmittelverbraucherpreise/>, Abruf: 17.02.2023.
- MIV (Milchindustrieverband) (2023a): Sehr hohe Milchpreise in Deutschland zum Jahreswechsel. <https://milchindustrie.de/pressemitteilungen/sehr-hohe-milchpreise-in-deutschland-zum-jahreswechsel/>, Abruf; 21.02.2023.
- MIV (Milchindustrieverband) (2023b): Milchwirtschaft auf einen Blick. <https://milchindustrie.de/wp-content/uploads/2021/11/Milchwirtschaft-auf-einen-Blick-2021-2022.pdf>, Abruf: 14.02.2023.
- Plagge, J. (2022). Der Milchmarkt steht Kopf – Was passiert gerade am Markt? Impuls von Jan Plagge, Bioland. Foliensatz.
- Rabobank (2022). Global Dairy Top 20. [https://research.rabobank.com/far/en/documents/502210\\_Rabobank\\_Global-Dairy-Top-20-2022\\_Ledman\\_Aug2022.pdf](https://research.rabobank.com/far/en/documents/502210_Rabobank_Global-Dairy-Top-20-2022_Ledman_Aug2022.pdf), Abruf 20.02.2023.
- Science Based Targets (2023). Forest, Land and Agriculture (FLAG). <https://sciencebasedtargets.org/sectors/forest-land-and-agriculture>, Abruf: 28.02.2023.

- Statistisches Bundesamt (2023): Genesis-Online Datenbank 41312-0004, Haltungen mit Milchkühen: Deutschland, Stichmonat, Bestandsgrößenklassen. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=abruftabelleBearbeiten&levelindex=2&levelid=1676389163254&auswahloperation=abruftabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=41312-0004&auswahltext=&wertauswahl=2949&wertauswahl=2954&werteabruf=Werteabruf#abreadcrumb>, Abruf: 14.02.2023.
- USDA-FAS (United States Department of Agriculture - Foreign Agriculture Service) (2022a). Dairy Products Annual - European Union. Global Agriculture Information Network (GAIN). Report Number E42022-0066, Brussels, [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Dairy%20and%20Products%20Annual\\_Brussels%20USEU\\_European%20Union\\_E42022-0066.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Dairy%20and%20Products%20Annual_Brussels%20USEU_European%20Union_E42022-0066.pdf), Abruf: 10.02.2023.
- USDA-FAS (2022b) Dairy Products Annual - Australia, GAIN, Report Number AS2022-0027, Canberra, [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Dairy%20and%20Products%20Annual\\_Canberra\\_Australia\\_AS2022-0027.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Dairy%20and%20Products%20Annual_Canberra_Australia_AS2022-0027.pdf), Abruf: 10.02.2023.
- USDA-FAS (2022c) Dairy Products Annual - New Zealand, GAIN, Report Number NZ2022-0015, Wellington, [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Dairy%20and%20Products%20Annual\\_Wellington\\_New%20Zealand\\_NZ2022-0015.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Dairy%20and%20Products%20Annual_Wellington_New%20Zealand_NZ2022-0015.pdf), Abruf: 10.02.2023.
- USDA-FAS (2022d) Dairy World Markets and Trade. December 2021. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/dairy.pdf>, Abruf: 10.02.2023.
- USDA-FAS (United States Department of Agriculture - Foreign Agriculture Service) (2022e) Dairy Products Annual - China - People's Republic of., GAIN, Report Number CH2022-0122, Beijing [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Dairy%20and%20Products%20Annual\\_Beijing\\_China%20-%20People%27s%20Republic%20of\\_CH2022-0122.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Dairy%20and%20Products%20Annual_Beijing_China%20-%20People%27s%20Republic%20of_CH2022-0122.pdf), Abruf: 10.02.2023.
- USDA-FAS (2022f) Dairy Products Annual - Indonesia: GAIN, Report Number ID2022-0027, Jakarta, [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Dairy%20and%20Products%20Annual\\_Jakarta\\_Indonesia\\_ID2022-0027.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Dairy%20and%20Products%20Annual_Jakarta_Indonesia_ID2022-0027.pdf), Abruf: 05.02.2023.
- USDA-NASS (United States Department of Agriculture - National Agricultural Statistics Service) (2023a). USDA Quick stats, <https://quickstats.nass.usda.gov/>, Abruf: 28.01.2023.
- USDA-NASS (2023b) Cold storage <https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/pg15bd892?locale=en>, Zuletzt aktualisiert: 25.01.2023, Abruf: 28.01.2023.
- USDA-ESMIS (Economics, Statistics and Market Information System)/NASS (2023). Dairy Products. <https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/m326m1757?locale=en>, Zuletzt aktualisiert: 03.02.2023, Abruf: 28.01.2023.

ZMB (Zentrale Milchmarkt Berichterstattung GmbH) (2022): Jahresrückblick 2022: Milchmarkt 2022: Preisrekorde trotz extremer Unsicherheit. <http://www.milk.de/download/ZMB-Jahresrueckblick-2022.pdf>, Abruf: 06.02.2023

## **Teil II – Smart Dairy Farming - Nutzungsbereitschaft und Akzeptanz unter Landwirten**

### **II. 1 Ein konzeptioneller Beitrag zur Untersuchung der Akzeptanz deutscher Milchviehhalter zur Digitalisierung in der Milchproduktion**

Greta Langer, Christian Schaper und Winnie Sonntag

Dieser Beitrag ist so oder in ähnlicher Fassung veröffentlicht in der wissenschaftlichen Zeitschrift: Berichte über Landwirtschaft 100(1):1-19.

## **Zusammenfassung**

Die Digitalisierung in der Land- und Tierwirtschaft befindet sich auf dem Vormarsch. Sie bietet Betrieben vielfältige Möglichkeiten effizient und wirtschaftlich zu arbeiten bei gleichzeitiger Wahrung bzw. Schaffung von mehr Tier-, Umwelt- und Klimaschutz. Die Milchwirtschaft gilt zwar nicht als Vorreiter der Digitalisierung, dennoch haben sich in den letzten Jahren immer mehr Technologien entwickelt, die überwiegend dem Anwendungsbereich des Smart Dairy Farming zuzuordnen sind. Vor allem die Gesundheitsüberwachung von Milchkühen wird mit „Internet of Things“ (IoT)-Technologien (z.B. Sensorhalsbänder, Pansensoren) digitaler. IoT-Technologien unterstützen Prozesse nachhaltiger Milchproduktion und können mehr Tierwohl ermöglichen. Vor diesem Hintergrund gewinnt die Frage nach der Technologieakzeptanz und Nutzungsintention von Milchviehhaltern an Bedeutung. Es zeigt sich, dass die Akzeptanz speziell für den Bereich des Smart Dairy Farmings bislang nur lückenhaft erforscht ist. Um diesen Kontext ausreichend zu beleuchten, zeigt dieser Beitrag, auf Grundlage einer strukturierten Literaturrecherche, vorherrschende Akzeptanzbarrieren auf und erarbeitet, unter Einbeziehung bestehender Akzeptanztheorien, kognitive und affektive Einflussfaktoren, die zu einem einzigen Verhaltensmodell zusammengeführt werden. Der Beitrag formuliert neue konzeptionelle Einsichten und stellt ein schrittweises Vorgehen einer intensiven Auseinandersetzung mit verschiedenen Verhaltensmodellen vor.

## **Summary**

Digitization in agriculture and animal husbandry continues to gain ground. It offers farms a wide range of opportunities to work efficiently and economically while maintaining already existing or creating higher levels of animal, environmental and climate protection. Although the dairy industry does not count among the pioneers of digitization, an increasing number of technologies developed in recent years, predominantly concern the application area of smart dairy farming. Digitization increases particularly in the area of monitoring dairy cow health. The "Internet of Things", IoT-technologies (e.g. sensor collars, rumen sensors) support processes of sustainable milk production and allow for additional animal welfare. Against this background, questions of whether dairy farmers shall accept technology and how they intend to use it become more important. To date, only little research has explored acceptance in connection with smart dairy farming. To shed sufficient light on this matter, and based on a literature review, this paper identifies predominant acceptance barriers and elaborates cognitive and affective influencing factors to be combined into a single behavioral model. The paper formulates new conceptual insights and suggests a stepwise procedure for an intensive examination of different behavioral models.



## 1. Einleitung

Die Digitalisierung der Landwirtschaft hat in den letzten Jahren deutlich an Geschwindigkeit zugenommen. In den verschiedensten Bereichen der Landwirtschaft erleben Akteure eine digitale Transformation, welche Arbeitsprozesse beschleunigen, Arbeitskosten reduzieren und einen nachhaltigeren Umgang mit Ressourcen ermöglichen soll (Schleicher und Gandorfer, 2018). Auch entlang der Wertschöpfungskette Milch entwickeln sich immer mehr digitale Technologien wie Fütterungs- und Melkroboter oder Sensoren für Tierüberwachungen mit dem Ziel, Haltungssysteme zu verbessern, mehr Tierwohl zu ermöglichen und gleichzeitig Effizienzsteigerungen und Arbeitserleichterungen anzustreben (Berckmans, 2017; Bolinski, 2020; Netzwerk digitale Landwirtschaft, 2021). Entwicklungen der sensorgestützten Gesundheitsüberwachung gehören zum Anwendungsbereich des sogenannten Smart Livestock Farming (SLF). Für die Milchviehhaltung wird dabei speziell vom Smart Dairy Farming (SDF) gesprochen. Beispiele des SDF sind „intelligente“ Sensorhalsbänder für Milchkühe, die eine Überwachung des individuellen Tierverhaltens ermöglichen oder Sensoren, die im Pansen der Milchkuh die Temperatur sowie Bewegungs- und Verdauungsaktivität messen. Solche Sensoren werden auch als „Internet of Things“ (IoT)-Sensoren bezeichnet (Akhigbe et al., 2021; Akbar et al., 2020; Iwasaki et al., 2019). IoT-Systeme können vollständig autonom handeln, indem sie beispielsweise sofort den Tierarzt kontaktieren oder bei einem Anstieg der Körpertemperatur der Kühe automatisch die Klimaanlage oder die Ventilatoren einschalten. IoT-Sensoranwendungen tragen zur Gesundheitsüberwachung der Tiere bei und haben demnach das große Potenzial einen Beitrag zum Tierwohl zu leisten. Dem Landwirt wird dabei immer mehr eine überwachende und kontrollierende Funktion zugewiesen (Akhigbe et al., 2021; Iwasaki et al., 2019).

Es wird von verschiedenen Stakeholdern erwartet, dass IoT-Technologien die Milchviehhaltung in ihren Produktionsprozessen deutlich verbessern wird (Akbar et al., 2020). Durch die zunehmende Betrachtung des Einzeltieres kann es gelingen, Ressourcenschutz und Tierwohl miteinander zu vereinen (Hartung et al., 2017) und so den Zielkonflikt zwischen Wirtschaftlichkeit einerseits sowie Tier- und Umweltschutz andererseits zumindest teilweise zu lösen (Dorfner, 2018). Im Hinblick auf die Nachhaltigkeit und das Tierwohl wird davon ausgegangen, dass IoT-Technologien eine besonders wichtige Rolle einnehmen werden (Akbar et al., 2020; Lovarelli et al., 2020).

Vor diesem Hintergrund konzentriert sich dieser Beitrag auf IoT-Sensoren bei der Gesundheitsüberwachung von Milchkühen, konkret geht es um die Akzeptanz von Sensorhalsbändern (bspw. InnoCow) und Pansensoren (bspw. Droptostix). Beide Sensortypen finden Anwendung in der Gesundheitsüberwachung von Kühen, wurden von Start-Ups entwickelt und werden seit noch nicht allzu langer Zeit kommerziell vertrieben.

Trotz der vielfältigen Vorteile, die vom SLF ausgehen, zeigt der Blick in die wissenschaftliche Literatur jedoch (Kutter et al., 2011; Paustian und Theuvsen, 2017; Pierpaoli et al., 2013; Gargiulo et al., 2018), dass die tatsächliche Nutzung von smarten Technologien in der Landwirtschaft nur langsam erfolgt

(Blasch et al., 2020; Walter et al., 2017). Gewissermaßen kann von einer Diskrepanz zwischen optimistischen Aussagen seitens der Politik, der Agrarverbände und der Industrieunternehmen, welche die Digitalisierung häufig als „Allheilmittel“ darstellen (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), 2021) und der tatsächlichen Akzeptanz der Landwirte beim Einsatz dieser digitalen Technologie gesprochen werden (Mohr und Kühl, 2019). Speziell für den Bereich der IoT-Sensoren finden sich allerdings keine konkreten Erkenntnisse über mögliche Akzeptanzbarrieren, die der Einführung dieser Systeme entgegenstehen.

Aufbauend auf der Identifizierung von Barrieren ist auch das Verständnis von Faktoren, welche die Akzeptanz der Adaption von IoT-Sensoren beeinflussen, entscheidend für die Entwicklung gezielter Maßnahmen, die die Akzeptanz von smarten Technologien in der Landwirtschaft unterstützen sollen (Walter et al., 2017). Der Blick in die Literatur zeigt auch hier, dass es keine empirischen Erkenntnisse darüber gibt, wie die Akzeptanz von IoT-Sensoren für die Gesundheitsüberwachung aus einer verhaltenswissenschaftlichen Perspektive einzuschätzen ist (Mohr und Kühl, 2021; Landmann et al., 2021); dabei ist die Entscheidung für die Akzeptanz und Nutzung von digitalen Tools ein sehr komplexer Verhaltensprozess, welcher sich sowohl aus kognitiven als auch aus affektiven Faktoren zusammensetzt (Goodhue, 1995). Obwohl ein sogenannter "emotionaler Auftrieb" (Lee und Shin, 2016; Landmann et al., 2021) als wichtiger Einflussfaktor in Akzeptanzstudien identifiziert wurde (Lee und Shin, 2016; Lima et al., 2018), fehlt es bislang an Erkenntnissen, wie die Akzeptanz von IoT-Sensoren von Milchviehhaltern, unter Berücksichtigung des Affekts, beeinflusst wird.

Auf dieser Grundlage können folgende Forschungsfragen formuliert werden:

- (1): Welche konkreten Akzeptanzbarrieren lassen sich im Bereich der IoT-Gesundheitsüberwachung unter Milchviehhaltern in der Literatur identifizieren?
- (2): Welche kognitiven und affektiven Einflussfaktoren können zur Bestimmung der Akzeptanz von Milchviehhaltern für den Einsatz von IoT-Sensoren in der Gesundheitsüberwachung von Milchkühen aus der bestehenden Literatur abgeleitet werden?
- (3): Wie kann ein Modell zur Bestimmung der Akzeptanz und des Nutzungsverhaltens konkret aussehen?

Ziel der Studie ist, neben der Identifizierung von Akzeptanzbarrieren sowie kognitiven und affektiven Einflussfaktoren auf die Akzeptanz, die konzeptionelle Entwicklung eines kombinierten Verhaltensmodells für den Bereich der IoT-Sensoren in der Gesundheitsüberwachung von Milchviehbetrieben, im Speziellen für Halsband- und Pansensensoren. Dabei soll auch untersucht werden, ob bestimmte Akzeptanzbarrieren wie zum Beispiel Datenschutzbedenken oder hohe Investitionskosten mit negativen Emotionen wie etwa Wut oder Frustration in ein Modell einzubeziehen sind. Die Ergebnisse sollen neue konzeptionelle Einsichten geben und als Basis für eine großzahlige Milchviehhalterbefragung dienen. Vor dem Hintergrund der beträchtlichen Komplexität des Akzeptanzbegriffs ermöglicht dieses

schrittweise Vorgehen eine intensive Auseinandersetzung mit verschiedenen Verhaltensforschungsansätzen, die in einem zweiten Schritt überprüft werden. Das Potenzial von IoT-Sensoren sollte nicht an Akzeptanzbarrieren scheitern, daher gilt es im Vorfeld die Nutzer – in diesem Fall die Milchviehhalter – und deren Sichtweise genau zu analysieren und zu verstehen.

## **2. Akzeptanz von digitalen Technologien in der Landwirtschaft**

### **2.1 Begriffliche Abgrenzungen und Definitionen**

Der Begriff der Akzeptanz ist vom Grundsatz her kein wissenschaftlich fundierter, sondern findet seinen Ursprung in der Alltagssprache. So wurde der Begriff vor allem im gesellschaftlichen Diskurs verwendet und im Zuge von Akzeptanzprognosen in den 80er Jahren zu einem Modewort der Werbung (Lucke, 1995; Olbrecht 2010). Klarheit über den Terminus ergab sich erst im Zuge der Ausdifferenzierung der wissenschaftlichen Akzeptanzforschung (Petermann und Scherz, 2005). Dabei hat sich die Definition von Müller-Böling und Müller (1986) in der betriebswirtschaftlichen Akzeptanzforschung durchgesetzt. Die Autoren gehen davon aus, dass Akzeptanz als ein „zweidimensionales Phänomen“ anzusehen ist, welches sowohl aus einer Einstellungskomponente als auch aus einer Verhaltenskomponente besteht. Sie definieren diese Annahme als sogenannte Einstellungs- und Verhaltensakzeptanz. Dabei gliedert sich die Einstellungsakzeptanz in eine affektive, kognitive und konative Einheit. Die affektive Komponente beinhaltet „motivational-emotionale Aspekte“, welche vom entsprechenden Akzeptanzobjekt (zum Beispiel einer Technologie) hervorgerufen werden kann. Die kognitive Einheit impliziert gewisse Erwartungen und Vorstellungen an das entsprechende Akzeptanzobjekt, die in einer Abwägung des „Kosten und Nutzens unter Berücksichtigung des persönlichen Kontexts“ mündet (Olbrecht, 2010: 20). Die konative Einheit bezeichnet die Verhaltensbereitschaft einer Person gegenüber dem Akzeptanzobjekt. Die Verhaltensakzeptanz wiederum ist, so die Autoren, das sichtbare, tatsächliche Verhalten einer Person, das Akzeptanzobjekt aktiv zu nutzen. Ausgehend von dieser Annahme definieren verschiedene Autoren wie Anstadt (1994), Kollmann (1998) und Davis et al. (1989) den Begriff der Akzeptanz als Ausdruck dieser beiden Dimensionen.

Für den hiesigen Forschungskontext lässt sich der Begriff der Akzeptanz in Anlehnungen an die gängige Definition von Müller-Böling und Müller (1986) und die entsprechende Anpassung von Olbrecht (2010) folgendermaßen definieren: „Akzeptanz beinhaltet (...) eine relativ dauerhafte kognitive und affektive Wahrnehmungskomponente, gekoppelt mit einer positiven Reaktionsbereitschaft gegenüber IoT-Sensoren (Einstellungsebene) sowie eine Verhaltenskomponente, die eine tatsächliche Nutzung der IoT-Sensoren für die Gesundheitsüberwachung von Milchkühen impliziert (Verhaltensebene). Durch Akzeptanzmessung auf der Einstellungs- und Verhaltensebene können dann im Folgenden Einflussfaktoren identifiziert werden, die eine positive Annahme der IoT-Sensoren bestärken bzw. im negativen Sinne, zu einer Ablehnung führen.“ (unter Anpassung nach Olbrecht, 2010: 20).

## 2.2 Einflussfaktoren und Akzeptanzbarrieren

Es gibt viele Studien, die sich mit den Einflussfaktoren und dem Nutzungsverhalten von digitalen Technologien in der Landwirtschaft auseinandersetzen. Im Fokus standen dabei bisher vor allem Technologien aus dem Precision Agriculture Farming und dem Precision Livestock Farming (Spykman et al., 2021; Barnes et al., 2019; Lima et al., 2018; Busse et al. 2014; Tey und Brindal, 2012). Precision Livestock Farming Technologien stellen im Grunde die Vorstufe des Smart Livestock Farming dar und implizieren: „(...) elektronische Erfassung, Aufbereitung und Bereitstellen von Daten in der Tierhaltung, die zur Prozesssteuerung der Verbesserung des Managements sowie für den Datenaustausch verwendet werden können.“ (Jungbluth, 2018: 1). Als Beispiel kann hier der Melkroboter genannt werden. Die Akzeptanzforschung im Bereich des Smart Livestock Farmings fand bisher deutlich weniger Beachtung. Schukat und Heise (2021) untersuchten zwar die Akzeptanz von smarten Technologien unter Nutztierhaltern und fanden heraus, dass unter anderem die hedonische Motivation, soziale Determinanten, das Vertrauen in Technologien und die Technologiebereitschaft wichtige Rollen bei der Akzeptanzfindung spielen, sie spezifizieren dabei aber nicht weiter zwischen Betriebszweigen der Nutztierhalter und smarten Technologien. Zudem wurden in der bisherigen Akzeptanzforschung vor allem betriebliche Merkmale wie Tierbestände, Größe, Standortfaktoren und soziodemografische Faktoren der Landwirte (Alter, Geschlecht, Bildung, Erfahrung) untersucht (Aubert et al., 2012; Das V. et al., 2019; Marescotti et al., 2021; Pierpaoli et al., 2013; Paustian und Theuvsen, 2017). Konkret für den Bereich des SDF finden sich nur einige wenige Studien, die neben den betrieblichen und soziodemografischen Einflussfaktoren auch die subjektive Perspektive der Landwirte untersuchen. Russel und Bewley (2013) fanden beispielsweise heraus, dass neben soziodemografischen Faktoren, die Gründe für die Nichtanwendung von IoT-Sensoren unter US-Milchviehhaltern in der fehlenden Vertrautheit mit neuen Technologien und einer Informationsüberflutung, die die Entscheidungsfindung hemmt, liegen. Die meisten Studien vernachlässigen aber Wahrnehmungen, Einstellungen und Interessen der Milchviehhalter in Bezug auf die Technologien (Abeni et al., 2019; Groher et al., 2020; Baldin et al., 2021; Knierim et al., 2019); obwohl deren große Erklärungskraft bereits festgestellt wurde (Ajzen, 1991; Goodhue, 1995; Landmann et al., 2021; Mohr und Kühl, 2021).

Per se sind Landwirte für eine mangelnde bzw. sehr langsame Veränderungsbereitschaft bekannt, was sich auch im digitalen Transformationsprozess der letzten Jahre zeigt (Aubert et al., 2012; Schleicher und Gandorfer, 2018; Umstätter et al., 2020). Häufig sind eine Vielzahl von Akzeptanzbarrieren einer langsamen Veränderungsbereitschaft vorausgestellt (Drewry et al., 2019; Knierim et al., 2019). Solche Akzeptanzbarrieren können sich zum einen durch eine grundsätzliche Technologieaversion bzw. -affinität ergeben, zum anderen werden vermehrt Datenschutzbedenken als große Barriere im digitalen Adaptionsprozess identifiziert (Bruhn und Hadwich, 2017). Das Thema der Datenhoheit und -sicherheit hat sich in den letzten Jahren zugespitzt, da sensible Betriebsdaten auf neuen Datenplattformen zusammengeführt werden, teilweise ohne ausreichende rechtliche Rahmenbedingungen hinsichtlich des Besitzes dieser Daten. Es mangelt somit an Vertrauen in digitale Systeme (Schleicher und Gandorfer, 2018;

Drewry et al., 2019). Aspekte der Rechenschaftspflicht im Fall von Datenmissbrauch sowie Abhängigkeiten gegenüber Anbietern digitaler Lösungen, aber auch unsichere Entwicklungen auf dem Arbeitsmarkt oder die Beschleunigung des agrarstrukturellen Wandels konnten als weitere Akzeptanzbarrieren im landwirtschaftlichen Kontext identifiziert werden (Terrasson et al., 2017; Walter et al., 2017; Weersink et al., 2018). Zum Teil könnten diese Barrieren durch eine bessere Anpassung der Technologien an die Bedürfnisse der Landwirte und die Bedingungen der jeweiligen Betriebe überwunden werden. Dies erfordert jedoch zusätzliche Bemühungen auf Seiten der Landwirte und der Technologieanbieter (Knieirim et al., 2019), zudem werden konkrete Erkenntnisse über die Akzeptanzbarrieren für die verschiedenen Landwirtgruppen (Ackerbau, Nutztierhaltung, Sonderkulturen etc.) benötigt. Das Verständnis von Einflussfaktoren und Kriterien wird somit immer wichtiger (Ibid.), denn eine erfolgreiche Adaption von IoT-Sensoren setzt die Zustimmung ihrer zukünftigen Nutzer voraus (Sundrum, 2018). Der letztendliche Wert solcher Sensoren hängt daher von deren Akzeptanz ab (Schukat und Heise, 2021).

Der Akzeptanz von smarten Technologien geht in der Regel eine grundsätzliche Offenheit der Landwirte gegenüber der Digitalisierung in der Landwirtschaft voraus. Landwirte, die der Digitalisierung per se kritisch gegenüberstehen und mehr Risiken als Chancen mit ihr verbinden, werden digitale Anwendungen kaum akzeptieren und diese nicht auf ihren Betrieben implementieren (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (DLG), 2018; Pfeiffer et al., 2019; Sundrum, 2018; Pannell, 1999; Rogers, 2003; Schukat und Heise, 2021). Grundsätzlich besteht die Schwierigkeit darin, dass Adaptionsverhalten einer bestimmten Technologie und die damit verbundenen spezifischen Akzeptanzbarrieren nicht in Gänze auf andere Technologien, wie etwa IoT-Sensoren, übertragen werden können, da unterschiedliche Definitionen von Precision Livestock und Smart Livestock Technologien vorliegen, verschiedene Einflussfaktoren im Mittelpunkt stehen und andere Stichproben- und Analysemethoden Anwendung finden (Mohr und Kühl, 2021). Zudem werden beispielweise im Milchviehbereich Precision Livestock Tools wie Melk- oder Futterroboter mittlerweile vermehrt in der Praxis genutzt, Smart Livestock Tools wie IoT-Sensoren jedoch weniger (Borchers und Bewley, 2015; Finger et al., 2019; Rutten et al., 2018).

### **3. Konzeptionelle Entwicklung eines Modells zur Messung der Akzeptanz und des Nutzungsverhaltens**

#### **3.1 Modellherleitung**

Im Zuge der Akzeptanzforschung entwickelten sich über einen längeren Zeitraum viele Modelle mit unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen, unter Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren und Wirkungsmechanismen. Ursprünglich bezieht sich die Akzeptanzforschung jedoch auf die Nutzung von IT-Systemen im Arbeitnehmerkontext (Davis et al., 1989). Für die Untersuchung der Akzeptanz von Innovationen gilt die „Theory of Reasoned Action“ (TRA) aus dem Jahr 1975 als Grundbaustein (Fishbein und Ajzen, 1975). Davis et al. (1989) „Technology Acceptance Model“ (TAM) wird in diesem Zusammenhang als eines der wichtigsten theoretischen Modelle zur Akzeptanzforschung bezeichnet,

welches auf Grundlage der Annahmen des TRA entstanden ist. Das TAM konzentriert sich dabei auf die Vorhersage von Verhaltensweisen gegenüber einer Technologie, wobei angenommen wird, dass zwei Konstrukte, nämlich der „wahrgenommene Nutzen“ (perceived usefulness) und die „wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit“ (perceived ease of use) die „Einstellung zur Nutzung einer Technologie“ (attitude toward using) beeinflussen. Die von Davis entwickelte Akzeptanzbeschreibung findet Übereinstimmung mit der zuvor erläuterten Akzeptanzdefinition, die für die vorliegende Arbeit als Grundlage herangezogen wird. Aufgrund seines prädiktiven Designs beinhaltet das TAM den Faktor Akzeptanz als Verhaltensabsicht und somit als Vorstufe einer aktiven Nutzung (Bagozzi und Lee, 1999; Pierpaoli et al., 2013).

Entscheidungen über die Akzeptanz und Nutzung von digitalen Tools sind jedoch als komplexe Verhaltensprozesse zu verstehen (Landmann et al., 2021), weswegen das TAM um die „Theory of Planned Behaviour“ (TPB) erweitert wird. Die TPB ist eine Theorie zur Vorhersage und Erklärung von Verhalten, die in verschiedenen Forschungsbereichen Anwendung findet (Ajzen, 2011). Die TPB ist demnach als eine Erweiterung der TRA zu verstehen, wobei die TPB entwickelt wurde, um Verhalten unter vollständiger, willentlicher Kontrolle zu erklären (Fishbein und Ajzen, 1975). Das Modell nimmt an, dass die Konstrukte „Einstellungen“, „subjektive Normen“ und die „wahrgenommene Verhaltenskontrolle“ auf die „Verhaltensabsicht“ bzw. die „Intention zu handeln“ wirken. Wobei die wahrgenommene Verhaltenskontrolle auch einen direkten Einfluss auf das tatsächliche Verhalten hat. Die Verhaltensabsicht gilt dabei als der wichtigste Prädiktor für das tatsächliche Verhalten. Das tatsächliche Verhalten ist die bewusste Entscheidung gewisse Verhaltensweisen wiedergeben zu wollen (Graf, 2007).

Die vorliegende Untersuchung kombiniert das TAM mit der TPB, um so die verhaltensbezogenen Faktoren ergänzen zu können (Davis, 1993). Diese Modellverknüpfung wird von Pathak et al. (2019) und auch von Davis (1993) selbst unterstützt, mit der Begründung der Einbeziehung der verhaltensbezogenen Determinanten, die im TAM fehlen. Zudem wurde die Kombination der beiden Modelle im Kontext der Akzeptanzuntersuchung für landwirtschaftliche Technologien, aber auch für andere Technologiebereiche bereits vielfach in der wissenschaftlichen Forschung angewendet und liefert so eine gute Grundlage (Voss et al., 2009; Mohr und Kühl, 2021; Taylor und Todd, 1995; Cheon et al., 2012).

Um den Einflussfaktor des Affekts miteinzubeziehen, bedarf es im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens jedoch einer weiteren Modellanpassung. Diese muss in der Lage sein, neue Konstrukte einzuführen, aber auch eine theoretische Verbindung zwischen den Modellen zu spezifizieren. Anzunehmen ist, dass die Beurteilung und Akzeptanz von digitalen Innovationen über Emotionen beeinflusst und gesteuert wird (Zwick und Renn, 1998; Loewenstein und Lerner, 2003). Verschiedene Untersuchungen haben dabei gezeigt, dass Emotionen als sehr zuverlässige Prädiktoren für Verhaltenserwartungen fungieren (Richards und Gross, 1999; Richards, 2004; Landmann et al., 2021). Zudem bestätigt die gängige Literatur, dass nicht nur kognitive Komponenten zu berücksichtigen sind; auch motivational-emotionale Aspekte beeinflussen nachweislich die Entstehung von Akzeptanz (Schäfer und Keppler, 2013). Derzeit spielt der Affekt in der Akzeptanzforschung von Technologien jedoch nur

eine untergeordnete Rolle (Zhang und Li, 2005). Vor diesem Hintergrund wird die TPB häufig dafür kritisiert, den Faktor des Affekts und den der Emotion zu vernachlässigen (Ajzen, 2011; Leone und Perugini, 2004; Conner und Armitage, 1998; Rapaport und Orbell, 2000).

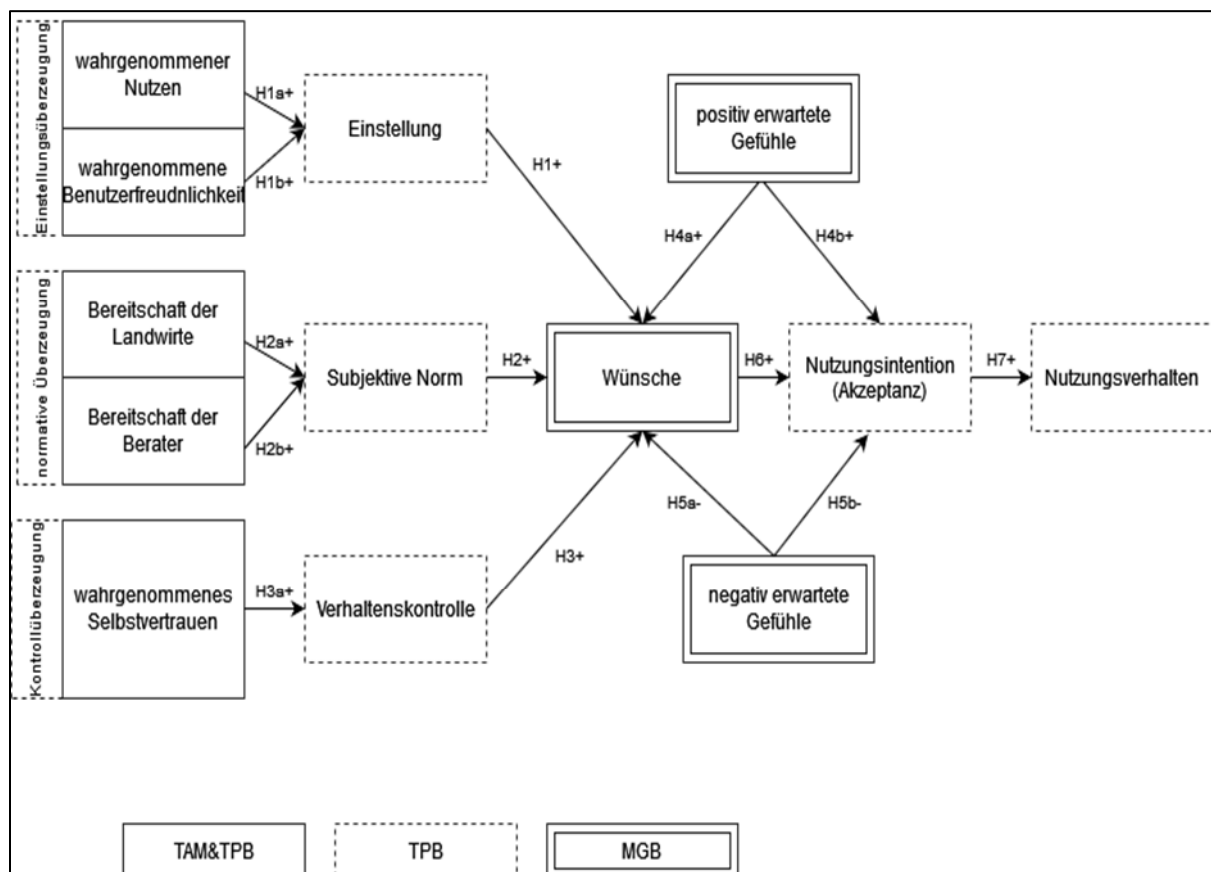
Aufbauend auf den Konstrukten und Annahmen der TPB entwickelten Perugini und Bagozzi (2001) das „Model of Goal-Directed Behaviour“ (MGB). Das MGB erweiterte die TPB indem der „Wunsch“ (desire) als proximalste Determinante der Nutzenintention hinzugefügt wurde, da die TPB keine genauen Aussagen dazu aufgreift, wie die Intention angeregt werden kann (Perugini und Bagozzi, 2001). Die Rolle des „Wunsches“ bei der Vorhersage von Intentionen wird durch die Begründung des motivationalen Inhaltes des Konstrukts als stärkster bzw. direkter Prädiktor für die Intention angenommen (Perugini und Bagozzi, 2001). Dabei ist der Wunsch im Vergleich zur Nutzungsintention nur wenig handlungsbezogen und entsteht über einen längeren Zeitraum (Arora et al., 2021). Zudem erweitern Perugini und Bagozzi (2001) die TPB um den Faktor des „emotionalen Auftriebs“, indem die beiden Konstrukte „positiv bzw. negativ wahrgenommene Gefühle“ (positive/negative anticipated emotions) hinzugefügt werden. Das MGB misst somit, ob Personen ein entsprechendes Verhalten ausführen wollen, indem es mit Emotionen verknüpft wird (Esposito et al., 2016). Perugini und Bagozzi (2001) argumentieren, dass Individuen die emotionalen Konsequenzen des Erreichens oder Nicht-Ereichens ihrer Ziele in Betracht ziehen, bevor sie ein entsprechendes Verhalten ausführen (Fry et al., 2014). Die Existenz persönlicher Ziele wird demnach in Verbindung mit bestimmten Verhaltensweisen gebracht (Landmann et al., 2021; Perugini und Bagozzi, 2001). Bezogen auf die IoT-Gesundheitssensoren können solche Zielerreichungen die Verbesserung der Gesundheit der Milchkühe, die damit einhergehenden Verbesserungen der wirtschaftlichen Milchleistung und die allgemeine Innovationsfähigkeit darstellen (Akhigbe et al., 2021; Akbar et al., 2020).

### **3.2 Verhaltensmodell mit Hypothesenbildung**

Es folgt die Erläuterung der im Modell dargestellten Beziehungen der drei verknüpften Theorien des Technology Acceptance Model (TAM), der Theory of Planned Behavior (TPB) und dem Model of Goal-directed Behaviour (MGB), sowie die Formulierung der entsprechenden forschungsleitenden Hypothesen. Die Kombination der drei Modelle, die von Landmann et al. (2021) empirisch getestet wurde, bietet aus Sicht der Forschung eine valide und verlässliche Grundlage, weswegen das Verhaltensmodell, unter inhaltlicher Anpassung, für den hiesigen Forschungskontext Anwendung finden soll.

Als vorausgestellte Annahmen der Akzeptanz und Nutzung von IoT-Sensoren im Forschungsmodell kann davon ausgegangen werden, dass Landwirte, die der Digitalisierung grundsätzlich positiv gegenüber eingestellt sind und mehr Chancen als Risiken mit der Digitalisierung der Landwirtschaft verbinden, IoT-Sensoren auch eher akzeptieren werden. In Anlehnung an Davis (1989) definieren Neyer et al. (2012) technologisches Interesse als einen Faktor, der die subjektive Wahrnehmung des technischen Fortschritts widerspiegelt. Es ist wissenschaftlich belegt, dass Landwirte neue Produktionsmethoden

nutzen, wenn sie ein hohes technologisches Interesse besitzen (Austin et al., 1998). Es wird daher angenommen, dass ein potenzieller Nutzer mit einem technologischen Interesse eher dazu bereit ist IoT-Sensoren zu nutzen als ein potenzieller Nutzer mit einer Technologieaversion. In Übereinstimmung mit der TPB sind die wichtigsten Verhaltensdeterminanten im Untersuchungsmodell die Einstellung, die subjektive Norm und die Verhaltenskontrolle (siehe Abbildung 1). Sie beeinflussen die Akzeptanz bzw. die Nutzungsintention im hiesigen Untersuchungsmodell, anders als im TPB-Modell, allerdings nur indirekt (Landmann et al., 2021). Die Einstellung umfasst dabei den Grad der allgemeinen Befürwortung einer bestimmten Technologie, in diesem Beispiel der IoT-Sensoren, aus der Sicht des Einzelnen (Ajzen, 1991). Die subjektive Norm beinhaltet im Gegensatz dazu die Rolle des sozialen Drucks aus dem Umfeld in Bezug auf die Ausführung eines bestimmten Verhaltens. In dieser Studie wird die subjektive Norm als die Wahrnehmung des einzelnen Landwirts beschrieben, wie dieser die Meinung seines sozialen, beruflichen und gesellschaftlichen Umfeldes über die Nutzung von IoT-Sensoren wahrnimmt (Ajzen, 1991; Arora et al., 2021; Landmann et al., 2021).



**Abbildung 1: Untersuchungsmodell**

Quelle: Eigene Darstellung nach Landmann et al. (2021: 1439).

Die wahrgenommene Verhaltenskontrolle wird definiert als die subjektive Wahrnehmung der Fähigkeit einer Person, ein bestimmtes Verhalten auszuführen (Ajzen, 2011). Diese Art der Selbsteinschätzung geht über persönliche Möglichkeiten und Ressourcen wie Bildung, Erfahrungswerte und Einkommen hinaus (Landmann et al., 2021). Im spezifischen Kontext spiegelt die Verhaltenskontrolle die



Wahrnehmung der eigenen Kontrolle über die Funktionalität des IoT-Sensors wider (Ibid; Mohr und Kühl, 2021). In Anbetracht dessen können folgende Hypothesen gebildet werden:

*H1: Die Einstellung beeinflusst den Wunsch zur Nutzung von IoT-Sensoren positiv.*

*H2: Die subjektive Norm beeinflusst den Wunsch zur Nutzung von IoT-Sensoren positiv.*

*H3: Die wahrgenommene Verhaltenskontrolle beeinflusst den Wunsch zur Nutzung von IoT-Sensoren positiv.*

Gemäß der TPB-TAM Kombination (Cheon et al., 2012; Taylor und Todd, 1995; Landmann et al., 2021) werden die drei Verhaltensdeterminanten wiederum durch drei verschiedene Arten von Überzeugungen beeinflusst. Nach Ajzen (1991) handelt es sich dabei um Einstellungsüberzeugungen, normative Überzeugungen und Kontrollüberzeugungen. Die Einstellungsüberzeugungen werden dabei aus dem TAM-Modell hergeleitet. Es wird davon ausgegangen, dass ein Zusammenhang zwischen dem wahrgenommenen Nutzen, der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit und der Einstellung IoT-Sensoren zu nutzen, besteht (Davis et al., 1989; Cheon et al., 2012). Vor diesem Hintergrund können folgende Hypothesen gebildet werden:

*H1a: Der wahrgenommene Nutzen von IoT-Sensoren wirkt sich positiv auf die Einstellung aus.*

*H1b: Die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit von IoT-Sensoren wirkt sich positiv auf die Einstellung aus.*

Die subjektive Norm wird durch die zugänglichen normativen Überzeugungen bestimmt, die die Erwartungen anderer Menschen als wichtige Determinante für die Verhaltensabsicht darstellen (Ajzen, 1991). Die normativen Überzeugungen können ganz unterschiedlich ausfallen, da verschiedene Einflussgruppen unterschiedliche Ansichten haben können (Arora et al., 2021; Taylor und Todd, 1995). So können zum Beispiel Berufskollegen IoT-Sensoren positiv gegenüber eingestellt sein, während landwirtschaftliche Berater möglicherweise den Einsatz solcher Sensoren eher kritisch sehen. Da Landwirte die Überzeugungen von Berufskollegen und Beratern i.d.R. in ihre eigene Glaubensstruktur einbeziehen (Kuczera, 2006), wird angenommen, dass zum einen die Bereitschaft der Landwirte zum anderen die der Berater die subjektive Norm positiv beeinflussen (Cheon et al., 2012; Venkatesh und Davis, 2000). Landwirtschaftliche Berater gewinnen in der landwirtschaftlichen Praxis vor allem im Zuge der Informationsbeschaffung über innovative Entwicklungen zunehmend an Bedeutung (Kuczera, 2006; Rogers, 1960). In diesem Zusammenhang können folgende Hypothesen formuliert werden:

*H2a: Die wahrgenommene Bereitschaft der Landwirte beeinflusst die subjektive Norm positiv.*

*H2b: Die wahrgenommene Bereitschaft der landwirtschaftlichen Berater beeinflusst die subjektive Norm positiv.*

Kontrollüberzeugungen implizieren das Selbstvertrauen einer Person, ein bestimmtes Verhalten auszuführen (Ajzen, 1991, 2002; Cheon et al., 2012); in diesem Kontext beschreiben sie das Vertrauen der

Landwirte in ihre eigenen Fähigkeiten IoT-Sensoren korrekt zu nutzen. Folgende Hypothese kann dabei aufgestellt werden:

*H3a: Das wahrgenommene Selbstvertrauen beeinflusst die Verhaltenskontrolle positiv.*

In Übereinstimmung mit Perugini und Bagozzi (2001) kann angenommen werden, dass der „Wunsch“, als motivierender Impuls, einen direkten Einfluss auf die Verhaltensabsicht hat. Die Hypothese lautet demnach wie folgt:

*H6: Der Wunsch beeinflusst die Nutzungsintention IoT-Sensoren zu verwenden positiv.*

Nach dem MGB-Model fließen die positiven und negativen Emotionen als direkte Prädiktoren auf den Wunsch mit ein.

*H4a: Die positiv erwarteten Gefühle beeinflussen den Wunsch positiv.*

*H4b: Die negativ erwarteten Gefühle beeinflussen den Wunsch negativ.*

Anders als beim MGB Ansatz, wird in dem vorliegenden Forschungsmodell den weiteren Einflüssen des Affekts auf Basis von Landmann et al. (2021) gefolgt, die in ihrer Untersuchung hervorhoben, dass Gefühle nicht nur den Wunsch beeinflussen, sondern zusätzlich auch einen Einfluss auf die Nutzungsintention haben können. Emotionen können sowohl direkt als auch indirekt einen großen Einfluss auf menschliche Verhaltensentscheidungen ausüben (Koshkaki und Solhi, 2016). Es wird davon ausgegangen, dass positive Emotionen mit dem Erreichen von Zielen und der Fortführung von Entscheidungen verbunden sind, während negative Emotionen mit Misserfolgen in Verbindung gebracht werden und so eine bestimmte Verhaltensintention nicht weiterverfolgt wird (Stein et al., 1996). Vor diesem Hintergrund können folgende Hypothesen gebildet werden:

*H5a: Die positiv erwarteten Gefühle beeinflussen die Nutzungsintention positiv.*

*H5b: Die negativ erwarteten Gefühle beeinflussen die Nutzungsintention negativ.*

Schlussendlich wird nicht nur die Nutzungsintention bzw. die Akzeptanz untersucht, sondern auch die tatsächliche Nutzung von IoT-Sensoren in der Gesundheitsüberwachung. Da die genannten IoT-Sensoren schon eine einsatzfähige Technologie darstellen und auf dem Markt zu erwerben sind, ist es sinnvoll auch die tatsächliche Nutzung zu untersuchen. Gemäß der TPB und dem TAM (Davis et al., 1989; Ajzen, 1991) kann folgende Hypothese angenommen werden:

*H7: Die Nutzungsintention IoT-Sensoren auf landwirtschaftlichen Betrieben zu nutzen, beeinflusst das Nutzungsverhalten positive.*

#### **4. Ausblick**

Das Ziel des vorliegenden Beitrags besteht darin, auf Basis der Literatur konkrete Akzeptanzbarrieren im Adaptionprozess unter Milchviehaltern zu identifizieren und kognitive sowie affektive Einflussfaktoren auf die Entstehung von Akzeptanz abzuleiten. Diese Erkenntnisse konnten im

Untersuchungsmodell nach Landmann et al. (2021) summiert und entsprechende forschungsleitende Hypothesen gebildet werden.

In Anbetracht der Komplexität des Akzeptanzprozesses überrascht es nicht, dass in der Literatur bereits einige Akzeptanzbarrieren im landwirtschaftlichen Kontext identifiziert wurden. Es gilt, diese Barrieren in einer empirischen Untersuchung unter Milchviehhaltern zu konkretisieren, Übereinstimmungen mit und Abweichungen vom derzeitigen Forschungsstand sichtbar zu machen und zu analysieren. Denn in der Regel sind es nicht allein die Akzeptanzgegenstände, die Barrieren entstehen lassen, sondern auch Kommunikations- oder Interessenskonflikte (Schäfer und Keppler, 2013).

Die Ergebnisse der Literaturrecherche bekräftigen die Notwendigkeit der Identifizierung von Einflussfaktoren, die bei der Akzeptanz der Adaption von IoT-Sensoren wirksam werden. Die zentralen Bestandteile des angepassten Akzeptanzmodells nach Landmann et al. (2021) sind somit die aus der Literatur hergeleiteten Einflussfaktoren. Das Untersuchungsmodell strukturiert die aus den bestehenden Akzeptanztheorieansätzen abgeleiteten Einflussfaktoren, unter besonderer Berücksichtigung der kognitiven und affektiven Einstellungsfaktoren und bringt diese in einen Wirkungsmechanismus. Erst die Erprobung des Modells wird zeigen, wie stark die einstellungsbasierten Faktoren tatsächlich auf die Nutzungsintention und das eigentliche Nutzungsverhalten laden und ob sich die erwarteten Zusammenhänge bestätigen. Basierend auf dem konzeptionellen Beitrag ist eine großzahlige Umfrage mit Milchviehhaltern in Deutschland geplant. Denn empirische Ergebnisse werden zeigen, ob eine emotional geprägte Nutzungsintention zu höheren Nutzungsraten führt oder bestimmte Akzeptanzbarrieren mit negativen Emotionen verbunden sind, die möglicherweise als Akzeptanzhindernis im Adaptionsprozess der Milchviehhalter fungieren. Eine Verständnislücke zwischen Handlungsintention und tatsächlichem Handeln könnte geschlossen werden.

Die Forschung von Akzeptanzfragen wird häufig mit dem Anliegen verknüpft, Einfluss auf die Akzeptanz der potenziellen Nutzer gegenüber dem jeweiligen Akzeptanzobjekt zu nehmen; so sollen die künftigen Ergebnisse der Umfrage Empfehlungen geben, wie die Akzeptanz von IoT-Sensoren unter Milchviehhaltern verbessert werden kann. Damit aber die Entwicklung sowie Verbreitung von IoT-Sensoren in der Gesundheitsüberwachung wirksam werden kann, müssen Empfehlungen möglichst zielgruppengenau sein. Daher ist die Fokussierung auf die Milchviehhalter und die theoretisch-konzeptionelle Vorüberlegung von essenzieller Bedeutung, um die vorhandenen Ansätze auf das Handlungsfeld der IoT-Sensoren in der Gesundheitsüberwachung korrekt anzuwenden.

## Literatur

- Ajzen, I., 2011. The theory of planned behaviour: Reactions and reflections. In: *Psychology & Health*. (26)9, S. 1113-1127.
- Ajzen, I., 2002. Perceived behavioral control, self-efficacy, locus of control, and the theory of planned behavior. In: *Journal of Applied Social Psychology*. **32**(4), S. 665-683.
- Ajzen, I., 1991. The theory of planned behavior. In: *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 50(2), S. 179-211.
- Akbar, M., M.S. Shahazkhan, M. J. Ali, A. Hussain, G. Qaiser, M. Pasha, M.S. Missen, N. Akhtar, 2020. IoT for Development of Smart Dairy Farming. In: *Journal of Foody Quality*. S. 1-8.
- Akhigbe, B., K. Munir, O. Akinade, L. Akanbi, L. Oyedele, 2021. IoT Technologies for Livestock Management: A Review of Present Status, Opportunities, and Future Trends. In: *Big data and cognitive computing*. 5(10), S. 1-40.
- Anstadt, U., 1994. Determinanten der individuellen Akzeptanz bei Einführung neuer Technologien [Dissertation]. Eine empirische arbeitswissenschaftliche Studie am Beispiel von CNC-Werkzeugmaschinen und Industrierobotern. Universität Karlsruhe. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Arora, S., S. Sahney, D. Pradhan, 2021. Potential benefits and descriptive norms in webrooming: an extended model of goal-directed behavior. In: *International Journal of Retail and Distribution Management*. Artikel im Druck.
- Aubert, A. B., A. Schroeder, J. Grimaudo, 2012. IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. In: *Decision Support Systems*. 54(1), S. 510-520.
- Austin, E. J. und andere, 1998. Empirical models of farmer behaviour using psychological, social and economic variables part I: Linear modelling. In: *Agricultural Systems*. 58(2), S. 203-224.
- Bagozzi, R.P., K.-H. Lee, 1999. Consumer resistance to and acceptance of innovations. In: *A - Advances in Consumer Research*. 26, S. 218-225.
- Barnes, A. P., I. Soto, V. Eory, B. Beck, A. Balafoutis, B. Sánchez, 2019. Exploring the adoption of precision agricultural technologies: A cross regional study of EU farmers. In: *Land Use Policy*. 80, S. 163-174.
- Berckmans, D., 2017. General introduction to precision livestock farming. In: *Animal Frontiers*. 7(1), S. 6-11.
- Blasch, J., B. van der Kroon, P. van Beukering, R. Munster, S. Fabiani, P. Nino, S. Vanino, 2020. Farmer preferences for adopting precision farming technologies: a case study from Italy. In: *European review of Agriculture Economics*. 00(00), S. 1-49.
- Bolinski, I., 2020. Virtual Farming. In: D. KASPROWICZ, S. RIEGER, Hrsg. *Handbuch Virtualität*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 303-315.

- Borchers, M.R., J. M. Bewley, 2015. An assessment of producer precision dairy farming technology use, prepurchase considerations, and usefulness. In: *Journal of Dairy Science*. 98(6), S. 4198-4205.
- Bruhn, M., K. Hadwich, 2017. Dienstleistungen 4.0 – Erscheinungsformen, Transformationsprozesse und Managementimplikationen. In: M. BRUHN, K. HADWICH, Hrsg. *Dienstleistungen 4.0 Geschäftsmodelle – Wertschöpfung – Transformation Band 2*. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 5-40.
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), 2021. Digitalisierung in der Landwirtschaft [online]. [Zugriff am: 04.12.2021]. Verfügbar unter: [https://www.ble.de/DE/Projektfoerderung/Foerderungenauftraege/Digitalisierung/digitalisierung\\_node.html](https://www.ble.de/DE/Projektfoerderung/Foerderungenauftraege/Digitalisierung/digitalisierung_node.html)
- Busse, M., A. Doernberg, R. Siebert, A. Kuntosch, W. Schwerdtner, B. König, W. Bokelmann, 2014. Innovation mechanisms in German precision farming. In: *Precision Agriculture*. 15, S. 403-426.
- Cheon, J., S. Lee, S.M. Crooks, J. Song, 2012. An investigation of mobile learning readiness in higher education based on the theory of planned behavior. In: *Computers and Education*. 59 (3), S. 1054-1064.
- Conner, M., C.J. Armitage, 1998. Extending the theory of planned behavior: A review and avenues for further research. In: *Journal of Applied Social Psychology*. 28, S. 1429-1464.
- Davis, F.D., 1993. User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts. In: *International Journal of Man-Machine Studies*. 38(3), S. 475-487.
- Davis, F. D., R. P. Bagozzi, P. R. Warshaw, 1989. User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. In: *Management Science*. 35(8), S. 982-1003.
- Das V., J., S. Sharma, A. Kaushik, 2019. Views of Irish Farmers on Smart Farming Technologies. In: *AgriEngineering* 1(2), S. 164-187.
- Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG), 2018. Digitale Landwirtschaft. Ein Positionspapier der DLG. Verfügbar unter: [https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/aus-schuesse\\_facharbeit/DLG\\_Position\\_Digitalisierung.pdf](https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/aus-schuesse_facharbeit/DLG_Position_Digitalisierung.pdf)
- Dorfner, G. 2018. Ökonomische Herausforderungen für die bayerischen Milchviehhalter. In: *Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft. Milchviehhaltung - Lösungen für die Zukunft*: 9-20.
- Drewry, J. L., J.M. Shutske, D. Trechter, B.D. Luck, L. Pitman, 2019. Assessment of digital technology adoption and access barriers among crop, dairy and livestock producers in Wisconsin. In: *Computers and Electronics in Agriculture*. 165: 104960.
- Esposito, G., R. van Bavel, T. Baranowski, N. Duch-Brown, 2016. Applying the model of goal-directed behavior, including descriptive norms, to physical activity intentions: a contribution to improving the theory of planned behavior. In: *Psychological Reports*. 119(1), S. 5-26.
- Finger, R., S. M. Swinton, N. El Benni, A. Walter, 2019. Precision Farming at the Nexus of Agricultural Production and the Environment. In: *Annual Review of Resource Economics*. 11, S. 313-335.

- Fishbein, M., I. Ajzen, 1975. Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research. In: *Philosophy & Rhetoric* 10(2), S. 130-132.
- Fry, M. L., L. Drennan, J. Previte, A. White, D. Tjondronegoro, 2014. The role of desire in understanding intentions to drink responsibly: an application of the model of goal-directed behavior. In: *Journal of Marketing Management*. 30(5-6), S. 551-570.
- Gargiulo, J. L., C. R. Eastwood, S.C. Garcia, N. A. Lyons, 2018. Dairy farmers with larger herd sizes adopt more precision dairy technologies. In: *Journal of Dairy Science*. 101(6), S. 5466-5473.
- Goodhue, D. L., 1995. Understanding user evaluations. In: *Management Science*. 41(12), S. 1827-1844.
- Graf, D., 2007. Die Theorie des geplanten Verhaltens. In: D. Krüger, H. Vogt, Hrsg. *Theorien in der bioliedidaktischen Forschung*. Heidelberg: Springer Berlin, S. 33-43.
- Groher, T., K. Heitkämper, C. Umstätter, 2020. Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. In: *Animal*.14(11), S. 2404-2413.
- Iwasaki, W., N. Morita, M. Nagata, 2019. IoT sensors for smart livestock management. In: K. Mitsubayashi, O. Niwa, Y. Ueno, Hrsg. *Chemical, Gas, and Biosensors for Internet of Things and Related*. Amsterdam: Elsevier, S. 207-221.
- Jungbluth, T., 2018. Digitalisierung und Big Data – Innovation in der Nutztierhaltung!? In: 7. Wilhelm-Stahl-Symposium Big Data im Stall – Zukunftsmodell oder Sackgasse? Dummerstorf, 18. Juni.2018. Tagungsbeiträge: 7-10.
- Knierim, A., K. Boenning, M. Caggiano, A. Cristóvão, V. Dirimanova, T. Koehnen, P. Labarthe, K. Prage, 2015. The AKIS concept and its relevance in selected EU member states. In: *Outlook on Agriculture*. 44(1), S. 29-36.
- Kollmann, T., 1998. Akzeptanz innovativer Nutzungsgüter und-systeme: Konsequenzen für die Einführung von Telekommunikations- und Multimediasystemen. Wiesbaden: Gabler Verlag. Reihe Neue betriebswirtschaftliche Forschung. Band 239.
- Koshkaki, E. R., S. Solhi, 2016. The facilitating role of negative emotion in decision making process: A hierarchy of effects model approach. In: *Journal of High Technology Management Research*. 27(2), S. 119-128.
- Kuczera, C., 2006. Der Einfluss des sozialen Umfeldes auf betriebliche Entscheidungen von Landwirten. Kommunikation und Beratung. In: H. Boland, V. Hoffmann, J.U. Nagel, Hrsg. *Sozialwissenschaftliche Schriften zur Landnutzung und ländlichen Entwicklung*. Weikersheim: Margraf Publishers.
- Kutter, T., S. Tiemann, R. Siebert, S. Fountas, 2011. The role of communication and co-operation in the adoption of precision farming. In: *Precision Agriculture*. 12(1), S. 2-17.
- Landmann, D, C-J. Lagerkvist, V. Otter, 2021. Determinants of Small-Scale Farmers' Intention to Use Smartphones for Generating Agricultural Knowledge in Developing Countries: Evidence from Rural India. In: *The European Journal of Development Research*. 33, S. 1435-1454.

- Lee, W., S. Shin, 2016. A comparative study of smartphone addiction drivers' effect on work performance in the U.S. and Korea. In: *Journal of Applied Business Research*. 32(2), S. 507-516.
- Leone, L., P. Perugini, A. P. Ercolani, 1999. A comparison of three models of, attitude-behavior relationships in the studying behavior domain. In: *European Journal of Social Psychology*. 29(2-3), S. 161-189.
- Lima, A., T. Hopkins, E. Gurney, O. Shortall, F. Lovatt, P. Davies, G. Williamson, J. Kaler, 2018. Drivers for precision livestock technology adoption: A study of factors associated with adoption of electronic identification technology by commercial sheep farmers in England and Wales. In: *PLoS ONE*. 13(1).
- Loewenstein, G., J. S. Lerner, 2003. The role of affect in decision making. In: R. J. Davidson, K. R. Scherer, H. H. Goldsmith, Hrsg. *Handbook of affective sciences*. Oxford University Press, S. 619-642.
- Lovarelli, D., J. Bacenetti, M. Guarino, 2020. A review on dairy cattle farming: Is precision Livestock farming the compromise for an environmental, economic and social sustainable production? In: *Journal of Cleaner Production*. 262(2): 121409.
- Lucke, D., 1995. Akzeptanz. Legitimität in der „Abstimmungsgesellschaft“. Opladen: Leske + Budrich.
- Marescotti, M., E. Demartini, R. Filippini, A. Gaviglio, 2021. Smart farming in mountain areas: Investigating livestock farmers' technophobia and technophilia and their perception of innovation. In: *Journal of Rural Studies*. (Artikel im Druck).
- Mohr, S., R. Kühl, 2021. Acceptance of artificial intelligence in German agriculture: an application of the technology acceptance model and the theory of planned behavior. In: *Precision Agriculture*. 22, S. 1816-1844.
- Müller-Böling, D., M. Müller, 1986. Akzeptanzfaktoren der Bürokommunikation. München: Oldenbourg Verlag.
- Netzwerk Digitale Landwirtschaft, 2021. Wo steht die Digitalisierung in der Landwirtschaft? [online]. [Zugriff am 13.11.2021]. Verfügbar unter: <https://digitale-landwirtschaft.com/aktueller-stand-digitalisierung-in-der-landwirtschaft/>
- Neyer, F., J. Felber, C. Gebhardt, 2016. Kurzsкала Technikbereitschaft (TB, technology commitment). Zusammenstellung sozialwissenschaftlicher Items und Skalen (ZIS). Verfügbar unter: [https://zis.gesis.org/skala/Neyer-Felber-Gebhardt-Kurzsкала-Technikbereitschaft-\(TB,-technology-commitment\)](https://zis.gesis.org/skala/Neyer-Felber-Gebhardt-Kurzsкала-Technikbereitschaft-(TB,-technology-commitment))
- Olbrecht, T., 2010. Akzeptanz von E-Learning [Dissertation]. Eine Auseinandersetzung mit dem Technologieakzeptanzmodell zur Analyse individueller und sozialer Einflussfaktoren. Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Pannell, D.J., 1999. Social and economic challenges in the development of complex farming systems. In: *Agroforest Systems*. 45(1-3), S. 395-411.

- Pathak, H. S., P. Brown, T. Best, 2019. A systematic literature review of the factors affecting the precision agriculture adoption process. In: *Precision Agriculture*. 20(6), S. 1292-1316.
- Paustian, M., L. Theuvsen, 2017. Adoption of precision agriculture technologies by German crop farmers. In: *Precision Agriculture*. 18, S. 701-716.
- Perugini, M., R. P. Bagozzi, 2001. The role of desires and anticipated emotions in goal-directed behaviours: Broadening and deepening the theory of planned behaviour. In: *British Journal of Social Psychology*. 40(1), S. 79-98.
- Petermann, T., C. Scherz, 2005. TA und (Technik-)Akzeptanz (-forschung). In: *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis*. 14(3), S. 45-53.
- Pfeiffer, J., S. Schleicher, M. Gandorfer, 2019. Gesellschaftliche Akzeptanz von Digitalisierung in der Landwirtschaft. In: 39. Gesellschaft für Informatik (GIL) Jahrestagung. Digitalisierung für landwirtschaftliche Betriebe in kleinstrukturierten Regionen – ein Widerspruch in sich? Wien, 19. und 20. Februar 2019. S. 151-154.
- Pierpaoli, E., G. Carli, E. Pignatti, M. Canavari, 2013. Drivers of precision agriculture technologies adoption: A literature review. In: *Procedia Technology*. 8, S. 61-69.
- Rapaport, P., S. Orbell, 2000. Augmenting the theory of planned behavior: Motivation to provide practical assistance and emotional support to parents. In: *Psychology and Health*. 15, S. 309-324.
- Richards, J. M., J. J. Gross, 1999. Composure at Any Cost? The Cognitive Consequences of Emotion Suppression. In: *Personality and Social Psychology Bulletin*. 25(8), S. 1033-1044.
- Richards, J. M., 2004. The Cognitive Consequences of Concealing Feelings. In: *American Psychological Society*. 13(4), S. 131-134.
- Rogers, E. M., 1960. *Social Change in Rural Society. A Textbook in Rural Sociology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Rogers, E. M., 2003. *Diffusion of innovations*. 5. Auflage. New York: Free Press.
- Russell, R. A., J. M. Bewley, 2013. Characterization of Kentucky dairy producer decision-making behavior. In: *Journal of Dairy Science*. 96(7), S. 4751-4758.
- Rutten, C. J., W. Steeneveld, A. Lansink, H. Hogeveen, 2018. Delaying investments in sensor technology: The rationality of dairy farmers' investment decisions illustrated within the framework of real options theory. In: *Journal of Dairy Science*. 101(8), S. 7650-7660.
- Schäfer, M., D. Keppler, 2013. Modelle der technikorientierten Akzeptanzforschung. Überblick und Reflexion am Beispiel eines Forschungsprojekts zur Implementierung innovativer technischer Energieeffizienz-Maßnahmen. In: *discussion paper der Technischen Universität Berlin Nr. 34/2013*.
- Schleicher, S., M. Gandorfer, 2018. Digitalisierung in der Landwirtschaft: Eine Analyse der Akzeptanzhemmnisse. In: 38. Gesellschaft für Informatik (GIL) Jahrestagung. Digitale Marktplätze und Plattformen. Kiel, 26. und 27. Februar 2018. S. 203-206.



- Schukat, S., H. Heise, 2021. Towards an Understanding of the Behavioral Intentions and Actual Use of Smart Products among German Farmers. In: *Sustainability*. 13(12): 6666.
- Spykmann, O., A. Gabriel, M. Gandorfer, 2021. Farmers' perspectives on field crop robots – Evidence from Bavaria, Germany. In: *Computers and Electronics in Agriculture*. 183: 106176.
- Stein, N. L., M. D. Liwag, E. Wade, 1996. A goal-based approach to memory for emotional events: Implementations for theories of understanding and socialization. In: R.D. Kavanaugh, B. Zimmerberg, S.F. Mahwah, Hrsg. *Emotion: Interdisciplinary perspectives*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, S. 91-118.
- Sundrum, A., 2018. Big Data – Mittel zu welchen Zwecken? In: 7. Wilhelm-Stahl-Symposium Big Data im Stall – Zukunftsmodell oder Sackgasse? Dummerstorf, 18. Juni 2018. *Tagungsbeiträge*: 15-19.
- Terrasson, G., E. Villeneuve, V. Pilnière, A. Llaría, 2017. Precision Livestock Farming: A Multidisciplinary Paradigm. In: *SMART 2017 : The Sixth International Conference on Smart Cities, Systems, Devices and Technologies*: 55-59.
- Taylor, S., P. Todd., 1995. Understanding Information Technology Usage: A Test of Competing Models. In: *Information Systems Research*. 6(2), S. 144-176.
- Tey, Y. S., M. Brindal, 2012. Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications. In: *Precision Agriculture*. 13, S. 713-730.
- Umstätter, C., D. Martini, F. Adrion, 2020. Opinion Paper: Digitales Tiermonitoring – Was bringt die Zukunft? In: *Landtechnik*. 75(1), S. 14-23.
- Venkatesh, V., B. Bala, 2008. Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. In: *Decision Sciences*. 39(2), S. 273-315.
- Venkatesh, V., F. S. Davis, 2000. A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal Studies. In: *Management Science*. 46(2), S. 186-205.
- Voss, J., A. Spiller, U. Enneking, 2009. Zur Akzeptanz von gentechnisch verändertem Saatgut in der deutschen Landwirtschaft. In: *German Journal of Agricultural Economics*. 58(3), S. 155-167.
- Walter, A., R. Finger, R. Huber, N. Buchmann, 2017. Smart farming is key to developing sustainable agriculture. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 114(24), S. 6148- 6150.
- Weersink, A., E. Fraser, D. Pannell, E. Duncan, S. Rotz, 2018. Opportunities and Challenges for Big Data in Agricultural and Environmental Analysis. In: *Annual Review of Resource Economics* 10: 19-37. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100516-053654>
- Zhang, P., N. Li, 2005. The importance of affective quality. In: *Communications of the ACM*. 48(9), S. 105-108.
- Zwick, M., O. Renn, 1998. Wahrnehmung und Bewertung von Technik in Baden-Württemberg. Präsentation der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden- Württemberg

## **Teil II – Smart Dairy Farming – Nutzungsbereitschaft und Akzeptanz unter Landwirten**

### **II. 2 From Intentions to Adoption: Investigating the Attitudinal and Emotional Factors That Drive IoT Sensor Use Among Dairy Farmers**

Greta Langer, Holger Schulze und Sarah Kühl

Dieser Beitrag ist so oder in ähnlicher Fassung veröffentlicht in der wissenschaftlichen Zeitschrift: Smart Agricultural Technology.

## Abstract

The digitalization of agriculture is on the rise, and while the dairy industry is not considered a leader in digitalization, more and more technologies have been developed in recent years. In particular, monitoring the health of dairy cows is becoming increasingly digital with Internet of Things (IoT) technologies. IoT-based sensors can potentially support efficient dairy production while enabling better animal welfare. Against this background, the question of technology acceptance among dairy farmers is becoming increasingly important. It is evident that acceptance, especially in the area of IoT-based dairy sensors, has only been sporadically researched, with behavioral factors rarely considered. Acceptance research has predominantly focused on a technological perspective or has been limited to operational and socio-demographic factors, thus failing to capture the entire acceptance process. Based on this, the aim of the paper is to identify prevailing acceptance barriers and examine whether cognitive and affective influencing factors, combined into a single behavioral model, can explain the acceptance, and therewith precondition for adoption, of IoT-based animal sensors. For this purpose, an online survey was conducted among 212 German dairy farmers. The analysis included a partial least squares estimation of the behavioral model. The results show that acceptance barriers differ between users and non-users of IoT-based sensors. However, both groups consider high investment costs as the most important barrier. Furthermore, the results indicate that both cognitive factors and positive anticipated emotions influence acceptance decisions. Additionally, the main determinants of the theory of planned behavior, namely attitude and behavioral control, have a positive influence on the desire to use IoT-based animal sensors. Ultimately, this has a positive impact on the acceptance.

The results emphasise that, in addition to the technical requirements and cognitive attitudes, emotional factors are relevant for the acceptance of IoT-based animal sensors among dairy farmers. These findings are important for manufacturers, policy and agricultural and digital associations.

**Keywords:** IoT-based sensors, German dairy farming, barriers to acceptance, affective and cognitive factors, structural equation modeling

## 1. Introduction

The digital transformation in agriculture has been developing rapidly in several different sectors in recent years, with particularly rapid development in the field of agricultural robotics [1;2]. Smart farming technologies promise new farming practices designed to allow farmers to farm efficiently while achieving more sustainable production [1;2;3]. They further are expected to minimize resource inputs and manual work while simultaneously increase animal welfare [4]. However, while the fundamental importance of digitalization for agriculture is widely recognized, there is still some uncertainty about its actual effects and implications for a more efficient and sustainable production, e.g. due to inaccuracies or undesired impacts on farmers, animals, and society [5;6;7;8]. Moreover, in the past two decades, the diffusion of smart farming technologies has occurred mainly in arable farming rather than in livestock production [3; 9;10]. However, high potential for the future distribution of smart livestock technologies has been predicted [11]. In terms of efficiency and animal welfare, Internet of Things (IoT) sensors, as a part of smart farming technologies, in particular are expected to play an important role in livestock production [2;12]. IoT acts to bridge virtual and physical domains, with a focus on wireless communication through smart products such as sensors. These IoT-based sensors typically utilize both local and global network infrastructures, facilitating wireless connectivity and enabling fully autonomous operation of IoT systems [10;13;14]. Examples of IoT- based sensors in dairy farming include collar sensors that allow monitoring of individual animal behavior, lameness detectors that can detect lameness in cows in real time, or rumen sensors that measure temperature, dairy cow movement, and digestive activity. Those IoT technologies are designed to optimize resource use, increase milk yield, and monitor animal behavior and health [10;15]. It is proven that such technologies can better detect lameness compared to farmers [16] and could therefore be an important information tool for the health status of animals not only for farmers but also for veterinarians or farm consultants [17]. In addition, it shall be possible to better understand the animals' behavior and therewith increase the assessment of the animals' welfare [18]. Thus, various stakeholders expect IoT-based animal sensors to improve dairy production, as good animal health, the well-being of the cows, and sustainable milk production are crucial for the future viability of dairy farms [13;19]. However, there is still a lack of knowledge about how the use of digital technologies actually affects animal welfare and how valuable the actual benefits are for the farmer.

Nevertheless, the use of IoT, or digitalization is often presented by politicians, agricultural associations and industrial companies as a "panacea" for achieving sustainable animal husbandry while at the same time fulfilling societal demands for greater animal welfare and resource protection [20]. So far, there are (e.g. socio-ethical) concerns about the use of IoT technologies, and Barret and Rose [21] and Lajoie-O'Malley et al. [22] argue that digitalization alone is not a universal solution for achieving a more sustainable and resilient agriculture. Furthermore, the diffusion of IoT-based sensors in dairy farms is rather heterogeneous. While certain sensors are hardly used, others are adopted by a significant number of farmers [10;18;19;23]. Bianchi et al. [24] observed that dairy farmers using IoT technologies frequently

use sensors to measure activity (70%) or milk quantity or composition (60%). Sensors for lameness detection are rarely used (<20%) but are unknown to many (>20%).

The actual adoption of IoT-based animal sensors seems relatively heterogeneous [23;24]. This might be due to the fact that the acceptance process is a dynamic and complex process, which is also described as an individual acceptance journey or a "flow of different acceptance levels" [25]. Acceptance is thus a volatile concept that can fluctuate over time and in different situations, influenced by changing contextual factors, perceptions and socially conditioned aspects, whereby the construct of acceptance always precedes actual use. Thus, the fundamental prerequisite for the adoption of IoT-based sensors is the acceptance of their potential users [26].

Previous research has mainly focused on farm characteristics such as livestock numbers, milk yield or socio-demographic factors of livestock farmers [27;28;29] and tried to explain the adoption of technologies mainly through economic considerations [30]. However, the decision to accept and use digital tools is also a behavioral process that involves both cognitive and affective factors [31]. Although this "emotional uplift" has been identified as a major influencing factor in other acceptance contexts [32;33], there is a lack of knowledge about how acceptance and actual use of IoT-based sensors are influenced by affective and cognitive factors [28;30;33]. A recent study has agreed that the acceptance process of digital systems in general is mainly due to a multifactorial uncertainty regarding innovative systems [34]. The debated entry barriers include uncertainty relating to the performance/reliability and profitability/costs of the sensors as well as insufficient compatibility of the sensors with other systems or understanding of the generated data [e.g., 24;33;35]. Increasingly, farmers wait for improved versions and postpone investment decisions [10;36]. This is also due to an information overload that hampers adoption decision-making, as Russell and Bewley [37] discovered. However, it remains unclear to what extent a behavioral perspective is relevant to the acceptance and adoption of IoT-based sensors among dairy farmers [38] and whether potential barriers to acceptance exist in the area of IoT health monitoring that may hinder adoption of these systems. Based on this, the following research questions can be formulated: (1) What are barriers to acceptance in the context of IoT health monitoring among dairy farmers? (2) Which cognitive and affective influencing factors determine the acceptance of dairy farmers for the use of IoT-based sensors in the health monitoring of dairy cows?

In this study, two specific examples of IoT-based animal sensors are employed for this purpose, namely, rumen and collar sensors, which are used for health monitoring to detect deviations in the health status of dairy cows. Both types of sensors are commercially available [39].

## **2. Materials and Methods**

### **2.1 Conceptual Framework and Hypothesis Derivation**

A quantitative assessment of technology acceptance factors was applied utilizing a numerical approach. Essentially, a differentiation exists between conceptual and numerical models, where numerical

methodologies are typically derived from conceptual models, aiming to quantify the variables and the robustness of the relationships outlined in the conceptual model [26]. In the course of acceptance research in agriculture, many models with different emphases were developed, considering various influencing factors and mechanisms of action and both conceptual and numerical. Davis's [40] Technology Acceptance Model (TAM), which was developed for information technologies at that time, is referred to as one of the most important theoretical models for acceptance research in this context. The model was conceived with the purpose of illustrating the process through which (potential) users embrace and put technology into practical use. It is grounded in the theoretical premise that three primary factors (perceived usefulness, perceived ease of use, attitude towards use) play a pivotal role in shaping the decision to accept. Due to its predictive design, the TAM includes the acceptance factor as a behavioral intention and thus as a precursor to active use [28;41]. This assumption also applies to the present paper. However, since decisions about the acceptance and use of digital tools should be understood as complex behavioral processes [33], the present research combines the TAM with the Theory of Planned Behavior (TPB) in order to be able to complement the behavioral factors [42]. The TPB is a widely applicable theory used to predict and provide insight into behavior. It was originally formulated to explain behavior that is under complete, voluntary control [42]. The TAM-TPB linkage is supported by Davis [42] himself, with the justification of including the behavioral determinants that are missing in the TAM [23;43]. Several studies confirm that emotions act as reliable predictors of behavioral expectations [33;44;45]. In order to include the influencing factor of emotions, further model adaptation is required in the context of the present research project. However, TPB is often criticized for neglecting emotions [46;47;48;49]. The Model of Goal-Directed Behavior (MGB) extends the TPB to include the "emotional uplift" by adding two constructs of positive and negative anticipated emotions [49]. Perugini and Bagozzi [49] argue that individuals consider the emotional consequences of achieving or not achieving their goals before performing a specific behavior.

Since the TPB does not provide propositions about how to stimulate intention either, another construct, desire, is added as the most proximal determinant of utility intention [49]. The role of desire in predicting intention is hypothesized to be the strongest predictor of intention due to the motivational content of the construct [49]. In this context, desire is only slightly action-related compared to intention to use and arises over a longer period of time [50]. The combination of the three models TAM, TPB, and MGB has already been empirically tested by Landmann et al. [33] and offers a valid and reliable basis from the research point of view, which is why the behavioral model (see Figure 1), with content adaptation, is applied for the research context.

## **2.2 Final Model and Hypothesis**

Consistent with the TPB, the most important behavioral determinants in the research framework are attitude, subjective norm, and behavioral control (see Figure 1). However, in the present research model, they only indirectly influence acceptance or intention to use [33]. According to Perugini and Bagozzi

[49], desire is a stronger predictor of intention than the three TPB determinants, and according to Armitage and Conner [48], attitude, subjective norm, and behavioral control explain significantly more variance in desires than in intentions [47;50]. According to the TPB-TAM combination [33;43;51], the three behavioral determinants are in turn influenced by three different types of beliefs. According to Ajzen [52], these are attitudinal beliefs, normative beliefs, and control beliefs. Attitudinal beliefs are thereby derived from the TAM model. Attitude encompasses the degree of general endorsement of a particular technology, in this example IoT sensors, from the individual's perspective [52].

*H1: Attitude has a positive effect on the desire to use IoT sensors.*

It is assumed that there is a relationship between perceived usefulness, perceived ease of use, and attitude toward using IoT sensors [42;51]. All in all, the following hypotheses can be formed:

*H1a: The perceived usefulness of IoT sensors has a positive effect on attitude.*

*H1b: The perceived ease of use of IoT sensors has a positive effect on attitude.*

Subjective norm comprises the role of social pressure from the environment regarding the performance of a particular behavior. In this study, the subjective norm is described as the individual farmer's perception of what his environment thinks about the use of IoT sensors [52;33;50].

*H2: Subjective norm has a positive effect on the desire to use IoT sensors.*

The normative beliefs can be quite different because different influencing groups may have different views [40; 50]. It is assumed that other farmers' readiness on the one hand and agricultural advisors' readiness on the other hand positively influence the subjective norm [51;53]. Agricultural advisors are becoming increasingly important in agricultural practice, especially in the process of obtaining information on innovative technologies [54;55]. Therefore, the following hypotheses can be formulated:

*H2a: Other Farmers' perceived readiness has a positive effect on the subjective norm.*

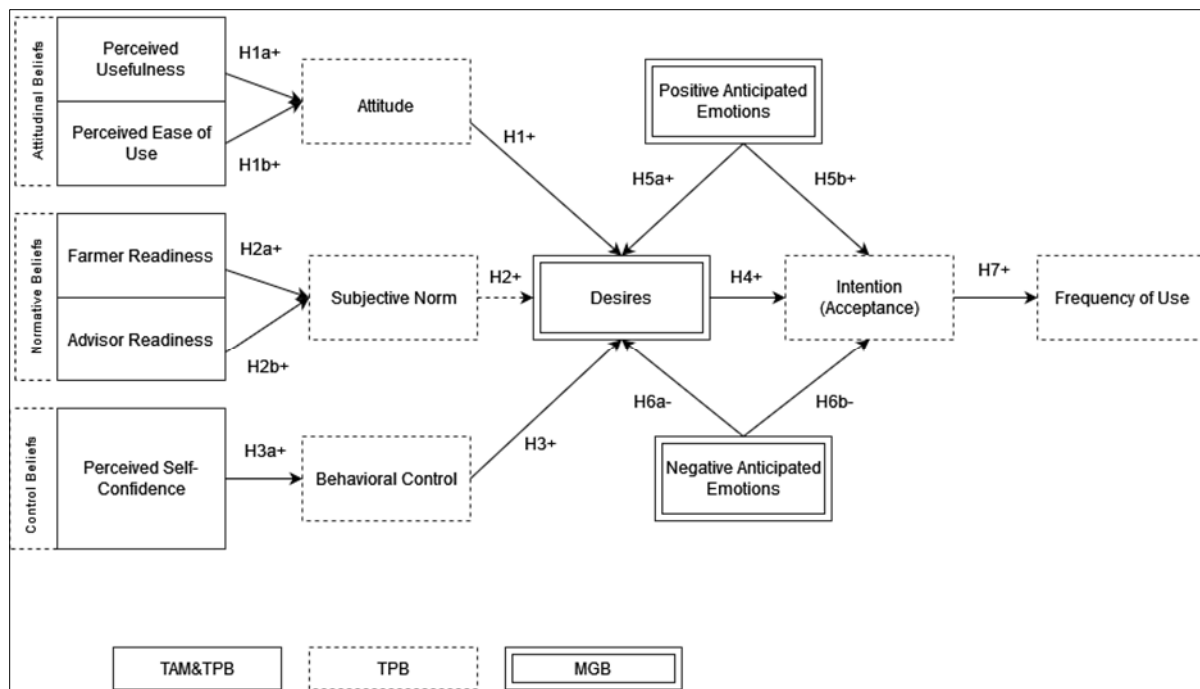
*H2b: The perceived readiness of agricultural advisors has a positive influence on the subjective norm.*

Perceived behavioral control is defined as a person's subjective perception of their ability to perform a particular behavior [49]. This type of self-assessment goes beyond personal capabilities and resources such as education, experience, and income [33]. In the specific context, behavioral control reflects the perception of one's control over the functionality of the IoT sensor [23;33]. Considering this, the following hypotheses can be formulated:

*H3: Perceived behavioral control has a positive effect on the intention to use IoT sensors.*

However, control beliefs imply a person's self-confidence to perform a certain behavior [51;52]; in this context, it describes farmers' confidence in their own abilities to use IoT sensors correctly. The following hypothesis will be tested:

*H3a: Perceived self-confidence has a positive effect on the behavioral control.*



**Figure 1** Research Model combining the TAM [40], TPB [52] and MGB [49;33].

In agreement with Perugini and Bagozzi [49], it can be assumed that "desire", as a motivational impulse, has a direct influence on behavioral intention. Accordingly, the hypothesis is as follows:

*H4: The desire has a positive influence on the intention to use IoT sensors.* According to the MGB model, positive and negative emotions are included as direct predictors on desire:

*H5a: Positive anticipated emotions have a positive influence on desire.*

*H6a: Negative expected emotions have a negative influence on desire.*

Different from the MGB approach, the present research model follows the further influence of emotions based on Landmann et al. [33], who highlighted in their study that emotions not only influence desire but can additionally have an impact on intention to use. Emotions can have a great influence on human behavioral decisions, either directly or indirectly [55]. Positive emotions are thought to be associated with goal achievement and decision persistence, whereas negative emotions are associated with failure, and thus a particular behavioral intention is not pursued [57]. With this in mind, the following hypotheses will be tested:

*H5b: Positive anticipated emotions have a positive influence on the intention to use IoT sensors.*

*H6b: Negative expected emotions have a negative influence on the intention to use IoT sensors.*

Finally, not only the intention to use or the acceptance but also the actual use of IoT-based sensors in health monitoring are investigated. Since IoT-based sensors are already a usable technology and are available for purchase on the market, it is appropriate to investigate their actual use. According to the TPB and the TAM [52;40], the target construct is the actual usage behavior. In the following, however, actual usage behavior is not considered as a dummy variable [40] but as an ordinal variable that measures



the frequency of the farmers use of the IoT sensors data, as also assumed in the research of Michels et al. [30] and Schukat and Heise [58]. The following hypothesis can be formulated:

*H7: The intention to use IoT sensors on farms has a positive influence on the frequency of use.*

### 2.3 Data Collection and Statistical Testing

Based on the conceptual framework, an online survey was conducted with dairy farmers in Germany at the beginning of 2022. Dairy Farmers were found through various channels, such as the Lower Saxony Chamber of Agriculture, social media, channels, and practical-oriented journals. Due to the sampling method and that farmers participation was voluntary, there will likely be a self-selection bias in the sample. The sample is further not representative for the entirety of German dairy farmers (see section 3.1 and Table 1). The standardized online questionnaire was divided into different sections and contained questions on farm and socio-demographic characteristics as well as on potential barriers to acceptance and the basic perception of digitization in agriculture. Respondents were given a short information on IoT health monitoring sensors and two specific examples (rumen and collar sensor) before stating their agreement to statements referring to the attitude toward and usage of IoT sensors<sup>1</sup>. It was emphasized at the outset of the survey that all questions and items explicitly pertain to the two IoT sensors employed in the health monitoring of dairy cows. Almost all statements then referred to IoT sensors in general, rather than repeatedly mentioning the two specific sensors presented earlier. Only in the statements on desire and emotions was an additional remark made about improving health. The online questionnaire was pretested (n=18) in terms of comprehensibility and technical procedure by experts from the field of agricultural economics research as well as with farmers. Questions on influencing factors were based entirely on existing literature [e.g 40;59;60] (see detail in appendix Table A5). Most questions were measured on five-point Likert scales (from 1=strongly agree to 5=strongly disagree). Alternative response options ranged from 1=several times a day to 5=never or 1=very critical to 5=very uncritical; these were used to measure usage behavior or barriers to acceptance. The evaluation of the sociodemographic and operational characteristics and the descriptive analysis were carried out using the statistical program SPSS IBM 27.

The measurement model was estimated using the partial least squares (PLS) method. This method is suitable for computing complex and exploratory models and measuring relationships between latent constructs [61;62;63]. The PLS technique represents a combination of principal components, path, and regression analyses [64]. A systematic approach is followed in the evaluation: first, the measurement

---

<sup>1</sup>Informational text: More and more devices are connected to the Internet of Things (IoT). Smart products collect data via sensors, analyze it, and forward it via the Internet or receive data from other smart products. The "intelligence" of these products is that they perform tasks independently and communicate with other products. In the dairy sector, such IoT sensors include rumen sensors or sensor collars used in health monitoring. These sensors can record animal behaviors and movements. The health status of the animals can then be derived from this, diseases can be detected at an early stage, or calving and estrus can be determined. In the following, IoT sensors (rumen sensor, sensor collar) that are used in the health monitoring of dairy cows are in the focus of this survey.

model is evaluated (outer model), then, in a second step, the structural model is estimated (inner model) [63]. This statistical analysis was performed using the Smart-PLS 3 program [65].

The reliability of the indicators in the reflectively specified measurement model was checked by the indicator loadings on the particular construct. The loadings should be greater than 0.7 but must exceed the minimum value of 0.4 [63]. Internal consistency reliability is achieved when the reliability value is greater than 0.7 [66] and Cronbach's alpha values are greater than 0.6 [67]. Convergence validity is captured by the average variance (AVE), which should be greater than 0.5 [63]. Discriminant validity describes the extent to which constructs differ from other constructs. In the present study, discriminant validity is measured using the heterotrait-monotrait criterion (HTMT). HTMT values above 0.90 indicate a lack of discriminant validity [63;68].

In the second step, the collinearity of the internal structural model was tested via the variance inflation factor, which must be below the value 5 [68]. The test of predictive validity was performed via the measurement of  $R^2$  values [61] as well as via predictive validity in the form of the Stone-Geisser criterion  $Q^2$ , which are cross-validated redundancies of the constructs ( $Q^2 > 0$ ) [69;70]. The estimation of  $Q^2$  was done via blindfolding (see detail in appendix Table A3).

The hypothesis tests of the path coefficients of the inner model were derived from the bootstrapping procedure. This was possible because no assumptions about the distribution of the data are required for PLS modeling. 5,000 subsamples were applied to generate values that allowed hypothesis testing following Hair et al. [63].

### 3. Results

#### 3.1 Sample Description

After the elimination of incomplete datasets, data cleaning regarding the duration of response to the survey<sup>1</sup>, and the quality question (the following quality assurance question aims to ensure that participants have actually read the questions. Please select “disagree”) 31 cases were deleted from the final data set), a total of 212 datasets remained for further analysis. The descriptive statistics are given in Table 1. The average age of dairy farmers was 45 years and 73.1% of them were male. The majority of the respondents (70.3%) worked as farm managers, 11.8% reported to be farm successors, and 9.9% were working on the farm as an elderly or as a collaborating family member. More than half of the dairy farmers (51.4%) had more than 20 years of work experience. 47.6% of the farmers had a technical college degree or were master farmers. With 28.7% of the farmers surveyed holding a university degree, the sample shows an above-average high level of education. For the nationwide average, only about 14% have a bachelor's or master's degree [71].

---

<sup>1</sup> 12 cases were deleted from the final data set because the participants answered the questionnaire in less than half the median completion time (median=669.5 seconds, half median=334.7)

**Table 1** Characteristics of the sample (n=212) compared to the average of the total German dairy farm owner population

Attribute	Description	Sample	German Average <sup>1</sup>
Gender	Male	73.1%	64.0%
	Female	26	36.0%
	Diverse	0.9%	NA
		0%	
Age	Farmers age in years	45	53
Education	University degree	28.7%	14.0%
Farm system	Conventional	80.2%	94.0%
	Organic	17.0%	6.0%
	Hybrid/convertig from conventional to organic	2.8%	NA
Herdsiz	<50	16.5	
	50-199	57.1	70 cows per farms
	≥200 dairy cows	26.4	
Milk yield	in kg/cow/year	9,223	8,488
Housing system	loose housing without yard	39.6%	83.0% (loose housing system in general)
	loose housing with yard and/or pasture ac- cess	57.1%	

<sup>1</sup> Sources: [71;72;73]. NA= not available

Almost all of the farms surveyed were a main occupational farm (99.1%), with 17.0% farming according to organic standards, 80.2% keeping conventional dairy cattle, and 1.4% each were in the process of converting from conventional to organic and vice versa. Most respondents (29.7%) kept between 100–199 dairy cows, and 27.4% of the farms surveyed kept between 50–99 dairy cows, whereas 26.4% of dairy farmers kept 200 cows or more. Thus, the sample shows a relatively large number of cows per farm; in fact, the national average is currently about 70 cows per farm, and about 6% of all dairy farms in Germany are organic [70;73]. Most farms (57.1%) in the sample kept their cows in a loose housing system with yard and/or pasture access. The milk yield per cow and year of the sampled farms was 9,223 kg; slightly above the national average, which reached 8,488 kg milk/cow/year in 2021 [74]. Thus, the sample shows a distribution that differs from the average in terms of herd sizes, number of organic farms, and average milk yield. Most of the dairy farms surveyed (25.9%) were from Bavaria, followed by Lower Saxony (25.5%) and Baden-Württemberg (11.8%). This distribution, however, corresponds to the nationwide average [75]. Nevertheless, the sample is not representative and represents rather the larger dairy farms.

### 3.2 Descriptive Analysis

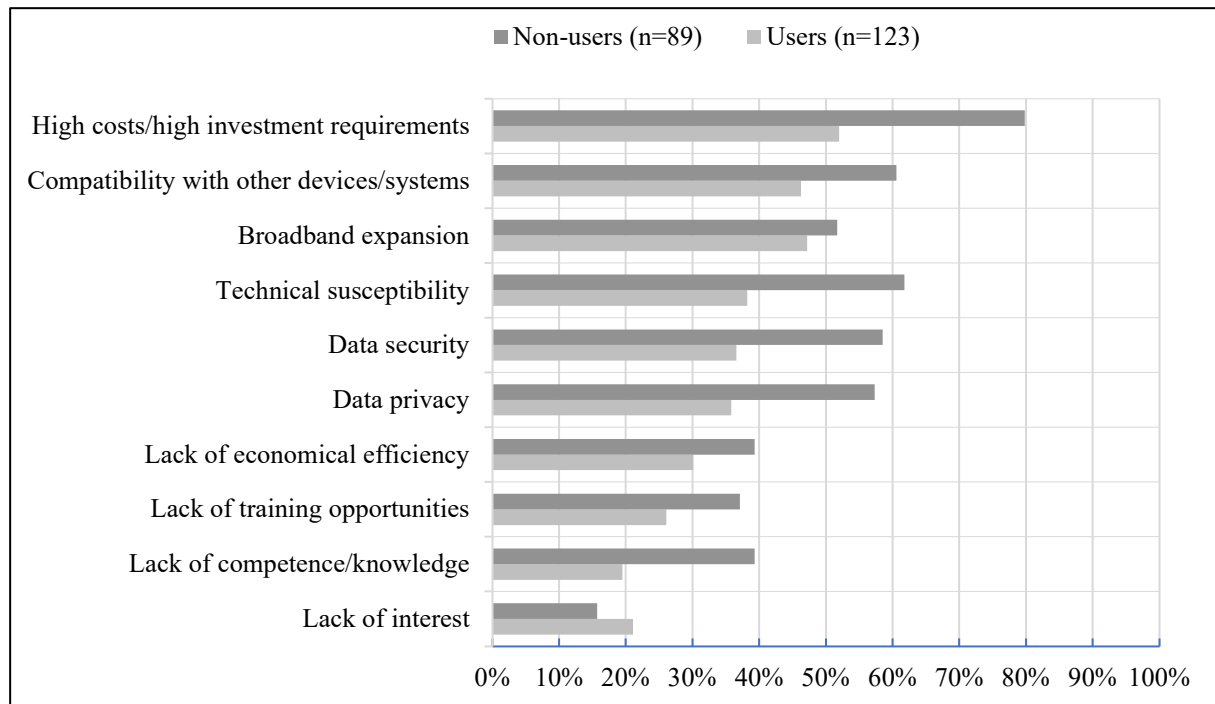
The actual use of IoT sensors shows a heterogeneous picture, as Table 1 illustrates. Sensor collars were regularly (daily and several times a day) used by 53.8% of the dairy farmers surveyed, whereas rumen sensors were regularly used by only 21.2%. The use of other IoT sensors in health monitoring was also at a low level (see Table 2).

**Table 2** Frequency of use of IoT sensors on surveyed farms in percent and absolute numbers in parentheses

Frequency <sup>1</sup>	Several times a day	Daily	Weekly	Monthly	Never
Sensor collar	33.0 (70)	20.8 (44)	2.8 (6)	1.4 (3)	42.0 (89)
Rumen sensor	10.4 (22)	10.8 (23)	4.7 (10)	0.9 (2)	73.1 (155)
Other IoT sensors (e.g. ear sensor, digital calving de- tection systems, foot pedometers) *	16.0 (34)	10.8 (23)	1.9 (4)	1.4 (3)	45.8 (97)

n=212. <sup>1</sup> Multiple answers were not allowed; Question wording: Please indicate the frequency of use of the following products. \* n=161 as answer was voluntary.

The present results show that the acceptance barriers differed between users and non-users of IoT-based sensors (see Figure 2). Dairy farmers who did not use IoT-based sensors were more critical in their assessment of acceptance barriers. Although both users and non-users rated high investment costs as the greatest acceptance barrier, this was viewed critically by more non-users (79.8%). Among IoT users, 52.0% saw this barrier as very critical or critical. The technical susceptibility of IoT sensors was considered by non-users to be the second acceptance barrier (61.8%). However, this was only rated as the fourth barrier by IoT users (38.2%). They saw the lack of broadband expansion (47.2%) and the missing compatibility with other systems and devices as the second and third biggest barrier. The non-users also rated the lack of compatibility as the third-largest barrier; 60.6% were very critical or critical in this respect.



**Figure 2** Acceptance barriers of surveyed users and non-users of IoT-based sensor collars

Percentage of agreement as sum of response options: very critical and critical. Question: How would you rate the following points on the use of IoT sensors for health monitoring? Please read through each point and then answer according to your critical assessment. 1=very critical 5=very uncritical. As there were no differences in the order of acceptance barriers for the two IoT-based sensors investigated, only the barriers for the most commonly used sensor collars are presented.

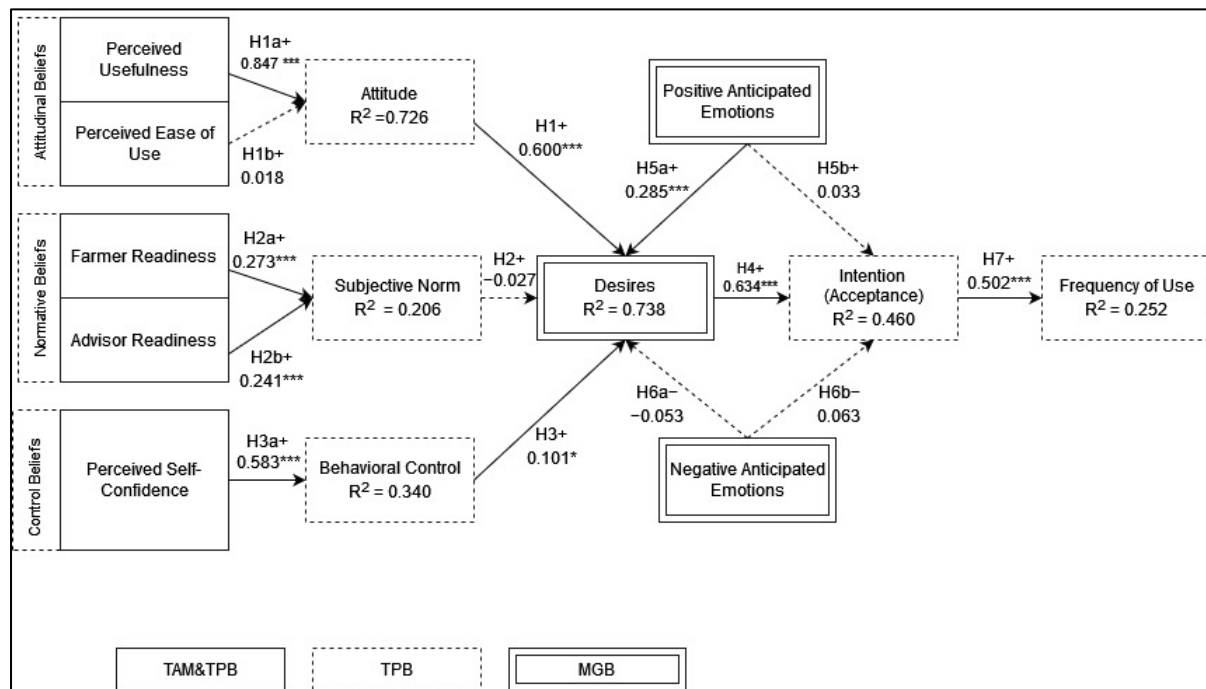
It is also interesting to note that data security and data ownership were rated more critically by non-users (58.5% and 57.3%) than by users (36.6% and 35.8%). A lack of interest in connection with IoT sensors was rated as non-critical by both groups. However, 39.3% of non-users stated that a lack of competence/knowledge about IoT sensors represented a barrier for them. Among users, only 19.5% saw this as a barrier to acceptance.

### 3.3 PLS Estimation

The reliability and validity of the external measurement model were checked using the quality criteria explained above. The values in Table A1 in the appendix meet the requirements for indicator loadings ( $>0.7$ ), convergence criteria ( $AVE > 0.5$ ), and internal consistency criteria (Cronach's  $\alpha > 0.60$ , Composite reliability  $> 0.70$ ). Thus, the measurement model can be considered reliable. The discriminant validity of the measurement model is also fulfilled, as the HTMT criterion is also almost met (see table A2 in the appendix). Furthermore, the evaluation of the structural model is also satisfactory. In addition, Table 1 in the appendix also shows the descriptive results of the constructs used in the PLS estimation.

Figure 2 shows the corresponding  $R^2$  values, path coefficients, and significance levels of the PLS estimation. With  $R^2$  values ranging from 0.206 to 0.738, they can be considered low or average up to substantial [58]. The path coefficients show that several significant causal relationships exist between the constructs (see Figure 2). Thus, the main determinants of TPB attitude ( $0.600^{***}$ ) and behavioral control ( $0.340^*$ ) had a significant influence on the desires, and hypotheses 1 and 3 can be accepted (asterisks

represent path coefficients \* $P < 0.10$ , \*\* $P < 0.05$ , \*\*\* $P < 0.01$ ). However, hypothesis 2 must be rejected, as subjective norm showed no significant influence and assumed an unexpected negative sign. Attitude, in turn, was significantly influenced by perceived usefulness (0.847\*\*\*), whereas perceived ease of use showed no significant influence (0.018). Consequently, hypothesis 1a may be accepted and hypothesis 1b rejected.



**Figure 3** Determinants of acceptance of IoT sensors in health monitoring by German dairy farmers (structural model estimation)

Numbers on arrows represent path coefficients. \* $P < 0.10$ , \*\* $P < 0.05$ , \*\*\* $P < 0.01$ . Broken line: not significant.  $n=212$ .

The other belief constructs from the TAM-TPB combination, i.e., normative beliefs in the case of farmer willingness (0.273\*\*\*) and advisor willingness (0.241\*\*\*), and control beliefs in the case of perceived self-confidence (0.583\*\*\*), exerted a significant influence on subjective norm and behavioral control, respectively. Hypotheses 2a, 2b, and 3a can thus be confirmed.

Desires showed a strong and highly significant influence on intention to use (0.634\*\*\*), hence hypothesis 4 is confirmed. However, the results for expected emotions presented a picture that partially deviated from the formulated hypotheses. Positive expected emotions had no significant influence on intention to use (0.032) but a strong as well as highly significant influence on desires (0.285\*\*\*). Accordingly, hypothesis 5a can be confirmed, whereas hypothesis 5b must be rejected due to lack of significance. Negative anticipated emotions had a relatively small and non-significant influence on desires (-0.053) and intention to use (0.064). Hypotheses 6a and 6b are thus rejected. Moreover, we found that higher intention to use IoT sensors does lead to more frequent use of IoT sensors. Hypothesis 7 can therefore be confirmed (overview of the hypothesis in the appendix Table A4).

#### 4. Discussion

This study focused on investigating acceptance barriers and influencing factors related to IoT-based health monitoring among dairy farmers. For this purpose, we combined existing acceptance theories and cognitive and affective influencing factors into a single behavioral model and conducted an online survey with German dairy farmers. The key findings from the usage and barriers to acceptance and the PLS model are discussed below.

The results of this empirical study confirm that the current use of technologies, such as sensor collars and rumen sensors to track the cow's health, are only used by about 50% and 20%, respectively, of surveyed farmers. Thus, sensor collars are used more often than rumen sensors, which might be more challenging in terms of handling and price value [36]. However, the use of sensors is not very low, and our result must be set into the context that large farms are overrepresented in this study and that innovative technologies are mainly used by larger farms [76].

The study further gives insights into acceptance barriers toward IoT health monitoring. The primary barrier to acceptance of IoT-based animal sensors is the high investment required. This finding corroborates the results of previous studies that have also identified investments cost as a major barrier to the digitization of agriculture [2;23;77]. Specifically, it includes initial investment and ongoing maintenance costs, both of which are perceived by farmers as acceptance barriers [23]. Notably, in the current study, non-users exhibit even greater concerns about investment costs than users, suggesting potential approaches to promote adoption through financial subsidies. However, a second important finding of the present study is that farmers are critical of compatibility with other IoT technologies and systems. Other studies have found that lack of compatibility with other digital innovations is also a major acceptance barrier in the digital agricultural transformation process [78]. The fact that some of the acceptance barriers identified in the current study have been identified as barriers in the past, although in a general technology context, indicates that digital transformation is still in its early stages [79] and that the focus of digital innovation in dairy farming has so far been mainly on single farm applications, such as the automation of certain processes (e.g., milking, feeding). However, an interesting finding of this study is that the German dairy farmers surveyed were less critical of a lack of training opportunities and prior knowledge regarding IoT-based animal sensors than in previous studies, where a lack of know-how and fear of digital technologies were still among the biggest barriers to digitalization [33; 80]. Given the importance of relevant and reliable information in the acceptance of innovations in agriculture [81], our findings and the ones of Reissig [82] and Schneider [83] indicate that the provision of information and knowledge about digitization appears to have increased in recent years, at least for the German dairy farmers surveyed.

However, there is still a need to improve the infrastructure conditions on farms (e.g., broadband expansion), which determine, among other things, whether farmers invest in digital tools [35]. Currently, IoT-based health animal monitoring systems do not provide the necessary compatibility and flexibility that farmers demand [78]. In addition, for long-term acceptance and use, not only the intention but also the

perceived and experienced barriers are decisive. In this context, trust can be an essential prerequisite for the acceptance of new technologies [84]. The assumption that new technologies actually work should not be neglected [85], because at this point technical susceptibility to failure is still viewed extremely critically, especially by non-users.

Next to the mentioned barriers, the PLS model shows that dairy farmers' acceptance is influenced by various psycho-economic parameters. Although not all parameters are statistically significant, our results confirm other studies in their finding that cognitive as well as affective factors influence acceptance decisions for IoT sensors [23;86].

First, our results support the assumptions of the MGB model that desires are influenced by TPB determinants: Mainly attitude followed by behavioral control show a significant influence on desires, which is in line with Landmann et al. [33]. Furthermore, in the present study, desires were assumed to reflect the transformation of subjective norms into a motivation to act [33]. Yet, subjective norms are shown to have no influence on desires and thus are not socially influenced, at least in this thematic context used in our study. In this regard, Leone et al. [47] argue that the mediating power of desires does not always mediate all the effects of TPB constructs on intention. If a behavior is under normative control and relevant to one's role identity, subjective norms can mainly directly explain further variance in intention. Therefore, it might be possible that in the present study, subjective norms could directly explain further variance in intention. However, the direct influence on desires found by Landmann et al. [33] cannot be confirmed here.

Nevertheless, our results show that the TPB determinants are in turn significantly influenced by the three different types of beliefs: Thus, the readiness of other farmers and the advice of agricultural advisors have an influence on the subjective norm. The promoting influence on positive decision-making behavior by colleagues was also discovered by Hüttel et al. [87] who emphasize that, above all, social exchange among farmers should be promoted in order to improve technology acceptance

A closer look at the factor “attitudinal beliefs” reveals that improved productivity and labor facilitation have the highest relevance to the factor of perceived usefulness. Accordingly, perceived usefulness favors farmers' attitudes toward the technology [40]. The lack of significant influence of ease of use could be explained by the fact that IoT sensors in health monitoring are not widely adopted and might also not be well-known among dairy farmers (see also Table 1), and the practical use of such technologies is therefore difficult to imagine for the surveyed dairy farmers [10;23].

Furthermore, the importance of control beliefs confirms the results from other studies: Convictions about one's own motivation and ability in the use of IoT sensors as well as good framework conditions on the farms significantly impact the acceptance process [33;58]. The existence of relevant skills is further necessary in order to achieve the possible advantages in the areas of efficiency and sustainability—however, most farmers might not have them at the moment [88]. Furthermore, the meaningfulness of



such sensors and therewith their contribution to animal health, and welfare depends on the ability to understand the data and management [23].

In addition, consistent with the assumptions of the MGB, our study confirms that dairy farmers' intention (acceptance) is highly statistically significantly influenced by desires, which Perugini and Bagozzi [49] refer to as the motivating impetus for intention to use. Thus, desires have a special relationship to the intention to use insofar as, when consciously perceived, they significantly motivate the formation of an intention to use [49]. Moreover, the influence of emotions shows that only positive but not negative expected emotions predict the desire to use IoT sensors. This finding can be explained following the argumentation line of Perugini and Bagozzi [49] who assume that different contexts, their importance for approach and avoidance goals, and the achievement of such goals determine the influence of emotions. When the link or connection between a desired goal and other concrete or higher-level goals is readily apparent and considered achievable, it is associated with positive emotions. Thus, the use of IoT-based animal sensors may also be highly likely to lead to other important goal achievements beyond improved health monitoring (e.g., labor reduction, enjoyment of work, overall innovativeness, improvements in economic milk performance). Grottsch et al. [89] and Bianchi et al. [24] discovered that mainly labor time reduction and optimization of farm processes as well as animal welfare improvements are the main reasons for IoT-based animal sensor investments. As a result, the use of IoT sensors can be seen as a goal to aim for and is associated with positive emotions [49]. The negative consequences of the introduction of IoT-based sensors may not be strong enough to create a desire for purposeful behavior [49], perhaps due to the fact that farmers are not yet experienced enough in using such sensors because emotions are an important part of people's experiences related to the use of different technologies [90]. In addition, people have a natural tendency to reduce uncomfortable emotions, such as guilt or sadness, which are often associated with moral concerns (e.g., animal welfare or environmental issues). Instead, they tend to shift their emotional experiences towards positive self-satisfaction [91]. This psychological aspect is an important finding in farmers' decision to adopt IoT-based animal sensors, where the anticipation of positive emotions like satisfaction and enthusiasm plays a substantial role, even if it doesn't directly translate to the intention to use these technologies. Nevertheless, the finding that expected emotions do not exert a direct influence on the intention to utilize IoT stands in contrast to Landmann et al.'s work [33], which demonstrates that positive emotions play a direct role in shaping the intention to employ smartphones. A potential explanation for this divergence in emotional impact may be linked to the degree of familiarity with the respective technologies under scrutiny. According to Carrus et al. [92], desire serves as the preliminary stage preceding intention. Therefore, it might assume greater significance, especially when dealing with technologies characterized by limited prior exposure, such as IoT-based animal sensors. In contrast, a higher level of familiarity can be assumed for the smartphones examined in Landmann et al.'s study [33]. This differentiation in emotional influence underscores the complex interplay between individual emotions, prior knowledge, and the technology being considered.

Finally, consistent with the TPB assumption and the findings of, e.g., Michels et al. [25], Grothkopf and Schulze [93], and Schaak and Musshoff [94], the present results show that a higher intention to use IoT sensors also leads to a more frequent use of these sensors.

Despite the valuable insights gained from this study, certain limitations exist that could be addressed in further research: Some of the items we used refer explicitly to IoT-based animal sensors in the field of health monitoring, while other items are expressed in more general terms related to the IoT sensors. Although participants were steered toward health monitoring in advance by the information text, a consistent approach should be taken in future studies. In addition, the frequency of use in our study (according to the coefficient of determination  $r^2$ ) is explained only slightly. This may be related to the measurement of frequency of use (ordinal variable) or to the fact that other relevant factors are missing that only become relevant, for example, in the course of the purchase process. Moreover, our study is limited to the field of IoT sensors; it is unclear whether dairy farmers make similar choices for other digital technologies. Therefore, to give further target group-specific measures, future research should specifically address different tools.

## **5. Conclusion and further research areas**

The results of the present study indicate that the acceptance process is complex and that behavioral determinants, such as cognitive and affective factors, play an important role in the acceptance of IoT-based animal sensors and should be considered when shaping future technology acceptance processes in agriculture in general and in the context of IoT-based animal sensors.

Testing the research model shows that behavioral factors do indeed influence intention to use and there is an emotionally driven acceptance by influencing desire. Thus, the inclusion of desires as a link between attitude determinants and usage intention is an important result. The results demonstrate that the integration of the three acceptance models according to Landmann et al. [33] is also suitable within the context of IoT sensor acceptance among dairy farmers. The model explains approximately 46% of the variance in dairy farmers' intention to use IoT sensors in health monitoring. The findings indicate that a purely economic view does not seem to be sufficient to fully understand the digital acceptance process. For instance, the opportunities and advantages presented by IoT-based sensors should be communicated more clearly, and it should be shown that the adoption of IoT-based animal sensors can go beyond the improvement of health monitoring (e.g., labor reduction, enjoyment of work).

Technology acceptance is a dynamic and highly social process [95], so early adopters, thus farmers who already have experience with the use of IoT sensors, could communicate the potential opportunities as well as risks of such sensors for the future success of dairy farms. In addition, distributors of IoT tools could support farmers in using the tools in the post-purchase phase. This can include remote maintenance. Moreover, this is not a superior approach that applies only specifically to IoT-based animal sensors, but which can also be transferred to the acceptance process of other digital technologies in agriculture, as Hüttel et al. [87] and Dessart et al. [95] point out.

However, to ensure that acceptance and adoption of IoT sensors is not limited by the identified acceptance barriers, there needs to be increased focus on enabling internet infrastructure and enhanced knowledge networks related to advantages and disadvantages of IoT sensor use. Political decision-makers are called upon to accelerate broadband expansion in rural regions. Furthermore, in particular non-users see a lack of competence in dealing with IoT sensors. Consequently, the handling of IoT-based sensors should be kept as simple as possible, and the provision of information should be comprehensible, especially for farmers without prior knowledge of IoT-based sensors. However, as high investment costs were identified as the biggest barrier for both users and non-users, there is a need for research regarding the willingness to pay for IoT-based sensors that reflects the value of the technology to farmers. Here, occupation-specific (arable farmer, livestock farmer, etc.) barriers could also be identified and related to willingness to pay. This should be calculated with a larger representative sample.

Given that the main new insight of the study revolves around the cognitive and emotional drivers of acceptance behavior, it would be valuable to explore potential changes in emotional attitudes throughout the acceptance process. This raises the question of whether farmers experience post-purchase remorse or overwhelmingly positive emotions. Furthermore, since satisfaction with the use of IoT sensors was not directly queried in this study, further research is needed to better illuminate the confirmation phase in the implementation process. In addition, the majority of respondents were working on large dairy farms, which to some extent represent the target user group—however, it would also be interesting to analyze the attitudes of smaller farms toward IoT, indicating a need for further research. In addition, the present study did not provide evidence on whether additional explanatory variables could be introduced between acceptance and behavior, because technology use is not necessarily a direct result of individuals' intentions.

## Appendix

**Table A1** Descriptive statistics for the indicators and reliability and validity of constructs

<b>Construct Indicator</b>	<b>Mean (Std. dev.)</b>	<b>Cronbach's alpha (&gt;0.60)</b>	<b>Composite reliability (&gt;0.70)</b>	<b>Average vari- ance ex- tracted (&gt;0.50)</b>
<b>Perceived usefulness<sup>1</sup></b>		0.931	0.951	0.828
The use of IoT systems im- proves my economic perfor- mance on my farm.	2.39 (1.080)			
Using IoT sensors on my farm increases my productivity.	2.26 (1.023)			
The use of IoT systems simpli- fies my work on the farm.	2.25 (1.066)			
I find IoT sensors useful for my work.	2.10 (1.037)			
<b>Perceived ease of use<sup>1</sup></b>		0.937	0.903	0.758
I believe IoT sensors are easy to use.	2.52 (0.900)			
I believe it is uncomplicated to use IoT sensors.	2.57 (0.979)			
Interacting with IoT sensors doesn't require much mental ef- fort on my part.	2.73 (1.030)			
<b>Farmer Readiness<sup>1</sup></b>		0.749	0.857	0.668
Other farmers certainly believe IoT sensors are a useful tool for health monitoring.	2.49 (0.840)			
I think other farmers are advo- cating the use of IoT sensors.	2.50 (0.846)			
I think other farmers have suffi- cient technical skills to use IoT sensors on their farms.	2.56 (0.874)			
<b>Advisor Readiness<sup>1</sup></b>		0.799	0.908	0.831
I believe that agricultural advi- sors will recommend the use of IoT sensors for health monitor- ing.	2.40 (0.999)			
I think advisors have a positive attitude toward the use of IoT sensors.	2.06 (0.855)			
<b>Perceived Self-Confidence<sup>1</sup></b>		0.792	0.849	0.702
I am confident about using IoT sensors on my farm.	2.28 (0.950)			
Using IoT sensors on my farm would not challenge me.	2.65 (1.132)			

I would be able to use IoT sensors, even without assistance.	2.54 (1.046)		
<b>Attitude<sup>1</sup></b>		0.943	0.957 0.816
It is a good idea to implement IoT sensors on my farm.	2.24 (1.1162)		
I am positively disposed toward the introduction of IoT sensors on my farm.	2.06 (1.146)		
I like the idea of implementing IoT sensors on my farm.	2.22 (1.149)		
Using an IoT sensor would be an exciting experience.	1.99 (1.044)		
I would enjoy my work more if I used IoT sensors.	2.57 (1.220)		
<b>Subjective Norm<sup>1</sup></b>		0.887	0.922 0.747
People I care about think I should use IoT sensors in health monitoring.	3.17 (1.238)		
My family and people close to me think that I should use IoT sensors.	3.18 (1.230)		
In general, I am expected to use IoT sensors in health monitoring.	3.39 (1.193)		
Other farmers around me think I should use IoT sensors.	3.41 (1.104)		
<b>Behavioral Control<sup>1</sup></b>		0.798	0.908 0.832
I have the necessary resources to use IoT sensors.	2.24 (1.119)		
Given the resources, capabilities, and knowledge required to use IoT sensors, it would be easy for me to use them.	2.25 (1.075)		
<b>Desire<sup>1</sup></b>		0.868	0.938 0.883
I would like IoT sensors to help me keep a better eye on the health of the cows.	1.91 (1.110)		
I want to use IoT sensors to improve my health monitoring on my farm.	2.11 (1.169)		
<b>Negative Anticipated Emotions<sup>1</sup></b>		0.945	0.957 0.787
If I did NOT succeed in improving the health of my dairy			



	Ac- ceptance	Advisor Readi- ness	Farmer Readi- ness	Atti- tude	Fre- quency of Use	Subjec- tive Norm	Behav- ioral Control	De- sire	Negative Antici- pated Emotion	Positive Antici- pated Emotion	Per- ceived Ease of Use	Perceived Self-Con- fidence	Per- ceived Useful- ness
Farmer Readiness	0.395	0.722											
Attitude	0.793	0.462	0.389										
Frequency of Use	0.743	0.272	0.190	0.719									
Subjective Norm	0.682	0.465	0.500	0.659	0.571								
Behavioral Control	0.677	0.410	0.365	0.614	0.661	0.542							
Desire	0.754	0.401	0.288	0.291	0.684	0.575	0.597						
Negative Anticipated Emotions	0.253	0.349	0.307	0.315	0.194	0.288	0.188	0.258					
Positive An- ticipated Emotions	0.596	0.465	0.366	0.803	0.505	0.545	0.406	0.819	0.404				
Perceived Ease of Use	0.298	0.305	0.279	0.249	0.311	0.238	0.497	0.217	0.092	0.111			
Perceived Self-Confi- dence	0.483	0.453	0.306	0.352	0.356	0.319	0.705	0.323	0.109	0.220	0.669		
Perceived Usefulness	0.761	0.514	0.443	0.907	0.654	0.652	0.610	0.879	0.302	0.766	0.286	0.404	

**Table A3** Predictive relevance of the constructs ( $Q^2 > 0$ )

<b>Construct</b>	<b><math>Q^2</math></b>
Intention (Acceptance)	0.376
Attitude	0.586
Frequency of Use	0.157
Subjective Norm	0.149
Behavioral Control	0.277
Desire	0.638

**Table A4** Results of hypothesis testing (n=212)

Item PLS structural equation model	Hypothesis	Path Coefficients	Supported hy- pothesis?
Perceived Usefulness → Atti- tude	H1a+	0.847***	Supported
Perceived Ease of Use → At- titude	H1b+	0.018	Not supported
Attitude → Desire	H1+	0.600***	Supported
Farmer Readiness → Subjec- tive Norm	H2a+	0.273***	Supported
Advisor Readiness → Subjec- tive Norm	H2b+	0.241***	Supported
Subjective Norm → Desire	H2+	-0.027	Not supported
Perceived Self-confidence → Behavioral Control	H3a+	0.583***	Supported
Behavioral Control → Desire	H3+	0.101*	Supported
Desire → Intention (Ac- ceptance)	H4+	0.634***	Supported
Positive Anticipated Emotions → Desire	H5a+	0.285***	Supported
Positive Anticipated Emotions → Acceptance	H5b+	0.033	Not supported
Negative Anticipated Emo- tions → Desire	H6a-	-0.053	Not supported
Negative Anticipated Emo- tions → Acceptance	H6b-	-0.063	Not supported
Intention (Acceptance) → Frequency of Use	H7+	0.502***	Supported

**Table A5** Operationalization constructs of the questionnaire (English Translation of Original German Questions)

<b>Intention (Acceptance)</b>	<b>Source</b>
I plan to use IoT sensors on my farm in the coming years.	[59]
I think by 2025, IoT sensors will be an integral part of my health monitoring.	[59]
There are already concrete plans for my farm to use IoT sensors in the future.	[59]
<b>Desire</b>	
I would like IoT sensors to help me keep a better eye on the health of the cows.	[49]
I want to use IoT sensors to improve my health monitoring on my farm.	[49]
<b>Positive Anticipated Emotions</b>	
If I were able to improve the health of my dairy cows through the use of an IoT sensor, I would be ...	
... enthusiastic.	[46;33]
... happy.	[49]



... glad.	[49]
... satisfied.	[49]
... I would be very pleased.	[49]
... proud.	[49]
<b>Negative Anticipated Emotions</b>	
If I did NOT succeed in improving the health of my dairy cows through the use of an IoT sensor, I would be ...	
... frustrated.	[33;49]
... angry.	[49]
... sad.	[49]
... disappointed.	[49]
<b>Attitude</b>	
It is a good idea to implement IoT sensors on my farm.	[43]
I am positively disposed toward the introduction of IoT sensors on my farm.	[43]
I like the idea of implementing IoT sensors on my farm.	[43]
Using an IoT sensor would be an exciting experience.	[51]
I would enjoy my work more if I used IoT sensors.	[51]
<b>Subjective Norm</b>	
People I care about think I should use IoT sensors in health monitoring.	[46]
My family and people close to me think that I should use IoT sensors.	[43]
In general, I am expected to use IoT sensors in health monitoring.	[60]
Other farmers around me think I should use IoT sensors.	[51]
<b>Behavioral Control</b>	
I have the necessary resources to use IoT sensors.	[60]
Given the resources, capabilities, and knowledge required to use IoT sensors, it would be easy for me to use them.	[60]
My own decisions and actions determine whether I will use IoT sensors.	[33]
I am the person who decides about the application of IoT sensors on the farm.	[23]
<b>Attitudinal Beliefs</b>	
The use of IoT systems improves my economic performance on my farm.	[40]
Using IoT sensors on my farm increases my productivity.	[40]
The use of IoT systems simplifies my work on the farm.	[40]
I find IoT sensors useful for my work.	[40]
I believe IoT sensors are easy to use.	[51]
I believe it is uncomplicated to use IoT sensors.	[40]
Interacting with IoT sensors doesn't require much mental effort on my part.	[60]
<b>Normative Beliefs</b>	
Other farmers certainly believe IoT sensors are a useful tool for health monitoring.	[51]
I think other farmers are advocating the use of IoT sensors.	[51]
I think other farmers have sufficient technical skills to use IoT sensors on their farms.	[51]
I believe that agricultural advisors will recommend the use of IoT sensors for health monitoring.	[33]

I think advisors have a positive attitude toward the use of IoT sensors.	[33]
<b>Control Beliefs</b>	
I am confident about using IoT sensors on my farm.	[51]
Using IoT sensors on my farm would not challenge me.	[51]
I would be able to use IoT sensors, even without assistance.	[43]

## References

- [1] Tullo, E., A. Finzi and M. Guarino, Review: Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy, *Sci. Total Environ*, 650 (2019) 2751–2760. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.018>.
- [2] Lovarelli, D., J. Bacenetti and M. Guarino, A review on dairy cattle farming: Is precision Livestock farming the compromise for an environmental, economic and social sustainable production? *J Cleaner Prod.* 262 (20) (2020) 121409. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121409>.
- [3] Walter, A., R. Finger, R. Huber and N. Buchmann, Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *PNAS* 114(24) (2017) 6148–6150. <https://doi.org/10.1073/pnas.1707462114>.
- [4] Griepentrog, H. W. Digitale Systeme für eine effiziente und umweltschonende Landwirtschaft, *Nova Acta Leopold.* 426 (2021) 47 [https://doi.org/10.26164/leopoldina\\_10\\_00341](https://doi.org/10.26164/leopoldina_10_00341)
- [5] Kehl, C., R. Meyer and S. Steiger. Digitalisierung der Landwirtschaft: gesellschaftliche Voraussetzungen, Rahmenbedingungen und Effekte. Teil II des Endbericht zum TA-Projekt. Arbeitsbericht Nr. 194. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), 2021 (accessed Sep. 23, 2022). <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000142951>.
- [6] van der Burg, S., M.-J. Bogaardt, and S. Wolfert. 2019. Ethics of smart farming: Current questions and directions for responsible innovation towards the future, *NJAS - Wagening. J. Life Sci* 90-91 (2019) 100289. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.01.001>
- [7] Klerkx, L., E. Jakku, and P. Labarthe. 2019. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS – Wagen. J. Life Sci.* 90-91 (2019) <https://doi.org/100315>. [10.1016/j.njas.2019.100315](https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315)
- [8] Visser, O., S. R. Sippel, and L. Thiemann. Imprecision farming? Examining the (in)accuracy and risks of digital agriculture. *J. Rural Stud.* 86 (2021) 623-632. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.07.024>
- [9] Borchers, M.R. and J. M. Bewley. An assessment of producer precision dairy farming technology use, prepurchase considerations, and usefulness, *J. Dairy Sci.* 98(6) (2015) 4198–4205. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8963>.
- [10] Rutten, C. J., W. Steeneveld, A. G. J. M. Oude Lansink and H. Hogeveen. Delaying investments in sensor technology: The rationality of dairy farmers' investment decisions illustrated within the

framework of real options theory, *J. Dairy Sci.* 101(8) (2018) 7650–7660. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13358>.

[11] Umstätter, C., D. Martini and F. Adrion. Opinion Paper: Digitales Tiermonitoring – Was bringt die Zukunft?, *Landtechnik* 75(1) (2020) 14–23. <https://doi.org/10.15150/lt.2020.3227>.

[12] Akhigbe, B.I., K. Munir, O. Akinade, L. Akanbi and L.O. Oyedele. IoT Technologies for Livestock Management: A Review of Present Status, Opportunities, and Future Trends, *Big Data Cogn. Comput.* 5(1) (2021) 1–40. <https://doi.org/10.3390/bdcc5010010>.

[13] Akbar, M.O., M.S. Saad Shahbaz kha, M. Jamshaid Ali, A. Hussain, G. Qaiser, M. Psha, M. S., Missen, N. Akthar. IoT for Development of Smart Dairy Farming, *J Food Qual.* (2020) 1–8. <https://doi.org/10.1155/2020/4242805>.

[14] Iwasaki, W., N. Morita and M. Nagata. IoT sensors for smart livestock management, in; K. Mitsubayashi, Niwa, O., Ueno, Y. (Eds.), *Chemical, Gas, and Biosensors for Internet of Things and Related*. Elsevier, Amsterdam, 2019, pp. 207–221.

[15] Yeates, J. W. How good? Ethical criteria for a ‘Good Life’ for farm animals, *J. Agric. Environ. Ethics.* 30 (2017) 23–35. <https://doi.org/10.1007/s10806-017-9650-2>.

[16] Taneja, M., J. Byabazaire, N. Jalodia, A. Davy, C. Olariu and P. Malone. Machine learning based fog computing assisted data-driven approach for early lameness detection in dairy cattle, *Comput. Electron. Agr.* 171 (2020) 105286. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105286>.

[17] Rojo-Gimeno, C., M. van der Voort, J. K. Niemi, L. Lauwers, A. Ringgard Kristensen, A. and E. Wauters. Assessment of the value of information of precision livestock farming: A conceptual framework, *NJAS - Wagening. J. Life Sci.* 90-91 (2019) 100311 <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100311>.

[18] Schillings, J., R. Bennett and D. C. Rose. Exploring the Potential of Precision Livestock Farming Technologies to Help Address Farm Animal Welfare, *Anim. Front.* 2 (2021) <https://doi.org/doi.org/10.3389/fanim.2021.639678>.

[19] Unold, O., M. Nikodem, M. Piasecki, K. Szyk, H. Maciejewski, M. Bawiec, P. Dobrowolski and M. Zdunek. IoT-Based Cow Health Monitoring System, In: 20th International Conference Computational Science – ICCS 2020. Amsterdam. Netherlands, pp. 344–356. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-50426-7\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-030-50426-7_26).

[20] Federal Agency for Agriculture and Food Germany. 2021. Digitalisierung in der Landwirtschaft. [https://www.ble.de/DE/Projektfoerderung/FoerderungenAuftraege/Digitalisierung/digitalisierung\\_node.html](https://www.ble.de/DE/Projektfoerderung/FoerderungenAuftraege/Digitalisierung/digitalisierung_node.html). (accessed Oct. 13, 2022).

[21] Barrett, H. and D.C. Rose. Perceptions of the Fourth Agricultural Revolution: What’s In, What’s Out, and What Consequences are Anticipated?, *Sociol. Ruralis.* 62(2) (2022) <https://doi.org/10.1111/soru.12324>.

[22] Lajoie-O'Malley, A., K. Bronson, S. van der Burg and L. Klerkx. The future(s) of digital agriculture and sustainable food systems: An analysis of high-level policy documents, *Ecosyst. Serv.* 45 (2020) 101183. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101183>

- [23] Mohr, S. and R. Kühn. Acceptance of artificial intelligence in German agriculture: an application of the technology acceptance model and the theory of planned behavior, *Precis. Agric.* 22 (2021) 1816–1844. <https://doi.org/10.1007/s11119-021-09814-x>.
- [24] Bianchi, M. C., L. Bava, A. Sandrucci, F. M. Tangorra, A. Tamburini, G. Gilson and M. Zucali. Diffusion of precision livestock farming technologies in dairy cattle farms, *Animal*. 16(11) (2022) 100650. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100650>.
- [25] Kuehne, G., R. Llewellyn, D. J. Pannell, R. Wilkinson, P. Dolling, J. Ouzman, and M. Ewing. Predicting farmer uptake of new agricultural practices: A tool for research, extension and policy, *Agric. Syst.* 156 (2017)115-125. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.06.007>
- [26] Montes de Oca Munguia, O., D. J. Pannell, and R. Llewellyn. Understanding the Adoption of Innovations in Agriculture: A Review of Selected Conceptual Models, *Agronomy* 11(1) (2021) 139. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010139> <https://doi.org/10.3390/agronomy11010139>
- [27] Aubert, A.B., J. Schroeder and J. Grimaudo. IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology, *Decis. Support Syst.* 54(1) (2012) 510–520. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.07.002>.
- [28] Pierpaoli, E., G. Carli, E. Pignatti and Canavari, M. Drivers of precision agriculture technologies adoption: A literature review, *Procedia Technology*. 8 (2013) 61-69. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.11.010>.
- [29] Marescotti, M., E. Demartini, R. Filippini, A. Gaviglio. Smart farming in mountain areas: Investigating livestock farmers' technophobia and technophilia and their perception of innovation, *J. Rural Stud.* 86 (2021) 463-472. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.07.015>.
- [30] Michels, M., V. Bonke and Musshoff. Understanding the adoption of smartphone apps in dairy herd management, *J. Dairy Sci.* 102(10) (2019) 9422–9434. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16489>
- [31] Goodhue, D. L. Understanding user evaluations, *Manage Sci.* 41(12) (1995) 1827–1844. <https://doi.org/10.1287/mnsc.41.12.1827>.
- [32] Lee, W. and S. Shin. A comparative study of smartphone addiction drivers' effect on work performance in the U.S. and Korea, *J. Appl. Bus. Res.* 32(2) (2016) 507–516. <https://doi.org/10.19030/jabr.v32i2.9592>.
- [33] Landmann, D., C.-J. Lagerkvist and V. Otter. Determinants of Small-Scale Farmers' Intention to Use Smartphones for Generating Agricultural Knowledge in Developing Countries: Evidence from Rural India, *Eur. J. Dev. Res.* 33 (2021) 1435–1454. .
- [34] Eastwood, C. R. and A. Renwick. Innovation Uncertainty Impacts the Adoption of Smarter Farming Approaches, *Front. Sustain. Food Sys.* 4 (2020) 1-14. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00024>.
- [35] Gandorfer, M., S. Schleicher and K. Erdle. Barriers to Adoption of Smart Farming Technologies In Germany. In:14th International Conference on Precision Agriculture, Montreal, Quebec, Canada. Monticello 2018.pp. 1–8 .

- [36] Steeneveld, W. and H. Hogeveen. Characterization of Dutch dairy farms using sensor systems for cow management, *J. Dairy Sci.* 89 (2015) 709-717. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8595>.
- [37] Russell, R. A. and J. M. Bewley. Characterization of Kentucky dairy producer decision-making behavior. *J. Dairy. Sci.* 96 (2013) 4751-4758. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6538>.
- [38] Knierim, A., M. Kernecker, K. Erdle, T. Kraus, F. Borgersa, A. Wurbs. Smart farming technology innovations – Insights and reflections from the German Smart-AKIS hub, *NJAS - Wageningen. J. Life Sci.* 91 (2019) 100314. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100314>.
- [39] Bavarian State Institute of Agriculture, *Sensorik am Rind – Die Fitness-Uhr für die Kuh.* <https://www.lfl.bayern.de/ilt/digitalisierung/252250/index.php>, 2022 (accessed: Feb. 21, 2022.).
- [40] Davis, F. D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology, *MIS Q.* 13(3) (1989) 319–339. <https://doi.org/10.2307/249008>.
- [41] Bagozzi, R.P. and K.-H., Lee. Consumer resistance to and acceptance of innovations, *Adv Consum Res.* 26 (1999) 218–225.
- [42] Davis, F. D. 1993. User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts. *International Journal of Man-Machine Studies*, 38(3) 475-487. <https://doi.org/10.1006/imms.1993.1022>.
- [43] Taylor, S. and P. Todd. Understanding Information Technology Usage: A Test of Competing Models, *Inf. Syst. Res.* 6(2) (1995) 144–176. <https://doi.org/10.1287/isre.6.2.144>.
- [44] Richards, J. M. The Cognitive Consequences of Concealing Feelings, *Curr. Dir. Psychol. Sci.* 13(4) (2004) 131–134.
- [45] Richards, J. M. and J. J. Gross. 1999. Composure at Any Cost? The Cognitive Consequences of Emotion Suppression. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 25(8) 1033–1044. <https://doi.org/10.1177/01461672992511010>
- [46] Ajzen, I. The theory of planned behaviour: Reactions and reflections, *Psychol Health.* 26 (2011) 1113–1127. <https://doi.org/10.1080/08870446.2011.613995>.
- [47] Leone, L., M. Perugini and A. P. Ercolani. Studying, Practicing, and Mastering: A Test of the Model of Goal-Directed Behavior (MGB) in the Software Learning Domain. *J Appl Soc Psychol* 34(9) (2004) 1945–1973. <https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2004.tb02594.x>.
- [48] Armitage, C.J. and M. Conner. Efficacy of the theory of planned behaviour: A meta-analytic review, *Br J Soc Psychol* 40(4) (2001) 471–499. <https://doi.org/10.1348/014466601164939>.
- [49] Perugini, M. and R. P. Bagozzi. The role of desires and anticipated emotions in goal directed behaviours: Broadening and deepening the theory of planned behavior, *Br. J. Soc. Psychol.* 40(1) (2001) 79–98. <https://doi.org/10.1348/014466601164704>.
- [50] Arora, S., S. Sahney and D. Pradhan. Potential benefits and descriptive norms in webrooming: an extended model of goal-directed behavior, *Int. J. Retail. Distrib. Manag* 50(3) (2021) 377–397.

- [51] Cheon, J., S. Lee, S. M. Crooks and J. Song. 2012. An investigation of mobile learning readiness in higher education based on the theory of planned behavior, *Comput. Educ.* 59(3) 1054–1064. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.04.015>.
- [52] Ajzen, I. The theory of planned behavior, *Organ. Behav. Hum. Decis. Process.* 50(2) (1991) 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T).
- [53] Venkatesh, V., M. G. Morris, B. Gordon. User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View, *MIS Q.* 27(3) (2003) 425–478. <https://doi.org/10.2307/30036540>.
- [54] Kuczera, C. Der Einfluss des sozialen Umfeldes auf betriebliche Entscheidungen von Landwirten. Kommunikation und Beratung. In: H. Boland, V. Hoffmann, J. U. Nagel. (Eds.) Sozialwissenschaftliche Schriften zur Landnutzung und ländlichen Entwicklung. Margraf Publishers, Weikersheim, 2006.
- [55] Rogers, E.M. *Social Change in Rural Society*, 1960. A Textbook in Rural Sociology. Appleton-Century-Crofts, New York.
- [56] Koshkaki, E.R. and S. Solhi. The facilitating role of negative emotion in decision making process: A hierarchy of effects model approach, *High Technol. Manag. Res.* 27(2) (2016) 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.hitech.2016.10.010>
- [57] Stein, N. L., M. D. Liwag and E. Wade. A goal-based approach to memory for emotional events: Implementations for theories of understanding and socialization. In R.D. Kavanaugh, B. Zimmerberg and S.F. Mahwah (Eds.), *Emotion: Interdisciplinary perspectives*, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 1996, pp. 91–118.
- [58] Schukat, S. and H. Heise. 2021. Towards an Understanding of the Behavioral Intentions and Actual Use of Smart Products among German Farmers. *Sustainability*, 13, 6666. <https://doi.org/10.3390/su13126666>.
- [59] Otter, V. and M. Deutsch. Did policy lose sight of the wood for the trees? An UTAUT-based partial least squares estimation of farmers acceptance of innovative sustainable land use systems. *Land Use Policy* 126 (2023) 106467. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106467>.
- [60] Venkatesh, V. and B. Bala, B. 2008. Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions, *Decis. Sci.* 39(2), 273–315. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x>.
- [61] Chin, W. W. The Partial Least Squares Approach for Structural Equation Modeling. In G. A. Marcoulides (Eds.), *Lawrence Erlbaum Associates, Modern Methods for Business Research*. Mahwah, New Jersey, 1998, pp. 295–336.
- [62] Albersmeier, F. and A. Spiller. Die Reputation der Fleischwirtschaft: eine Kausalanalyse, *Ger. J. Agric. Econ.* 59 (2010) 258e270. <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.146102>.
- [63] Hair, J. F., G. T. M. Hult, C. M. Ringle, M. Sarstedt, N. F. Richter and S. Hauff, 2017. *Partial Least Squares Strukturgleichungsmodellierung. Eine Anwendungsorientierte Einführung*. Franz Vahlen, Munich.
- [64] Gefen, D., D. Straub and M. Boudreau. Structural equation modeling and regression: guidelines for research practice, *Commun. Assoc. Inf. Syst.* 4(7) (2000) 1–74. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.00407>

- [65] Ringle, C. M., S. Wende, and J.-M. Becker. SmartPLS3. Boenningsted: SmartPLS GmbH <https://www.smartpls.com/>, 2015(accessed Dez. 29, 2022).
- [66] Fornell, C. and D. F. Larcker. Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error, *J Mark Res* 18(1) (1981) 39–50. <https://doi.org/10.1177/002224378101800104>.
- [67] Backhaus, K., B. Erichson, W. Plinke and R. Weiber, 2016. *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*, 14th ed., Springer Gabler, Berlin, Heidelberg.
- [68] Henseler, J., C. M. Ringle and M. Sarstedt. 2015. A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modelling, *J. Acad. Mark. Sci.* 43, 115–135. <https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8>.
- [69] Geisser, S. A predictive approach to the random effect model, *Biometrika*. 61(1) (1974) 101–107. <https://doi.org/10.2307/2334290>.
- [70] Stone, M. Cross-validated choice and assessment of statistical predictions, *J R Stat Soc Series B Stat Methodol.* 36(2) (1974) 111–147. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1974.tb00994.x>.
- [71] German Farmers Association, Situationsbericht 2021/22 des Deutschen Bauernverbands. <https://www.bauernverband.de/situationsbericht/3-agrarstruktur-1/35-arbeitskraefte-undauszubildende>, 2022(accessed Oct. 12, 2023).
- [72] Destatis Statistisches Bundesamt. Landwirtschaftszählung 2020. [https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Landwirtschaftszahlung2020/\\_inhalt.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Landwirtschaftszahlung2020/_inhalt.html) (accessed Oct. 25, 2023).
- [73] Federal Statistical Office Germany, Milchleistung je Kuh in Deutschland in den Jahren 1900 bis 2021. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/153061/umfrage/durchschnittlicher-milchertrag-je-kuh-in-deutschland-seit-2000/>, 2022 (accessed Sep. 27, 2022).
- [74] Federal Statistical Office Germany, Viehbestand – Fachserie 3 Reihe 4.1. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Publikationen/Downloads-Tiere-und-tierische-Erzeugung/viehbestand2030410215324.html>, 2022 (accessed Oct. 8, 2022).
- [75] Tergast, H. and H. Hansen, H. Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Milchkühe. Braunschweig: Thünen-Institut für Betriebswirtschaft. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_external/dn065685.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_external/dn065685.pdf), 2022 (accessed Sep. 10, 2022).
- [76] Gargiulo, J. I., C. R. Eastwood, S. C. Garcia and N. A. Lyons. Dairy farmers with larger herd sizes adopt more precision dairy technologies, *J. Dairy Sci.* 101(6) (2018) 5466–5473. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13324>
- [77] Steeneveld W., L. W. Tauer, H. Hogeveen and A.G.J.M Oude Lansink. Comparing technical efficiency of farms with an automatic milking system and a conventional milking system, *J Dairy Sci.* 95 (2012) 7391–8. doi: 10.3168/jds.2012-5482

- [78] Schleicher, S. and M. Gandorfer. Digitalisierung in der Landwirtschaft: Eine Analyse der Akzeptanzhemmnisse. In: Digitale Marktplätze und Plattformen, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Germany, Bonn. 2018, pp. 203–206
- [79] Finger, R. Digital innovations for sustainable and resilient agricultural systems, *Eur. Rev. Agric. Econ* (2023) 1–33. <https://doi.org/10.1093/erae/jbad021>.
- [80] Bitkom. Digitalisierung in der Landwirtschaft. <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/Bitkom-Pressekonferenz-Digitalisierung-in-der-Landwirtschaft-02-11-2016-Praesentation.pdf>, 2016 (accessed Oct. 18, 2023).
- [81] Llewellyn, R.S. Information quality and effectiveness for more rapid adoption decisions by farmers, *Field Crops Res.* 104 (1-3) 148–156. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.03.022>
- [82] Reisig, L. Wahrnehmung der Digitalisierung in der Landwirtschaft durch Betriebsleiter von Betriebsgemeinschaften in der Schweiz. (2020) In: Digitalisierung für Mensch, Umwelt und Tier. Bonn: Gesellschaft für Informatik, Germany, Freising. pp. 259-264
- [83] Schneider, W. Digitalisieren oder weichen? Wo bleibt die Landwirtschaft? In: *Landinfo* 3, 2017, pp.8-12.
- [84] Eidt, C. M., H. M. Hickey and M. A. Curtis. Knowledge integration and the adoption of new agricultural technologies: Kenyan perspectives, *Food Secur.* 4(3) (2012) 355-367. <https://doi.org/10.1007/s12571-012-0175-2>.
- [85] Rehman, T., M. McKemey, C.M. Yates, R.J. Cooke, C.J. Garforth, R.B. Tranter, J.R. Park and P.T. Dorward. Identifying and understanding factors influencing the uptake of new technologies on dairy farms in SW England using the theory of reasoned action, *Agric. Syst.*, 94(2) 281-293. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2006.09.006>
- [86] Shang, L., T. Heckelei, M. K. Gerullis., J. Börner, S. Rasch. Adoption and diffusion of digital farming technologies - integrating farm-level evidence and system interaction, *Agric Syst.* 190(C) (2021) 103074. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103074>.
- [87] Hüttel, S., M.-T. Leuchten and M.Leyer. The Importance of Social Norm on Adopting Sustainable Digital Fertilisation Methods, *Organ Environ*35(1) (2022) 79-102. <https://doi.org/10.1177/1086026620929074>
- [88] Van Hertem T, L. Rooijackers, D. Berckmans, A.P. Fernandez, T. Norton, D. Berckmans and E. Vranken. Appropriate data visualisation is key to Precision Livestock Farming acceptance, *Comput. Electron. Agr.* 138 (2017) 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.04.003>.
- [89] Grotsch, H., H. Schulze, W. Sonntag, and H. Thiele. Adoption von Aktivitätssystemen in der Milchviehhaltung: Identifikation von Einflussfaktoren mittels Customer Journey Analyse. In: Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues (Eds.), Resilienz von regionalen und globalen Wertschöpfungsketten der Agrar- und Ernährungswirtschaft. 2022



- [90] Passafaro, P., A. Rimano, M. P. Piccini, R. Metastasio, V. Gambardella, G. Gullace, and C. Lettieri. The bicycle and the city: Desires and emotions versus attitudes, habits and norms, *J. Environ. Psychol.* 38 (2014) 76–83. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2013.12.011>.
- [91] Andreoni, J. Impure altruism and donations to public goods: A theory of warm-glow giving, *Econ. J.* 100(401) (1990) 464-477. <https://doi.org/10.2307/2234133>
- [92] Carrus, G., P. Passafaro and M. Bonnes. Emotions, habits and rational choices in ecological behaviours: The case of recycling and use of public transportation, *J. Environ. Psychol.* 28(1) (2008) 51-62 <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2007.09.003>
- [93] Grothkopf, V. and H. Schulze. Empirische Analyse der Einflussfaktoren auf die Digitalisierung der Milchviehhaltung. In: Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues (Eds.), Resilienz von regionalen und globalen Wertschöpfungsketten der Agrar- und Ernährungswirtschaft. 2022.
- [94] Schaak, H. and O. Mußhoff. Understanding the adoption of grazing practices in German dairy farming, *Agric. Syst.* 165(C) (2018) 230–239. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.06.015>.
- [95] Dessart, F.J., J.Barreiro-Hurlé, R. van Bavel. Behavioural factors affecting the adoption of sustainable farming practices: a policy-oriented review, *Eur. Rev. Agric. Econ.* 46(3) 417-471. <https://doi.org/10.1093/erae/jbz019>

## **Teil II – Smart Dairy Farming -Nutzungsbereitschaft und Akzeptanz unter Landwirten**

### **II. 3 IoT in der Milchviehhaltung am Beispiel von Gesundheitssensoren – Akzeptanzbarrieren im Adoptionsprozess**

Greta Langer, Sarah Kühl und Sirkka Schukat

Dieser Beitrag ist so oder in ähnlicher Fassung veröffentlicht im Tagungsband der 43.  
Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und  
Ernährungswirtschaft: 405-410.

**Abstract**

Der Einsatz von „Internet of Things“ (IoT)-Sensoren kann zu einer nachhaltigeren und tierwohlgerechteren Milcherzeugung beitragen. IoT-Sensoren werden vermehrt für die Gesundheitsüberwachung von Milchkühen entwickelt. Die Verbreitung von IoT-Technologien erfolgt, trotz vieler Vorteile für die Praxis, aber nur langsam. Hinsichtlich der Nutzungsintention und möglichen Akzeptanzbarrieren ist konkret für den Bereich der IoT-gestützten Gesundheitsüberwachung in der Milchviehhaltung nur wenig bekannt. Eine Online-Umfrage aus dem Jahr 2022 zeigt, dass die Nutzungsintention mehrheitlich vorhanden ist, die tatsächliche Nutzung solcher Sensoren aber nur auf einem geringen Niveau liegt. Vor allem hohe Investitionskosten, eine mangelnde Kompatibilität mit anderen Geräten und ein langsamer Breitbandausbau konnten als die wichtigsten Akzeptanzbarrieren im Adoptionsprozess unter Milchviehhaltern identifiziert werden. Die Ergebnisse implizieren, dass politische Entscheidungsträger und Technologiehersteller gefragt sind, den Adoptionsprozess zu unterstützen und auf die Bedürfnisse der Landwirte in Bezug auf die jeweilige Technologie einzugehen, damit das Potenzial von IoT-Sensoren nicht an Akzeptanzbarrieren scheitert.

**Keywords**

Internet of Things-Sensoren, Gesundheitsüberwachung, Akzeptanz, Barrieren, Milchviehhaltung

## 1. Einleitung

Die Digitalisierung in der Landwirtschaft bietet Betrieben die Möglichkeit, effizienter zu wirtschaften und den Tier-, Umwelt- und Klimaschutz zu verbessern [TFG19]. IoT-Sensoren (z. B. Halsband- und Pansensoren) ermöglichen mehr Tierwohl und eine verbesserte Tiergesundheit durch eine digitale Überwachung der Tiere [LBG20]. Mit der Implementierung von IoT-Sensoren kann entsprechend auf gesellschaftliche Forderungen nach Tier- und Ressourcenschutz reagiert werden und sie stellt damit einen wichtigen Erfolgsfaktor für das nachhaltige Bestehen von Milchviehbetrieben dar [So21; LBG20]. Vor diesem Hintergrund gewinnt die Frage nach der Akzeptanz von IoT-Sensoren für die Gesundheitsüberwachung von Milchkühen und die Identifizierung von potenziellen Akzeptanzbarrieren an Bedeutung; eine erfolgreiche Verbreitung von IoT-Sensoren setzt die Zustimmung potenzieller Nutzer voraus [Su18]. Barrieren können durch Technologieanpassung an die Bedürfnisse der Landwirte und die Betriebe überwunden werden. Dies erfordert jedoch konkrete Erkenntnisse über die Akzeptanzbarrieren der jeweiligen Zielgruppen in der Landwirtschaft (Ackerbau, Nutztierhaltung) [Kn15]. Der Blick in die Literatur zeigt, dass die Akzeptanz von IoT in der Tierhaltung nur lückenhaft erforscht ist. Die Verbreitung digitaler Technologien erfolgte bisher vor allem im Bereich des Precision Agriculture Farmings und weniger im Smart Livestock Farming [BB15; Ru18], sodass diesbezüglich Forschungsbedarf besteht.

Das Ziel des vorliegenden Beitrags liegt darin, den Status Quo der Nutzungsintention (Akzeptanz) und die Nutzungshäufigkeit am Beispiel von Halsband- und Pansensoren von Milchviehhaltern zu erfassen. Beide Sensoren ermöglichen die Erfassung von Abweichungen vom Gesundheitszustand der Kühe und werden seit nicht allzu langer Zeit kommerziell vertrieben. Zudem werden Akzeptanzbarrieren im Adoptionsprozess unter Milchviehhaltern aufgezeigt sowie Übereinstimmungen mit und Abweichungen vom Forschungsstand sichtbar gemacht. Durch die gewonnenen Ergebnisse können Handlungsempfehlungen formuliert werden, wie die Akzeptanzbarrieren überwunden und die Akzeptanz von IoT-Sensoren zielgruppengenau verbessert werden könnten.

## 2. Material und Methoden

Grundlage der Studie bildet eine Online-Befragung mit 212 Milchviehhaltern aus dem Frühjahr 2022. Die Milchviehhalter wurden über verschiedene Kanäle akquiriert (z.B. landwirtschaftliche Fachzeitschriften, Molkereien, Mitglieder der Landesvereinigung Milch). Der standardisierte Fragebogen gliederte sich in verschiedene Bereiche und enthielt sowohl Fragen zu betrieblichen und soziodemografischen Merkmalen als auch zu potenziellen Akzeptanzbarrieren und zur grundsätzlichen Wahrnehmung der Digitalisierung in der Landwirtschaft. Dem Fragebogen wurde ein Informationstext zu den IoT-Beispielsensoren (Halsband- und Pansensoren) vorangestellt, um ein einheitliches Verständnis unter den Landwirten sicherzustellen. Die Aussagen mussten überwiegend auf fünfstufigen Likert-Skalen

beantwortet werden<sup>1</sup>. Zudem wurde eine Kontrollfrage in den Fragebogen integriert, um die Qualität der Datensätze zu gewährleisten. Die Akzeptanzbarrieren wurden auf Grundlage einer intensiven Literaturrecherche formuliert. Die deskriptive Analyse erfolgte mit dem Statistikprogramm IBM SPSS 27.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Stichprobe

Die Stichprobe (n=212) setzt sich aus 73,1% Männern und 26,9% Frauen zusammen. Das Durchschnittsalter liegt bei 40 Jahren. Der Frauenanteil, der in der Landwirtschaft tätig ist, liegt bei etwa 36%; somit sind Frauen in der Umfrage leicht unterrepräsentiert [Db21]. 47,6% der Landwirte haben einen Fachschulabschluss oder sind Landwirtschaftsmeister. Mit 28,7% der befragten Landwirte, die einen universitären Abschluss haben, zeigt die Stichprobe ein überdurchschnittlich hohes Bildungsniveau: Im bundesweiten Durchschnitt haben nur ca. 14% einen Universitätsabschluss [Db21]. Die Mehrheit der Befragten (70,3%) arbeitet als Betriebsleiter. Fast alle Befragten sind im Haupterwerb tätig (99,1%), wobei 17,0% nach ökologischen Richtlinien und 80,2% konventionell wirtschaften, die weiteren Betriebe befinden sich in der Umstellung. Die Mehrheit der Befragten (29,7%) hält zwischen 100 und 199 Milchkühen, wobei 27,4% angeben, zwischen 50 und 99 Milchkühe zu halten. Im Bundesdurchschnitt werden derzeit 70 Kühe pro Betrieb gehalten und ungefähr 6% aller Milchviehbetriebe in Deutschland sind ökologisch [Db21]. Damit weist die Stichprobe eine vom Durchschnitt abweichende Verteilung hinsichtlich der Herdengröße und der Anzahl der Biobetriebe auf. Die Mehrheit der befragten Milchviehhalter (25,9%) kommen aus Bayern, gefolgt von Niedersachsen (25,5%) und Baden-Württemberg (11,8%). Diese Verteilung hingegen entspricht der des bundesweiten Durchschnitts [Db21].

#### 3.2 Akzeptanzbarrieren im Adoptionsprozess

Von den befragten Milchviehhaltern beabsichtigt etwa die Hälfte (49,1%) in den kommenden Jahren grundsätzlich IoT-Sensoren einzusetzen. Etwas weniger Milchviehhalter (43,0%) haben bereits konkrete Pläne für den zukünftigen Einsatz von IoT-Sensoren<sup>2</sup>. Die Nutzungsintention (Akzeptanz) ist somit mehrheitlich gegeben – auch wenn fast ein Drittel der Landwirte angeben, den Einsatz solcher Sensoren für die Zukunft nicht zu planen. Die tatsächliche Nutzung der genannten Sensorhalsbänder zeigt Unterschiede zwischen den einzelnen Sensoren<sup>3</sup>: Sensorhalsbänder werden bereits von 53,8% und Pansensoren von 21,8% der Milchviehhalter regelmäßig (täglich und mehrmals täglich) genutzt. Es scheinen Akzeptanzbarrieren vorzuliegen, die den Implementierungsprozess bremsen (siehe

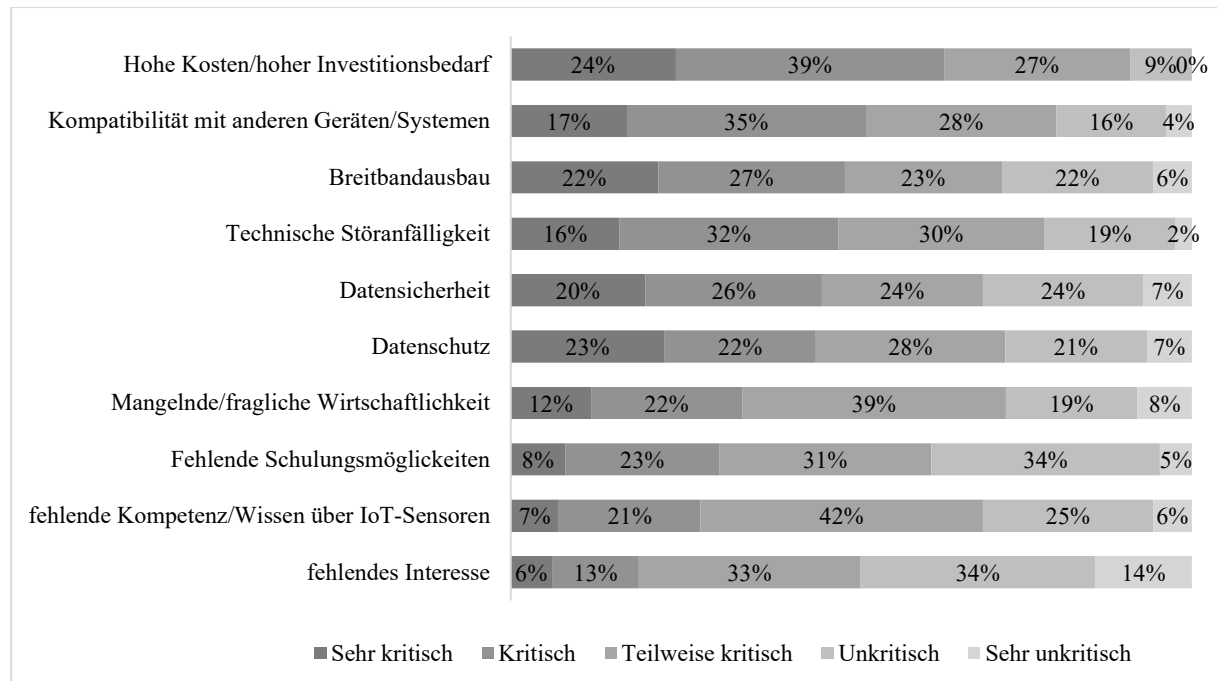
---

<sup>1</sup> 1 = „stimme voll und ganz zu/sehr kritisch/mehrmals täglich“ bis 5 = „stimme überhaupt nicht zu/sehr unkritisch/nie“

<sup>2</sup> Fragestellung: Was planen Sie in Hinblick auf die Nutzung von IoT-Sensoren? (ohne Spezifizierung auf die Beispielsensoren) Item eins: Ich plane in den kommenden Jahren IoT-Sensoren auf meinem Betrieb zu nutzen, Item zwei: Es gibt bereits konkrete Pläne für meinen Betrieb IoT-Sensoren in Zukunft zu nutzen.

<sup>3</sup> Fragestellung: Bitte geben Sie die Nutzungshäufigkeit der folgenden Produkte an (jeweils für Halsband- und Pansensor abgefragt)

Abbildung 1). Die größte Barriere im Adoptionsprozess für die Milchviehhalter sind die hohen Investitionskosten für IoT-Sensoren. Insgesamt bewerteten 63,7% der Landwirte dies als sehr kritisch oder kritisch ( $\mu=2,21$ ;  $\sigma=0,916$ ). Eine mangelnde Kompatibilität wird als zweitgrößte Barriere angesehen; mehr als die Hälfte der Milchviehhalter (52,4%) schätzt dies als sehr kritisch oder kritisch ein ( $\mu=2,54$ ;  $\sigma=1,072$ ).



**Abb. 1:** Akzeptanzbarrieren im Adoptionsprozess von IoT-Sensoren im Allgemeinen <sup>4</sup>

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung

An dritter Stelle steht der langsame Breitbandausbau, der von 49,1% als sehr kritisch oder kritisch eingeschätzt wird ( $\mu=2,63$ ;  $\sigma=1,207$ ). Hinsichtlich technischer Störanfälligkeit sind 48,1% der Milchviehhalter sehr kritisch bis kritisch eingestellt ( $\mu=2,60$ ;  $\sigma=1,046$ ). Bedenken hinsichtlich der Datensicherheit und -hoheit werden von 45,7% bzw. 44,8% geäußert. Deutlich unkritischer sind die Milchviehhalter mit Blick auf eine mangelnde/fragliche Wirtschaftlichkeit von IoT-Sensoren: 66,0% geben an, dass sie nur teilweise kritisch, unkritisch bzw. sehr unkritisch sind ( $\mu=2,90$ ;  $\sigma=1,097$ ). Auch fehlende Schulungsmöglichkeiten, konkret für den Bereich der digitalen Gesundheitsüberwachung, werden unkritisch beurteilt, denn insgesamt 69,3% geben an, nur teilweise kritisch, unkritisch bzw. sehr unkritisch zu sein ( $\mu=3,04$ ;  $\sigma=1,036$ ). Das für die korrekte Nutzung von IoT-Sensoren notwendige Wissen wird von nur wenigen Milchviehhaltern als Barriere wahrgenommen; insgesamt 72,2% schätzen es als teilweise kritisch, unkritisch bzw. sehr unkritisch ein ( $\mu=3,01$ ;  $\sigma=0,986$ ). Am unkritischsten sind die Milchviehhalter hinsichtlich eines fehlenden Interesses an IoT-Sensoren im Gesundheitsmonitoring: 81,1% sind teilweise kritisch, unkritisch bzw. sehr unkritisch ( $\mu=3,38$ ;  $\sigma=1,071$ ).

<sup>4</sup> Fragestellung: Wie bewerten Sie folgende Punkte zum Einsatz von IoT-Sensoren für die Gesundheitsüberwachung? Bitte kreuzen Sie nach Ihrer kritischen Beurteilung an.

#### 4. Diskussion und Fazit

Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, neben der Messung der Akzeptanz und der Nutzungshäufigkeit, die Akzeptanzbarrieren im Adoptionsprozess von IoT-Sensoren unter Milchviehhaltern zu identifizieren. Die hohen Investitionskosten stellen die größte Barriere im Adoptionsprozess von IoT-Sensoren im Allgemeinen dar. Dieses Ergebnis bestätigt andere Studien, die ebenfalls zeigen, dass hohe Kosten, die mit der Digitalisierung in der Landwirtschaft einhergehen, den Implementierungsprozess in der Praxis bremsen [BI16; MK21]. Zum einen sind es Anfangsinvestitionen und zum anderen Wartungskosten, die Landwirte als Nutzungsbarriere beurteilen [MK21]. Die fehlende Wirtschaftlichkeit von IoT-Sensoren wird von nur einem Drittel der Landwirte als Barriere beurteilt, es mangelt also nicht an der Überzeugung bezüglich der Wirtschaftlichkeit der Sensoren. Zur Überwindung der hohen Anfangsinvestitionen, die für einige IoT-Sensoren erforderlich sind, könnten somit Investitionszuschüsse die Akzeptanz und schlussendliche Adoption deutlich erhöhen. Ein zweites wichtiges Ergebnis der vorliegenden Studie ist, dass Landwirte die Kompatibilität mit anderen IoT-Technologien und Systemen äußerst kritisch beurteilen. Eine Studie von [SG18] konnte zeigen, dass dies bereits im Jahr 2009 eine erhebliche Akzeptanzbarriere im digitalen landwirtschaftlichen Transformationsprozess darstellte. Konkret für den IoT-Bereich hat sich diese Barriere weiter erhöht, da sie von den Milchviehhaltern sogar als zweitgrößtes Hemmnis wahrgenommen wird. Derzeit bieten IoT-Systeme nicht die notwendige Kompatibilität und Flexibilität, die Landwirte fordern [GSE18]. Zudem müssen die Rahmenbedingungen auf den Betrieben, die unter anderem darüber entscheiden, ob Landwirte in digitale Tools investieren, verbessert werden. Hier sind politische Entscheidungsträger gefragt den Breitbandausbau in den ländlichen Regionen zu beschleunigen, denn dieser stellt die drittgrößte Barriere im Adoptionsprozess dar. Auch im Bereich Datensicherheit und -schutz sollten von politischer aber auch Anbieterseite Maßnahmen getroffen werden, da dies für knapp die Hälfte ein kritisches Thema ist. Die Implementierung von IoT auf den Betrieben konfrontiert Landwirte mit neuen Managementaufgaben, die eine gewisse Digitalkompetenz (korrekte Bedienung, Dateninterpretation) voraussetzt [BI16]. Die Milchviehhalter unserer Befragung zeigen sich jedoch unkritisch hinsichtlich fehlender Schulungsmöglichkeiten und mangelnden Vorkenntnissen. Das Ergebnis bestätigt, dass Landwirte in den letzten Jahren dazugelernt haben, denn in älteren Studien zählten fehlendes Know-how und Berührungängste gegenüber digitalen Technologien noch zu den größten Barrieren [Bi16; GSE18].

Insgesamt zeigt die vorliegende Studie, dass die Nutzungsintention auf einem hohen Niveau liegt, die tatsächliche Nutzung der abgefragten Sensoren unter Milchviehhaltern aber noch nicht weit verbreitet ist. Diesbezüglich ist zu erwähnen, dass größere Milchviehbetriebe in der vorliegenden Stichprobe überrepräsentiert sind, was das Ergebnis möglicherweise beeinflusst hat. Andere Studienergebnisse deuten allerdings darauf hin, dass digitale Technologien von Milchviehhaltern aller Größenordnungen als nützlich empfunden werden [MBO19]. Diese Erkenntnis gilt es für den Bereich der IoT-Sensoren zu konkretisieren. Nichtsdestotrotz sind politische Entscheidungsträger und Hersteller gefragt, um die aufgezeigten Barrieren abzubauen und den Adoptionsprozess von IoT-Sensoren zu beschleunigen. Dies ist

insbesondere vor dem Hintergrund des hohen Nutzens von IoT-Sensoren für die Nachhaltigkeit der Milchviehhaltung von großer Bedeutung.



**Literaturverzeichnis**

- [Bi16] Bitkom - Digitalisierung in der Landwirtschaft, <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/Bitkom-Presskonferenz-Digitalisierung-in-der-Landwirtschaft-02-11-2016-Praesentation.pdf>, 12.10.2022.
- [BB15] Borchers, M.R.; Bewley, J.M.: An assessment of producer precision dairy farming technology use, prepurchase considerations, and usefulness. *Journal of Dairy Science* 98(6), S. 4198-4205, 2015.
- [Db21] Situationsbericht 2021/22 des Deutschen Bauernverbands, <https://www.bauernverband.de/fileadmin/berichte/2021/index.html#96>, 12.10.2022.
- [GSE18] Gandorfer, M.; Schleicher, S.; Erdle, K.: Barriers to Adoption of Smart Farming Technologies in Germany. In 14th International Conference on Precision Agriculture, Montreal, Quebec, Canada, S. 1-8, 2018.
- [Kn15] Knierim, A.; Boenning, K.; Caggiano, M.; Cristóvão, A.; Dirimanova, V.; Koehnen, T.; Labarthe, P.; Prage, K.: The AKIS concept and its relevance in selected EU member states. *Outlook on Agriculture*. 44/1, S. 29-36, 2015.
- [LBG20] Lovarelli, D.; Bacenetti, J.; Guarino, M.: A review on dairy cattle farming: Is precision Livestock farming the compromise for an environmental, economic and social sustainable production? *Journal of Cleaner Production* 262/2, S. 121409, 2020.
- [MK21] Mohr, S.; Kühl, R.: Acceptance of artificial intelligence in German agriculture: an application of the technology acceptance model and the theory of planned behavior. *Precision Agriculture* 22, S.1816-1844, 2021.
- [MBO19] Michels, M.; Bonke, V.; Musshoff, O.: Understanding the adoption of smartphone apps in dairy herd management. *Journal of Dairy Science* 102, S. 9422-9434, 2019.
- [Ru18] Rutten, C.J.; Steeneveld, W.; Lansink, A.; Hogeveen, H.: Delaying investments in sensor technology: The rationality of dairy farmers' investment decisions illustrated within the framework of real options theory. *Journal of Dairy Science* 101/8, S. 7650-7660, 2018.
- [SG18] Schleicher, S.; Gandorfer, M.: Digitalisierung in der Landwirtschaft: Eine Analyse der Akzeptanzhemmnisse. In (A. Ruckelshausen et al. Hrsg.): *Digitale Marktplätze und Plattformen*, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn, S. 203-206, 2018.
- [Su18] Sundrum, A.: Big Data – Mittel zu welchen Zwecken? In: 7. Wilhelm-Stahl-Symposium Big Data im Stall – Zukunftsmodell oder Sackgasse? Dummerstorf, S. 15-19, 2018.
- [TFG19] Tullo, E.; Finzi, A; Guarino, M.: Review: Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy. *Science of the Total Environment* 650, S. 2751-2760, 2019.

## **Teil II – Smart Dairy Farming -Nutzungsbereitschaft und Akzeptanz unter Landwirten**

### **II. 4 Die Einstellung deutscher Milchviehhalter gegenüber dem Internet der Dinge**

Greta Langer und Sirkka Schukat

Dieser Beitrag ist so oder in ähnlicher Fassung veröffentlicht in der Schrift der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. Band 62: 369-381.

## **Zusammenfassung**

Das Internet der Dinge hat im Zuge der vierten industriellen Revolution über die Nutzung von Smart Products Einzug in landwirtschaftliche Produktionsabläufe gefunden, so auch in der Milcherzeugung. Die Nutzung verspricht eine effizientere, tiergerechtere und nachhaltigere Milcherzeugung; eine Entwicklung, die in Deutschland gesellschaftlich und politisch durchaus gewollt ist. Grundvoraussetzung für die Adoption dieser Technologien ist die Akzeptanz der Milchviehhalter. Erkenntnisse über deren Einstellung gegenüber Smart Products und ihr Nutzungsverhalten liegen kaum vor. Die vorliegende Studie untersucht deswegen die Einstellung von Milchviehhaltern in Bezug auf die Nutzung von Smart Products mit Hilfe einer Faktorenanalyse und einer anschließenden Clusteranalyse. Basierend auf einer Befragung unter Milchviehhaltern (n=193) konnten vier Cluster identifiziert werden, die sich signifikant voneinander unterscheiden. Die vier Unterscheidungsmerkmale der Clustersegmente stellen den erwarteten Nutzen für das Tierwohl, betriebliche Nutzenvorteile, den Einfluss des sozialen Umfelds und das Vertrauen in Smart Products dar. Der vorliegende Beitrag birgt relevante Implikationen für Produkthersteller im Bereich der Milcherzeugung sowie Handlungsempfehlungen für die Politik.

## **Keywords**

Internet der Dinge, Smart Products, Akzeptanz, Milchviehhalter, Clusteranalyse

## 1. Einleitung

Getrieben durch die zunehmende Vernetzung digitaler Technologien hat die vierte industrielle Revolution auch in der Landwirtschaft Einzug gehalten. Speziell in der Milchproduktion nimmt die Digitalisierung mittlerweile einen hohen Stellenwert ein, auch wenn sie nicht als Vorreiter dieser Entwicklung angesehen werden kann. Durch technologische Weiterentwicklungen und Fortschritte im Bereich Big-Data, künstliche Intelligenz und effiziente Algorithmen entstehen immer differenzierte Tools, die leistungsfähiger und breiter einsetzbar sind. Der Begriff des „Internets der Dinge“ (Internet of Things (IoT)) impliziert die Verbindung zwischen virtueller und physikalischer Welt. Dabei wird die Sicherung der drahtlosen Kommunikationsfähigkeit durch Smart Products angestrebt. Die gesamten Produktionsprozesse der Landwirtschaft können durch Smart Products optimiert werden (Islam et al., 2021). Der Landwirt wird durch Informations- und Kommunikationstechnologie in seinen Entscheidungen unterstützt, wobei ihm eine überwachende und prüfende Position zugeschrieben wird (Bovensiepen und Hombach, 2016). Beispiele solcher Smart Products für die Milchviehhaltung sind IoT-Sensoren: Sensorhalsbänder, Ohrmarken für Milchkühe oder Detektoren, welche die Lahmheit bei Kühen in Echtzeit erkennen können (Farooq et al., 2019; Iwasaki et al., 2019). Smart Products bieten Chancen hinsichtlich einer effizienten, umwelt- und tiergerechten Milcherzeugung. Sie dienen nicht nur der Arbeitserleichterung, sondern führen im Durchschnitt zu einer höheren Milchleistung und zu einer Verbesserung des Tierwohls (Hartung et al., 2017). Auch im Hinblick auf den Klimawandel wird angenommen, dass IoT-Technologien den ökologischen Fußabdruck und die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft verringern werden (Islam et al., 2021). Allerdings sind mit dem IoT als Teil des Smart Farmings auch Akzeptanzbarrieren verbunden: Datenschutz und Datensicherheit, Eigentums- und Nutzungsrechte, Fragen der Rechenschaftspflicht im Fall von Missmanagement und die Forcierung des agrarstrukturellen Wandels (Walter et al., 2017; Weersink et al., 2018). So werden Smart Products von Milchviehhaltern derzeit nur begrenzt genutzt (Blasch et al., 2020; Borchers und Bewley 2015). Grundvoraussetzungen einer erfolgreichen Adoption von Smart Products ist aber die Zustimmung ihrer potentiellen Nutzer (Sundrum, 2018).

Das Verständnis von Einflussfaktoren, welche die Akzeptanz des IoT als Teil des Smart Farmings beeinflussen, ist wichtig für die künftige Entwicklung gezielter Maßnahmen, die die Verbreitung von Smart Products in der Milchviehhaltung unterstützen können (Ibid.). Einige Studien haben sich bereits mit der Akzeptanz und Adoption von digitalen Technologien in der Landwirtschaft beschäftigt. Der Fokus dieser Untersuchungen lag dabei vor allem auf dem Precision Farming und betrieblichen bzw. soziodemografischen Einflussfaktoren; das Smart Farming wurde häufig vernachlässigt und Einstellungsfaktoren außen vor gelassen. Erste Erkenntnisse der Nutzungsintensität und Akzeptanz für den Bereich von Herdenmanagement-Apps unter deutschen Milchviehhaltern konnten Michels et al. (2019) generieren. Sie fanden heraus, dass die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit und die wahrgenommene Nützlichkeit die Akzeptanz beeinflussen. Russel und Bewley (2013) erkannten, dass die Gründe für die Nichtanwendung von Smart Products unter Milchviehhaltern in mangelnder Vertrautheit mit

neuen Technologien, einem unerwünschtem Kosten-Nutzen-Verhältnis und einer Informationsüberflutung liegen. Grothkopf und Schulze (2021) fanden zudem heraus, dass Erfahrungen mit Technologien als starker Einflussfaktor im digitalen Transformationsprozess der Milchviehhalter fungieren. Konkret für den Bereich der deutschen Milchviehhaltung fehlen umfassende Akzeptanzanalysen in Bezug auf das IoT (Abeni et al., 2019; Groher et al., 2020; Baldin et al., 2021).

Das Ziel dieses Beitrags ist es daher, die Einstellungen der Milchviehhalter zum Internet der Dinge als Teil des Smart Farmings zu analysieren, um Rückschlüsse auf die Adoptionsraten von Smart Products zu ziehen. Da frühere Studien gezeigt haben, dass Milchviehhalter hinsichtlich ihrer Einstellung nicht als homogene Gruppe zu betrachten sind (Luhmann et al., 2016), sollen in dieser Studie mittels einer Faktoren- und anschließenden Clusteranalyse verschiedene Gruppen von Landwirten in Bezug auf ihre Einstellungen zum IoT identifiziert werden. Die Ergebnisse dieser Studie können wichtige Erkenntnisse für Hersteller und politische Entscheidungsträger darstellen, vor allem vor dem Hintergrund, dass die Akzeptanz und Verbreitung von Smart Products bei Milchviehhaltern noch gering ist. Das Verständnis der Akzeptanzfaktoren und die Identifizierung der verschiedenen Gruppen ist von grundlegender Bedeutung für die Entwicklung von Strategien, die die Betriebe bei der Digitalisierung unterstützen und das Smart Farming an die Bedürfnisse und Wünsche der Milchviehhalter anpassen können.

## **2. Material und Methoden**

### **2.1 Studiendesign**

Im Sommer 2020 wurde eine Befragung zur Einstellung von Tierhaltern gegenüber dem Einsatz von Smart Products in der Landwirtschaft durchgeführt. Die Umfrage basiert auf einem standardisierten Online-Fragebogen, der in einem Pretest von verschiedenen Experten aus der agrarökonomischen Forschung und Landwirten getestet wurde. Um möglichst viele Nutztierhalter zu erreichen, fand die Verbreitung über verschiedene Kanäle statt (z.B. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, soziale Medien, praxisbezogene Zeitschriften). Informationen zum Hintergrund der Studie sowie eine Definition von Smart Products („Immer mehr Geräte werden mit dem Internet verbunden. Smarte Produkte sammeln über entsprechende Sensoren Daten, analysieren sie und leiten sie via Internet weiter bzw. empfangen Daten von anderen smarten Produkten. Die „Intelligenz“ dieser Produkte führt dazu, dass sie eigenständig Aufgaben ausführen und mit anderen Produkten kommunizieren“) und drei Beispiele (Smartphone, intelligente Ohrmarke, intelligenter Schweinezähler) wurden der Befragung vorangestellt. Der Fragebogen gliedert sich in drei Teile und besteht hauptsächlich aus geschlossenen Fragen, die anhand fünfstufiger Likert-Skalen von „1 = stimme gar nicht zu“ bis „5 = stimme voll und ganz zu“ abgefragt werden. Der erste Teil befragt die Tierhalter zu soziodemografischen und betrieblichen Merkmalen, der zweite besteht aus 55 Aussagen, anhand derer die Einstellungen der Landwirte zu Smart Products ermittelt werden. Der dritte Teil setzt sich aus zehn Aussagen zusammen, wodurch die Landwirte zur Verbreitung der Digitalisierung in der Landwirtschaft befragt werden. Die vorliegende Studie verwendet

ausschließlich die Datensätze der Milchviehhalter und berücksichtigt nur jene Items, die sich direkt auf die Einstellung der Milchviehhalter beziehen.

## **2.2 Datenanalyse**

Die Daten wurden mit dem Statistikprogramm SPSS 27 ausgewertet. Im Rahmen der multivariaten Verfahren wurde eine explorative Faktorenanalyse durchgeführt. So konnte die Anzahl der Items reduziert und die zentralen Dimensionen erfasst werden, die auf den Einstellungen der Milchviehhalter zur Nutzung von Smart Products basierten. Die Variablen, die stark korrelierten und auf einem Faktor luden, wurden mit Hilfe der Hauptkomponentenanalyse zu einem Faktor zusammengefasst. Um die Interpretation der Faktoren zu erleichtern, wurde eine orthogonale Varimax-Rotation durchgeführt. Diese ermöglichte die Varianz der quadrierten Faktorenladungen pro Spalte zu maximieren. In mehreren Durchläufen wurden alle Variablen, die in der rotierten Komponentenmatrix Ladungen von  $\geq 0,4$  aufwiesen und auf mehr als einem Faktor luden, aus der Analyse entfernt. So erfolgte eine eindeutige Zuordnung zu nur einem Faktor (Backhaus et al., 2016). Aufbauend auf der Faktorenlösung wurde eine Clusteranalyse durchgeführt. Dafür wurde eine hierarchische Clustermethode unter Verwendung des Single-Linkage-Verfahrens durchgeführt. Anschließend konnten unter Anwendung der Ward-Methode die Befragten zusammengeschlossen werden, die die Varianz innerhalb eines Clusters kaum erhöhen. Um die Lösung zu verfeinern, wurde im Anschluss ein K-Means-Verfahren angewendet. Das schlussendliche Ergebnis der Clusteranalyse wurde mit einer Diskriminanzanalyse auf ihre Qualität hin überprüft (Bühl, 2010).

## **3. Ergebnisse**

### **3.1 Stichprobenbeschreibung**

Nach Bereinigung des Datensatzes verblieben die Angaben von insgesamt 193 Milchviehhaltern. Die Befragten sind im Durchschnitt 43 Jahre alt und 25,4 % von ihnen sind weiblich. Damit ist der Anteil der Frauen in dieser Befragung leicht unterrepräsentativ; 2021 lag der Anteil der weiblichen Beschäftigten in der deutschen Landwirtschaft bei 36,0 % (Deutscher Bauernverband (DBV), 2021). Der größte Anteil der Befragten kommt aus Bayern (19,2 %), gefolgt von Niedersachsen (16,1 %). Diese Verteilung entspricht der landwirtschaftlichen Betriebsstruktur des gesamten Bundesgebietes, denn die meisten Milchviehbetriebe befinden sich in Bayern und Niedersachsen. Dort werden ca. 50 % aller Milchkühe Deutschlands gehalten (Statistisches Bundesamt, 2022). Die durchschnittliche Anzahl der Milchkühe pro Betrieb liegt in der Befragung mit 303,28 Kühen über dem bundesweiten Durchschnitt. Dieser lag 2021 bei 70 Kühen pro Betrieb. Allerdings hat sich in den letzten Jahren ein enormer Strukturwandel in der Milchviehhaltung zu immer größer werdenden Betriebsstrukturen gezeigt. So leben gut 57 % aller deutschen Milchkühe auf Betrieben, die mehr als 100 Kühe halten (DBV, 2021). Passend zu den überdurchschnittlich großen Tierbeständen der Stichprobe sind 98,4 % der Milchviehhalter im Haupterwerb

tätig. 82,4 % wirtschaften konventionell, 17,1 % ökologisch und 0,5 % befinden sich in der Umstellung von konventionell zu ökologisch. Mehr als die Hälfte der Befragten (53,8 %) ist zudem bereits seit 20 Jahren oder länger in der Landwirtschaft tätig. Aufgrund der Stichprobengröße und den teilweise vom Bundesdurchschnitt abweichenden betrieblichen und soziodemografischen Merkmalen kann die Stichprobe nicht als repräsentativ für die deutschen Milchviehhalter angesehen werden. Dennoch können die Ergebnisse aufgrund der hohen Signifikanzen interessante Erkenntnisse liefern, insbesondere für größere Milchviehbetriebe im Haupterwerb.

### 3.2 Ergebnisse der Faktorenanalyse

Die endgültige Faktorenlösung umfasst vier Faktoren mit insgesamt 16 Items (siehe Tabelle 1). Das Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium (KMO) zeigt mit einem Wert von 0,906 (Werte über 0,6 gelten als akzeptabel) ein positives Ergebnis für die Stichprobenadäquanz. Außerdem ist der Bartlett-Test auf Sphärizität statistisch signifikant und ergibt Korrelationskoeffizienten für die Grundgesamtheit, deren Werte sich von Null unterscheiden. Die Reliabilitätsanalyse zeigt, dass die interne Konsistenz der Faktoren angemessen ist. Es ergeben sich Cronbach Alphas Werte von 0,874 (Faktor 1), 0,722 (Faktor 2), 0,676 (Faktor 3) und 0,659 (Faktor 4). Alle Werte liegen über dem geforderten Mindestwert von 0,6 (Backhaus et al., 2016; Bühl, 2010; Hair et al., 2013). Alle durchgeführten Tests zur Qualitätsüberprüfung der Faktorenanalyse implizieren, dass die Variablen gut für eine Faktorenanalyse geeignet sind.

Tabelle 1 zeigt die entsprechenden Mittelwerte ( $\mu$ ) und Standardabweichungen ( $\sigma$ ) für die einzelnen Faktoren und Items. Der erste Faktor „Tierwohlnutzen“ setzt sich aus fünf Variablen zusammen und beschreibt die Einstellung der Landwirte zu den Vorteilen von Smart Products in Bezug auf die Verbesserung des Tierwohls. Der Faktor kombiniert dabei auch Aussagen über die Bereitschaft und die Freude daran, Smart Products zu nutzen. Es ist zu erkennen, dass alle fünf Variablen im Mittel deutlich positiv bewertet werden, also eine hohe Zustimmung erhalten. Faktor zwei „Nutzenerwartung“ fasst in vier Items zusammen wie die Einschätzung der Milchviehhalter zu den betrieblichen Vorteilen des Einsatzes von Smart Products ist. Es wird dabei zwischen Vorteilen der Kosten- und Arbeitszeitreduzierung durch Smart Products unterschieden. Auch dieser Faktor ist gekennzeichnet durch Zustimmung. Der dritte Faktor „Sozialer Einfluss“ beschreibt den möglichen Einfluss, den das soziale Umfeld auf Landwirte im Zusammenhang mit der Nutzung von Smart Produkten ausüben kann. Der Faktor beinhaltet drei Items und deutet auf eine gewisse Indifferenz der Milchviehhalter hin. Der letzte Faktor „Vertrauen“ impliziert in vier Variablen die Einstellung der Landwirte zum Vertrauen in die Arbeit von Smart Products. Dieser Faktor ist durch deutlich niedrigere Mittelwerte gekennzeichnet als die ersten beiden Faktoren. Am geringsten ist die Zustimmung bei der Annahme, dass Daten sicher seien, wenn mit Smart Products gearbeitet wird ( $\mu=2,89$ ;  $\sigma=1,084$ ).

**Tabelle 1:** Ergebnisse der Faktorenanalyse

<b>Faktoren und Variablen</b>	<b>FL<sup>1</sup></b>	<b>μ</b>	<b>σ</b>
<b>Faktor 1: Tierwohlnutzen (Cronbachs Alpha: 0,874)</b>			
Ich würde Smart Products einsetzen, wenn sich Vorteile für die Tiergesundheit, Tiergerechtheit, Tierwohl, Tierverhalten oder - Hygienebedingungen im Stall ergeben würden.	0,780	4,57	0,676
Ich würde mich bei der Tierkontrolle durch ein Smart Product unterstützen lassen.	0,776	4,27	0,930
Tiere können durch Smart Products profitieren, da Krankheiten schneller erkannt werden.	0,771	4,24	0,849
Tiere können durch Smart Products profitieren, da Abweichungen des Normalverhaltens schneller erkannt werden.	0,766	4,27	0,809
Ich freue mich, wenn Smart Products mich in Echtzeit über die Verfassung meiner Tiere informieren können.	0,744	4,37	0,960
<b>Faktor 2: Nutzenerwartung (Cronbachs Alpha: 0,772)</b>			
Durch die Nutzung von Smart Products kann die Arbeitszeit für bestimmte Tätigkeiten gesenkt werden.	0,762	4,09	0,936
Smart Products können Arbeitsprozesse beschleunigen (z.B. Kommunikation, Entscheidungen).	0,728	4,08	0,850
Durch die Nutzung von Smart Products können Arbeitserledigungskosten gesenkt werden.	0,698	3,72	0,922
Durch die Nutzung von Smart Products entstehen weniger Kosten, da Fehler durch menschliches Fehlverhalten minimiert werden.	0,636	3,37	0,926
<b>Faktor 3: Sozialer Einfluss (Cronbachs Alpha: 0,676)</b>			
Ich denke, dass es in der Gesellschaft einen guten Eindruck macht, wenn ich Smart Products benutze.	0,733	3,34	1,009
Mein soziales Umfeld (Nachbarn, Kollegen, Freunde) befürwortet Smart Products auf meinem Betrieb.	0,722	3,35	1,022
Ich denke, dass in der Gesellschaft die Erwartung herrscht, dass ich smarte Produkte nutze.	0,700	2,89	1,084
<b>Faktor 4: Vertrauen (Cronbachs Alpha: 0,659)</b>			
Ich würde einer Empfehlung folgen, die mir ein Smart Product gibt.	0,805	3,51	0,795
Ich denke, dass meine Daten sicher sind, wenn ich mit Smart Products von namenhaften Herstellern arbeite.	0,554	3,17	1,090
Ich vertraue auf Smart Products und die Entscheidungen, die sie treffen.	0,518	3,36	0,902
Ich fühle mich sicher, wenn ich mit Smart Products arbeite.	0,458	3,51	0,936
KMO (Kaiser-Meyer-Olkin-Wert) = 0,906; erklärte Gesamtvarianz = 64,91 %. Skala von +1= „Stimme gar nicht zu“ bis +5= „Stimme voll und ganz zu“ bewertet. FL <sup>1</sup> = Faktorladung. n= 193.			

Quelle: Eigene Berechnung.



### 3.3 Ergebnisse der Clusteranalyse

Nach Auswertung des Dendrogramms konnten drei Ausreißer entfernt werden, es verblieben somit 190 Datensätze für die weitere Clusteranalyse. Zur Unterstützung der Entscheidung über die optimale Anzahl von Clustern wurden bei der Ward-Methode das Dendrogramm, ein Screeplot und das Ellbogenkriterium verwendet. Folglich zeigte sich eine Vier-Cluster-Lösung als optimal. Anschließend konnte ein iterativ partitionierender K-Means-Algorithmus durchgeführt werden, um die Ergebnisse der Ward Clusterlösung zu optimieren. Die Diskriminanzanalyse wurde zur Überprüfung der Klassifikationsgenauigkeit der Ergebnisse durchgeführt. Die Studie klassifiziert 100,00 % der ursprünglichen Fälle korrekt (Backhaus et al., 2016). Weitere Ergebnisse der Diskriminanzanalyse (Eigenwerte und Wilks-Lambda) belegen, dass die Ergebnisse der Clusteranalyse von hoher Qualität sind. Zur detaillierten Charakterisierung der gebildeten Cluster und zur Prüfung signifikanter Unterschiede zwischen den Clustern wurde ein Mittelwertvergleich mittels einfaktorieller Varianzanalyse (ANOVA) sowie ein Post-Hoc-Mehrfachvergleichstest durchgeführt (T2 nach Tamhane). So konnte herausgefunden werden, welche Cluster sich hinsichtlich der Mittelwerte der Variablen unterscheiden (Backhaus et al., 2016). Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der Clusteranalyse, wobei die Mittelwerte und Standardabweichungen der clusterbildenden Faktoren und der zugrundeliegenden Variablen mit den entsprechenden signifikanten Unterschieden angegeben sind.

Das erste Cluster ist durch eine Ablehnung gegenüber Smart Products gekennzeichnet. Die Milchviehhalter stimmen den Vorteilen durch die Nutzung von Smart Products für das Tierwohl eher nicht zu und haben kein Vertrauen in diese Produkte. Auf Grund dessen wird Cluster A als „Gegner“ betitelt. Mit nur 25 Befragten bildet es das kleinste der vier Cluster. Die Befragten lehnen es eher ab, sich bei der Tierkontrolle durch ein Smart Product unterstützen zu lassen ( $\mu=2,92$ ;  $\sigma=1,187$ ). Zudem freuen sich die Befragten nicht, wenn Smart Products sie in Echtzeit über den gesundheitlichen Zustand ihrer Tiere informieren ( $\mu=2,72$ ;  $\sigma=1,242$ ). Den Nutzenerwartungen von Smart Products stehen die Milchviehhalter des Clusters A vor allem in Bezug auf Kostenreduzierungen (menschliches Fehlverhalten könnte minimiert werden) kritisch gegenüber ( $\mu=2,44$ ;  $\sigma=0,768$ ). Sie verspüren auch keinen sozialen/gesellschaftlichen Druck, Smart Products einzusetzen. Dies zeigt sich sowohl bei den Aussagen über einen möglichen positiven gesellschaftlichen Effekt beim Einsatz von Smart Products ( $\mu=2,36$ ;  $\sigma=0,907$ ), als auch im Kontext einer möglichen gesteigerten Anerkennung von Nachbarn, Kollegen und Freunden ( $\mu=2,20$ ;  $\sigma=0,866$ ). Das Vertrauen in Smart Products und deren Entscheidungskompetenz ist gering ( $\mu=2,20$ ;  $\sigma=0,926$ ) und auch der Datensicherheit wird nicht vertraut ( $\mu=2,04$ ;  $\sigma=0,935$ ). Die Milchviehhalter fühlen sich zudem eher unsicher, wenn sie mit Smart Products arbeiten ( $\mu=2,68$ ;  $\sigma=0,900$ ).

**Tabelle 2:** Ergebnisse der Clusteranalyse

<b>Faktoren und Statements</b>	<b>Cluster A (n = 25)</b>	<b>Cluster B (n = 31)</b>	<b>Cluster C (n = 50)</b>	<b>Cluster D (n = 84)</b>
<b>Faktor 1: Tierwohlnutzen***</b>	-1,44 <sup>bcd</sup> (1,047)	0,514 <sup>ad</sup> (0,473)	0,585 <sup>ad</sup> (0,520)	-0,050 <sup>abc</sup> (0,668)
Ich würde Smart Products einsetzen, wenn sich Vorteile für die Tiergesundheit, Tiergerechtigkeit, Tierwohl, Tierverhalten oder - Hygienebedingungen im Stall ergeben würden.	3,60 <sup>bcd</sup> (0,957)	4,81 <sup>a</sup> (0,402)	4,86 <sup>a</sup> (0,351)	4,61 <sup>a</sup> (0,538)
Ich würde mich bei der Tierkontrolle durch ein Smart Product unterstützen lassen.	2,92 <sup>bcd</sup> (1,187)	4,68 <sup>a</sup> (0,599)	4,46 <sup>a</sup> (0,646)	4,40 <sup>a</sup> (0,730)
Tiere können durch Smart Products profitieren, da Krankheiten schneller erkannt werden.	3,04 <sup>bcd</sup> (0,841)	4,58 <sup>a</sup> (0,807)	4,34 <sup>a</sup> (0,658)	4,40 <sup>a</sup> (0,661)
Tiere können durch Smart Products profitieren, da Abweichungen des Normalverhaltens schneller erkannt werden.	3,00 <sup>bcd</sup> (0,866)	4,71 <sup>ac</sup> (0,461)	4,36 <sup>ab</sup> (0,598)	4,44 <sup>a</sup> (0,628)
Ich freue mich, wenn Smart Products mich in Echtzeit über die Verfassung meiner Tiere informieren können.	2,72 <sup>bcd</sup> (1,242)	4,71 <sup>a</sup> (0,643)	4,60 <sup>a</sup> (0,606)	4,60 <sup>a</sup> (0,583)
<b>Faktor 2: Nutzenerwartung***</b>	-0,425 <sup>cd</sup> (0,722)	0,090 <sup>cd</sup> (0,693)	-0,982 <sup>abd</sup> (0,721)	0,749 <sup>abc</sup> (0,549)
Durch die Nutzung von Smart Products kann die Arbeitszeit für bestimmte Tätigkeiten gesenkt werden.	3,40 <sup>bd</sup> (1,118)	4,55 <sup>ac</sup> (0,755)	3,40 <sup>bd</sup> (0,833)	4,61 <sup>ac</sup> (0,538)
Smart Products können Arbeitsprozesse beschleunigen (z.B. Kommunikation, Entscheidungen).	3,16 <sup>bcd</sup> (0,850)	3,90 <sup>ad</sup> (0,700)	3,70 <sup>ad</sup> (0,815)	4,61 <sup>abc</sup> (0,515)
Durch die Nutzung von Smart Products können Arbeitserledigungskosten gesenkt werden.	2,96 <sup>bd</sup> (1,118)	4,00 <sup>ac</sup> (0,755)	3,12 <sup>bd</sup> (0,833)	4,19 <sup>ac</sup> (0,538)
Durch die Nutzung von Smart Products entstehen weniger Kosten, da Fehler durch menschliches Fehlverhalten minimiert werden.	2,44 <sup>bd</sup> (0,768)	3,45 <sup>a</sup> (1,028)	2,92 <sup>d</sup> (0,752)	3,88 <sup>ac</sup> (0,648)
<b>Faktor 3: Sozialer Einfluss***</b>	-0,819 <sup>cd</sup> (0,836)	-1,273 <sup>cd</sup> (0,777)	0,331 <sup>ab</sup> (0,724)	0,503 <sup>ab</sup> (0,654)
Ich denke, dass es in der Gesellschaft einen guten Eindruck macht, wenn ich Smart Products benutze.	2,36 <sup>cd</sup> (0,907)	2,77 <sup>cd</sup> (0,990)	3,48 <sup>ab</sup> (0,839)	3,75 <sup>ab</sup> (0,848)
Mein soziales Umfeld (Nachbarn, Kollegen, Freunde) befürwortet Smart Products auf meinem Betrieb.	2,20 <sup>cd</sup> (0,866)	2,35 <sup>cd</sup> (0,798)	3,50 <sup>abd</sup> (0,735)	3,98 <sup>abc</sup> (0,658)
Ich denke, dass in der Gesellschaft die Erwartung herrscht, dass ich Smart Products nutze.	2,08 <sup>cd</sup> (0,997)	2,19 <sup>cd</sup> (0,980)	3,12 <sup>ab</sup> (0,940)	3,26 <sup>ab</sup> (0,983)
<b>Faktor 4: Vertrauen***</b>	-0,496 <sup>b</sup> (0,811)	0,629 <sup>acd</sup> (0,930)	0,029 <sup>b</sup> (0,937)	-0,077 <sup>b</sup> (0,930)
Ich würde einer Empfehlung folgen, die mir ein Smart Product gibt.	2,76 <sup>bcd</sup> (0,779)	3,84 <sup>a</sup> (0,688)	3,50 <sup>a</sup> (0,735)	3,61 <sup>a</sup> (0,745)

Ich denke, dass meine Daten sicher sind, wenn ich mit Smart Products von namenhaften Herstellern arbeite.	2,04 <sup>bcd</sup> (0,935)	3,32 <sup>a</sup> (1,045)	3,34 <sup>a</sup> (0,717)	3,40 <sup>a</sup> (0,971)
Ich vertraue auf Smart Products und die Entscheidungen, die sie treffen.	2,20 <sup>bcd</sup> (0,816)	3,45 <sup>a</sup> (0,925)	3,34 <sup>a</sup> (0,717)	3,68 <sup>a</sup> (0,731)
Ich fühle mich sicher, wenn ich mit Smart Products arbeite.	2,68 <sup>bcd</sup> (0,900)	3,42 <sup>a</sup> (1,057)	3,52 <sup>a</sup> (0,762)	3,79 <sup>a</sup> (0,851)
Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied zum entsprechenden Cluster (Post-Hoc-Test T2 nach Tamhane auf dem Signifikanzniveau 0,05). Signifikanzniveau: *= $p \leq 0,05$ , **= $p \leq 0,01$ , ***= $p \leq 0,001$ . n=190.				

Quelle: Eigene Berechnung.

Cluster B sieht deutliche Vorteile beim Einsatz von Smart Products für das Tierwohl. Die Milchviehhalter des Clusters verspüren keinen gesellschaftlichen und sozialen Druck Smart Products einzusetzen. Daher werden die Vertreter dieses Clusters unter dem Namen „autonome Befürworter“ zusammengefasst. Es ist mit 32 Milchviehhalter das zweitkleinste Cluster. Die dem Cluster zugeordneten Milchviehhalter stimmen den Aussagen über die Vorteile für das Tierwohl durch Smart Products zu. Sie gehen davon aus, dass Tiere von Smart Products profitieren können, da Abweichungen des Normalverhaltens schneller erkannt werden ( $\mu=4,71$ ;  $\sigma=0,461$ ). Zudem sind sie bereit, sich bei der Tierkontrolle durch ein Smart Product unterstützen zu lassen ( $\mu=4,68$ ;  $\sigma=0,599$ ) und befürworten einen Einsatz, wenn sich daraus entsprechende Vorteile für die Tiergesundheit ergeben ( $\mu=4,81$ ;  $\sigma=0,402$ ). Der Nutzenerwartung in Bezug auf die Arbeitszeitreduzierung bei bestimmten Tätigkeiten stimmen die Befragten zu ( $\mu=4,55$ ;  $\sigma=0,755$ ) sowie auch der Beschleunigung von Arbeitsprozessen (z.B. Kommunikation, Entscheidungsfindung) ( $\mu=3,90$ ;  $\sigma=0,700$ ). Die Befragten des Clusters B sehen sich, im Vergleich zu den anderen drei Clustern, am wenigsten durch einen gesellschaftlichen und sozialen Einfluss unter Druck gesetzt. Sie stimmen der Aussage eher nicht zu, dass es in der Gesellschaft einen guten Eindruck macht, wenn sie Smart Products einsetzen ( $\mu=2,77$ ;  $\sigma=0,990$ ). Zudem sind sie nicht der Meinung, dass ihr soziales Umfeld den Einsatz von Smart Products befürwortet ( $\mu=2,35$ ;  $\sigma=0,798$ ). Das größte Vertrauen in die Entscheidungen von Smart Products ( $\mu=3,45$ ;  $\sigma=0,925$ ) haben im Vergleich zu den anderen Clustern die Milchviehhalter dieses Clusters. Sie stimmen eher zu, Empfehlungen eines Smart Products zu befolgen ( $\mu=3,84$ ;  $\sigma=0,688$ ).

Die Befragten des Clusters C sehen Vorteile für das Tierwohl, aber wenig Nutzenerwartungen bei Erleichterungen von Arbeitsprozessen und Kostenreduzierungen. Es herrscht eine gewisse Ambivalenz, weshalb die fünfzig Milchviehhalter dieses Clusters als die „Zwiegespaltenen“ bezeichnet werden. Sie stimmen, wie auch Cluster B, der Annahme deutlich zu, Smart Products einsetzen zu wollen, wenn daraus Vorteile für die Tiergesundheit entstehen ( $\mu=4,86$ ;  $\sigma=0,351$ ). Sie freuen sich, wenn Smart Products sie über die Verfassung ihrer Tiere informieren ( $\mu=4,60$ ;  $\sigma=0,606$ ). Den Aussagen über die Nutzenerwartungen stimmen sie allerdings weniger zu; so glauben die Befragten eher nicht, dass weniger Kosten durch die Nutzung von Smart Products entstehen, da Fehler durch menschliches Fehlverhalten minimiert werden ( $\mu=2,92$ ;  $\sigma=0,752$ ). Anders als bei den beiden vorherigen Clustern zeigt sich bei

Cluster C, dass dem Einfluss durch die Gesellschaft ( $\mu=3,48$ ;  $\sigma=0,839$ ) und dem des sozialen Umfelds (Nachbarn, Kollegen, Freunde) eher zugestimmt wird ( $\mu=3,50$ ;  $\sigma=0,735$ ) bzw. der Einfluss nicht grundsätzlich verneint wird. Auch bezüglich des Vertrauens, zeigen sich die Landwirte des Clusters C indifferent bis leicht positiv. Sie neigen dazu, der Aussage zuzustimmen, dass sie sich sicher fühlen, wenn sie mit Smart Products arbeiten ( $\mu=3,52$ ;  $\sigma=0,762$ ), haben aber Zweifel, ob ihre Daten sicher sind, wenn sie mit Smart Products von namenhaften Herstellern arbeiten ( $\mu=3,34$ ;  $\sigma=0,717$ ).

Das letzte und größte Cluster mit 84 Befragten wird als die „sozial bedrängten Befürworter“ betitelt. Sie zeigen die höchste Zustimmung bei den Nutzererwartungen und auch die höchste Zustimmung in Bezug auf den sozialen Einfluss. Die Milchviehhalter stimmen den Annahmen zu, dass Smart Products die Arbeitszeit für bestimmte Tätigkeiten senken kann ( $\mu=4,61$ ;  $\sigma=0,538$ ) und Smart Products Arbeitsprozesse beschleunigen können (z.B. Kommunikation, Entscheidungen) ( $\mu=4,61$ ;  $\sigma=0,515$ ). Sie würden sich bei der Tierkontrolle von Smart Products unterstützen lassen ( $\mu=4,40$ ,  $\sigma=0,730$ ). Zudem stimmen sie zu, dass ihr Umfeld den Einsatz von Smart Products befürwortet ( $\mu=3,98$ ;  $\sigma=0,658$ ), glauben aber eher nicht an eine gesellschaftliche Erwartungshaltung ( $\mu=3,26$ ;  $\sigma=0,983$ ). Ein neutrales bis positives Bild zeigt diese Gruppe beim Faktor Vertrauen. Sie stimmt der Aussage eher zu, Entscheidungen, die Smart Products treffen, zu vertrauen ( $\mu=3,68$ ;  $\sigma=0,731$ ), haben aber, ähnlich wie die Vertreter der drei anderen Cluster, Bedenken in Bezug auf die Datensicherheit ( $\mu=3,40$ ;  $\sigma=0,971$ ).

Hinsichtlich der soziodemografischen Merkmale zeigen sich zwischen den Clustern signifikante Unterschiede (auf einem Signifikanzniveau von  $p \leq 0,05$ ) beim Alter, der Berufserfahrung (in Jahren) und der Anzahl gehaltener Kühe pro Betrieb. Die jüngsten Milchviehhalter ( $\bar{X}$  40,10 Jahre) befinden sich in Cluster D, wohingegen die ältesten Befragten ( $\bar{X}$  49,24 Jahre) dem Cluster A zuzuordnen sind. Im Umkehrschluss haben die Milchviehhalter des Clusters A die längste Berufserfahrung ( $\bar{X}$  30,96 Jahre) und die in Cluster D die kürzeste ( $\bar{X}$  20,92 Jahre). Zudem hält Cluster A im Durchschnitt deutlich weniger Milchkühe ( $\bar{X}$  155,64 Kühe) als Cluster B ( $\bar{X}$  384,68), C ( $\bar{X}$  300,94) und D ( $\bar{X}$  320,48).

Des Weiteren zeigt sich ein signifikanter Unterschied bei der tatsächlichen Nutzung von Smart Products. Insbesondere in den Clustern B und C gibt es einen hohen Anteil von Milchviehhaltern, die bereits Smart Products nutzen (Cluster B: 90,3 %; Cluster C: 78,0 %). Aber auch Cluster D weist mit 76,2 % einen recht großen Anteil von Nutzern auf. Im Gegensatz dazu ist der Anteil in Cluster A mit 48,0 % geringer.

#### 4. Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die Mehrheit der Befragten einer Nutzung von Smart Products im landwirtschaftlichen Bereich positiv gegenübersteht und Smart Products teilweise auf den Betrieben bereits eingesetzt werden. Das kleinste Cluster lehnt smarte Produkte gänzlich ab.

Basierend auf den Aussagen der Faktorenanalyse sind die Vorteile, die sich für die Tiere ergeben, ein wichtiger Einflussfaktor, wenn es um das Nutzungsverhalten von Smart Products geht. Viele Landwirte betrachten die ständige Überwachung ihrer Tiere, das Erkennen von abweichenden Verhaltensweisen

und die frühzeitige Erkennung von Krankheiten als einen eindeutigen Vorteil des IoT bzw. der Smart Products. In der vorliegenden Studie konnten vor allem zwei Cluster (B und C) identifiziert werden, die dem Faktor Tierwohlnutzen mehrheitlich zustimmen. Aber auch Cluster D stimmt, wenn auch nicht so eindeutig, den Aussagen zum Tierwohlnutzen zu. Dieses Ergebnis deckt sich mit dem einer Studie von Russel und Bewley (2012), die besagt, dass Milcherzeuger das Wohlbefinden ihrer Tiere als einen entscheidenden Erfolgsfaktor ansehen. Auch Michels et al. (2019) fanden heraus, dass Milchviehhalter digitale Technologien zur Beobachtung der Tiergesundheit als besonders nützlich wahrnehmen. Hinsichtlich der Verbesserung des Wohlbefindens von Nutztieren konnte die Freude darüber als ein wichtiger Motivator identifiziert werden. Allerdings zeigen andere Studien, dass wirtschaftliche Anreize die intrinsischen Motivationen häufig unterdrücken (Rode et al., 2015).

Ein weiterer Faktor, der auch in anderen Studien als Einflussfaktor diskutiert wurde, ist die Nutzenerwartung in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit von Smart Products, die Möglichkeit Arbeitszeiten zu reduzieren und Arbeitsprozesse zu erleichtern (Abeni et al., 2019; Schütz et al., 2019). Die Ergebnisse dieser Studie decken sich teilweise mit den Erkenntnissen der Studie von Abeni et al. (2019), die herausfanden, dass die größten Motivationsfaktoren der Milchviehhalter beim Kauf von Smart Products in der Steigerung der landwirtschaftlichen Profitabilität, der Verringerung der Arbeitskosten und der Verbesserung der Arbeitseffizienz liegen. Cluster A dieser Studie sieht allerdings keinerlei Nutzenvorteile bei der landwirtschaftlichen Profitabilität und weist folglich auch die niedrigste Nutzerrate auf. Möglicherweise sehen diese Milchviehhalter nicht nur keine Vorteile für ihre Wirtschaftlichkeit, sondern beurteilen auch das Kosten-Nutzen-Verhältnis, die Bewertung der Gesamtkosten von Smart Products und die Besorgnis über den erforderlichen Zeitaufwand für das Erlernen der richtigen Handhabung dieser Produkte als hinderlich (Ibid.). Auffällig ist zudem, dass die Milchviehhalter des Clusters A im Durchschnitt die ältesten Landwirte sind. Der Blick in die wissenschaftliche Literatur bestätigt, dass mit zunehmendem Alter der Landwirte die Wahrscheinlichkeit abnimmt, Smart Products zu nutzen bzw. in diese zu investieren (Marescotti et al., 2021). Ältere Landwirte sind weniger motiviert, neue digitale Innovationen einzuführen und verändern betriebliche Abläufe seltener, da ihre verbleibende Lebensarbeitszeit in der Regel kürzer ist als die von jüngeren (Larson et al., 2008).

Die identifizierten Cluster unterscheiden sich nicht nur beim Faktor Alter, sondern auch im Hinblick auf Viehbestandsgrößen gibt es signifikante Unterschiede. Cluster B, C und D, die Smart Products im Großen und Ganzen positiv gegenüberstehen, verfügen über sehr große Viehbestände, „die Gegner“ des Clusters A halten die wenigsten Milchkühe. Die Landwirte scheinen der Ansicht zu sein, dass der Einsatz von Smart Products sich nur für größere Betriebsstrukturen lohnt und nehmen vermutlich hohe Kosten und eine große Komplexität bei der Nutzung von Smart Products wahr (Groher et al., 2020; Abeni et al., 2019). Folgt man den Annahmen von Gargiulo et al. (2018) profitieren Betriebe mit größeren Herden stärker von der Einführung smarterer Produkte als kleinere, da sie häufiger mit den Folgen des Arbeitskräftemangels (Verfügbarkeit, Kosten, Qualifikationsniveau) konfrontiert sind und deutlich mehr Verwaltungsarbeit zu bewältigen haben. Andere Studien ergaben allerdings, dass nicht allein die

Größe der Betriebe, sondern auch mangelnde Ausbildung und geringere Informiertheit von Landwirten die Einführung von Smart Products behindern (Knierim et al., 2019). Die Akzeptanz der Landwirte wird vor allem durch das Vertrauen in den Einsatz von Smart Products beeinflusst (Pfeiffer et al., 2018). Vertrauen ist wesentlich für die Übernahme neuer Technologien, auch dann, wenn Landwirte die Vorteile der Technologie erkennen, darf die Gewissheit, dass neue Technologien auch tatsächlich funktionieren, nicht fehlen (Eidt et al., 2014). Die vorliegenden Ergebnisse bekräftigen dies: Cluster D stimmt den Vorteilen von Smart Products zu, vertraut diesen Produkten aber eher nicht. Festgestellt werden konnte auch, dass bei allen vier Clustern vertrauensbezogene Bedenken hinsichtlich der Datensicherheit bei der Nutzung von Smart Products bestehen.

Neben dem Faktor Vertrauen ist der soziale Einfluss durch Freunde, Familie und Kollegen, aber auch der gesamtgesellschaftliche ein wesentlicher Faktor, der Landwirte, vor allem in Bezug auf Themen wie nachhaltige Landwirtschaft und Umweltschutz, beeinflusst (Kuczera, 2006). Im Zuge von Adoptionsentscheidungen digitaler Technologien sind soziale Kontakte und die Interaktion mit Kollegen besonders hervorzuheben, da Lernprozesse in erster Linie sozial orientiert sind (Eastwood et al., 2012). In den Ergebnissen dieser Studie zeigt sich der Effekt des sozialen Einflusses am deutlichsten bei den „sozial bedrängten Befürwortern“ (Cluster D). Sie gehen am ehesten davon aus, dass sie mit der Nutzung von Smart Products gesellschaftlich einen guten Eindruck machen. Dieses Cluster verzeichnet die höchste Adoptionsrate von Smart Products, was möglicherweise auch mit dem Einfluss des sozialen Umfelds zu begründen ist.

Die hohen Standardabweichungen, die vor allem beim dritten und vierten Faktor auffallen, deuten darauf hin, dass sich die Befragten teilweise uneinig waren und sich die Einstellungen der Milchviehhalter innerhalb eines Clusters vereinzelt unterscheiden. Das zeigt sich vor allem in Cluster A. Daher ist auch die Namensgebung der Cluster nicht als allgemein verbindlich anzusehen. Zudem ist bei der Interpretation der Ergebnisse darauf zu achten, dass die Stichprobengröße mit 193 Teilnehmern und der überdurchschnittlich hohen Anzahl an gehaltenen Milchkühen pro Betrieb nicht als repräsentativ im Vergleich zur Grundgesamtheit der deutschen Milchviehhalter anzusehen ist.

## **5. Fazit und Handlungsempfehlungen**

Ziel des vorliegenden Beitrags war es, herauszufinden, wie Milchviehhalter Smart Products gegenüber eingestellt sind, inwieweit sie sich in ihren Einstellungen hinsichtlich der Nutzung von Smart Products unterscheiden und welche Einstellungsfaktoren sich besonders deutlich voneinander abgrenzen. Dieses Ziel wurde erreicht, die Milchviehhalter konnten in vier Cluster eingeteilt werden, die sich alle signifikant voneinander unterscheiden. Außerdem zeigen die Cluster signifikante Unterschiede zwischen soziodemografischen und betrieblichen Merkmalen. Die Studie konnte zeigen, dass die Mehrheit der Milchviehhalter Smart Products positiv gegenüber eingestellt ist. Lediglich eine Gruppe ließ sich als Gegner von Smart Products identifizieren. Darüber hinaus belegt die Studie, dass sowohl Vertrauen als

auch das soziale/gesellschaftliche Umfeld einen wesentlichen Einfluss auf die Einstellung der Landwirte gegenüber Smart Products haben. Besonders kritisch wird bei allen vier Clustern der Datenschutz betrachtet. Hier könnten vertrauensbildende Maßnahmen Abhilfe schaffen, indem Landwirte unmittelbar in die Entwicklung digitaler Produkte einbezogen werden. Hierzu gehört eine offene Kommunikation der Produkthersteller mit den Landwirten. Gefragt sind aber auch politische Entscheidungsträger, die Vertrauen in Datensicherheit und Datenhoheit generieren und garantieren müssten.

Fest steht, dass der Einsatz neuer Technologien die Möglichkeit bietet, die Produktivität landwirtschaftlicher Betriebe zu verbessern und zugleich Lösungsmöglichkeiten für Tier-, Umwelt- und Klimaschutz zu liefern (Dorfner, 2018). Es bedarf einer größeren Sicherheit und Verlässlichkeit, um die verschiedenen Vorteile von Smart Products für Landwirte deutlich und glaubwürdig formulieren zu können. Denn die vorliegenden Ergebnisse verdeutlichen auch, dass nicht alle Cluster gleichermaßen den wirtschaftlichen Nutzenvorteil und den für das Tierwohl erkennen. Zudem bräuchte es mehr Aufklärung darüber, für welche Betriebskonzepte und Betriebsgrößen sich Smart Products wirtschaftlich überhaupt eignen. Die bestehenden Unklarheiten führen zu Investitionsunsicherheiten bei den Milchviehhaltern. Die Regierung könnte erwägen, finanzielle Anreize für Smart Products zu schaffen, sofern diese zur Verbesserung der Tierschutzstandards beitragen.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass die gewählte Methode der faktoriellen Clusteranalyse immer Raum für potenzielle Beeinflussungen des endgültigen Ergebnisses bietet, auch wenn der Ausschluss der einzelnen Items nachvollziehbar beschrieben wurde. Zudem wurde recht allgemein nach der Einführung von Smart Products gefragt, ohne die Technologie weiter einzugrenzen. Die Einstellung der Landwirte könnte jedoch, je nach Art des Smart Products, variieren und entsprechend positiver oder negativer ausfallen.

In weiteren Studien sollte daher untersucht werden, ob es Unterschiede in den Einstellungen der Landwirte gegenüber verschiedenen smarten Technologien gibt und wie sich der Einsatz von Smart Products tatsächlich auf das Wohlbefinden der Kühe auswirkt. Außerdem besteht Forschungsbedarf in Hinblick auf die Einbeziehung unterschiedlicher Stakeholder-Gruppen in den gesamten digitalen Transformationsprozess, bei dem auch die Einstellung von landwirtschaftlichen Beratern, Molkereien und Verbrauchern erforscht werden muss. Untersucht werden sollte ebenfalls, inwieweit sich die Einstellungen anderer Tierhaltergruppen (z.B. Schweinehalter) von denen der Milchviehhalter unterscheiden und ob sich das gesamtgesellschaftliche Bild der Landwirte mit zunehmender Technologieadoption verändert.

## Literatur

- Abeni, F., Petrera, F., Galli, A. (2019): A Survey of Italian Dairy Farmers' Propensity for Precision Livestock Farming Tools. In: *Animals* 9(5): 1-13.
- Aerns, L., Plumeyer, C. H., Theuvsen, L. (2012): Akzeptanz von Informationssystemen durch Schweinemäster. Eine Kausalanalyse. Vortrag anlässlich der 51 Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. September 2012.
- Aubert, A. B., Schroeder, A., Grimaudo, J. (2012): IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. In: *Decision Support Systems* 54(1): 510–520.
- Backhaus, K., Erichson, P., Plinke, W., Weiber, R. (2016): *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung.* Lehrbuch. Gabler Verlag. Auflage 14.
- Baldin, M., Breunig, T., Cue, R., De Vries, A., Doornink, M., Drevenak, J., Fourdraine, R., George, R., Goodling, R., Greenfield, R., et al. (2021): Integrated Decision Support Systems (IDSS) for Dairy Farming: A Discussion on How to Improve Their Sustained Adoption. In: *Animals* 11(7): 2025.
- Blasch, J., van der Kroon, B., van Beukering, P., Munster, R., Fabiani, S., Nino, P., Vanino, S. (2020): Farmer preferences for adopting precision farming technologies: a case study from Italy. In: *European Review of Agriculture Economics* 49(01): 1-49.
- Bovensiepen, G. und R. Hombach (2016): Quo vadis, agricola? Smart Farming: Nachhaltigkeit und Effizienz durch den Einsatz digitaler Technologien (pwc). URL: <https://www.pwc.de/de/handel-und-konsumguter/assets/smart-farming-studie-2016.pdf>.
- Borchers, M.R. und J. M. Bewley (2015): An assessment of producer precision dairy farming technology use, prepurchase considerations, and usefulness. In: *Journal of Dairy Science* 98(6): 4198–4205.
- Bühl, A. (2010): *SPSS 18 – Einführung in die moderne Datenanalyse.* Pearson Verlag. 13. Auflage.
- Deutscher Bauernverband (DBV) (2021): Situationsbericht 2021/22. Trends und Fakten zur Landwirtschaft. URL: <https://www.bauernverband.de/fileadmin/berichte/2021/index.html#0>
- Dorfner, G. (2018): Ökonomische Herausforderungen für die bayrischen Milchviehhalter. In: *Milchviehhaltung – Lösungen für die Zukunft. Landtechnisch-bauliche Jahrestagung 2018. Tagungsband: 9-20.*
- Eastwood, C., Chapman, D., Paine, M. (2012): Networks of practice for co-construction of agricultural decision support systems: Casestudies of precision dairy farms in Australia. In: *Agriculture Systems* 108: 10-18.
- Eidt, C.M., Hickey, G.M., Curtis, M.A. (2012): Knowledge integration and the adoption of new agricultural technologies: Kenyan perspectives. In: *Food Security* 4: 355–367.
- Farooq, M. S., Riaz, S., Abid, A., Abid, K., Naem, M.A. (2019): A Survey on the Role of IoT in Agriculture for the Implementation of Smart Farming. In: *IEEE Access* 7: 156237-156271.



- Gargiulo, J. L., Eastwood, C. R., Garcia, S. C., Lyons, N.A. (2018): Dairy farmers with larger herd sizes adopt more precision dairy technologies. In: *Journal of Dairy Science* 101(6): 5466-5473.
- Groher, T., Heitkämper, K., Umstätter, C. (2020): Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. In: *Animal* 14(11): 2404-2413.
- Grothkopf, C. und H. Schulze (2021): Empirische Analyse der Einflussfaktoren auf die Digitalisierung der Milchviehhaltung. Vortrag anlässlich der 61. Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus, Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien (IAMO). September 2021.
- Hair, J., Anderson, R.E., Tatham, R.L. (2013): *Multivariate Data Analysis*. Prentice Hall International Editions. Pearson Verlag. Auflage 7.
- Hartung, J., Banhazi, T., Vranken, E., Guarino, M. (2017): European farmers' experiences with precision livestock farming systems. In: *Animal Frontiers* (7)1: 38-44.
- Islam, N., Rashid, Md. M., Pasandideh, F., Ray, B., Moore, S., Kadel, R. (2021): A Review of Applications and Communication Technologies for Internet of Things (IoT) and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Based Sustainable Smart Farming. In: *Sustainability* 13(1821): 1-20.
- Iwasaki, W., Morita, N., Nagata, N. (2019): IoT sensors for smart livestock management. In: *Chemical, Gas, and Biosensors for Internet of Things and Related*. Mitsubayashi, K., Niwa, O., Ueno, Y (eds.). Amsterdam Elsevier: 207-221.
- Knierim, A., Boenning, K., Caggiano, M., Cristóvão, A., Dirimanova, V., Koehnen, T., Labarthe, P., Prage, K. (2015): The AKIS concept and its relevance in selected EU member states. In: *Outlook on Agriculture* 44 (1): 29–36.
- Kuczera, C. (2006): *The influence of the social environment on farm decisions of farmers*. Margraf Publishers, Weikersheim.
- Larson, J.A., Roberts, R.K., English, B.C., Larkin, S.L., Marra, M.C., Martin, S.W., et al., (2008): Factors affecting farmer adoption of remotely sensed imagery for precision management in cotton production. In: *Precision Agriculture* 9(4): 195-208.
- Luhmann, H., Schaper, C., Theuvsen, L. (2016): Future-oriented dairy farmers' willingness to participate in a sustainability standard: evidence from an empirical study in Germany. In: *International Journal on Food System Dynamics* 7(3): 243-257
- Marescotti, M., E., Demartini, E., Filippini, R., Gaviglio, A. (2021): Smart farming in mountain areas: Investigating livestock farmers' technophobia and technophilia and their perception of innovation. In: *Journal of Rural Studies* (Article in Press).
- Michels, M., Bonke, V., Mußhoff, O. (2019): Understanding the adoption of smartphone apps in dairy herd management. In: *Journal of Dairy Science* 102(10): 9422-9434.
- Pfeiffer, J., Erdle, K., Gandorfer, M. (2018): Smarte Technik, große Wirkung? Schule und Beratung. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung. In: *Landwirtschaft und Forsten* 5-6:55-56.

- Rode, J., Gómez-Baggethun, E., Krause, T. (2015): Motivation crowding by economic incentives in conservation policy: A review of the empirical evidence. In: *Ecological Economics* 117: 270-282.
- Russell, R.A. und J.M., Bewley (2013): Characterization of Kentucky dairy producer decision-making behavior. In: *Journal of Dairy Science* 96(7): 4751–4758.
- Schütz, K., Verfürth, L., Kramer, M., Thönnissen, A., Tücking, N., Boelhauve, M., Mergenhaler, M. (2019): Akzeptanz eines Herdenmanagement-Programms für PC und Smartphone auf rinderhaltenden Betrieben. Vortrag anlässlich der 39. Gesellschaft für Informatik (GIL) Jahrestagung. Wien, Österreich. Februar 2019.
- Statistisches Bundesamt (2022): Milchkuhbestand in Deutschland nach Bundesländern in den Jahren 2019 bis 2021. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/28794/umfrage/milchkuhbestand-in-deutschland/>.
- Sundrum, A. (2018): Big Data – Mittel zu welchen Zwecken? In: 7. Wilhelm-Stahl-Symposium Big Data im Stall – Zukunftsmodell oder Sackgasse? Tagungsbeiträge: 15-19.
- Venkatesh, V., Thong, J., Xu, X. (2016): Unified Theory of Acceptance and Use of Technology: A Synthesis on the Road Ahead. In: *Journal of the Association for Information Systems* 17(5): 328–376.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., Bogaardt, M.-J. (2017): Big data in smart farming – a review. In: *Agriculture Systems* 153: 69–80
- Walter, A., Finger, R., Huber, R., Buchmann, N. (2017): Smart farming is key to developing sustainable agriculture. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(24): 6148-6150.
- Weersink, A., Fraser, E., Pannell, D., Duncan, E., Rotz, S. (2018): Opportunities and Challenges for Big Data in Agricultural and Environmental Analysis. In: *Annual Review of Resource Economics* 10: 19-37.

## **Danksagung**

Die vorliegende Studie wurde durch die Landwirtschaftliche Rentenbank finanziell gefördert.

**Teil III – Gesellschaftliche Akzeptanz gegenüber der Digitalisierung in der  
Milchviehhaltung**

**III. 1 Perception and acceptance of robots in dairy farming – a cluster analysis of  
German citizens**

Greta Langer und Sarah Kühl

Dieser Beitrag ist so oder in ähnlicher Fassung veröffentlicht in der wissenschaftlichen  
Zeitschrift: Agriculture and Human Values.

**Abstract**

Societal attitude acceptance can influence the digital transformation in agriculture. Digital technologies, such as robots in dairy farming, can lead to more sustainable, animal welfare-friendly and consumer-oriented milk production. This study used the example of the milking and feeding robots to investigate whether society accepts the use of robots in dairy farming and whether there are differences in society based on perceived risks and opportunities of digitalization in dairy farming and acceptance. To this end, an online-based study was conducted with a total of 1,007 citizens in Germany. Overall, the respondents in this study suspect that the use of robots in dairy farming is associated with various risks but also with opportunities for society and for farmers in particular. However, these attitudes are quite heterogeneous. Four clusters could be identified: “proponents of robots”, “indifferent citizens”, “skeptical citizens”, and “critical supporters of robots”. Proponents of robots see only opportunities and little risks, whereas the critical citizens perceive not only opportunities but also many risks of using robots in dairy farming. The indifferent citizens show a rather indifferent attitude, in contrast to the skeptical citizens, who reject the opportunities at the societal level, while they agree with the opportunities of robots for farmers. This research contributes to understanding societal attitudinal acceptance and highlights differences in society that can help inform future decisions about the development and adoption of robots in dairy farming.

**Keywords**

digital transformation, societal attitude acceptance, risk perception, opportunity perception, dairy farming robots

## 1. Introduction

Technological and, especially, digital development is increasingly being leveraged in agriculture. Digital Farming refers to similar technological developments in the agricultural sector as “industry 4.0” does in the industrial sector. Digitalization in agriculture essentially comprises two stages of development: precision and smart farming, where precision farming is an information-based approach and smart farming is knowledge-based. In the first approach, information is digitally processed to provide decision support to farmers. In the second approach, the entire “farming process” can be optimized through the use of information and communication technologies, where machines gather information, process data, and provide autonomous decision support (Bovensiepen and Hombach 2016). In recent years, a wide range of precision livestock farming technologies (PLF technologies) has been developed in the field of dairy farming. These primarily include feeding and milking robots and automatic manure removal systems (Digital Agriculture Network 2021). Such PLF technologies support farmers in their daily work and inform them via human-machine interfaces, e.g., about deviations in animal health data (Schukat et al. 2019; Akbar et al. 2020; Akhigbe et al. 2021). However, farmers appear to be hesitant in adopting such technologies (Mohr and Kühn 2021) and the diffusion of PLF technologies in dairy farms has been rather heterogeneous (Rutten et al. 2018). According to the International Farm Comparison Network (IFCN) (2020), the percentage of dairy cows milked by robots ranges from less than 1% in some countries to over 30% in others, with robotic milking being most widespread in Europe. In general, the use of robots on dairy farms has increased significantly since the 1990s and continues to grow, although other types of robots are still in the early stages of development (Wendl 2015).

In many ways, however, digital farming is already being discussed as a “miracle solution” to meet future challenges in agriculture (Federal Agency for Agriculture and Food Germany 2021). Digitalization is supposed to help produce significantly more food in an environmentally friendly, sustainable, and animal welfare-friendly manner in the face of an increasing shortage of skilled labor and limited resources (Wolfert et al. 2017; Shepherd et al. 2018). However, PLF is also changing the way farming is done, what it means to be a farmer, and how the profession of farming is perceived by society (Block and Long 2015; Henchion et al. 2022). Digitalization and automation of agricultural work are seen primarily as an alienation from a social perspective (Driessen and Heutinck 2015). For example, dairy cows increasingly appear as production resources in strictly monitored production facilities (Stuart et al. 2012). Digitalization intensifies the development of industrialization of agriculture and thus contradicts existing public perceptions of a small-scale farming system (Short 1992; Block and Long 2015; Pfeiffer et al. 2020). In addition, it is assumed that the future focus of livestock farmers will lie on the interpretation of data, and the contact between farmer and livestock becomes irrelevant: “farmers become more concerned with data management rather than with animal husbandry, [therewith] animal welfare issues could arise” (Block and Long 2015: 552). Social-ethical concerns related to digital agriculture exist on the part of farmers and society (Rose and Chilvers 2018) but have received little attention in research (Henchion et al. 2022), even though the relevance for societal acceptance analysis of agricultural

innovations has been recognized (Asveld et al. 2015; Frewer 2017; Rose and Chilvers 2018; Pfeiffer et al. 2020).

For example, the Responsible Research and Innovation (RRI) approach demonstrates the need to anticipate and assess societal expectations regarding research and innovation to support the design of inclusive and sustainable innovation (European Commission 2020). Specifically, in the context of precision and smart dairy farming, there is a requirement for citizens to be involved in the socio-ethical discourse of digitalization agriculture to develop a more sustainable dairy production (Eastwood et al. 2019). The inclusion is important to ensure a successful implementation of digitalization and to prevent the gap between socially desired images (personal values) and real farming practices from becoming even wider than it already is in many areas of agriculture (Verbeke et al. 2007; Scientific Advisory Board Agricultural Policy 2015). There are several conceptualizations of RRI, including the Anticipation, Inclusion, Reflexivity, Responsiveness (AIRR) concept. However, prior to the inclusion of diverse stakeholders, the AIRR concept incorporates future-related analyses (anticipation) to identify potential economic, societal, and environmental impacts linked to precision and smart dairy farming. To date, the RRI approach has failed to adequately address the participation of citizens and consumers in this context (Eastwood et al. 2019; Rose and Chilvers 2018). According to the AIRR indicators proposed by Eastwood et al. (2019), public opinion surveys should be included as foresight exercises into the anticipation step. Building upon this, future scenarios for smart dairy farming can be developed in further steps of the approach, followed by the inclusion of stakeholder perspectives into technology development.

The aim of this paper is therefore to gain initial insights into societal acceptance and to identify possible differences in society (in the form of citizen segments) based on the perceived risks and opportunities of digitalization in dairy farming (specifically using the example of milking and feeding robots) and attitudinal acceptance. The results help to develop possible solutions and strategies for improving the societal acceptance of robots in dairy production. The analysis is based on an online survey with 1,007 citizens in Germany. A principal component and cluster analysis are applied.

First, the current state of research on societal acceptance in agriculture is presented, followed by a definition of the term acceptance. Then the methodological procedure is explained, and the results are presented. Subsequently, these are critically discussed with the existing literature and recommendations for action and limitations are derived.

## **2. Research background**

### **2.1 Societal acceptance toward the digitalization of agriculture**

In the course of societal acceptance research, many models of investigation and attitudes have been developed over a long period of time with different focuses and considering various influencing factors (Bredhal et al. 1998; Ronteltap et al. 2007; Frewer et al. 2011; Huijts et al. 2012). Gupta et al. (2012) noted that socio-psychological factors in particular influence the societal acceptance of technologies. In

this context, the perception of various potential opportunities and risks associated with the respective technology is an important predictor for the acceptance of a technology (Huijts et al. 2012; Schweizer-Ries et al. 2012; Liebal and Weber 2013; Sonnberger and Ruddat 2016). Rejection of a technology is stronger the more negatively the risks are evaluated. If many opportunities are associated with a technology, there is a positive effect on acceptance (Bredhal et al. 1998). However, it is generally assumed that societal acceptance is greater when benefits become tangible and concrete (Bredhal et al. 1998; Burgess 2010; Frewer 2017). The use of technologies in agriculture will therefore only be accepted by society if the opportunities of digitalization are recognized and its risks declared inapplicable (Beghin et al. 2021). In this context, it is noteworthy that digitalization has been integrated into livestock farming since the 1970s. Milking and feeding technologies have made significant progress in recent decades, accelerated by the advent of robotics in this field (Jungbluth 2018; Hostiou et al. 2017). As a result, numerous opportunities for improving livestock management developed.

The trend of increasing automation is evident in German dairy farming, with a steady growth in interest among dairy farmers in robots (Simões Filho et al. 2020). More than half of the dairy farmers in Germany choose a milking robot when deciding for a new milking system (Beber et al. 2021). Additionally, German dairy farms follow an intensive capitalization and expansion strategy and are the leading dairy producers in the EU. They are recognized as pioneers in the field of dairy farming (Ibid.). However, dairy production in Germany, as well as in other countries, faces various social and operational challenges such as animal welfare, climate protection, and price pressure. Scientists and policymakers believe that the presence of conflicting objectives within these challenges necessitates considering smart dairy farming as a promising solution to address both the societal issues associated with dairy farming and the operational challenges faced by dairy farmers (Eastwood et al., 2019; Dorfner, 2018; Zanin et al., 2020). Hence, both Germany and other EU countries are increasingly emphasizing the digital transformation of the sector (Network Digital Agriculture, 2021), rendering Germany an appropriate exemplification for the current research project.

In this regard, it is of considerable importance to use the example of milking and feeding robots to find out whether citizens perceive opportunities and risks of this technology and specifically what these are. Only if this becomes evident further steps can be considered to foster societal acceptance, which could also be extended to other countries (Krampe et al. 2021). Potential societal opportunities of robots in the dairy sector can be identified as improving animal welfare and creating more transparency in dairy production (Stuart et al. 2012; Henchion et al. 2022). PLF technologies generate data that provide information about health status and feeding and milking behavior, which can lead to increased animal welfare, as well as improved food safety (Krampe et al. 2021). Digitalization can also help bring consumers and farmers closer together; for example, data informs citizens about the lives of farm animals and can make particularly good farm practices visible (Carolan 2015). Open-access data provides insights into the extent to which PLF technologies actually contribute to solving societal problems, such as promoting food safety and sustainable management (Carolan 2015; Wolfert et al. 2017). A more efficient

production and provision of food (Vierboom et al. 2006), considering the conservation of nature and animals, is also identified as another societal benefit of digitalization (Godfray and Garnett 2014).

Furthermore, digitalization can bring benefits beyond those that directly impact citizens, and these can also influence societal acceptance. If only a few personal positive aspects are associated with a technology, the view that industry, users, or manufacturers benefit from these technologies shapes the societal perception (Frewer et al. 2011). In this context, considerations play a role as to which (negative or positive) consequences are caused by the object of acceptance that could be relevant for other social groups, such as friends, family, future generations, or even for nature (Bredhal et al. 1998: 256). Thus, for the present research context, society's perception of the opportunities of PLF technologies for farmers is also relevant. Improved work life balance, increased flexibility, efficiency and productivity, labor savings, financial benefits, and improved animal monitoring are described as the main opportunities of using robots for farmers (Stuart et al. 2012; Regan 2019). However, to fully harness the opportunities of digitalization, farmers must be willing to use and invest in such technologies. Moreover, they must learn to properly utilize digital technologies, analyze and interpret the generated data, and effectively apply the collected data knowledge (Higgins et al. 2017). In turn, farmer adoption is influenced by various factors such as perceived usefulness, ease of use, social norms, and normative and control beliefs (Paustian and Theuvsen 2017).

In addition to the opportunities, perceived risks that could be of social relevance are also discussed in the literature (Bredhal et al. 1998; Frewer et al. 2011; Gupta et al. 2012). In the agricultural technology acceptance discourse, perceptions toward interventions in nature (actions taken by humans that affect the natural environment), loss of traditions, and treatment of animals have been found to be particularly relevant (Boogaard et al. 2011a). These aspects can be subsumed under the concept of naturalness (Segerdahl 2007). Lack of naturalness is mainly related to perceived risks of a technology (Sjöberg 2004; Ronteltap et al. 2007). In the agricultural context, naturalness is also associated with “freedom” and “extensive, small-scale agriculture”, with freedom being defined as animals and plants being able to behave according to their natural instincts (Clark et al. 2016). However, robots tend to increase herd size, implement more efficient management practices, and lead to standardization and intensification of milk production (Stuart et al. 2012). Rose et al. (2021) assume that this will lead to smaller farms leaving the dairy industry. Increased robotization and automation of agriculture may also cause farmers to lose experiential and observational values, to pay less attention to their dairy cows, and thus to a reduced or disconnected farmer–animal connection (Krampe et al. 2021; Rose et al. 2021). This could result in a variety of risks to animal health and welfare (Regan 2019).

In the course of advancing digitalization, the issue of data security has also gained importance (van der Burg and Wolfert 2019) and represents a potential risk (Regan 2019). Furthermore, the uncertain development in the labor market is also critically discussed; robots could replace farmers in the long term (Bronson et al. 2018; Rotz et al. 2019). Undoubtedly, digitalization will reduce manual labor but also



substitute many existing farm worker jobs and reduce traditional farming practices (van der Burg and Wolfert 2019; Rose et al. 2021).

So far, there is a lack of evidence on how society perceives and evaluates the potential risks and opportunities of digital technologies for dairy farming (see overview in table one) as described in the literature. However, Pfeiffer et al. (2020) found that critical concerns are expressed more frequently for technologies that relate specifically to animal husbandry than for technology that relates purely to crop farming. Basically, in the field of livestock production, a social dilemma exists between efficient and profitable production, the so-called positive side of modernity, and the reduction of naturalness and tradition, the so-called negative side of modernity (Boogaard et al. 2011a). Boogaard et al (2010) discovered that consumers value a combination of “seemingly contradictory aspects of technologies and nature” in agricultural production systems and specifically expect this for dairy production (Cardoso et al. 2016).

**Table 1** Overview of opportunities and risks of precision dairy farming technologies

<b>Opportunities</b>	<b>Risks</b>
Improvement animal welfare and animal health	Potential mistreatment of animals
Increased transparency in the value chain	Data security
Digital networking (connection farmer and consumer)	Reduction of naturalness and tradition
Improved food safety	Increased standardization and intensification
Efficient production	Negative impact on natural environment
Better work-life balance for farmers	Disconnection farmer–animal
Enhanced employee motivation/support	Shifts in the labor market and employment patterns
➤ Positive side of modernity	➤ Negative side of modernity

Source: own illustration.

In the context of modern livestock farming, societal acceptance research has predominantly focused on animal welfare (Kendall et al. 2006; Deemer and Lobao 2011; Weary and von Keyserlingk 2017). Only few studies examine the overall societal acceptance of advancing digitalization. In the field of robotics, the milking robot in particular has been the subject of various societal acceptance analyses, as it was one of the first digital innovations in dairy production. However, the focus lies here again primarily on the interactions between humans, animals, and technology and the implications for animal welfare (Wenzel et al. 2003; Holloway et al. 2014) rather than on the overall societal perspective. A study by Millar et al. (2002) analyzed consumer attitudes toward the use of milking robots and noted that many socio-ethical concerns at that time primarily related to animal welfare, but other factors, such as impacts on the environment, were viewed more positively. Nevertheless, the majority of respondents did not welcome the introduction of robots in dairy production and called for specific legislation on the use of milking robots (Millar et al. 2002).

However, acceptance is an instable construct that can change depending on time and situation due to changing framework conditions and perceptions in society (Lucke 1995; Hüsing et al. 2002; Schäfer and Keppler 2013). For the field of robotics in dairy farming, there is a lack of new insights, and it is partly unclear to what extent society accepts digital technologies in different application areas of agriculture. Against the background of ambiguity in the literature described above, the question of societal acceptance is about ascertaining how the acceptance object is perceived by society and what risks and opportunities are associated with the usage of robots in dairy farming.

## **2.2 Concept of societal acceptance in the research context**

Given the great complexity of the concept of acceptance, it is necessary to define societal attitudinal acceptance and adapt it to the research context of this study. The term acceptance is assumed to be a two-dimensional phenomenon consisting of an attitude dimension and an action dimension (Müller-Böling and Müller 1986), with the attitude component comprising the central dimension of acceptance, which precedes action acceptance (Schäfer and Keppler 2013). The concept of attitudinal acceptance is understood to be a positive attitude or assessment toward an object of acceptance. Moreover, acceptance must always be understood in the context of the three components subject, object, and context (Lucke 1995; Hüsing et al. 2002). Related to the present context, acceptance proceeds from a society (acceptance subject), which refers to an acceptance object (robots in dairy farming, e.g., milking and feeding robots) and manifests itself in an environment determined by the subject and object, i.e., the acceptance context (social and cultural framework conditions) (Hüsing et al. 2002: 24). Acceptance is thus not an immutable characteristic of a society as a whole, but rather a complex and multi-layered phenomenon. It requires suitable indicators (influencing factors) to make acceptance measurable (Hüsing et al. 2002).

For the present study, we examine the perceptions of risks and opportunities as object-related factors (Bredhal et al. 1998; Burgess 2010; Gupta et al. 2012). In the further course, subject-related factors such as socio-demographics, connection to agriculture, general attitudes toward dairy farming, and desired expectations of dairy farming are also associated with the object-related factors to emphasize individual differences in society. Since it is assumed that general values and attitudes of citizens (such as toward animal welfare, or dairy farming itself) are a basic prerequisite for acceptance, we include attitudes toward dairy farming in our study (Bredhal et al. 1998; Ronteltap et al. 2017; Pfeiffer et al. 2020). According to Boogaard et al. (2011a), the more familiar people are with agriculture and the more contact they have with it, the greater the acceptance. The factors of knowledge, experience, and contact with agriculture are therefore considered to have a large influence in the context of societal technology acceptance (Sharp and Tucker 2005; Boogaard et al. 2011b). In addition, desired expectations of agriculture are thought to influence societal acceptance toward technology use (Boogaard et al. 2011a), so we queried society's desired expectations of future dairy farming to identify a deeper understanding of differences in acceptance across society. In order to capture the variety of possible forms of acceptance,

the acceptance dimensions listed in Figure 1 were considered and queried according to the systematization approach of Sauer et al. (2005).

		action dimension	
		passive	active
assessment dimension	positive	endorsement	engagement
		CONDITIONAL ACCEPTANCE	
	negative	INDIFFERENCE	
		rejection	resistance

**Figure 1** The acceptance dimensions according to Schweizer-Ries et al. (2012: 11) and Sauer et al. (2005: 25).

The dimensions of acceptance range from resistance (negative + active) and rejection (negative + passive) to acquiescence/indifference (passive; acquiescence with a negative bias, indifference with a positive bias) to endorsement (positive + passive) and engagement (positive + active acceptance). Sauer et al. (2005) extend this dimension by conditional acceptance (positive + with an active tendency). This dimension implies an acceptance that is based on rational considerations and is linked to certain conditions or demands of the acceptance subject.

### 3. Material and methods

#### 3.1 Study design and data collection

In September 2021, a standardized online survey was conducted among citizens in Germany. The participants were recruited via a professional field service provider. The online questionnaire was pretested in advance by a subsample (n=100) of the online panel with regard to comprehensibility and technical procedure. A total of 1,105 individuals completed the survey. The questionnaire included a quality check: to ensure that all participants read the questions with care they were asked to select the answer “fully agree” by one item in a statement matrix. Participants who did not answer the question correctly were already discarded during the survey. Additionally, of the 1,105 participants, 98 cases were deleted from the final data set because they answered the questionnaire in less than half the median completion time (median=799 seconds, half median=399.5 seconds). This results in a final sample size of n=1,007. Quotas according to the population of Germany were set for gender identity, age, education, and size of place of residence (rural or urban) to obtain an approximately representative sample. The study data were collected online, and only individuals with internet access who had registered with a professional

field service provider were able to participate. Therefore, the sample is not fully representative, as it does not consider potential differences between internet users and non-internet user.

The questionnaire was divided into several parts. In the first part, sociodemographic characteristics were recorded using nominal scaled questions. Then, respondents were asked how they perceived their knowledge of and experience with agriculture and dairy farming. In addition, the item “I have friends, acquaintances and/or family members who work in agriculture” was used to query their relationship to agriculture. Furthermore, attitudes toward dairy farming and expectations of future milk production were surveyed on a five-point Likert scale ranging from 1=“fully agree” to 5=“fully disagree”. These statements are based on the items according to Boogaard et al. (2011a), Kayser et al. (2012), and Pfeiffer et al. (2020) (e.g. “It is important to me that the dairy industry continues to be progressive and innovative in the future”). The next part of the survey focused on the two object-specific influencing factors. At this point, respondents were asked specifically about the two robots in dairy farming. However, no further information on the robots was provided at this point and no distinction was made between the use of the robots in conventional or organic dairy farming. The statements on the object-related factors were also measured using a five-point Likert scale and were based on statements from previous societal acceptance studies related to agriculture. Thus, the statements correspond to the categories risks, opportunities on the societal level and opportunities for farmers (see appendix, Table 6). Finally, participants were asked to rate their acceptance of the use of robots in dairy farming. The acceptance dimensions described in Figure 1 (Sauer et al. 2005; Schweizer-Ries et al. 2012) were queried on five-point Likert scales; statements are shown in Table 7 in the appendix.

### 3.2 Statistical analysis

The data were analyzed using the statistical program SPSS 27. Descriptive statistics were first conducted to describe the demographic characteristics of the sample. A principal component analysis and a cluster analysis were used to examine the data set in terms of the research question. In order to reduce the number of items and capture the most important dimensions contributing to the acceptance of citizens' attitudes, a principal component analysis with varimax rotation was applied. Variables that were highly correlated and loaded on one factor were combined into one factor. Orthogonal varimax rotation was used to facilitate interpretation of the factors. This allowed the variance of squared factor loadings per column to be maximized. Before this, the baseline data was tested for suitability using the Kaiser-Meyer-Olkin criterion (KMO), Bartlett's test and the variable-specific measure of sampling adequacy (MSA) (Backhaus et al. 2016). This measures whether there are correlations between variables (Bartlett's test) and a notable relationship between the variables (KMO, MSA) (Brosius 2011). In addition, values with loadings below 0.5 are considered unsuitable for principal component analysis and were thus excluded from further calculations (Kaiser and Rice 1974). In several runs, all variables that had loadings on more than one factor were removed from the analysis. This resulted in a well-defined assignment of each of

the items to only one factor (Backhaus et al. 2016). The extracted factors served as the basis for the cluster analysis.

The purpose of the cluster analysis was to build homogeneous groups out of a heterogeneous population based on the identified attitude components (Hair et al. 2010). The cluster analysis was performed in three steps. First, a hierarchical clustering method was conducted using the single-linkage procedure to identify and eliminate outliers. Then, using Ward's method, respondents could be clustered together. The goal of this procedure was to combine the objects that increase the variance within a group the least and form the most homogeneous clusters. A systematic comparison was used to determine the number of clustering opportunities based on the dendrogram and the application of the elbow criterion (Backhaus et al. 2016). To refine the solution and to improve the homogeneity of the groups, a K-Means procedure was applied. The final result of the cluster analysis was checked for its quality with a discriminant analysis (Bühl 2010). To evaluate the heterogeneity of the clusters, the significances of the results were determined using post hoc tests (Everitt and Skrondal 1998).

## **4. Results**

### **4.1 Sample description**

Table 2 shows the distribution of the sociodemographic attributes in comparison to the German average. The distribution of the study is representative for the German population in terms of gender, age structure, size of place of residence, and education level. Solely the distribution of the sample in the category “without a degree (yet)” is under-representative with 0.4%, whereas the degree “High school diploma” with 20% can be considered as slightly over-representative compared to the German national average.

**Table 2** Characteristics of the sample and national average (n=1,007)

Attribute		Sample	German average *
Gender	Male	51%	49%
	Female	49%	51%
	Diverse	0%	---
Age structure	18–24 years	8%	9%
	25–39 years	24%	22%
	40–64 years	48%	44%
	≥65 years	20%	25%
Size of place of residence	<20,000	39%	40%
	20,000 to 100,000	28%	28%
	100,000 to 500,000	16%	15%
	>500,000	17%	17%
Education	University degree	16%	17%
	High school diploma <sup>a</sup>	20%	14%
	Higher secondary school <sup>b</sup>	32%	31%
	Basic secondary school <sup>c</sup>	32%	35%
	Without a degree (yet)	0.4%	4%

\* (Destatis 2020)

<sup>a</sup> German: Abitur/Hochschulreife/Fachhochschulreife (Gymnasium)

<sup>b</sup> German: Mittlere Reife/weiterbildende Schule ohne Abitur (Realschule)

<sup>c</sup> German: Volks- oder Hauptschulabschluss

With regard to their connection to agriculture, almost two-thirds of the respondents (65.6%) estimated their level of knowledge in the field of agriculture and dairy farming as low. 78.0% of respondents stated to have no knowledge of digital technologies in modern dairy farming. 8.2% rated their level of knowledge in digital technologies in dairy farming as high, and 19.9% said they knew common farming practices in dairy farming. Only 9% of the respondents have work experience in agriculture or in the agricultural sector. Almost a quarter of the respondents (24.8%) stated to have friends, colleagues, or family members who work in agriculture. Thus, the sample shows a strong relation to agriculture. However, the majority of respondents had no or limited knowledge of digital technologies and common practices in agriculture and dairy farming.

#### 4.2 Principal component analysis

The final results of the principal component analysis comprised three factors with a total of 22 items (Table 3) and was based on a correlation matrix. The KMO criterion showed a positive result for sample adequacy with a value of 0.926 (values above 0.6 are considered acceptable) (Backhaus et al. 2016). In addition, Bartlett's test of sphericity was statistically significant and showed correlation coefficients for

the population with non-zero values. The reliability analysis showed that the internal consistency of the factors was adequate. Cronbach's alpha values of 0.891 (factor 1), 0.900 (factor 2), and 0.853 (factor 3) were obtained. All values were above the required minimum value of 0.6 (Backhaus et al. 2016; Bühl 2010; Hair et al. 2010). All performed tests for quality checks of the factor analysis imply that the variables are well suited for factor analysis. Together they explain 59.3% of the variance of all variables.

The first factor describes the risks perceived by citizens in relation to the use of robots in dairy farming and comprises eleven statements. The factor combines statements on economic, social, and ecological risks of digitalization, which can be relevant on both a personal and societal level. It is noticeable that participants agreed with most of the risks, although we observed a tendency toward indifference. In particular, however, this was the case for the risk that small farms will hardly be able to afford robots ( $\mu=1.80$ ;  $\sigma=0.836$ ). On the other hand, respondents showed indifference toward the risk that the farmer will be replaced by robots ( $\mu=3.25$ ;  $\sigma=1.233$ ).

Factor two—opportunities on the societal level—represents in seven items the citizens' assessment of the societal opportunities of the use of robots. The factor summarizes statements that can be assumed to be of particular interest to society as a whole. The factor indicates a certain indifference of citizens, as shown by the mean values ( $\mu$ ) (within the range of  $\mu=2.91$  to  $3.29$ ). For example, citizens were unsure if robots can help bring farmers and consumers closer together ( $\mu=3.29$ ;  $\sigma=1.028$ ).

The last factor—opportunities for farmers—implies in four variables the opportunities of robots for the daily work of farmers. This factor is characterized by significant agreement; the mean values range from 2.05 to 2.43. In contrast, the agreement for the last item “with the help of robots, farmers can reduce their costs in the long term” shows a slightly indifferent tendency ( $\mu=2.43$ ;  $\sigma=0.953$ ).

**Table 3** Results of the principal component analysis

<b>Factors and statements</b>	<b>FL<sup>1</sup></b>	<b><math>\mu^2</math></b>	<b><math>\sigma^3</math></b>
<b>Factor 1: Risks</b> (Cronbach's alpha: 0.891)			
Using robots in dairy production no longer has anything to do with a natural production method.	0.761	2.30	1.060
With robots, there is no personal interaction with the cows. The farmer becomes estranged from the animals.	0.760	2.54	1.098
The use of robots exacerbates the alienation of consumers and farmers.	0.753	2.77	1.023
By using robots, the farmer loses the opportunity to acquire knowledge through experience and observation.	0.744	2.51	1.044
The use of robots may negatively affect the overall sustainability of agriculture.	0.742	2.77	1.023
The use of robots increases the unemployment rate, particularly in rural areas.	0.729	2.63	1.107
By buying a robot, farmers become very dependent on the digital infrastructure and its supply.	0.666	2.30	0.949
Robots replace the work of the farmer; sooner or later the farmer's job will no longer be important.	0.646	3.25	1.233
Digital systems are susceptible to data misuse and hacker attacks.	0.561	2.25	0.951
Small farms will hardly be able to afford robots. Large farms will grow and small dairy farms will disappear.	0.544	1.80	0.836
The use of robots can lead to even more standardization in livestock breeding and in the production of animal products.	0.540	2.34	0.888
<b>Factor 2: Opportunities on the societal level</b> (Cronbach's alpha: 0.900)			
Our domestic dairy farming becomes better with increasing progress in digital technologies in agriculture.	0.834	3.22	1.069
Robotics will help us to solve problems in agriculture and dairy farming.	0.811	3.07	1.104
I believe that the benefits of robots in dairy farming predominate.	0.796	3.02	1.063
The use of robots outweighs all negative aspects.	0.770	3.05	1.084
Robots help to bring farmers and consumers closer together.	0.705	3.29	1.028
Using robots improves animal welfare because discrepancies in the cows' behavior are detected more quickly.	0.656	2.91	1.048
Using robots leads to more transparency in dairy production.	0.618	2.92	0.999
<b>Factor 3: Opportunities for farmers</b> (Cronbach's alpha: 0.853)			
Robots facilitate the everyday work routine of farmers.	0.818	2.05	0.903
Robots help farmers to increase their production.	0.755	2.22	0.866
Digitalization and robotics improve the quality of life of farming families.	0.753	2.35	0.918



Farmers can lower their costs in the long term by using robots.	0.682	2.43	0.953
KMO (Kaiser-Meyer-Olkin value)=0.926; explained total variance=59.3%. Scale from 1=“fully agree” to 5=“fully disagree”. <sup>1</sup> FL=factor loading. <sup>2</sup> μ=mean value. <sup>3</sup> =standard deviation. n=1,007.			

#### 4.3 Results of the cluster analysis

After evaluating the dendrogram in the single-linkage clustering, four outliers could be removed, leaving 1,003 data sets for further cluster analysis. A four-cluster solution was indicated as optimal. Discriminant analysis indicated a satisfactory classification accuracy of 99.7% for the cluster analysis. Further results of the discriminant analysis (eigenvalues and wilks lambda) proved high-quality results of the cluster analysis. The F-test results were significant, indicating heterogeneous values between the clusters. Thereby, factor three had the highest discriminatory power (F-value: 426.23). To characterize the formed clusters in detail and to test for significant differences between the clusters, a post hoc multiple comparison test was conducted (Bonferroni). This made it possible to determine which clusters differ in terms of the mean values of the variables (Backhaus et al. 2016).

**Table 4** Results of the cluster analysis

Factors and statements	Proponents of robots (n=292; 29%)	Indifferent citizens (n=255; 26%)	Skeptical citizens (n=273; 27%)	Critical supporters of robots (n=183; 18%)
<b>Factor 1: Risks ***</b> (F-value: 377.75)	0.90 <sup>bcd</sup>	0.25 <sup>acdc</sup>	-0.62 <sup>abd</sup>	-0.91 <sup>abc</sup>
Using robots in dairy production no longer has anything to do with a natural production method. ***	3.48 <sup>bcd</sup> (0.847)	2.62 <sup>acd</sup> (0.788)	1.74 <sup>abd</sup> (0.879)	2.09 <sup>abc</sup> (0.904)
With robots, there is no personal interaction with the cows. The farmer becomes estranged from the animals ***	3.08 <sup>bcd</sup> (0.951)	2.51 <sup>acd</sup> (0.951)	1.55 <sup>abd</sup> (0.766)	1.85 <sup>abc</sup> (0.831)
The use of robots exacerbates the alienation of consumers and farmers. ***	3.78 <sup>bcd</sup> (0.830)	2.78 <sup>acd</sup> (0.798)	2.26 <sup>ab</sup> (0.994)	2.19 <sup>ab</sup> (0.851)
By using robots, the farmer loses the opportunity to acquire knowledge through experience and observation. ***	3.33 <sup>bcd</sup> (0.943)	2.67 <sup>acd</sup> (0.760)	1.86 <sup>ab</sup> (0.826)	1.92 <sup>ab</sup> (0.762)
The use of robots may negatively affect the overall sustainability of agriculture. ***	3.58 <sup>bcd</sup> (0.789)	2.84 <sup>acd</sup> (0.749)	2.15 <sup>ab</sup> (0.885)	2.24 <sup>ab</sup> (0.912)
The use of robots increases the unemployment rate, particularly in rural areas. ***	3.41 <sup>bcd</sup> (0.992)	2.68 <sup>acd</sup> (0.816)	2.17 <sup>ab</sup> (1.105)	1.98 <sup>ab</sup> (0.798)
By buying a robot, farmers become very dependent on the digital infrastructure and its supply. ***	2.74 <sup>cd</sup> (0.948)	2.65 <sup>cd</sup> (0.748)	1.72 <sup>abd</sup> (0.756)	1.95 <sup>abc</sup> (0.807)

Robots replace the work of the farmer; sooner or later the farmer's job will no longer be important. ***	4.26 <sup>bcd</sup> (0.787)	2.98 <sup>ad</sup> (0.856)	2.95 <sup>ad</sup> (1.28)	2.44 <sup>abc</sup> (1.16)
Digital systems are susceptible to data misuse and hacker attacks. ***	2.60 <sup>cd</sup> (0.938)	2.56 <sup>cd</sup> (0.815)	1.79 <sup>ab</sup> (0.859)	1.91 <sup>ab</sup> (0.830)
Small farms will hardly be able to afford robots. Large farms will grow and small dairy farms will disappear. ***	1.95 <sup>bcd</sup> (0.813)	2.38 <sup>acd</sup> (0.828)	1.23 <sup>abd</sup> (0.437)	1.57 <sup>abc</sup> (0.641)
The use of robots can lead to even more standardization in livestock breeding and in the production of animal products. ***	2.58 <sup>bcd</sup> (0.798)	2.82 <sup>acd</sup> (0.726)	1.85 <sup>ab</sup> (0.812)	2.01 <sup>ab</sup> (0.774)
<b>Factor 2: Opportunities on the societal level</b> *** (F-value: 376.75)	-0.18 <sup>cd</sup>	-0.08 <sup>cd</sup>	1.02 <sup>abd</sup>	-1.13 <sup>abc</sup>
Our domestic dairy farming becomes better with increasing progress in digital technologies in agriculture. ***	2.75 <sup>bcd</sup> (0.867)	3.26 <sup>acd</sup> (0.817)	4.22 <sup>abd</sup> (0.716)	2.42 <sup>abc</sup> (0.945)
Robotics will help us to solve problems in agriculture and dairy farming. ***	2.62 <sup>bcd</sup> (0.875)	3.09 <sup>acd</sup> (0.814)	3.96 <sup>abd</sup> (0.882)	2.21 <sup>abc</sup> (0.812)
I believe that the benefits of robots in dairy farming predominate. ***	2.42 <sup>bc</sup> (0.840)	3.22 <sup>acd</sup> (0.891)	4.10 <sup>abd</sup> (0.794)	2.36 <sup>bc</sup> (0.864)
The use of robots outweighs all negative aspects. ***	2.45 <sup>bc</sup> (0.804)	3.11 <sup>acd</sup> (0.856)	4.07 <sup>abd</sup> (0.808)	2.39 <sup>bc</sup> (0.925)
Robots help to bring farmers and consumers closer together. ***	3.12 <sup>bcd</sup> (0.982)	3.33 <sup>acd</sup> (0.706)	4.02 <sup>abd</sup> (0.811)	2.39 <sup>abc</sup> (0.966)
Using robots improves animal welfare because discrepancies in the cows' behavior are detected more quickly. ***	2.38 <sup>bcd</sup> (0.872)	3.22 <sup>acd</sup> (0.692)	3.66 <sup>abd</sup> (0.939)	2.14 <sup>abc</sup> (0.884)
Using robots leads to more transparency in dairy production. ***	2.54 <sup>bcd</sup> (0.909)	3.24 <sup>acd</sup> (0.693)	3.49 <sup>abd</sup> (0.955)	2.19 <sup>abc</sup> (0.838)
<b>Factor 3: Opportunities for farmers</b> *** (F-value: 426.23)	-0.70 <sup>bcd</sup>	1.20 <sup>acd</sup>	-0.27 <sup>ab</sup>	-0.20 <sup>ab</sup>
Robots facilitate the everyday work routine of farmers. ***	1.46 <sup>bcd</sup> (0.551)	2.98 <sup>acd</sup> (0.712)	2.04 <sup>abd</sup> (0.761)	1.66 <sup>abc</sup> (0.626)
Robots help farmers increase their production. ***	1.81 <sup>bc</sup> (0.692)	3.03 <sup>acd</sup> (0.684)	2.13 <sup>abd</sup> (0.803)	1.84 <sup>bc</sup> (0.705)
Digitalization and robotics improve the quality of life of farming families. ***	1.74 <sup>bc</sup> (0.620)	3.07 <sup>acd</sup> (0.681)	2.58 <sup>abd</sup> (0.879)	1.90 <sup>bc</sup> (0.720)
Farmers can lower their costs in the long term by using robots. ***	1.82 <sup>bc</sup> (0.670)	3.15 <sup>acd</sup> (0.736)	2.68 <sup>abd</sup> (0.914)	1.98 <sup>bc</sup> (0.767)

Significance level at \* $p \leq 0.05$  \*\* $p \leq 0.01$  \*\*\* $p \leq 0.001$ ; letters (a, b, c, d) indicate a significant difference to the corresponding cluster (Bonferroni post hoc test at significance level 0.05). The factor means are weighted scores based on the factor loadings shown in Table 2. The numbers not enclosed in brackets represent the mean values, while the numbers within brackets indicate the standard deviations of the items. Statements were scored with a scale from 1="fully agree" to 5="fully disagree".  $n=1,003$ .

The “**proponents of robots**” are the largest group and comprises 29% of the respondents. Compared to the other clusters, respondents in this cluster see only a few risks in digitalization. These respondents especially reject the statement that robots replace the work of farmers ( $\mu=4.26$ ;  $\sigma=0.787$ ) and that the usage of robots is unnatural ( $\mu = 3.48$ ;  $\sigma=0.847$ ) compared to the other clusters. Additionally, they suspect opportunities of using robots for both society and farmers. Furthermore, the agreement on the opportunities for farmers is high. With an average age of 51, the respondents in this cluster are the oldest. As in the other clusters, the majority of this cluster lives in the city, but the place of residence does not differ significantly between the clusters (see Table 5). In addition, the level of education and the proportion of men are the highest (significant difference between clusters). The attitude of these clusters toward the dairy industry is clearly positive. They consider the German dairy industry to be important. However, knowledge about agriculture and common practices in dairy farming is low or non-existent. In line with their assessment of robots, the participants in this cluster believe that it is important for the dairy industry to remain progressive and innovative in the future and to focus on the animals in dairy farming. They do not want milk to be produced with less technology. Apparently, however, this expectation has nothing to do with favorable prices, as it is not important to the cluster that dairy products continue to become cheaper in the future.

A total of 255 respondents (26%) were assigned to the cluster “**indifferent citizens**”. They are characterized by a rather indifferent attitude. This is particularly evident when it comes to the opportunities of robots for society and farmers. However, compared to the other clusters, the opportunities to farmers are considered much more negative than by the other three clusters. The proportion of rural residents in this cluster is the lowest (31%), while the percentage of urban residents is the highest (69%). The level of education is also the lowest compared to the other clusters, with 10% having a university degree. The cluster considers German dairy farming to be important. However, it has little trust in the work of German farmers. Like the other clusters, they are not familiar with digital technologies in dairy farming and rate their level of knowledge about dairy farming as low. Nevertheless, it is noticeable that they are the only of the four clusters that tend to agree that they are familiar with common agricultural practices in dairy farming. Interestingly, it is important to the cluster that dairy farming remains progressive and innovative; they agree with the focus on the animal in livestock farming but considerably less so than the other three clusters. However, when asked whether they prefer dairy products to be produced in a more traditional way with less technology, they again show an indifferent attitude. Apparently, progress and innovation are not necessarily linked to the use of technology.

The “**skeptical citizens**” (27%) are characterized by strong agreement with the risks of robots in dairy farming. Especially the issue that small farms could disappear ( $\mu=1.23$ ;  $\sigma=0.437$ ) and that the contact between farmers and cows is lost ( $\mu=1.55$ ;  $\sigma=0.766$ ) is a prominent finding here. In addition, these individuals reject the opportunities at the societal level. However, they agree with the advantages of digitalization for farmers, although with a slightly indifferent tendency regarding the improvement of the quality of life of farmers ( $\mu=2.58$ ;  $\sigma=0.879$ ) and long-term cost reductions through digitalization

( $\mu=2.68$ ;  $\sigma=0.914$ ). In this context, it is striking that the share of women is the largest (60%), while the share of men is the smallest. Furthermore, the proportion of rural residents is highest in both this cluster and in the cluster “proponents of robots”. The “skeptical citizens” think dairy farming is important, but they are indifferent about their basic attitude toward German dairy farming and their trust in the work of German farmers. It is not important to the participants in this cluster that dairy products become cheaper; rather, the animal should be the focus of dairy farming. However, the dairy industry should remain progressive and innovative. Nevertheless, a rather skeptical opinion remains regarding the future use of technology.

The last cluster contains 183 citizens (18%) considered “**critical supporters of robots**” and represents the smallest cluster. Similar to the “skeptical citizens”, the respondents agree with the risks of digitalization but show an even stronger agreement than the other clusters. Moreover, the assessments of the single items differ: respondents in this cluster mainly perceive the risk of unemployment in rural areas ( $\mu=1.98$ ;  $\sigma=0.798$ ) and that robots replace farmers ( $\mu=2.44$ ;  $\sigma=0.116$ ). In addition, the critical supporters of robots also strongly agree with the opportunities of robots, both for society and for farmers. However, agreement with the opportunities of robots for farmers predominates, as in cluster “proponents of robots”, whereas the “critical supporters of robots” most clearly sees the opportunities to society, especially with regard to animal welfare ( $\mu=2.14$ ;  $\sigma=0.884$ ) and transparency of production ( $\mu=2.19$ ;  $\sigma=0.838$ ). The sociodemographic analysis shows that it is the youngest of the four clusters and has the second highest level of education. As the only one of the four clusters, it is important to the participants of this cluster that dairy products continue to become cheaper in the future. However, they also demand innovation and progress and focus on the animals in dairy farming. Their partly critical attitude toward digitalization is reflected in the slightly indifferent opinion on the future use of technology in milk production.

**Table 5** Socio-demographics and comparison of clusters with regard to further descriptive statements

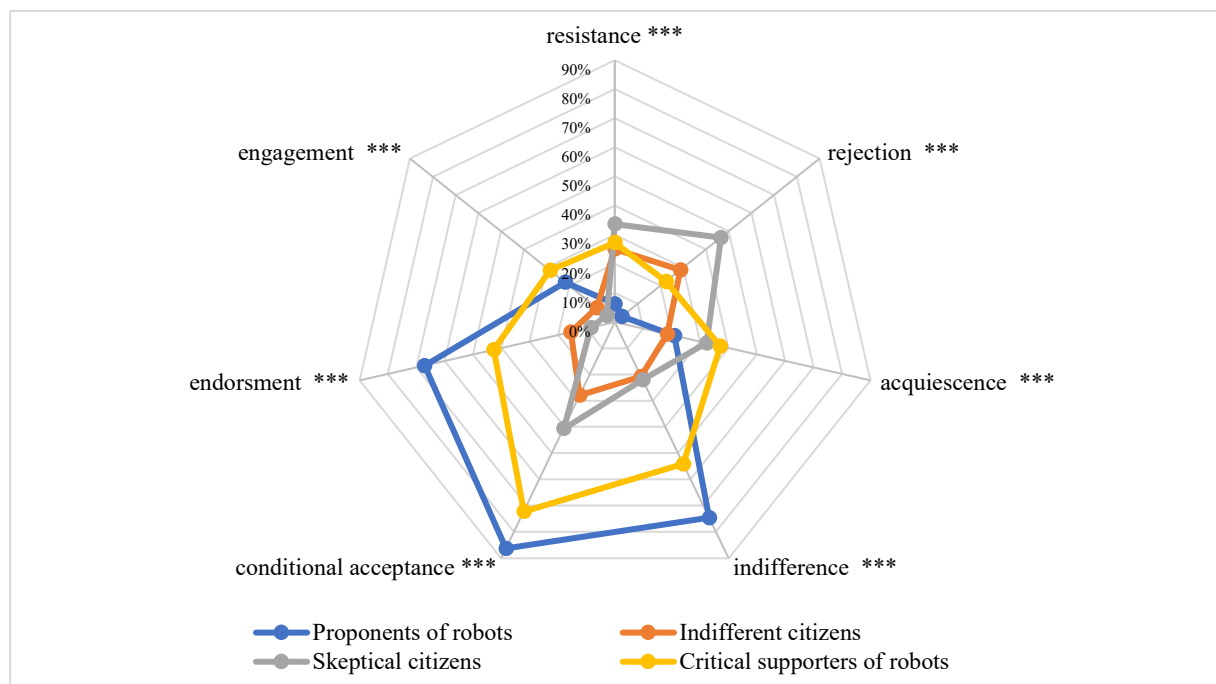
	<b>Propo- nents of robots (n=292)</b>	<b>Indiffer- ent citizens (n=255)</b>	<b>Skeptical citizens (n=273)</b>	<b>Critical supporters of robots (n=183)</b>
Gender *** (male/(female)) <sup>1</sup> (%)	62(38) <sup>c</sup>	50(50)	40(60) <sup>a</sup>	51(49)
Ø age (years) *	51 <sup>bd</sup>	47 <sup>a</sup>	50	46 <sup>a</sup>
University degree <sup>n.s. 1</sup> (%)	25	10	11	16
Place of residence <sup>n.s. 1</sup> (urban/(rural)) (%)	59(41)	69(31)	59(41)	62(38)
<b>Attitude dairy farming</b>				
I believe that German dairy farming is important. *** <sup>2</sup>	1.57 <sup>bc</sup>	2.22 <sup>acd</sup>	1.96 <sup>abd</sup>	1.66 <sup>bc</sup>
In general, I have a positive view of German dairy farming. *** <sup>2</sup>	2.04 <sup>bc</sup>	2.56 <sup>ad</sup>	2.63 <sup>ad</sup>	1.97 <sup>bc</sup>
I trust in the work of German farmers. ***	2.06 <sup>bc</sup>	3.60 <sup>ad</sup>	2.58 <sup>ad</sup>	1.95 <sup>bc</sup>
<b>Knowledge and connection to agriculture</b>				
I am familiar with digital technologies in modern dairy farming. ***	4.27 <sup>d</sup>	4.08	4.31 <sup>d</sup>	4.31 <sup>ac</sup>
I believe I have a high level of knowledge about dairy farming. ***	3.93 <sup>d</sup>	3.98 <sup>d</sup>	3.95 <sup>d</sup>	3.58 <sup>abc</sup>
I know about common agricultural practices in dairy farming. **	3.56	2.78 <sup>d</sup>	3.56	3.39 <sup>b</sup>
I have friends, acquaintances, and/or relatives who work in agriculture. *	3.74	3.82 <sup>d</sup>	3.80	3.43 <sup>b</sup>
<b>Future expectations</b>				
It is important to me that dairy products continue to get cheaper in the future. ***	3.49 <sup>bcd</sup>	2.97 <sup>ac</sup>	3.83 <sup>abd</sup>	2.85 <sup>ac</sup>
It is important to me that the dairy industry remains progressive and innovative in the future. ***	1.73 <sup>bc</sup>	2.32 <sup>ad</sup>	2.36 <sup>ad</sup>	1.75 <sup>bc</sup>
I would prefer it if dairy products were produced with less technology in the future. ***	3.46 <sup>bcd</sup>	2.70 <sup>a</sup>	2.51 <sup>a</sup>	2.60 <sup>a</sup>
The animal should be the main focus in dairy farming. ***	1.58 <sup>bc</sup>	1.94 <sup>acd</sup>	1.30 <sup>ab</sup>	1.48 <sup>b</sup>

Letters (a, b, c, d) demonstrate a significant difference to the corresponding cluster. Level of significance: \* $p \leq 0.05$ , \*\* $p \leq 0.01$ , \*\*\* $p \leq 0.001$ . <sup>1</sup>Chi-squared test according to Pearson. <sup>2</sup> These statements were scored with a scale from 1=“fully agree” to 5=“fully disagree”. Bonferroni post hoc multiple comparisons tests at significance level 0.05.  $n=1,003$ .

With regard to the acceptance by society, we considered all different dimensions of acceptance according to Schweizer-Ries et al. (2012) and Sauer et al. (2005) (see section 2.2 and appendix). The percentages of agreement are shown as a summary of the response options “fully agree” and “agree”. The seven different dimensions of acceptance are shown in the spider’s web for each cluster and illustrate significant differences in acceptance among the four clusters.

First of all, it becomes clear that the action dimension of acceptance (active resistance or active acceptance) is given little consideration by society. In addition, it is noticeable that the evaluation is clearly more positive in clusters “proponents of robots” and “critical supporters of robots”. In contrast, the “indifferent citizens” and the “skeptical citizens” do not show clear agreement and take a rather negative stance.

As expected, positive attitude acceptance predominates among the proponents of robots. They mainly (86.3%) place themselves in the area of conditional acceptance. However, indifference (74.6%) and endorsement (67.1%) are also dimensions of acceptance that the proponents of robots agrees with. The indifferent citizens do not clearly commit themselves to any of the forms of acceptance. Both conditional acceptance and rejection received approval ratings of just under 30%. Surprisingly, acquiescence and indifference as a form of acceptance did not receive high approval from this cluster. The cluster therefore does not appear to be indifferent to robots in dairy farming at all, even if the first impression of the cluster might suggest this.



**Figure 2** Acceptance dimensions of societal acceptance \*\*\*p-values<0.001 by Pearson’s chi-squared test related to the mean values between clusters; percentage of agreement as sum of response options: fully agree and agree.

The skeptical citizens also reflect their skepticism toward robots in their attitude toward acceptance. On the one hand, they assign themselves to conditional acceptance (40.6%); on the other hand, an even stronger agreement to rejection can also be observed (46.5%). In addition, a third of the cluster even actively opposes robots in the dairy industry.

The attitudinal acceptance of the critical supporters is primarily classified as conditional acceptance (72.2%), indifference (54.1%), and advocacy (42.7%). However, a certain dichotomy can also be observed, indicating the critical view of the cluster. Thus, 37.1% of the participants in the cluster also agree with acquiescence (acceptance dimension with a negative tendency) as a form of acceptance.

## 5. Discussion

A variety of digital innovations have been established in the dairy sector over the past decade, and more technologies are likely to be added in the future to ensure sustainable dairy farming (Henchion et al. 2022). However, digital technologies have not yet become widely established in agriculture and dairy farming, and successful adoption on a broad scale is proving difficult. Different actors in agriculture perceive technologies differently, and these actors are in turn shaped by socially constructed beliefs, values and expectations about technologies and agriculture (Ibid.). Boogaard et al. (2011b: 1464) assume, specifically for dairy farming, that “(sociocultural) sustainable livestock development is socially and culturally constructed by people in specific contexts.” In this study, different citizen segments were analyzed to gain deeper insights into the characteristics of proponents or critics of robots in dairy farming and to identify society's perceived risks and opportunities associated with these robots. To our knowledge, this study is the first to segment subjects based on their overarching attitudes toward relevant factors (perceived risks and opportunities) of adopting robotics in dairy farming.

First of all, our results show that societal acceptance refers predominantly to passive action. However, this finding is not surprising, as digital innovations and robots in agriculture have so far been given little social relevance, as they are often illustrated as abstract technologies whose concrete use and possible consequences for society remain obscure (Vierboom et al. 2006). Likewise, Devine-Wright (2008) assume that societal acceptance of technology is mostly purely attitudinal and thus often does not evoke active action. However, when innovative farming practices are rejected, it can result in a shift in purchasing habits such as opting for plant-based alternatives (Bruce and Bruce 2019).

The study also reveals that the use of robots is associated with both risks and opportunities. However, these attitudes are quite heterogeneous, which is in line with other studies, e.g., Millar et al. (2002), who showed that some citizens mainly see opportunities in milking robots, whereas others consider it problematic with regard to animal welfare. Overall, perceived opportunities of robots and the rejection of potential risks in this study lead to a high level of conditional acceptance and endorsement. This also confirms the assumption of de Groot (2020) that attitude acceptance only occurs when more opportunities than risks are perceived. Surprisingly, the dimension of indifference also finds agreement even among proponents and critical supporters of robots, suggesting the presence of uncertainty within these groups.

Furthermore, the results demonstrate that although all four clusters acknowledge opportunities in robotics for farmers, these opportunities are not considered convincing enough to achieve full societal

acceptance. However, the clusters do share the acknowledgment of the importance of the German dairy industry and concur on the necessity for it to maintain a progressive and innovative approach. This underscores a fundamental comprehension of the significance of advancement and technological progress within the dairy sector. Nevertheless, an apprehension associated with modernity is the concept of "instrumental rationality," as articulated by Taylor (1991), which pertains to a rationality solely focused on maximizing efficiency. This concern is particularly evident in the two critical clusters (skeptical citizens and critical supporters of robots) who express their malaise towards robot implementation through their endorsement of the associated risks. Moreover, the findings indicate a societal preference for prioritizing animal welfare in dairy production, emphasizing the need to prevent a dominant stance of digitalization in agriculture that neglects this aspect. Importantly, this viewpoint is not confined to the critical clusters alone, but is shared across all four clusters, underscoring the importance of upholding animal welfare as a means to enhance societal acceptance.

The recognition of both commonalities and divergences in perspectives regarding the use of robots among the clusters emphasizes the need for tailored strategies that can effectively address societal concerns. This insight is crucial for early consideration of concerns in the development and implementation of PLF technologies (Siegrist and Hartmann, 2020).

The result that most individuals in the cluster that is characterized by lowest perceived risks ("proponents of robots") are men and highly educated is partially consistent with the findings of Pfeiffer et al. (2020), who found that men and higher educated have a more positive general attitude toward digitalization in agriculture. Bieberstein (2013) also discovered that men tend to perceive risks in food production to be lower than women. Furthermore, surprisingly, proponents of robots are the oldest cluster of this study. Concerning age, it is usually assumed in the digital context that younger people are more tech-savvy and generally more open to the use of technologies (Marescotti et al. 2021). However, this does not seem to apply to society's view of robots as the proponents of robots are the oldest participants and at the same time the least critical, also with regard to animal welfare concerns about digitalization. Different generations may have different values and priorities when it comes to agriculture and animal welfare. Older generations may prioritize efficiency and productivity, while animal welfare and sustainability are more important to younger generations (Fraser 2003; Vanhonacker et al. 2007). This difference in priorities could influence their attitudes toward the use of robots in dairy farming. This is line with findings by Boogaard et al. (2011a) who discovered that older people are more open-minded about modern production methods in milk production.

The "indifferent citizens" do not perceive any clear risks associated with the use of robots in agriculture, but neither do they perceive any opportunities. However, since this is necessary for the establishment of acceptance (Bredhal et al. 1998; Frewer 2017), the respondents in this cluster do not clearly assign themselves to any specific acceptance dimension. Their lack of trust in farmers' work could be a possible indication of the indecisiveness of the cluster because trust is considered to be of great importance in the process of societal acceptance (Ronteltap et al. 2007; Gupta et al. 2012; Siegrist and Hartmann 2020).



If society trusts the actors responsible for the use of digital technologies, i.e., farmers, the acceptance of the use of the respective acceptance object is often more pronounced (Mohaupt et al. 2018). Especially when people know only little about a technology, acceptance may rely on trust in those using the technology (Huijts et al. 2012). As expected, all four clusters in this study estimate their knowledge of digital technologies in dairy production as rather low (Boogaard et al. 2010). The societal acceptance of digital innovations in agriculture may therefore also depend significantly on trust in the farmer, which was already demonstrated by Pfeiffer et al. (2020) and Sharp and Tucker (2005). Notably, the opportunities of digitalization at the societal level do not seem to be obvious to citizens, which is why they are apparently difficult for the public to evaluate. This finding goes hand in hand with the assumptions of Vierboom et al. (2006) and Siegrist (2008), who suggest that the advantages and disadvantages of technologies for society do not relate to everyday consumer life and that specific opportunities are therefore difficult or even impossible to recognize and evaluate.

In contrast to the indifferent citizens, the “skeptical citizens” agree with the opportunities of robots for farmers but reject the opportunities at the societal level. Furthermore, they have a high agreement with risks, especially in connection with the loss of naturalness, the contact between farmers and cows, and an advancing industrialization (small farms extinction) of agriculture through digitalization. Such risks, as a consequence of the interaction between farmer and technology, were also identified by Regan (2019) and Krampe et al. (2021). A look at the literature shows that women are more concerned about animal welfare than men (María 2006; Ruby 2012), and they particularly prefer naturalness and tradition in dairy farming (Boogaard et al. 2011a). Our results are consistent with these findings, as the proportion of women is highest in the cluster “skeptical citizens”, and they consider it particularly important to focus on animals and animal welfare in dairy production. Presumably, the strong emotional component associated with animal welfare, which also plays a role in the use of PLF technologies (Pfeiffer et al. 2020; Langer et al. 2022), could lead to the low conditional acceptance and the highest rejection of robots. Another reason for the lack of acceptance could also be that the opportunities of digitalization are only seen for the work of farmers but not for society as a whole (Pfeiffer et al. 2020; Millar et al. 2002). Indeed, it is generally assumed that acceptance is greater when the societal opportunities become concrete and tangible (Burgess 2010; Frewer 2017).

Society often represents contradictory expectations regarding ethical decisions in agriculture (Henchion et al. 2022). This is also evident in the cluster’s expectations for future dairy farming: on the one hand, individuals value progress and innovation in dairy farming to foster modern and “safe” milk production; on the other hand, they want less technology to be used in dairy production in the future to maintain traditions and natural animal farming (Boogaard et al. 2010). This ambivalence suggests that this cluster believes that the use of technology and the achievement of naturalness and animal welfare are mutually exclusive (Krampe et al. 2021). The skeptical citizens should therefore be convinced that digital technologies not only offer opportunities to farmers but can also bring opportunities to animals and the environment, thus benefiting society as a whole.

The “critical supporters of robots” seem to be satisfied with digitalization as long as animals, traditions, and society are not threatened and everyone has opportunities from it (see also Boogaard et al. 2010). They support digitalization and appreciate modern achievements, such as cheap food, and expect that this will continue to be the case in the future. However, there is also a certain ambivalence in this cluster: progress and innovation are important to them, but they also wish to see a reduction in the use of technology in dairy production. Moreover, they agree with all the opportunities, both at the level of society (mainly with opportunities for animal welfare and transparency) and at the farmer level, but also with the potential risks of digitalization. Our findings confirm the results of Pfeiffer et al. (2020), who found that PLF technologies are seen as innovative and forward-looking by the majority of society, but at the same time, many negative attitudes prevail. When asked about the final attitude acceptance, it is striking that the ambivalent perception of the cluster is also reflected in a high degree of dichotomy and indifference. Nevertheless, the “critical supporters of robots” have an extremely positive attitude toward dairy farming and also have a high level of trust in the work of farmers. Since beliefs in society about the risks and opportunities of digitalization are embedded in more general attitudes (e.g., attitudes toward dairy farming or farmer per se) (Bredhal et al. 1998; Grunert et al. 2003; Ronteltap et al. 2007), this provides a possible approach to increase attitudinal acceptance. After all, the basic prerequisite for acceptance is clearly given in this cluster.

## 6. Conclusion and implication

The principle of responsible innovation should be the fundamental framework for the digital transformation of agriculture (Rose and Chilvers 2018). The RRI approach aligns research and innovation with societal values and needs, building trust and reflexivity among relevant actors (e.g. farmers, society, innovators, developers and policy). By adopting RRI, stakeholders can ensure that the development and use of robotic are not only accepted by producers, innovators, and farmers, but also aligned with broader societal values and needs and thus preventing beneficial innovations from being hindered by a lack of societal acceptance (Regan 2019; Eastwood et al. 2019). Our results provide initial insights into societal attitude acceptance and reveal differences in society (in the form of citizen segments), thereby contributing to the first indicator of the RRI approach.

None of the four clusters assigns itself exclusively to the negative evaluation dimensions. Nevertheless, varying concerns exist among the different clusters and ambivalent to negative acceptance attitudes are also adopted, mainly by the skeptical citizens. Thus, there is definitely a need for action to address societal concerns about an increasingly automated agriculture. The following section therefore presents strategies to address these concerns in the long term, which can also be integrated into the RRI approach.

In particular, the high proportion of undecided individuals regarding acceptance and the prevailing ambivalence which is evident in the clusters of indifferent and skeptical citizens, make it clear that citizens lack information and knowledge. The main concerns in these two clusters relate to cost, animal welfare

and transparency. However, the cost problem can be effectively addressed, as the use of robots leads to cost savings in times of rising wage levels and a shortage of skilled workers in general (Harms and Bruhs 2018). To address animal welfare concerns, data generated from the use of robots should be utilized to integrate animal health data into current animal welfare labels and provide additional details on production conditions. So far, health data is not integrated into animal welfare labels because it is difficult to capture. Therefore, the implementation of robots offers the possibility to increase transparency when the data is used accordingly. Thus, especially the indifferent and critical citizens could be convinced that robots can indeed lead to more sustainability and transparency in dairy farming, with a steadfast focus on animal welfare.

Concerns about farm size and the loss of the farmer-animal relationship, expressed primarily by skeptical citizens and critical supporters of robots, are more complex. As noted by Busch et al. (2022), society uses farm size as the only indicator for evaluating sustainability and animal welfare because society lacks additional indicators. If additional criteria were created (e.g., production system, farmer attitude), this could likely also reduce societal concerns about the use of robots. However, this issue could pose a challenge for public communication across the sector (Ibid). Furthermore, it is known from other studies that information provision does not necessarily result in more acceptance (Wille et al. 2017; Sonntag et al. 2018). Society does not form or change attitudes based on knowledge and experience alone (Te Velde et al. 2002). For non-professionals in agriculture, the focus lies less on efficiency and more on the individual's value and moral conception (Enste et al. 2009; Boogaard et al. 2011b). Society tends to evaluate the use of PLF technologies ethically rather than from a technical or production cost perspective (Millar et al. 2002; Sonntag et al. 2018). Information and communication strategies about robots in dairy farming should therefore address fundamental values and include emotional components such as the opportunities to detect and improve the animals' health and welfare (Pfeiffer et al. 2020).

Furthermore, our results show that the societal opportunities associated with the use of robots are particularly relevant to the emergence of acceptance. The skeptical citizen cluster shows the lowest acceptance and at the same time the highest resistance to societal opportunities. It therefore seems particularly important to communicate and exploit the societal benefits more clearly, which in turn could encourage more farmers to adopt the technologies as this leads to greater societal appreciation. However, the various stakeholders in agriculture would hardly succeed in promoting societal acceptance through communication strategies alone (Sonntag et al. 2018). Hence, it is important to incorporate society's heterogeneous attitudes and perceptions about the risks and opportunities of robotics into the development of technologies from the very beginning.

In summary, this study can be interpreted as a meaningful survey as the results reveal a deeper and more nuanced understanding of the societal acceptance of two robots in dairy farming. They suggest that the digital transformation process in agriculture can be promoted if more emphasis is placed on the analysis of the public attitude and acceptance.

## 7. Limitations and further research

Since attitude acceptance is a complex phenomenon that can only become measurable through specific influence indicators, this study cannot fully make the construct of acceptance measurable. However, it has proven useful to reduce the focus to attitudinal acceptance and to make it measurable with the help of the acceptance dimensions according to Schweizer-Ries et al. (2012) and Sauer et al. (2005). Conventional acceptance models, such as those of Venkatesh et al. (2003), which assume an active intention to use, are inappropriate for this research context. For a more differentiated engagement with the concept of acceptance, the distinction between the acceptance subject, object, and context is unavoidable. However, factors that focus more clearly on context-bound spheres of influence should be included in further studies. This is because societal acceptance can vary depending on the social and cultural context (Schäfer and Keppler 2013). Examples of such influencing factors are norms and values, legal frameworks, political discussions, communication processes, or media backgrounds. Societal acceptance should also be placed in this context in further acceptance investigations to achieve an adequate analysis of the complex construct and thus also contribute further to the responsible innovation framework in precision and smart farming. The present research has focused on identifying societal implications, contributing to only one aspect of the RRI approach. However, the other indicators of the approach should be applied in further research and RRI should be extended to the entire precision and smart livestock sector (Eastwood et al. 2019; Regan 2019). In addition, the consequences of the use of robots on animal welfare as well as on smaller farms should be investigated, since this is an important issue for sustainability reasons but also for communication with citizens and their acceptance. This demonstrates the importance of the all-encompassing approach of RRI.

Moreover, it should be noted that the terms “robots” (milking and feeding robots) and “digitalization” were used as generic terms and were not further defined or specified. Without a clear understanding of the specific technologies and processes being studied, it may be difficult to draw meaningful conclusions about their impact on society. However, the difference in the level of concreteness and tangibility between the items concerning risks and opportunities could potentially influence the acceptance of the respondents. In addition, the general conditions may vary depending on the technology and may be perceived differently. The societal acceptance of precision and smart farming can certainly not be generalized but should rather be considered individually for each technology and different production systems. Therefore, there is a need for further research, and additional technologies should be investigated in the societal acceptance discourse, e.g., field robots, which are still in the development process and have not (yet) found their way into practice.

## Appendix

**Table 6** Sources for the items of the object-related factors

<b>Statements on the object-related factors</b>	<b>Source</b>
<b>Risks</b>	
Using robots in dairy production no longer has anything to do with a natural production method.	Boogaard et al. (2011), Rose et al. (2021)
With robots, there is no personal interaction with the cows. The farmer becomes estranged from the animals.	Pfeiffer et al. (2020); Herlin and Gunnarsson (2018)
The use of robots exacerbates the alienation of consumers and farmers.	Pfeiffer et al. (2020); Driessen and Heutinck (2015)
By using robots, the farmer loses the opportunity to acquire knowledge through experience and observation.	von Schönfeld et al. (2018)
The use of robots may negatively affect the overall sustainability of agriculture.	Pfeiffer et al. (2020)
The use of robots increases the unemployment rate, particularly in rural areas.	Krampe et al. (2021); Rose et al. (2021); Nally (2016); Störk-Biber et al. (2020)
By buying a robot, farmers become very dependent on the digital infrastructure and its supply.	van der Burg and Wolfert (2019)
Robots replace the work of the farmer; sooner or later the farmer's job will no longer be important.	Block and Long (2015)
Digital systems are susceptible to data misuse and hacker attacks.	Krampe et al. (2021)
Small farms will hardly be able to afford robots. Large farms will grow and small dairy farms will disappear.	Herlin and Gunnarsson (2018)
The use of robots can lead to even more standardization in livestock breeding and in the production of animal products.	Short (1992); Block and Long (2015); Pfeiffer et al. (2020)
<b>Opportunities on the societal level</b>	
Our domestic dairy farming becomes better with increasing progress in digital technologies in agriculture.	Wolfert et al. (2017); Shepherd et al. (2018)
Robotics will help us to solve problems in agriculture and dairy farming.	Störk-Biber et al. (2020)
I believe that the benefits of robots in dairy farming predominate.	Störk-Biber et al. (2020)
The use of robots outweighs all negative aspects.	Wolfert et al. (2017); Shepherd et al. (2018)
Robots help to bring farmers and consumers closer together.	Pfeiffer et al. (2020)
Using robots improves animal welfare because discrepancies in the cows' behavior are detected more quickly.	Schukat and Heise (2021)
Using robots leads to more transparency in dairy production.	Frewer et al. (2011); Krampe et al. (2021)
<b>Opportunities for farmers</b>	
Robots facilitate the everyday work routine of farmers.	Schukat and Heise (2021)

Robots facilitate the everyday work routine of farmers.	Bitkom (2020); Sheperd et al. (2018)
Robots help farmers increase their production.	Bitkom (2020) Stuart et al. (2012); Regan (2019)
Digitalization and robotics improve the quality of life of farming families.	Bitkom (2020)

**Table 7** Items acceptance dimension according to Sauer et al. (2005)

Acceptance dimension	Item	Fully agree					Fully disagree
Resistance	I stand up against the use of robots in dairy farming.	1	2	3	4	5	
Rejection	I categorically reject the use of digital robots in dairy farming.	1	2	3	4	5	
Acquiescence	I am torn about the use of digital robots in dairy farming.	1	2	3	4	5	
Indifference	I am neither for nor against the use of digital robots	1	2	3	4	5	
Conditional acceptance	I accept the use of robots in dairy farming under certain conditions.	1	2	3	4	5	
Endorsement	I support the use of robots in dairy farming.	1	2	3	4	5	
Engagement	I advocate the use of robots in dairy farming.	1	2	3	4	5	

## References

- Akbar, M. O., M. Saad Shahbaz khan, M. Jamshaid Ali, A. Hussain G. Qaiser, M. Pasha, U. Pasha, M. Saad Missen and N. Akhta. 2020. IoT for Development of Smart Dairy Farming. *Journal of Food Quality* 1–8. <https://doi.org/10.1155/2020/4242805>
- Akhigbe, B., K. Munir, O. Akinade, L. Akanbi and L.O., Oyedele. 2021. IoT Technologies for Livestock Management: A Review of Present Status, Opportunities, and Future Trends. *Big Data and Cognitive Computing* 5(10): 1–40. <https://doi.org/10.3390/bdcc5010010>
- Asveld, L., J. Ganzevles and P. Osseweijer. 2015. Trustworthiness and Responsible Research and Innovation: The Case of the Bio-Economy, Trustworthiness and Responsible Research and Innovation: The Case of the Bio-Economy. *Journal of Agriculture and Environmental Ethics* 25: 571–588. <https://doi.org/10.1007/s10806-015-9542-2>
- Backhaus, K., B. Erichson, W. Plinke and R. Weiber. 2016. Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. 14th edition. Springer Gabler, Berlin, Heidelberg.
- Beber, C.L., G. Langer and J. Meyer. 2021. Strategic Actions for a Sustainable Internationalization of Agri-Food Supply Chains: The Case of the Dairy Industries from Brazil and Germany. *Sustainability* 13: 10873. <https://doi.org/10.3390/su131910873>.
- Beghin, J.C. and C.R. Gustafson. 2021. Consumer Valuation of and Attitudes towards Novel Foods Produced with New Plant Engineering Techniques: A Review. *Sustainability* 13: 11348. <https://doi.org/10.3390/su132011348>.
- Bieberstein, A. 2013. An Investigation of Women's and Men's Perceptions and Meanings Associated with Food Risks. Springer VS, Wiesbaden.
- Bitkom, 2020. Digitalisierung in der Landwirtschaft 2020. [https://www.bitkom.org/sites/main/files/2022-01/27.04.20\\_digitalisierung-in-der-landwirtschaft-2020.pdf](https://www.bitkom.org/sites/main/files/2022-01/27.04.20_digitalisierung-in-der-landwirtschaft-2020.pdf), Accessed 03 March 2023.
- Block, V. and T.B. Long. 2016. The role of responsible innovation in the technology assessment of smart farming technologies in Europe. Paper presented at the food futures: Ethics, science and culture, Porto, Portugal. [https://doi.org/10.3920/978-90-8686-834-6\\_84](https://doi.org/10.3920/978-90-8686-834-6_84)
- Boogaard, B.K., B.B. Bock, S.J. Oosting and E. Krogh. 2010. Visiting a Farm: An Exploratory Study of the Social Construction of Animal Farming in Norway and the Netherlands Based on Sensory Perception. *International Journal of Sociology of Agriculture and Food* 17(1): 24–50. <https://doi.org/10.48416/ijaf.v17i1.266>
- Boogaard, B.K., B.B. Bock, S.J. Oosting, J.S.C. Wiskerke and A.J. van der Zijpp. 2011a. Social acceptance of dairy farming: The ambivalence between the two faces of modernity. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 24(3): 259–282. <https://doi.org/10.1007/s10806-010-9256-4>
- Boogaard, B.K., S.J. Oosting, B.B. Bock and J.S.C. Wiskerke. 2011b. The sociocultural sustainability of livestock farming: An inquiry into social perceptions of dairy farming. *Animal* 5(9): 1458–1466. <https://doi.org/10.1017/S1751731111000371>

- Bovensiepen, G. and R. Hombach. 2016. Quo vadis, agricola? Smart Farming: Nachhaltigkeit und Effizienz durch den Einsatz digitaler Technologien (pwc). URL: <https://www.pwc.de/de/handel-und-konsumguter/assets/smart-farming-studie-2016.pdf>.
- Bredhal, L., G. Klaus, G. Grunert and L.F. Frewer. 1998. Consumer Attitudes and Decision-Making with Regard to Genetically Engineered Food Products – A Review of the Literature and a Presentation of Models for Future Research. *Journal of Consumer Policy* 21: 251-277. <https://doi.org/10.1023/A:1006940724167>
- Bronson, K. 2018. Smart farming: including rights holders for responsible agricultural innovation. *Technology Innovation Management Review* 8: 7–14. <https://doi.org/10.22215/timreview/1135>
- Brosius, F. 2011. SPSS 19. Mitp, Heidelberg/Munich, Germany.
- Bruce, A. and D. Bruce. 2019. Genome Editing and Responsible Innovation, Can They Be Reconciled? *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 32: 769–788. <https://doi.org/10.1007/s10806-019-09789-w>
- Bühl, A. 2010. Einführung in die moderne Datenanalyse. München: Pearson Studium.
- Burgess, A. 2010. Comparing national responses to perceived health risks from mobile phone masts. *Health, Risk and Society*. 42: 175–188. <https://doi.org/10.1080/13698570220137051>
- Busch, G., E. Bayer, A. Spiller and S. Kühl. 2022. 'Factory farming'? Public perceptions of farm sizes and sustainability in animal farming. *PLOS Sustainability and Transformation* 1(10): e0000032. <https://doi.org/10.1371/journal.pstr.0000032>
- Cardoso, C.S., M.J. Hötzel, D.M Weary., J.A. Robbins and M.A.G. von Keyserlingk. 2016. Imagining the ideal dairy farm. *Journal of Dairy Science* 99(2): 1663–1671. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9925>
- Carolan, M. 2015. Publicising food: big data, precision agriculture, and co-experimental techniques of addition. *Sociologia Ruralis* 57(2): 135–154. <https://doi.org/10.1111/soru.12120>
- Clark, B., G.B. Stewart, L.A. Panzone, I. Kyriazakis and L.J. Frewer. 2016. A Systematic Review of Public Attitudes, Perceptions and Behaviours Towards Production Diseases Associated with Farm Animal Welfare. *Journal of Agriculture Environmental Ethics* 29: 455-478. <https://doi.org/10.1007/s10806-016-9615-x>
- de Groot, J.I.M., E. Schweiger and I. Schubert. 2020. Social Influence, Risk and Benefit Perceptions, and the Acceptability of Risky Energy Technologies: An Explanatory Model of Nuclear Power Versus Shale Gas, *Risk Analysis* 40(6): 1226-1243. <https://doi.org/10.1111/risa.13457>
- Deemer, D.R. and L.M. Lobao. 2011. Public concern with farm animal welfare: Religion, politics, and human disadvantage in the food sector. *Rural Sociology* 76(2): 167–196. <https://doi.org/10.1111/j.1549-0831.2010.00044.x>
- Destatis 2020. Gesellschaft und Umwelt. Bevölkerung. [https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/\\_inhalt.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/_inhalt.html). Accessed 24 October 2022.



- Devine-Wright, P. 2008. Reconsidering public acceptance of renewable energy technologies: a critical review. *Cambridge University Press*: 443–461.
- Digital Agriculture Network. 2021. Digital Agriculture Network, Wo steht die Digitalisierung in der Landwirtschaft? <https://digitale-landwirtschaft.com/aktueller-stand-digitalisierung-in-der-landwirtschaft/>, 2021. Accessed 21 March 2022.
- Dorfner, G. 2018. Ökonomische Herausforderungen für die bayerischen Milchviehhalter. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (Eds.) *Milchviehhaltung-Lösungen für die Zukunft: Landtechnisch-Bauliche Jahrestagung*: 9–20.
- Driessen, C. and L.F.M. Heutinck. 2015. Cows desiring to be milked? Milking robots and the co-evolution of ethics and technology on Dutch dairy farms. *Agriculture and Human Values* 32: 3–20. <https://doi.org/10.1007/s10460-014-9515-5>
- Eastwood, C., L. Klerkx, M. Ayre and B. Dela Rue. 2019. Managing Socio-Ethical Challenges in the Development of Smart Farming: From a Fragmented to a Comprehensive Approach for Responsible Research and Innovation. *Journal of Environmental Ethics* 32: 741–768. <https://doi.org/10.1007/s10806-017-9704-5>
- Enste, D.H., A. Haferkamp and D. Fetchenhauer. 2009. Unterschiede im Denken zwischen Ökonomen und Laien. Erklärungsansätze zur Verbesserung der wirtschaftspolitischen Beratung. *Perspektiven der Wirtschaftspolitik* 10(1): 60–78. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2516.2008.00294.x>
- European Commission. 2020. Responsible research & innovation. Horizon 2020. [https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-2020\\_en](https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-2020_en), 2020. Accessed 10 May 2022.
- Everitt, B.S. and A. Skrondal. 1998. *The Cambridge dictionary of statistics*. Cambridge University Press.
- Federal Agency for Agriculture and Food Germany. 2021. Digitalisierung in der Landwirtschaft [https://www.ble.de/DE/Projektfoerderung/FoerderungenAuftraege/Digitalisierung/digitalisierung\\_node.html](https://www.ble.de/DE/Projektfoerderung/FoerderungenAuftraege/Digitalisierung/digitalisierung_node.html). Accessed 16 May 2022.
- Fraser, D. 2003. Assessing Animal Welfare at the Farm and Group Level: The Interplay of Science and Values. *Animal Welfare* 12(4): 433–443.
- Frewer, L.J., K. Bergmann, M. Brennan, R. Lion, R. Meertens, G. Rowe, M., Siegrist and C. Vereijken. 2011. Consumer response to novel agri-food technologies: Implications for predicting consumer acceptance of emerging food technologies. *Trends in Food Science & Technology* 22(8): 442–456. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.05.005>
- Frewer, L.J. 2017. Consumer acceptance and rejection of emerging agrifood technologies and their applications *European Review of Agricultural Economics* 44(4): 683–704. <http://doi.org/10.1093/erae/jbx007>
- Godfray, H.C.J and T. Garnett. 2014. Food security and sustainable intensification. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 369(1639): 2012027. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0273>

- Grunert, K.G., L. Bredahl and J. Scholderer. 2003. Four questions on European consumers' attitudes toward the use of genetic modification in food production. *Food Science and Emerging Technologies* 4(4): 435–445. [http://doi.org/10.1016/S1466-8564\(03\)00035-3](http://doi.org/10.1016/S1466-8564(03)00035-3)
- Gupta, N., A.R.H. Fischer and L.J. Frewer. 2012. Socio-psychological determinants of public acceptance of technologies: A review. *Public Understanding of Science* 21(7): 782–795. <https://doi.org/10.1177/0963662510392>
- Hair J.F. Jr, C.W. Black, B.J. Babin and R.E. Anderson. 2010. *Multivariate Data Analysis: A Global Perspective*. 7th Edition, Pearson Education, Upper Saddle River.
- Harms, J. and B. Bruhs. 2018. Neuer Melkkostenvergleich – Roboter oder Melkstand – wer melkt günstiger? *Bauernzeitung* 8: 34-35.
- Henchion, M.M., A. Regan, M. Beecher and A. MackenWalsh. 2022. Developing 'Smart' Dairy Farming Responsive to Farmers and Consumer-Citizens: A Review. *Animals* 12: 1–28. <https://doi.org/10.3390/ani12030360>
- Herlin, A. and S. Gunnarsson. 2018. Consumer and civil society feedback. D4F – Data Driven Dairy Decision 4 farmers. [https://4d4f.eu/sites/default/files/D2.5%20Report%20Civil%20Society%20Feedback\\_2018.pdf](https://4d4f.eu/sites/default/files/D2.5%20Report%20Civil%20Society%20Feedback_2018.pdf). Accessed 02 March 2023.
- Higgins, V., M. Bryant, A. Howell and J. Baatersby. 2017. Ordering adoption: Materiality, knowledge and farmer engagement with precision agriculture technologies. *Journal of Rural Studies* 55: 193–202. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.08.011>
- Holloway, L., K. Wilkinson and C. Bear. 2014. Robotic milking technologies and renegotiating situated ethical relationships on UK dairy farms. *Agriculture and Human Values* 31(2): 185–199. <http://dx.doi.org/10.1007/s10460-013-9473-3>
- Hostiou, N., J. Fagon, S. Chauvat, A. Turlot, F. Kling-Eveillard, X. Boivin and C. Allain. 2017. Impact of precision livestock farming on work and human-animal interactions on dairy farms. A review. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 21(4): 268-275. <https://doi.org/10.25518/1780-4507.13706>
- Huijts, N.M., E.J. Molin and L. Steg. 2012. Psychological factors influencing sustainable energy technology acceptance: A review-based comprehensive framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16(1): 525–531. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.018>
- Hüsing, B., R. Berhals, B. Bührlen, M. Friedwald, S. Kimpeler, K. Menrad, J. Wengel, R. Zimmer and P. Zoche. 2002 Technikakzeptanz und Nachfragemuster als Standortvorteil. Fraunhofer Institut. Abschlussbericht an das Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referat Z22, [https://monami.hs-mittweida.de/frontdoor/deliver/index/docId/10229/file/H%C3%BCsing\\_Technikakzeptanz\\_als\\_Standortvorteil.pdf](https://monami.hs-mittweida.de/frontdoor/deliver/index/docId/10229/file/H%C3%BCsing_Technikakzeptanz_als_Standortvorteil.pdf), 2002. Accessed 19 April 2022.
- International Farm Comparison Network 2020. IFCN Dairy Report. 2020. <https://ifcndairy.org/wp-content/uploads/2022/09/DR-20-extract-for-marketing.pdf> Accessed 03 March 2023.
- Jungbluth, T. 2017. Smart Livestock Farming. *Landinfo* 3: 15-16.

- Kaiser, H.F. and J. Rice. 1974. Little Jiffy, Mark Iv. *Educational and Psychological Measurement* 34: 111–117. <https://doi.org/10.1177%2F001316447403400115>
- Kayser, M., J. Böhm and A. Spiller. 2012. Zwischen Markt und Moral – Wie wird die deutsche Land- und Ernährungswirtschaft in der Gesellschaft wahrgenommen? Balmann, A., Glaben, T., Graubner, M., Grings, M., Hirschauer, N., Schaft, F., Wagner, P. (Eds.). *Unternehmerische Landwirtschaft zwischen Marktanforderungen und gesellschaftlichen Erwartungen – Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.* 47: 329–34
- Kendall, H.A., L.M. Lobao and J.S. Sharp. 2006. Public concern with animal well-being: Place, social structural location, and individual experience. *Rural Sociology* 71(3): 399–428. <https://doi.org/10.1526/003601106778070617>
- Krampe, C., J. Serratos, J.K. Niemi and P.T.M. Ingenbleek. 2021. Consumer Perceptions of Precision Livestock Farming—A Qualitative Study in Three European Countries. *Animals* 11: 1221. <https://doi.org/10.3390/ani11051221>
- Langer, G., C. Schaper and L. von Plettenberg. 2022. Social attitudinal acceptance of digital technologies in dairy farming – an insight into the affective dimension. *Austrian Journal of Agriculture Economics and Rural Studies* 31.16: 126–132. doi 10.15203/OEGA\_31.16
- Liebal, S. and N. Weber. 2013. Wind über Wald – Ein Review empirischer Ergebnisse zur Einstellung gegenüber und Akzeptanz von lokalen Windenergieprojekten im Wald. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung* 184(9/10): 225–236.
- Lucke, D. 1995. Akzeptanz. Legitimität in der „Abstimmungsgesellschaft“ Opladen: Leske + Budrich.
- Marescotti, M.E., E. Demartini, R. Filippini and A. Gavivlio 2021. Smart farming in mountain areas: Investigating livestock farmers’ technophobia and technophilia and their perception of innovation. *Journal of Rural Studies* 86: 463–472. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.07.015>
- María, G.A. 2006. Public perception of farm animal welfare in Spain. *Livestock Science* 103(3): 250–256. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.05.011>
- Millar, K.M, S.M. Tomkins, R.P. White and T. B. Mephram. 2002. Consumer attitudes to the use of two dairy technologies. *British Food Journal* 104(1): 31–44. <http://dx.doi.org/10.1108/00070700210418721>
- Mohaupt, F., L. Macht, C. Dede and S. Gähns. 2018. Mögliche Akzeptanzfaktoren für Flexibilität im Energiesystem. Eine literaturbasierte Analyse im Rahmen von Arbeitspaket 8 im Projekt Designetz. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung.
- Mohr, S., and R. Kühl. 2021. Acceptance of artificial intelligence in German agriculture: An application of the technology acceptance model and the theory of planned behavior. *Precision Agriculture* 22: 1816–1844. <https://doi.org/10.1007/s11119-021-09814-x>.
- Müller-Böling, D. and M. Müller. 1986. Akzeptanzfaktoren der Bürokommunikation. Oldenbourg. München.

- Paustian, M. and L. Theuvsen. 2017. Adoption of precision agriculture technologies by German crop farmers. *Precision Agriculture* 18: 701-716. <https://doi.org/10.1007/s11119-016-9482-5>
- Pfeiffer, J., A. Gabriel and M. Gandorfer. 2020. Understanding the public attitudinal acceptance of digital farming technologies: a nationwide survey in Germany. *Agriculture and Humans Values* 38(1): 107–128. <https://doi.org/10.1007/s10460-020-10145-2>
- Regan, Á. 2019. ‘Smart farming’ in Ireland: A risk perception study with key governance actors. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences* 90–91: 100292. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.02.003>
- Ronteltap, A., J.C.M. Van Trijp, R.J. Renes and L.J. Frewer. 2007. Consumer acceptance of technology-based food innovations: Lessons for the future of nutrigenomics. *Appetite* 49(1): 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2007.02.002>
- Rose, D.C. and J. Chilvers. 2018. Agriculture 4.0: Broadening responsible innovation in an era of smart farming, *Frontiers in Sustainable Food Systems* 2(87): 1–7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00087>
- Rose, D.C., R. Wheeler, M. Winter, M. Lobley and C.-A. Chivers. 2021. Agriculture 4.0: making it work for people, production, and the planet. *Land Use Policy* 100: 104933. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104933>
- Rotz, S., E. Gravely, I. Mosby, E. Duncan, E. Finnis, M. Horgan, J. LeBlanc, R., Martin, H. Tait Neufeld, A. Nixon, L. Pant, V. Shalla and E. Fraser. 2019. Automated pastures and the digital divide: How agricultural technologies are shaping labour and rural communities. *Journal of Rural Studies* 68: 112–122. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.01.023>
- Ruby, M.B. 2012. Vegetarianism. A blossoming field of study. *Appetite* 58(1): 141–150. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2011.09.019>
- Rutten, C. J., W. Steeneveld, A. G. J. M. Oude Lansink, and H. Hogeveen. 2018. Delaying investments in sensor technology: The rationality of dairy farmers’ investment decisions illustrated within the framework of real options theory. In: *Journal of Dairy Science* 101 (8): 7650–7660. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13358>
- Sauer, A., F. Luz and M. Suda. 2005. Steigerung der Akzeptanz von FFH-Gebieten. Bundesamt Für Naturschutz. Skripten 144. Abschlussbericht. <https://www.bfn.de/sites/default/files/BfN/service/Dokumente/skripten/skript144.pdf>
- Schäfer, M. and D. Keppler 2013. Modelle der technikorientierten Akzeptanzforschung. Überblick und Reflexion am Beispiel eines Forschungsprojekts zur Implementierung innovativer technischer Energieeffizienz-Maßnahmen, Discussion paper der Technischen Universität Berlin Nr. 34/2013, 2014. <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-4461>.

- Schukat, S., L. Theuvsen and H. Heise. 2019. IT in der Landwirtschaft: mit einheitlichen Definitionen zu einheitlichem Verständnis. Meyer-Aurich, A., Gandorfer, M., Barta, N., Gronauer, A., Kantelhardt, J., H. Floto (Eds.). Digitalisierung für landwirtschaftliche Betriebe in kleinstrukturierten Regionen – ein Widerspruch in sich? 39. GIL-Jahrestagung: 211–216.
- Scientific Advisory Board Agricultural. 2015. Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Kurzfassung des Gutachtens. [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/\\_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung-Kurzfassung.pdf%3F\\_\\_blob%3DpublicationFile%26v%3D2](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung-Kurzfassung.pdf%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D2), 2015 Accessed 03 May 2022.
- Schweizer-Ries, P., D. Keppler and I. Rau. 2010. Aktivität und Teilhabe – Akzeptanz Erneuerbarer Energien durch Beteiligung steigern. Projektabschlussbericht (FKZ: 0325052).
- Segerdahl, P. 2007. Can natural behavior be cultivated? The farm as a local human/animal culture. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 20: 167–193. <https://doi.org/10.1007/s10806-006-9028-3>
- Sharp, J.S. and M. Tucker. 2005. Awareness and concern about largescale livestock and poultry: Results from a statewide survey of Ohioans. *Rural Sociology* 70(2): 208–228. <http://dx.doi.org/10.1526/0036011054776398>
- Shepherd, M., J.A. Turner, B. Small and D. Wheeler. 2018. Priorities for science to overcome hurdles thwarting the full promise of the ‘digital agriculture’ revolution. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 100: 5083–5092. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9346>
- Short, J.R. 1992. Imagined country: Environment, culture and society. *Environmental Values* 1(3): 278–280.
- Siegrist, M. and C. Hartmann. 2020. Consumer acceptance of novel food technologies. *Nature Food* 1: 343–350. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0094-x>
- Siegrist, M. 2008. Factors influencing public acceptance of innovative food technologies and products. *Trends in Food Science and Technology* 19(11): 603–608. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2008.01.017>
- Simões Filho, L.M., M.A. Lopes, S.C. Brito, G. Rossi, L. Conti and M. Barbari. 2020. Robotic milking of dairy cows: a review. *Semina: Ciências Agrárias* 41(6): 2833–2850. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6p2833>
- Sjöberg, L. 2004. Principles of risk perception applied to gene technology. *EMBO Reports* 5(1): 47–51. <https://doi.org/10.1038/sj.embor.7400258>
- Sonnberger, M. and M. Ruddat. 2016. Die gesellschaftliche Wahrnehmung der Energiewende – Ergebnisse einer deutschlandweiten Repräsentativbefragung. Nr. 34. [https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/8911/1/KOMMA-P-Survey-Bericht\\_300916.pdf](https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/8911/1/KOMMA-P-Survey-Bericht_300916.pdf)
- Sonntag, W.I., S. Golze, A. Spiller and M. von Meyer-Höfer. 2018. There ain’t no such Thing as a Free Lunch: Intra-sustainable. Trade-offs in Broiler Production from a Consumer’s Perception. *German Journal of Agriculture Economics* 67(1): 31–47. <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.309948>

- Stoerk-Biber, C., J. Hampel, C., Kropp and M. Zwick. 2020. Wahrnehmung von Technik und Digitalisierung in Deutschland und Europa: Befunde aus dem TechnikRadar. *HMD* 57: 21-32.
- Stuart, D., R.L. Schewe, R.L. and R. Gunderson. 2012. Extending social theory to farm animals: Addressing alienation in the dairy sector. *Sociologia Ruralis* 53(2): 201–222. <https://doi.org/10.1111/soru.12005>
- Taylor, C. 1991. *The Malaise of Modernity*. 11th edition. Surkamp, Frankfurt am Main, Germany.
- Te Velde, H., N. Aarts and C. van Woerkum. 2002. Dealing with ambivalence: Farmers and consumers perception of animal welfare in livestock breeding. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 15: 203–219. <https://doi.org/10.1023/A:1015012403331>
- Vanhonacker, F., W., Verbeke, E. van Poucke. 2007. Segmentation based on consumers' perceived importance and attitude toward farm animal welfare. *International Journal of Sociology of Food and Agriculture* 15(3): 84-100. <https://doi.org/10.48416/ijfsaf.v15i3.286>
- van der Burg, S., M.-J. and S. Wolfert. 2019. Ethics of smart farming: Current questions and directions for responsible innovation towards the future. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences* 90–91: 100289. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.01.001>
- Venkatesh, V., M.G. Morris, G.B. Davis and F.D. Davis. 2003. User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly* 27(3): 435–478. <http://dx.doi.org/10.2307/30036540>
- Verbeke, W., L.J. Frewer, J. Scholderer and D.M. Eary. 2007. Why consumers behave as they do with respect to food safety and risk information. *Analytica Chimica Acta* 586(1–2): 2–7. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2006.07.065>
- Vierboom, C., I. Härten, I. and J. Simons. 2006. Akzeptanz organisatorischer und technologischer Innovationen in der Landwirtschaft bei Verbrauchern. *Schriftenreihe Landwirtschaftliche Rentenbank* 21: 171–209.
- von Schönfeld, M., R. Heil and L. Bittner. 2018. Big Data on a Farm – Smart Farming. In *Big Data in Context. Legal, Social and Technological Insights*, ed. Hoeren, T., B., Kolany-Raiser, 109-120. Cham: Springer Open.
- Weary D.M. and M.A.G. von Keyserlingk. 2017. Public concerns about dairy-cow welfare: How should the industry respond? *Animal Production Science* 57(7): 1201–1209. <http://doi.org/10.1071/AN16680>
- Wendl, G. 2015. Technik in der Rinderhaltung. *Jahrbuch Agrartechnik* 2015: 1-12.
- Wenzel, C., S. Schönreiter-Fischer and J. Unshelm. 2003. Studies on step-kick behavior and stress of cows during milking in an automatic milking system. *Livestock Production Science* 83 (2–3): 237–246. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00109-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00109-X)

- Wille, S.C., G. Busch and A. Spiller 2017. Transportation in Pig Husbandry: Does an Increase in Consumers' Information and Knowledge Lead to a More Positive Attitude? *German Journal of Agriculture Economics* 66(1): 1–12. <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.303528>
- Wolfert, S., L. Ge., C. Verdouw and M.J. Bogaardt. 2017. Big data in smart farming – a review. *Agriculture Systems* 153: 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.01.023>
- Zanin, A., C. Baú Dal Magro, D.K. Bugalho, F. Morlin, P. Afonso and A. Sztando. 2020. Driving Sustainability in Dairy Farming from a TBL Perspective: Insights from a Case Study in the West Region of Santa Catarina, Brazil. *Sustainability* 12(15): 6038. <https://doi.org/10.3390/su12156038>

**Teil III – Gesellschaftliche Akzeptanz gegenüber der Digitalisierung in der  
Milchviehhaltung**

**III. 2 Die gesellschaftliche Einstellungsakzeptanz digitaler Technologien in der  
Milchviehhaltung – eine Betrachtung der affektiven Dimension**

Greta Langer, Louisa von Plettenberg und Christian Schaper

Dieser Beitrag ist so oder in ähnlicher Fassung veröffentlicht in der wissenschaftlichen  
Zeitschrift: Austrian Journal of Agricultural Economics and Rural Studies 31(16):  
125-132.



## **Zusammenfassung**

Die Digitalisierung der Milchviehhaltung in Deutschland gewinnt an Bedeutung. Laut Expertenaussagen besteht durch den Einsatz digitaler Technologien die Möglichkeit, gesellschaftliche Erwartungen nach mehr Nachhaltigkeit, Umweltfreundlichkeit und Tierwohl zu erfüllen. Jedoch wird der gesellschaftliche Blick auf moderne Praktiken der Tierhaltung kritischer. Bislang existieren nur wenige Studien, die die gesellschaftliche Einstellungsakzeptanz der Digitalisierung der Landwirtschaft untersucht haben. Diese Studie leistet einen Beitrag zur Schließung dieser Forschungslücke, indem zwei digitale Technologien der Milchviehhaltung, Melk- und Futterroboter, Gegenstand einer Online-Befragung mit 1.105 Bürger\*innen in Deutschland waren. Dabei wurde auf die affektive Komponente der gesellschaftlichen Einstellungsakzeptanz fokussiert. Die Ergebnisse zeigen, dass die Technologien unterschiedlich wahrgenommen werden und sich in der Intensität der Emotionen voneinander abgrenzen. Beim Melkroboter überwiegen negative Gefühle und negative Spontanassoziationen.

**Schlagnworte:** Einstellungsakzeptanz, Emotionen, Milchviehwirtschaft, Digitalisierung, Spontanassoziationen

## **Summary**

The digitization of dairy farming in Germany is gaining in importance. According to experts, the increased use of digital technologies fulfills the opportunity to meet social expectations for greater sustainability, environmental friendliness and animal welfare. However, society's view of modern animal husbandry practices is becoming more critical. So far there have been only a few studies conducted on the social perception towards digital agriculture. This study contributes to filling this research gap by making two digital technologies of dairy farming, milking and feeding robots, the subject of an online survey, which was conducted with 1,105 citizens in Germany. The survey focused on the affective component of attitude perception. The results show that the technologies are perceived differently and differ in their intensity of emotions. In the case of the milking robot, negative feelings and negative spontaneous associations predominate.

**Keywords:** social attitudinal acceptance, emotions, dairy farming, digitalization, spontaneous associations

## 1. Einleitung und Fragestellung

Die digitale Transformation der Landwirtschaft hat in der Vergangenheit an Fahrt aufgenommen. In Bereichen der Tierproduktion und des Pflanzenbaus verbreiten sich digitale Technologien entlang der Wertschöpfungskette (Schleicher und Gandorfer, 2018). Digitale Innovationen verbessern die Produktionstechnik, die Arbeitsproduktivität, den Arbeitsschutz sowie den nachhaltigen Umgang mit Ressourcen. Speziell in der Milchviehhaltung sind Fütterungs- und Melkroboter, automatische Entmistungssysteme, Sensoren in Klimasystemen oder sensorgestützte Tierüberwachung, etwa im Rahmen der Futtermittelaufnahme und Körperkondition, bereits in betrieblichen Abläufen integriert (Netzwerk Digitale Landwirtschaft, 2021). Vorrangiges Ziel der Nutzung dieser digitalen Technologien ist die Verbesserung von Haltungssystemen und deren Bedingungen, sowie das Erreichen von mehr Tierwohl, bei gleichzeitigen Effizienzsteigerungen und Arbeitserleichterungen (Berckmans, 2017; Bolinski, 2020). Neben zunehmend interessierten Landwirten\*innen stehen allerdings viele Bürger\*innen dem Einsatz digitaler Technologien in der Landwirtschaft kritisch gegenüber (Weary und von Keyserlingk, 2017; Vierboom et al., 2006). Der fortschreitende Digitalisierungstrend in der Landwirtschaft wird nicht von allen Teilen der Gesellschaft akzeptiert (Krampe et al., 2021).

Vierboom et al. (2006) haben gezeigt, dass die Gesellschaft im Akzeptanzprozess eine Einteilung in „gute“ und „schlechte“ Technologien vornimmt, wobei diese Einteilung in direktem Bezug zum eigenen Erleben der Bürger\*innen steht. Zudem sind digitale Innovationen oft nur schwer in vorherrschende Idealbilder der Landwirtschaft zu integrieren (Vierboom et al., 2006, 186). Vernachlässigt wurden Untersuchungen gesellschaftlicher Einstellungsakzeptanz im Bereich des ‚Precision und Smart Livestock Farming‘ (Krampe et al., 2021). Jüngste Studien (vgl. Pfeiffer et al., 2020, Krampe et al., 2021) konzentrieren sich auf die gesellschaftliche Akzeptanz im Bereich der Entwicklung landwirtschaftlicher Technologien. Sie betonen die Notwendigkeit weiterer Analysen, mit dem Ziel, künftig ein angemessenes Bild der digitalen Landwirtschaft vermitteln zu können. Teilweise ist es unklar, inwieweit die Öffentlichkeit digitale Innovationen in unterschiedlichen Anwendungsbereichen der Landwirtschaft akzeptiert und ob eine kritische Auseinandersetzung künftig stattfinden wird. Studien, die die gesellschaftliche Einstellungsakzeptanz digitaler Technologien in der Milchviehhaltung untersuchen, liegen bisher nicht vor. Vor diesem Hintergrund kann der vorliegende Untersuchungsgegenstand erste Erkenntnisse zu einem bislang wenig erforschten Themengebiet liefern.

Unter Akzeptanz kann die „Übereinstimmung von gesellschaftlichen Erwartungen mit der wahrgenommenen Realität (...)“ verstanden werden (WBA, 2015, 34). In der Akzeptanzforschung wird zwischen Einstellungs- und Verhaltensakzeptanz unterschieden (Müller-Böling und Müller, 1986). Die Einstellungsakzeptanz wird nicht allein auf Basis von kognitivbasierenden Prozessen bewertet. Auch die affektive Dimension kann Einfluss auf die Einstellungsakzeptanz nehmen (Zwick und Renn, 1998). Dabei beschreibt die affektive Komponente den Gefühlszustand einer Person gegenüber einer Technologie beispielsweise. Die affektive Dimension ist gekennzeichnet durch Fortbestehen in der Zeit (Müller-Böling und Müller, 1986). Die Verhaltensakzeptanz bezieht sich auf die Nutzungsintention einer

Technologie, weswegen diese für den hiesigen Forschungskontext keine Berücksichtigung findet (Müller-Böling und Müller, 1986).

Der Fokus liegt auf der affektiven Dimension der gesellschaftlichen Einstellungsakzeptanz von zwei digitalen Technologien in der Milcherzeugung, namentlich der von Melk- und Futterroboter. Mittels einer Onlinebefragung unter deutschen Bürger\*innen soll die affektive Dimension hinsichtlich der Wahrnehmung der zuvor genannten Technologien untersucht werden. Die Ergebnisse können erste Implikationen zur Verbesserung der gesellschaftlichen Akzeptanz digitaler Technologien für die Akteure der Wertschöpfungskette Milch liefern.

## 2. Material und Methoden

Im September 2021 wurde eine standardisierte Online-Befragung unter Bürger\*innen in Deutschland zur Analyse der Einstellungsakzeptanz von digitalen Technologien in der Milchviehhaltung durchgeführt. Die Rekrutierung der Teilnehmer\*innen erfolgte über einen Panelanbieter. Mit Blick auf repräsentative Ergebnisse wurden Quoten für die Geschlechtsverteilung, die Altersklassen, den Wohnort und die Bildung gesetzt. An der Umfrage nahmen 1.105 Personen teil. Der Fragebogen gliedert sich in drei Frageblöcke.

Zu Beginn sind Fragen bezüglich der Soziodemografie, dem Wissensstand über Praktiken in der Milchviehhaltung, der Einstellung gegenüber der Milchviehhaltung, dem Vertrauen in die Landwirtschaft und einzelne Wertevorstellungen subsumiert. Der zweite Teil des Fragebogens beinhaltet Fragen zu wahrgenommenen Risiken und Nutzensvorteilen von digitalen Technologien sowie Fragen zu emotionalen Reaktionen. Um die affektive Reaktion abzufragen, nutzt diese Studie einen bildgestützten Ansatz, da Bilder nachweislich stärkere Gefühle auslösen können als Texte und demnach ein höheres Emotionalisierungspotenzial aufweisen (Busch et al., 2015; Lobinger, 2012). Der letzte Fragenblock enthält Fragen zur Befürwortung bzw. zur Akzeptanz der Nutzung digitaler Technologien in der Milchviehhaltung. Mittels Nominalskalen werden soziodemografische Charakteristiken abgefragt. Einstellungsfragen werden mit Hilfe fünfstufiger Likertskalen gestellt<sup>1</sup>. Eine Ausnahme stellt der bildgestützte Forschungsansatz dar. Hier wird ein Mixed-Method-Design angewendet. Dieses Vorgehen kombiniert qualitative und quantitative Forschungselemente in einem Studiendesign (Hussy et al., 2010). So können sowohl Erkenntnisse der Bewertung als auch der Wirkung der gezeigten Bilder gewonnen werden (Busch et al., 2017). Die Studie arbeitet quantitativ mit Likertskalen und qualitativ über Nennungen von Assoziationen (Busch et al., 2015). Die Befragten wurden gebeten auf einer fünfstufigen Likertskala zu bewerten, wie sie sich emotional gesehen nach der Betrachtung der beiden Bilder fühlten. Dabei wurde sich an der validierten Skala, der deutschen Version der „Positive and Negative Affect Schedule (PANAS)“, orientiert (Breyer und Bluemke, 2016). Aspekte positiver und negativer Gefühle werden in dieser Skala nicht

---

<sup>1</sup> Alle Items waren auf einer Skala von „+2 = Stimme voll und ganz zu/Sehr häufig/Sehr wichtig/Äußerst intensiv“ bis „-2 = „Stimme überhaupt nicht zu/Nie/Überhaupt nicht wichtig/Gar nicht intensiv“ zu bewerten

als gegensätzliche Pole einer Dimension betrachtet, sondern als diskriminierbare Dimension desselben Konstrukts (Ibid.). Deswegen fragt die vorliegende Studie nur nach momentanen und situationsbedingten Affekten, die voraussichtlich durch die Betrachtung der beiden Bilder ausgelöst werden. Diejenigen Items, die überdauernde, habituelle Affekte abfragen und wahrscheinlich in keinem Zusammenhang zu den gezeigten Bildern stehen, wurden ausgeschlossen (z.B. stark, feindselig, entschlossen).

Insgesamt wurden acht Gefühlszustände abgefragt. Die genaue Fragestellung lautete: *„Nun möchten wir gerne von Ihnen wissen, wie Sie sich fühlen, nachdem Sie das Bild gesehen haben. Die folgenden Wörter beschreiben unterschiedliche Gefühle und Empfindungen. Lesen Sie jedes Wort und tragen Sie dann in die Skala neben jedem Wort die Intensität ein.“* Die gezeigten Bilder <sup>2</sup> sind bewusst aus dem Internet entnommen, um den Befragten allgemein zugängliche, medienbasierte Fotografien der Technologien zu präsentieren. Eine Vorgehensweise, die so auch Pfeiffer et al. (2020) angewendet haben. Da die Art der Darstellung Einfluss auf die Wahrnehmung der Bilder nehmen kann (Wildraut et al., 2015), wurden möglichst realitätsnahe Szenarien gezeigt. So sind beide Roboter im Stall 'in Aktion' zu sehen sowie aus der Perspektive 'Mensch' aufgenommen (Busch et al., 2017) und befinden sich mittig im Bild.

Es wurde versucht, möglichst neutrale Bilder hinsichtlich des Platzangebots, der Bodenbeschaffenheit im Stall, der Lichtverhältnisse und Haltungsformen zu zeigen. Denn die genannten Kriterien beeinflussen bei bildbasierten Ansätzen nachweislich die Wahrnehmung von Befragten im Rahmen von Tierhaltungsverfahren. Es wird davon ausgegangen, dass beide Bilder für die meisten Teilnehmer\*innen der Umfrage ein fremdes Szenario darstellen, was in der Regel zu einer intensiveren Betrachtung führt (Ibid.).

In einem zweiten Schritt wurden die Teilnehmer\*innen gebeten, sowohl für das Bild des Melkroboters als auch für das des Futterroboters, ihre ersten drei Spontanassoziationen aufzuschreiben. Diese wurden qualitativ ausgewertet und zehn Kategorien zugeordnet. Die Kategorienbildung basiert auf der Grundlage sachlogischer Überlegungen der Autoren und einer induktiven Vorgehensweise, unter Anwendung der qualitativen Analysemethoden nach Mayring (2015). Die Studie von Busch et al. (2015) ging in gleicher Weise bei der Zusammenfassung von Assoziationen in Kategorien vor. Um nach Möglichkeit nur „spontan Geäußertes“ zu berücksichtigen, flossen lediglich die ersten Nennungen für das jeweilige Bild in die qualitative Analyse ein (Ibid.). Die weiteren Antworten der Befragung wurden deskriptiv mit dem Statistikprogramm „IBM SPSS Statistics – Version 27“ ausgewertet. Unter Anwendung von bivariaten Analysemethoden (t-Tests bei gepaarten Stichproben), wurden die Mittelwerte der Gefühlsaussagen miteinander verglichen. Mit Hilfe des t-Tests können signifikante Unterschiede in der emotionalen Wahrnehmung der beiden Bilder bei den Befragten identifiziert werden.

---

<sup>2</sup> Futterroboter: <https://i0.wp.com/bauer.journalistenschule-ifp.de/wp-content/uploads/2019/08/der-digitale-kuhstall-web.jpg?fit=1068%2C712&ssl=1> Melkroboter: [https://www.lely.com/media/filer\\_public/filer\\_public/5f/a4/5fa45e5f-eba8-4d55-ab55-881b5ed80a07/2005\\_a3\\_1.jpg\\_\\_3464x2116\\_q70\\_crop\\_subsampling-2\\_upscale.jpg](https://www.lely.com/media/filer_public/filer_public/5f/a4/5fa45e5f-eba8-4d55-ab55-881b5ed80a07/2005_a3_1.jpg__3464x2116_q70_crop_subsampling-2_upscale.jpg)

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Stichprobenbeschreibung und Wissen über die Milchviehhaltung

Von 1.105 Teilnehmern\*innen waren 49,8% männlich, 50,1% weiblich und 0,1% divers (siehe Tabelle 1). Diese Verteilung entspricht jener des deutschen Bundesdurchschnitts (Destatis, 2020). Auch die Struktur der Altersklassen innerhalb der Stichprobe kann als repräsentativ angesehen werden. Hinsichtlich der Verteilung der Herkunft nach urbanen und ruralen Lebensräumen<sup>3</sup> und dem Bildungsgrad entspricht die Stichprobe ebenfalls der deutschen Gesamtbevölkerung. Die Verteilung der Stichprobe in der Kategorie „(noch) ohne Abschluss“ ist mit 0,4% unterrepräsentativ, wohingegen der Abschluss „Abitur“ mit 20% als leicht überrepräsentativ im Vergleich zum deutschen Bundesdurchschnitt zu bewerten ist.

Tabelle 1: Soziodemografische Merkmale der Stichprobe im Vergleich mit dem Bundesdurchschnitt

	<b>Ausprägung</b>	<b>Stichprobe</b>	<b>Bundesdurchschnitt</b>
<b>Geschlecht</b>	Männlich	49,8%	49%
	Weiblich	50,1%	51%
	Divers	0,1%	o.A.
<b>Alter</b>	18-24	10%	9%
	25-39	23%	22%
	40-64	47%	44%
	65 Jahre und älter	20%	25%
<b>Einwohnerzahl</b>	Bis unter 20.000	37%	40%
	20.000 bis 100.000	29%	28%
	100.000 bis 500.000	16%	15%
	500.000 und mehr	18%	17%
<b>Abschluss</b>	Abgeschlossenes Studium	16%	17%
	Abitur	20%	14%
	Realschule/POS	32%	31%
	Hauptschule	32%	35%
	(noch) ohne Abschluss	0,4%	4%

Quelle: Eigene Berechnung nach Destatis (2020).

Fast zwei Drittel der Befragten (65,2%) schätzt ihren Wissenstand im Bereich Landwirtschaft und Milchviehhaltung als gering ein. 77,4% der Befragten antwortet kein Wissen über digitale Technologien in der modernen Milchviehhaltung zu haben. 8,9% stufen ihren Wissensstand im Bereich der digitalen Technologien in der Milchviehhaltung hoch ein und 20,1% geben an, gängige landwirtschaftliche

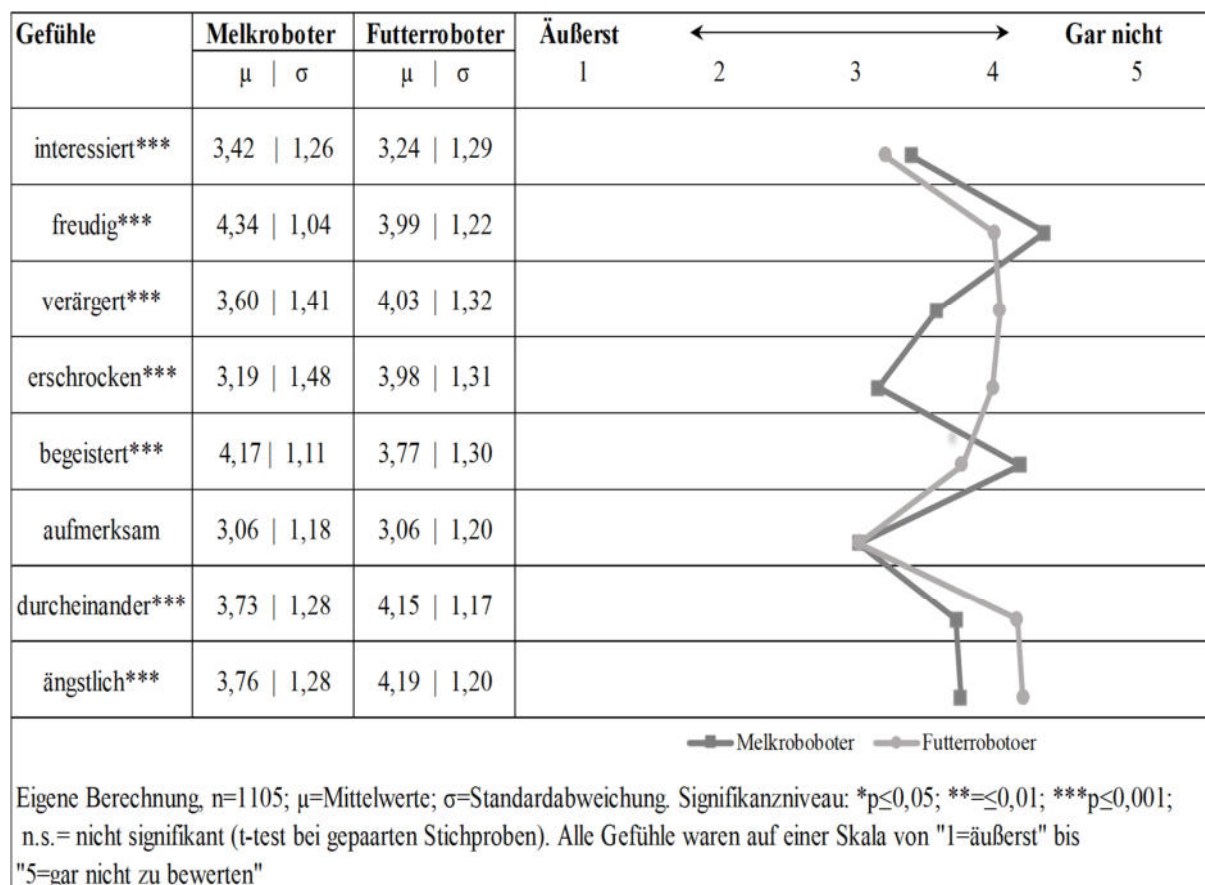
<sup>3</sup> Ländlicher Wohnort: bis unter 20.000 Einwohner, Mittelstadt: 20.000-100.000 Einwohner, Großstadt: 100.000-500.000 Einwohner und mehr.

Praktiken in der Milchviehhaltung zu kennen. Insgesamt 103 Probanden\*innen (9,3%) verfügen über Arbeitserfahrungen in der Landwirtschaft oder im landwirtschaftlichen Sektor. Knapp ein Viertel der Befragten (24,8%) haben Freunde, Bekannte, Familienangehörige, die in der Landwirtschaft tätig sind. Damit weist die Stichprobe einen hohen Bezug zur Landwirtschaft auf. Zudem fällt auf, dass die Mehrheit der Befragten ein begrenztes Wissen über digitale Technologien und gängige Praktiken in der Milchviehhaltung besitzt.

### 3.2 Emotionale Bewertungen und erzeugte Assoziationen durch digitale Technologien in der Milchviehhaltung

Die folgende Abbildung 1 und die Tabelle 2 stellen die Bewertungen der einzelnen positiven und negativen Gefühle sowie die genannten Spontanassoziationen dar. Dabei bewerten die Befragten ihre Gefühle hinsichtlich ihrer Intensität im Zusammenhang mit den gezeigten Bildern. Die Ergebnisse zeigen, dass die emotionale Bewertung beider Bilder zwar einen ähnlichen Verlauf nimmt, sie sich aber in der Ausprägung unterscheiden.

Abbildung 1: Emotionale Bewertung des Melk- und Futterroboters



Quelle: Eigene Darstellung.

Das Bild des Melkroboters löst bei allen acht abgefragten Gefühlen deutlich negativere Reaktionen bei den Befragten aus als jenes des Futterroboters. Die Bewertungen der Items „interessiert“ ( $\mu = 3,42$ ), „freudig“ ( $\mu = 4,34$ ) und „begeistert“ ( $\mu = 4,17$ ) fallen beim Melkroboter schlechter aus. Die Mittelwerte für den Futterroboter sind bei den Items „interessiert“ ( $\mu = 3,24$ ), „freudig“ ( $\mu = 3,99$ ) und „begeistert“ ( $\mu = 3,77$ ) kleiner; die Befragten stimmen den positiven Gefühlszuständen also eher zu. Kein Unterschied zeigt der Vergleich der beiden Mittelwerte des Items „aufmerksam“. Er liegt für beide Darstellungen bei  $\mu = 3,06$ . Die Befragten sind demnach bei beiden Bildern gleichermaßen aufmerksam.

Bei der Betrachtung der negativen Gefühle fällt auf, dass die Ausprägung der Items gegenüber der Abbildung des Melkroboters größer ist. Die Befragten sind verärgelter ( $\mu = 3,60$ ), ängstlicher ( $\mu = 3,76$ ) und erschrockener ( $\mu = 3,19$ ), nachdem sie das Bild des Melkroboters sahen. Die Intensität der genannten Gefühle ist für den Futterroboter entsprechend geringer. Am deutlichsten zeigt sich der Unterschied beim Item „erschrocken“; die Befragten waren weniger erschrocken, nachdem sie das Bild des Futterroboter sahen ( $\mu = 3,98$ ).

Der t-Test zeigt, dass sich die Bewertung der emotionalen Reaktionen hinsichtlich ihrer Mittelwerte bei sieben von acht Gefühlen höchst signifikant unterscheidet. Das Item „aufmerksam“ wurde als nicht signifikant eingestuft, wurde aber aus Vollständigkeitsgründen in die Bewertung aufgenommen. Die Werte der Standardabweichungen liegen bei den Emotionen, die das Bild des Melkroboters auslöst, zwischen  $\sigma = 1,04$  und  $\sigma = 1,48$ , beim Futterroboter streuen die Werte zwischen  $\sigma = 1,17$  und  $\sigma = 1,32$ . Über alle Werte hinweg betrachtet, weist die größte Standardabweichung mit  $\sigma = 1,48$  das Item „erschrocken“ beim Melkroboter auf. Die größte Einigkeit besteht mit  $\sigma = 1,04$  wiederum auch beim Melkroboter beim Gefühl „freudig“.

Tabelle 2 führt die erste Spontanassoziation bezüglich des Bildmaterials in Prozentpunkten auf. Da nicht alle Probanden\*innen eine Assoziation genannt haben, weicht die Anzahl der Nennungen von der Stichprobengröße ab. Für das Bild des Melkroboters konnten 1.041 Nennungen gezählt werden, für jenes des Futterroboters 1.022.

Zunächst fällt auf, dass die negativen Nennungen für das Bild des Melkroboters dominieren (siehe Tabelle 2). Mit 19% am häufigsten genannt, wurden Begriffe, die der Kategorie „unnatürlich/unpersönlich“ zugeteilt werden. Es folgten negativ konnotierte Begriffe der Kategorie „Wut/Ablehnung/Schock“ (16%) und Assoziationen, die der Kategorie „Tierquälerei“ (15%) zugeordnet werden. Zudem weckt das Bild des Melkroboters bei 5% der Befragten Assoziationen der Kategorie „kühl/steril“. Neutrale Begriffe wie „technisch/maschinell“ nennen 17% der Befragten.

Positive Nennungen sind in Verbindung mit dem Melkroboter rar. Etwa 3% der Befragten assoziieren Begriffe, die zu der Kategorie „Begeisterung“ gezählt werden. 13 Teilnehmer\*innen empfinden, dass die Kuh im Melkroboter zufrieden aussieht und nur ein weiteres Prozent (9 Nennungen) finden den Melkroboter „In Ordnung“ oder geben ihr „Einverständnis“ zur Nutzung. Ein geringer Anteil der

Befragten, (10%), schätzen die Technologie als fortschrittlich, innovativ und arbeitserleichternd für den/die Landwirt\*in ein.

Tabelle 2: Erste Assoziation mit den gezeigten Bildern nach Kategorien

Kategorien	Melkroboter	Futterroboter
Begeisterung	3% (27)	4% (39)
Einverständnis/In Ordnung	1% (9)	13% (134)
Technisch/Maschinell	17% (177)	11% (111)
Unnatürlich/ Unpersönlich	19% (202)	10% (100)
Innovativ/Fortschritt/Arbeitserleichterung	10% (103)	26% (270)
Wut/Ablehnung/Schock	16% (162)	8% (84)
Kühl/steril	5% (56)	1% (12)
Tierquälerei	15% (157)	8% (79)
Tier ist zufrieden	1% (13)	2% (22)
Sonstiges (nicht einzuordnen)	13% (135)	17% (171)

n=1041 bei Melkroboter; keine Angaben=64; n=1022 bei Futterroboter; keine Angaben=83

Quelle: Eigene Berechnung.

Eine andere Verteilung der Nennung zeigt sich beim Bild des Futterroboters. Die meisten Nennungen, 26% (270 Assoziationen) werden der Kategorie „Innovativ/Fortschritt/Arbeitserleichterung“ zugeordnet. 13% (134 der Befragten) finden den Futterroboter „In Ordnung“ und 4% der Probanden\*innen zeigen großes Interesse oder Begeisterung für die Technologie. Neutrale Begriffe wie „technisch/maschinell“ nennen 11% der Befragten. Die negativen Kategorien sind mit weniger Assoziationen besetzt als beim Melkroboter. Lediglich ein Prozent nennt die Begriffe „kühl/steril“. 8% der Befragten zeigen sich wütend, schockiert oder lehnen die Technologie ab. Zudem assoziieren 8% der Probanden\*innen Aspekte der Tierquälerei in Verbindung mit der Darstellung des Futterroboters. Auch wenn ein direkter Vergleich der beiden Assoziationen aufgrund der leicht abweichenden Gesamtnennung nicht gänzlich möglich ist, lässt sich erkennen, dass die eher negative emotionale Bewertung des Melkroboters aus Abbildung 1 auch bei den Spontanassoziationen wiederzufinden ist und der Futterroboter mit positiveren Begriffen assoziiert wird.

#### 4. Diskussion und Schlussfolgerung

In der vorliegenden Studie wurde die affektive Dimension der Einstellungsakzeptanz digitaler Technologien in der Milchviehhaltung untersucht. Im Mittelpunkt stehen zwei gängige Praktiken, die



Anwendung des Melkroboters und die des Futterroboters. Die Ergebnisse bestätigen eine Studie von Boogaard et al. (2011), die besagt, dass das Verhältnis der Gesellschaft gegenüber der modernen Tierhaltung ambivalent ist. Einerseits wurde eine gesellschaftliche Kritik an der modernen Milchviehhaltung konstatiert, andererseits konnte festgestellt werden, dass gewisse Aspekte moderner Praktiken befürwortet werden, wenn sie etwa einer erhöhten Lebensmittelsicherheit dienen. Boogaard et al. (2011) sprechen hier von der „Ambivalenz der zwei Seiten der Moderne“. Die Ausbeutung von Natur und Tier, der Verlust von Traditionen markieren die negative Seite, während Fortschritt, Effizienz und Arbeitserleichterung positiv besetzt sind. Die Ergebnisse dieser Studie manifestieren diesen Zwiespalt. Der Futterroboter spiegelt eine „positive Seite der Moderne“ wider. Vor allem Begriffe wie Effizienz, Zukunft und Fortschritt wurden mehrheitlich genannt. Die Darstellung des Melkroboters bedient eher eine „negative Seite der Moderne“. Unnatürliche und unpersönliche Praktiken, das Fehlen des Landwirts/der Landwirtin und der damit einhergehende Verlust von Tradition und Natürlichkeit wurden hier von den Befragten am häufigsten genannt.

Auch Vierboom et al. (2006) gehen bei der gesellschaftlichen Auseinandersetzung mit landwirtschaftlich genutzten Technologien von einer Unterteilung in „gute und schlechte Innovationen aus“. Schlechte Innovationen sind solche, bei denen Bilder aufgrund der „unmittelbar empfundenen Empathie und Sympathie zum Tier bei vielen Verbrauchern körperliches Unwohlsein“ hervorrufen (Vierboom et al., 2006, 186). Bei der Betrachtung des Melkroboters werden bei einigen der Befragten negative Assoziation ausgelöst, die mit Tierquälerei, Wut und Ablehnung verbunden werden. Es überwiegen also diejenigen Aspekte, die zu den „schlechten Innovationen“ gezählt werden können. Zu den gut bewerteten Technologien zählen laut Vierboom et al. (2006) Neuerungen, die von der Gesellschaft als arbeitserleichternd wahrgenommen werden. In der gegenständlichen Studie assoziieren fast 30% der Befragten den Begriff der Effizienz und Arbeitsreduzierung mit dem Futterroboter, beim Melkroboter waren es nur 10%. Damit kann der Futterroboter in diesem Kontext Studie als „gute Innovation“ eingestuft werden, obwohl beide Technologien gleichermaßen zur Arbeitsreduzierung auf den Betrieben beitragen (Netzwerk Digitale Landwirtschaft, 2021). Zudem erweckt der Futterroboter weniger Dissonanz in Bezug auf das Wohlergehen der Tiere (Te Velde et al., 2002). Allerdings ist nicht allein die emotionale Dimension ausschlaggebend für die gesellschaftliche Einstellungsakzeptanz. Auch die kognitive Dimension beeinflusst die Einstellungsakzeptanz. Vornehmlich in Bezug auf externe Technologien, die nicht vom Einzelnen genutzt und kontrolliert werden können, dominiert die gesellschaftliche Nutzen-Risiko-Bilanz als Einflussgröße (Zwick und Renn, 1998). Emotionen allein erfassen nicht in Gänze den komplexen Akzeptanzprozess.

Die vorliegenden Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Mehrheit der Bürger\*innen beim Melkroboter eine negativere emotionale Haltung einnimmt als beim Futterroboter. Jedoch sind die negativen Gefühle nicht sehr stark ausgeprägt. Die positiven Gefühle hingegen zeigen, dass die Roboter keine positiven Gefühlszustände bei den Befragten auslösen, vor allem nicht beim Melkroboter. Es kann vermutet werden, dass die Gesellschaft abweichende Vorstellungen von gängigen Praktiken in der Milcherzeugung

hat. Eine Diskrepanz zwischen dem Einsatz innovativer Technologien in der Landwirtschaft und der gesellschaftlichen Akzeptanz bestätigt auch eine Studie von Rübcke von Veltheim et al. (2019), die auf ein von der Realität abweichendes Bild der Landwirtschaft in der Gesellschaft hinweisen. Die digitale Transformation der Landwirtschaft hat die Gesellschaft in weiten Teilen nicht einbezogen und in der Folge entstand teilweise ein negatives Bild der digitalen Landwirtschaft (Hötzel, 2016; Vierboom et al., 2006). Der Melkroboter war einer der ersten autonomen Innovationen in der Tierhaltung, der schon in den 1980er Jahren entwickelt wurde und heute in vielen Milchviehbetrieben in der Europäischen Union eingesetzt wird (Barkema et al., 2015). Millar et al. (2002) zeigten in diesem Zusammenhang, dass Verbraucher\*innen das Wohlbefinden der Milchkühe durch den Einsatz von autonomen Melksystemen in Gefahr sahen und diesbezüglich ethische Bedenken äußerten. Werden weitere Studien, wie die von Krampe et al. (2021) und Pfeiffer et al. (2020) miteinbezogen, festigen sich die Ergebnisse, dass digitale Technologien in der Tierhaltung meist negativer bewertet werden als in anderen Bereichen der Landwirtschaft. Pfeiffer et al. (2020) führen das auf die erhöhte Diskrepanz zwischen landwirtschaftlicher Realität und gesellschaftlichen Wunschdenken zurück: Der Einsatz digitaler Roboter in der Tierhaltung wird als Technologie beurteilt, die die Industrialisierung der Tierproduktion weiter vorantreibt und sich damit vor die Wunschvorstellung der Bürger\*innen stellt (Vierboom et al., 2006). Die Ergebnisse dieser Studie können der Argumentation nur bedingt folgen, da Begriffe wie „Massenabfertigung“, „Massentierhaltung“ oder „industrielle Produktion“ kaum genannt wurden. Die Befragten dieser Studie nehmen in ihrer Erstassoziation keinen direkten Zusammenhang zwischen Digitalisierung und einer zunehmenden Industrialisierung der Tierproduktion wahr.

Die Verwendung des bildbasierten Ansatzes in dieser Studie ist ein gängiger Ansatz, um die affektive Komponente in quantitativen Untersuchungen messbar zu machen (Pfeiffer et al., 2020; Kühl et al., 2019). Auszuschließen ist dabei jedoch nicht, dass die Bilder möglicherweise aufgrund anderer Faktoren (Hintergrund, Lichtintensität, Gesichtsausdruck der Kuh) negativer oder positiver wahrgenommen wurden und die Beurteilung nicht allein auf die Technologie zu beziehen ist (Wildraut et al., 2015). Zudem wurde den Befragten keine Definition zu „digitalen Technologien“ oder „gängigen landwirtschaftlichen Praktiken“ gegeben. Eine Verzerrung in den Antworten kann daher nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Die vorliegenden Studienergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die affektive Dimension der Einstellungsakzeptanz der beiden Technologien. In weiteren Studien sollte untersucht werden, inwieweit Emotionen einen Einfluss auf die gesellschaftliche Akzeptanz der Nutzung digitaler Innovation in der Milchviehhaltung haben und ob es Unterschiede in der Einflussnahme der Emotionen gibt. Zudem sollten weitere Einflussfaktoren im Zuge der gesellschaftlichen Einstellungsakzeptanz einbezogen werden, die über die affektive Mensch-Tier-Technik-Interaktion hinausgehen. Denkbar wäre die Durchführung einer Clusteranalyse, um Unterschiede in der affektiven Dimension der Einstellungsakzeptanz verschiedener gesellschaftlicher Gruppen zu identifizieren. Künftige Forschungsarbeiten könnten, explizit für die Milchwirtschaft, äußerst hilfreich bei der Entwicklung konkreter Lösungsmöglichkeiten zur

Verbesserung der gesellschaftlichen Akzeptanz sein. Es ist wichtig, die gesellschaftliche Einstellungsakzeptanz gegenüber Innovationen von Beginn an zu analysieren und diese in den Implementierungsprozess der Technologien einzubeziehen.

## Literatur

- Barkema, H. W., von Keyserlingk M. A. G., Kastelic, J. P., Lam, T. J. G. M., Luby, C., Roy, J.-P., LeBlanc, S. J., Keefe, G. P. und Kelton, D. F. (2015) Invited review: Changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare. *Journal of Dairy Science* 98, 11, 7426-7445.
- Berckmans, D. (2017) General introduction to precision livestock farming. *Animal Frontiers* 7, 1, 6-11. DOI: 10.2527/af.2017.0102.
- Boogaard, B. K., Bock, B. B., Oosting, S. J., Wiskerke, J. S. C. und van der Zijpp, A. J. (2011) Social Acceptance of Dairy Farming: The Ambivalence Between the Two Faces of Modernity. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 24, 259-282. DOI: 10.1007/s10806-010-9256-4.
- Bolinski, I. (2020) Virtual Farming. In: Kasprowicz, D. und Rieger, S. (Hrsg.) *Handbuch Virtualität*. Wiesbaden: Springer VS, 303-315.
- Breyer, B. und Bluemke, M. (2016) Deutsche Version der Positive and Negative Affect Schedule PANAS (GESIS Panel). Zusammenstellung sozialwissenschaftlicher Items und Skalen (ZIS). DOI: 10.6102/zis242.
- Busch, G., Gauly, S. A. und Spiller, A. (2017) Ich sehe was, was du nicht siehst: Eine Eye-Tracking-Studie zur Betrachtung und Bewertung von Bildern aus der Schweinemast. *German Journal of Agricultural Economics* 66, 2, 65-84.
- Busch, G., Schwetje, C. und Spiller, A. (2015) Bewertung der Tiergerechtheit in der intensiven Hähnchenmast durch Bürger anhand von Bildern: ein Survey-Experiment. *German Journal of Agricultural Economics* 64, 3, 131-147.
- Destatis (Statistisches Bundesamt) (2020) Gesellschaft und Umwelt. Bevölkerung. URL: [https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/\\_inhalt.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/_inhalt.html) (24.10.2021).
- Hötzel, M. J. (2016) Letter to the editor: Engaging (but not “educating”) the public in technology developments may contribute to a socially sustainable dairy industry. *Journal of Dairy Science* 99, 9, 6853-6854. DOI: 10.3168/jds.2016-11393.
- Hussy, W., Schreier, M. und Echterhoff, G. (2010) *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Krampe, C., Serratos, J., Niemi, J. K. und Ingenbleek, P. T. M. (2021) Consumer Perceptions of Precision Livestock Farming—A Qualitative Study in Three European Countries: *Animals*, 11, 1221, 1-13. DOI: 10.3390/ani11051221.
- Kühl, S., Gauly, S. und Spiller, A. (2019) Analysing public acceptance of four common husbandry systems for dairy cattle using a picture-based approach. *Livestock Science*, 220, 196-204. DOI: 10.1016/j.livsci.2018.12.022.
- Lobinger, K. (2012) *Visuelle Kommunikationsforschung. Medienbilder als Herausforderung für die Kommunikations- und Medienwissenschaft*. Wiesbaden: Springer VS.
- Mayring, P. (2015) *Qualitative Inhaltsanalyse*. Weinheim, Basel: Beltz Verlag.

- Millar, K. M., Tomkins, S. M., White, R. P. und Mepham, T. B. (2002) Consumer attitudes to the use of two dairy technologies. *British Food Journal* 104, 1, 31-44. DOI: 10.1108/00070700210418721.
- Müller-Böling, D. und Müller, M. (1986) Akzeptanzfaktoren der Bürokommunikation. München: Oldenbourg Verlag.
- Netzwerk Digitale Landwirtschaft (2021) Wo steht die Digitalisierung in der Landwirtschaft? URL: <https://digitale-landwirtschaft.com/aktueller-stand-digitalisierung-in-der-landwirtschaft/> (27.10.2021).
- Pfeiffer, J., Gabriel, A. und Gandorfer, M. (2020) Understanding the public attitudinal acceptance of digital farming technologies: a nationwide survey in Germany. *Agriculture and Humans Values* 38, 1 107-128. DOI: 10.1007/s10460-020-10145-2.
- Rübcke von Veltheim, F., Schaper, C. und Heise, H. (2019) Die gesellschaftliche Wahrnehmung von bäuerlicher und industrieller Landwirtschaft. *Austrian Journal of Agricultural Economics and Rural Studies*, 28, 22, 167-173. DOI: 10.15203/OEGA\_28.22.
- Schleicher, S. und Gandorfer, M. (2018) Digitalisierung in der Landwirtschaft: Eine Analyse der Akzeptanzhemmnisse. In: Ruckelshausen, A., Meyer-Aurich, A., Borchard, K., Hofacker, C., Loy, J.-P., Schwerdtfeger, R., Sundermeier, H.-H. F. und Theuvsen, B. (Hrsg.) 38. GIL-Jahrestagung, Digitale Marktplätze und Plattformen. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V, 203-206.
- Te Velde, H., Aarts, N. und Van Woerkum, C. (2002) Dealing with ambivalence: farmers' and consumers' perceptions of animal welfare in livestock breeding. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 15, 2, 203-219.
- Vierboom, C., Härten, I. und Simons, J. (2006) Akzeptanz organisatorischer und technologischer Innovationen in der Landwirtschaft bei Verbrauchern. In: Landwirtschaftliche Rentenbank (Hrsg.) Organisatorische und technologische Innovationen in der Landwirtschaft. Schriftenreihe, Band 21. Frankfurt am Main: Landwirtschaftliche Rentenbank, 171-209.
- Weary, D. und von Keyserlingk, M. (2017) Public concerns about dairy-cow welfare: How should the industry respond? *Animal Production Science*, 57, 7, 1201-1209. DOI: 10.1071/AN16680.
- WBA (Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik BMEL) (2015) Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Kurzfassung des Gutachtens. Berlin. URL: [https://www.bmel.de/Shared-Docs/Downloads/DE/\\_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung-Kurzfassung.pdf%3F\\_\\_blob%3DpublicationFile%26v%3D2](https://www.bmel.de/Shared-Docs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung-Kurzfassung.pdf%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D2) (20.10.2021).
- Wildraut, C., Plesch, G., Ziron, M., Mergenthaler, M., Härten, I., Simons, J. und Hartmann, M. (2015) Multimethodische Bewertung von Schweinehaltungsverfahren durch Verbraucher anhand von Videos aus realen Schweineställen. *Forschungsberichte des Fachbereichs Agrarwirtschaft Soest*, Nr. 179. Fachhochschule Südwestfalen, Soest.
- Zwick, M. M. und Renn, O. (1998) Wahrnehmung und Bewertung von Technik in Baden-Württemberg. URL: <https://elib.uni-stuttgart.de/handle/11682/8625> (20.10.2021).

### **Danksagung**

Die vorliegende Studie wurde durch die Landwirtschaftliche Rentenbank finanziell gefördert.

## **Teil IV – Exkurs - Internationalisierungsstrategien der Molkereiwirtschaft**

### **IV 1. Strategic Actions for a Sustainable Internationalization of Agri-Food Supply Chains: The Case of the Dairy Industries from Brazil and Germany**

Caetano Luiz Beber, Greta Langer und Johannes Meyer

Dieser Beitrag ist so oder in ähnlicher Fassung veröffentlicht in der wissenschaftlichen Zeitschrift: Sustainability 13(19): 10873.

**Abstract**

While facing a growing domestic demand for milk and milk products, the Brazilian dairy industry is far behind in terms of competitiveness and sustainability when compared to other national agricultural sectors. Nonetheless, in Germany, the leading dairy companies are mainly pushed by a saturated domestic market and EU agriculture policy oriented towards the liberalization of markets, as well as increasing political and social demands looking to markets beyond the EU. In the context of the increasing globalization of agricultural supply chains, the issue of sustainability gains particular importance in companies' internationalization strategies. By using expert interviews, this paper investigates strategies for integrating Brazilian and German dairy supply chains and how both sides can also benefit from this situation in terms of sustainability. The analyses show that problems of the industries in both countries basically complement each other at different levels and positive synergies for both sides exist when it comes to sustainable issues, positioning the two industries competitively for the future and creating a good position for conquering market share in a globally growing milk market. This paper proposes an approach to the challenges of such integration, as well as viable solutions to sustainability issues.

**Keywords**

Dairy value chain; dairy industry; internationalization strategies; sustainable internationalization



## 1. Introduction

International trade is framed by a set of rules and norms defined by international or bilateral agreements which companies doing business beyond their frontiers must respect. However, in addition such rules and standards, companies are also urged to adhere to contemporary social values as well as environmental and moral principles and norms, which societies consider to be adequate in different parts of the world [1]. These issues have led to a discussion in recent years about the role of companies in society and the ethical foundations of economic management. These discussions gained greater prominence with the publication of the (SDGs) by the United Nations, which have further concretized the idea of sustainable development and the responsibility of the value chains.

Therefore, sustainability in its three pillars has become one of the most important topics of our times and inevitable for enterprises of the agriculture and food industry. A corporate policy without a strategic and corporate cultural orientation towards responsible, sustainable management is no longer conceivable, at least in developed countries [2–4]. Sustainability is becoming a basic requirement for internationalization and any internationalization strategy would thus involve the implementation of sustainable strategies.

Further than pressures for sustainable practices, the globalization and liberalization of markets have resulted in increased international competitive pressures on agri-food supply chains in recent decades. Several agri-food multinational companies are entering developing countries, seeking opportunities to access new resources and market expansion in light of their market saturation at home. Depending on the way it is conducted, such internationalization process can either bring benefits to the guests and to the host region in the developing country, or only be a form of neocolonization, and the literature shows evidence of both [5–7].

From one side, in the absence of regulation in global value chains, dominating multinationals can pursue only outsourcing strategies, which generally do not generate the benefits otherwise possible. These companies act to take advantage of weak institutions, low wages, and less strict environmental laws in developing countries, simply to expand their power and market share with no or very little compensation to their hosts [8].

From the other side, a process of supply chain modernization can exist within the host region. This might represent a strategic opportunity, and as such multinational companies can provide not only new sources of foreign direct investments (FDI), revenue, and employments, but also access to modern technology, knowledge, and sustainable practices [9].

The scientific link between the internationalization of value chains in the form of FDI and sustainability is an area that has been little studied. There are studies such as those by [1,10] that focus on the development of sustainability in the Brazilian dairy industry, but they do not address the opportunities for internationalization processes. On the other hand, there is research on the supply chain management of different industries discussed in the context of global value chains and multi-stakeholder initiatives, but

with little or no focus on sustainability aspects [11,12]. For example, the study by Dambert et al. [13] considers “socially responsible supply chain management” but focuses only in parts on the internationalization processes. The study by Taqi et al. [14] identifies strategies to manage the impact of the COVID-19 pandemic in the supply chains of the readymade garment industry and also refers to economic and social sustainability, but not in the course of new internationalization processes. Naseer et al. [15] examined sustainable supply chain management strategies for the agricultural sector in a developing country, but they focus on identifying critical production and marketing constraints. Most of the studies do not combine the possibilities and opportunities that arise during the internationalization process, although global value chains are seen as having great potential for achieving more sustainable development [16]. Antonowicz and Jarzebowski [17] also point out that integrating value chains and sustainability represent a new direction that has been little researched. In light of these different situations and to fill this research gap, the aim of this study is to investigate how a process of internationalization in the agri-food sector could be conducted in a sustainable manner, benefiting both the host region and the multinational company. Our goal is to define a framework that supports managers and decision makers in achieving fair and sustainable practices in the dairy industry during the internationalization process. We therefore focus our analyses on the dairy industry in a developed country, Germany, and an emerging country, Brazil, with the aim of identifying the constraints and success factors of the dairy industry in both countries and suggesting ways to connect and develop them.

Brazil is a strong player in the agri-food business scenario. The country is amongst the most competitive players in today’s international markets in sectors such as soybean, sugar cane, cattle, and poultry. However, there is a non-competitive dairy industry that has not benefited from this change or has benefited only marginally from it [18,19]. Furthermore, Brazilian agriculture and dairy farming in general is not considered particularly sustainable and faces major challenges regarding sustainable development practices and critics from its main importing countries. The issues of sustainability are increasingly becoming a decisive competitive factor for the agri-food sector as a whole, and particularly for the dairy industry [20,21]. According to Ermgassen et al. [21] (p. 21), in Brazil, “productivity is still well below its sustainable potential”, and “improvements in cattle productivity are key to the sustainable intensification of Brazilian agriculture”.

Weak institutions and educational systems together with corruption are keeping the country one of the main targets of developed countries regarding the externalization of their environmental impacts related to agrifood production [22,23]. Forbidden pesticides, GMOs, deforestation induced by the soybean-meat complex, contamination of surface and groundwater, and biodiversity losses are recurring problems in Brazil that need solutions conceived at the global value chain level, from global institutions and governance [24,25].

A completely different situation can be found in Germany. The German dairy industry is among the biggest exporters worldwide. However, it faces certain challenges in the future which will make it more difficult to gain and maintain market share. On one hand, this is due to the fact that resources for milk

production, such as arable land and labor, are scarce and milk production is in competition with other types of production with better opportunity costs. On the other hand, societal requirements on production conditions related to sustainable aspects, such as environment and animal welfare, are stricter, increasing production costs. Under certain circumstances such additional costs may be recovered on the domestic market for specialty products, but that certainly does not apply to the mass-produced commodities on international markets with low margins, which are the base of German exports [26].

In this study, we investigate whether it is viable for the German processing companies, which are adapted to high standards of quality, safety, and sustainability in the EU, to act as diffusers of such practices and standards throughout their internationalization process. To implement sustainable strategies (that are expensive) in a country where the resources are cheaper (e.g., Brazil), maintaining the strict social and environmental requirements from Germany is necessary, but so is reducing other costs, such as land, labor, water, and feed.

Keeping standards high and reducing costs would allow these companies to keep their market share in exigent markets, at least for some products. Moreover, a successful implementation of sustainable business strategies opens up greater differentiation potential for companies [27,28]. With the increasing interest in sustainability, companies are expected to extend their sustainable supply chain management beyond organizational boundaries and address these issues internationally [29].

With an extensive survey of the main actors in the supply chains of both countries, this study searches for viable solutions to a sustainable internationalization process, focusing on practices that lead to an increase in overall competitiveness. The paper is organized as follows. After the introduction, we present a theoretical background in Section 2. In Section 3, we describe the applied methodology and introduce our sample. Next, in Section 4, we derived possible combined solutions for the Brazilian and German dairy supply chains with regard to a sustainable internationalization strategy, which in the best case represents a win-win situation for both sides. The paper ends with a conclusion and provides implications for political support in Section 5.

## **2. Theoretical Background on Internationalization Strategies**

The basic framework of internationalization consists of the analysis of the driving forces of internationalization and the different sources of competitive advantages [30]. Diverse forms of market entry and strategies can be identified. Their choice is crucial, as different markets often require very different forms of products and services [30]. In this regard, Capar and Kotabe [31] simply described internationalization as “international diversification”. However, given the complexity of the issue, this definition is not sufficient for the purposes of this paper. Basically, we can distinguish between three forms of market entry [32–34]:

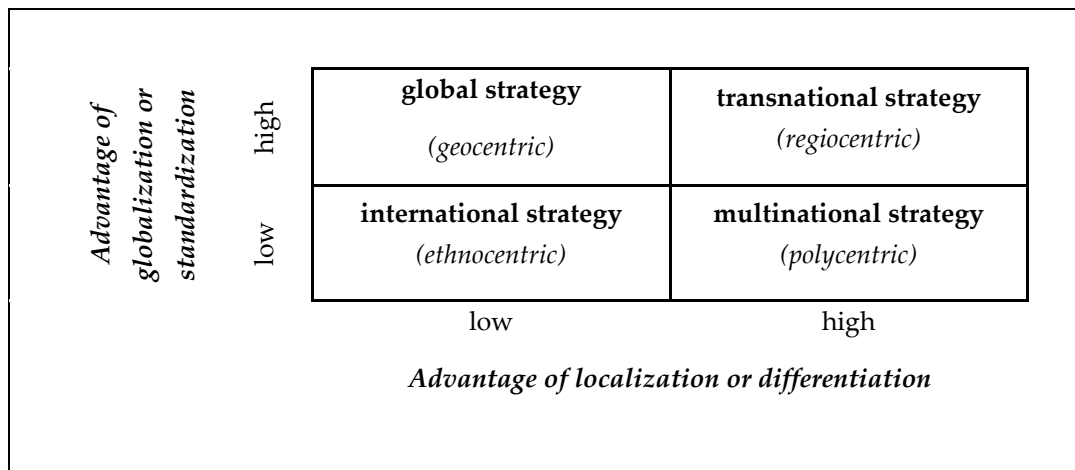
- A traditional export (or a cross-border trade), where companies simply export their products to a foreign country. This involves the lowest expenditure of resources and the lowest risk. Exporting is described as a simple strategy, and therefore it the most common first market entry strategy in the course of internationalization.
- Contractual arrangements (licensing, franchising, strategic alliance) are concluded between at least two business partners. They require more resources and are associated with higher risks. However, they can also promise higher profit potentials, even if equity investments are not always possible.
- Foreign direct investment (FDI), which can be implemented in the form of joint ventures, minority shareholdings, and new wholly owned subsidiaries, requires substantial investment and a very strong commitment in the host country. In this case, a company from one country invests in another country, either in the form of capital and/or tangible assets.

Since this study investigates whether it is possible to conceive a framework in which the internationalization of a supply chain generates a win-win situation, we will assess the more advanced and complex market entry mode, the FDI. Here, the resource allocation is greater, investment and engagement take place in the host country, and subsidiaries have the largest potential to achieve above-average returns [30, 35]. With this strategy, companies can secure total control over their foreign operations and protect their unique competitive advantage. The profit achieved by the competitive advantage is also claimed by the company alone [36].

According to Dunning and Toward [ 37], companies choose market entry via FDI if three specific factors are fulfilled.

- i. Ownership specific advantage: In order to operate internationally, a company must have an advantage over companies in the host country in order to be in an advantageous position over competitors (e.g., intellectual property, assets, logistics channels, early entry into foreign markets). The greater this ownership advantage, the greater the incentive to internationalize.
- ii. Internationalization incentive advantage: This is present when the company-specific advantages at the targeted location cannot be marketed directly through licensing or similar forms of cooperation. In this case, the only option is to establish a local subsidiary or to take over a local company.
- iii. Location specific advantage: If the destination country offers a location advantage (e.g., low factor prices, access to resources), an FDI via subsidiaries is recommended. The location advantage is regarded as the decisive factor. Dunning [38] has expanded this factor to include other influential factors, namely cultural differences, political regulation, exchange rates.

With this in mind, we can distinguish between the degree of intensity of a company's internationalization, which also reflects the maturity of its internationalization strategies. To illustrate this issue, we refer to the Ethnocentric-Polycentric-Geocentric (EPG) model [39] and its extension, the Ethnocentric-Polycentric-Regiocentric-Geocentric (EPRG) model by Bartlett and Ghoshal [40] (see Figure 1).



**Figure 1.** EPRG Model. Source: Author's own depiction based on Holtbruegge and Welge [41].

The expanded EPRG model differentiates between four internationalization strategies with regard to their advantages through globalization and standardization, as well as through localization and differentiation [42]. The most complexes are generally only achieved after years or decades of a company's experience in internationalization.

- (a) The companies that follow the international (ethnocentric) strategy process their products exclusively in its own country, design products for home market purposes, and tend to transfer marketing strategies to export markets. Foreign companies are only used for marketing and distribution. Accordingly, the foreign trade of these companies is carried out by simple export. Decision-making tends to be top-down with decisions handed down from domestic-oriented managers.
- (b) The multinational (polycentric) strategy is characterized by companies having their production and processing sites abroad, focusing on each export market separately. It is necessary to adapt national circumstances abroad. The plants are located in more distant countries and partially on other continents. Decision-making is bottom-up, as the information needed for strategy setting is generated in each market. Products are designed for each market and strategies are mostly adapted.
- (c) The transnational (regiocentric) strategy focuses on the complex structure of the organization. It is based on regional homogeneity and inter-regional heterogeneity. Products are designed with regional homogeneity taken into consideration, but they differ across regions. Other elements of the marketing mix are standardized within- and adapted across-regions. This strategy has the strength to unite the resources and capabilities of a company through interdependencies. Some

resources and capabilities are controlled from the home country other activities from the foreign subsidiaries. It can combine the advantages of globalization and localization. Value-adding activities that are in direct contact with customers are to be carried out decentrally in the national markets with the respective adaptation. However, all other activities must be centralized, with the aim of realizing volume benefits. Procurement, production, as well as research and development (R&D) for the standardized parts in the products that are commercialized in all countries are to be localized where the framework conditions such as factor costs are the most advantageous. The transnational model focuses equally on costs and revenues, as well as on innovation and efficiency [27,40,43,44].

- (d) Companies that follow the global (geocentric) strategy base their operations on a global organizational culture also having branches abroad [39]. These companies offer standardized products abroad while pursuing a competitive strategy driven from home. Decision-making is typically negotiated between headquarters and foreign operations. Products are designed for global markets and marketing strategies are standardized globally, though minor adaptations are possible.

### 3. Materials and Methods

The research was conducted in the main producing zones in both Brazil and Germany, where qualitative primary data were collected concerning the competitive advantages and disadvantages of each supply chain (see Figure 2). For the former, data were collected between November 2016 and January 2017 in the Southern Region, in three states that form the ‘mesoregion Grande Fronteira do Mercosul (The mesoregion comprises the Southwest zone of Parana, the West of Santa Catarina, and the Northwest of Rio Grande do Sul.) (GFM)’. For the latter, data were collected between April and August 2018 in the two main dairy producer states, Lower Saxony and Bavaria.



**Figure 2.** Methodological steps of the research.

Source: Own illustration.

A total of sixty-four interviews were conducted across a spectrum of leadership roles in the dairy industry; twenty-six in Brazil and thirty-eight in Germany (see Table 1). We interviewed managers, directors, and presidents of the main dairy processing cooperatives and private companies (all large and medium enterprises), in addition to the leadership of institutes, associations, unions, and producer organizations involved in the dairy sector. We intended to collect opinions from different perspectives in this economic activity.

**Table 1.** Interviewed stakeholders in Brazil and Germany

Country	Farmers	Political Association/ Union	Producers Organization	Upstream; R&D; Advice; Supply	Downstream; Processing; Retail	Total
Germany	10	8	3	12	5	38
Brazil	no	9	2	5	10	26
TOTAL	10	17	5	17	15	64

Soruce: Own illustration.

We selected the interviewees according to the snowball sampling method. This constitutes a non-probabilistic sample, used to study complex phenomena. A first sub-group of the population is interviewed, who again identify other members of the group, who, in turn, refer to further people belonging to the same group, and so on [45].

The actors were separated according to their activities in the supply chain (similar issues and support for competitiveness). They are:

- (1) Farms (FA)
- (2) Political (association/union/government) (GOV)
- (3) Producers' organization (PO)
- (4) Upstream actors (research and consulting, services, extension) (US)
- (5) Downstream actors (processors, retailers) (DS).

We chose the main companies with operations in the region and the main institutes carrying out important actions to promote the supply chain. Some of the companies or cooperatives interviewed are the largest in the zone, in some cases representing more than 6000 producers in GFM or more than 8000 in Lower Saxony for example, and covering areas in more than one state. When considering the subsidiaries, associations, and alliances, they are all on a larger scale and these organizations are usually dispersed all over the country. For confidentiality purposes, the interviewees are identified throughout the results by their acronym ("PO" for producer organization for example) followed by the country acronym (BR for Brazil and GE for Germany), then followed by an identification number. For example, the Producer Organization 02 in Germany is identified as "POGE02".

Farmers were only interviewed in Germany. In Brazil, they were not interviewed because of the high heterogeneity of production systems throughout the zone, the large spreading of small farmers and limitations for the data collection within the project. We chose the German farms based on their competitive strategies. Different types of strategies were selected as long as they remain competitive/stable in the market. Farms were selected with the help of upstream actors, i.e., research and consulting institutions, and service providers, which are in direct contact with the producers.

Data were collected using semi-structured interviews, which were individually prepared and guided to avoid missing important aspects from each respondent. Questions varied according to the participants targeted, being adapted to the type of stakeholder, interviewee role in the enterprise or association, the operating scope, and region. Therefore, some questions asked to a farmer were not all equal as those asked of a president of an association, a processing company director, or even another farmer from a different region. All questionnaires followed the same criteria, focusing on the strengths and weaknesses for the sustainability of the dairy supply chain in which he/she operates. They covered aspects of the background information of those interviewed and their relation/influence on the supply chain with an historical perspective; structural and organizational aspects; management aspects; governance environment; market dynamics and external factors; technology adoption and diffusion; attributes of purchased raw milk; product differentiation and commercialization channels; future expectations and actions. The intention was to capture the main problems and strategy factors that might have any effect on sources of competitiveness and coordination between actors in the supply chain. Ten interviews were conducted in Rio Grande do Sul, eight in Santa Catarina and eight in the state of Paraná, showing a uniform spatial distribution within the GFM zone. Similar action was taken in Germany, with seventeen interviews conducted in Lower Saxony, sixteen in Bavaria, and five at the national level. Each interview lasted around one and a half hours on average. In a few cases, more than one person from the same institute or enterprise were interviewed.

After collection, the information was transcribed, and a content analysis of the qualitative data was carried out using the software ATLAS.ti. This included codification, a first round of analysis and recodification. We identified how the elements are related to each other and how they affect the competitiveness of each zone. From this process and from the fundamental topics investigated in this study, the competitive advantages and disadvantages emerged (according to the interviewees' perceptions). As a result, several factors were identified that directly or indirectly affect competitiveness in these supply chains and we will discuss them in order to answer the question of whether there can be a win-win situation for both countries in an internationalization process. By combining the expertise of the experts interviewed, we can also identify more recent problems, strengths, and weaknesses in the dairy industries in both countries and all of this in a much higher level of detail and with aspects that are not available when using secondary data.

Whether and under what conditions an internationalization strategy can become a win-win situation for both sides is discussed in the following chapter.

#### **4. Results and Discussion—A Sustainable Internationalization Strategy**

GFM is a fast-growing region where large companies have been installing processing plants. For instance, Nestlé installed two plants in 2008 and 2010. Lactalis arrived in 2014 and is already the largest group in GFM. Other large companies include Tirol, Italcac, Piracanjuba, etc. The largest cooperatives



are CCGL, installed in 2008 and Aurora, which started processing milk in 2004. All of this provoked controversy among interviewees. Some believe that these companies will develop the dairy sector by stimulating improvement in techniques to achieve greater competitiveness. They affirm that “the entry and expansion of large companies increases the competitiveness of the sector” (USBR02) and it “brings improvements in competitiveness, boosting production and innovation” (DSBR05) so that the sector is “... becoming competitive, professional instead of familiar and that raises the prices [for producers]” (DSBR02). Others think that these companies harm the smallest ones and bring about negative consequences by establishing a monopsonist position in milk procurement from some areas and therefore have an anticompetitive effect.

Furthermore, as profit margins decline, increasing concentration is inevitable in order to spread fixed costs and remain competitive [46]. Porter [47] considers that rivalry generates pressure on competitors and stimulates sustainable growth to maintain competitive advantages. The process of concentration and internationalization is inevitable in the modernization of a supply chain, but these processes should happen in a fair way, especially for small producers who are the most affected [8]. This is often limited in monopolistic situations and particularly in the case of companies’ opportunistic actions. In this case the consequences of monopolies would be lower returns to farmers, increase risk in farming activities and cut-off more farmers and small companies, especially cooperatives, as demonstrated by the studies [16, 48] on dairy processing companies in southern Brazil. In this regard, mergers and acquisitions of small companies would be an important strategy to realize gains in scale and bargaining power. Interviewees mentioned that “... there is a tendency for any merger between cooperatives to compete in scale” (DSBR01) and to improve their cost structure and reduce idleness in processing plants through more efficient planning [16]. Despite interviewees’ awareness, there is not much evidence of these mergers in GFM, which should occur faster and involve more cooperatives [48]. Various successful examples of mergers and acquisitions all over the world reinforce this strategy, e.g., the case of Fonterra, DFA, FrieslandCampina, and Arla.

We subdivided the remainder of this chapter between the main issues that German processing companies should consider upon their decision of entry in GFM. We discuss the main challenges present in GFM dairy sector and the possible solutions based on the German dairy companies’ capabilities extracted from the interviews.

#### **4.1. Market Entry Strategy and Organizational Forms**

Companies wishing to expand their operations to other countries would have to decide on the best suited **internationalization strategies** according to the EPRG model. The benefits of locality and differentiation seem to exceed those of globalization and standardization in terms of the economic success of dairy companies which internationalize their activities [49]. The quick perishability of dairy products is a natural reason why many dairy firms do not follow the Perlmutter’s ‘international strategy’ for trading

with distant markets. Other reasons also favor different alternatives. For instance, firms following the ‘multinational strategy’ appear to have advantages in considering the local demand conditions and build up brands that will lead to higher turnovers [41, 50]. Qian [51] confirm the positive effect of this strategy on the companies’ economic success. A successful example is the Arla cooperative dairies like Arla, which have been implementing the multinational strategy in several countries. For the German cooperatives, the major obstacle in this respect could be the risk attitude amongst cooperative members and managers [52]. In Germany, there are differences in **governance structures** concerning cooperatives. The two largest German cooperatives, Bayerische Milchindustrie eG and DMK, have created a governance system, which means that farmers, the actual owners, no longer have any influence on the operative business. Such governance structures also have mechanisms to attract external capital, which might enable them to raise the necessary capital for such a step. *“At DMK there is a cooperative and a company at the head of the company. The cooperative collects only the milk and receives money from the limited liability company (GmbH), which it distributes to the farmers. Thus, the farmers, who are at the head of this cooperative, cannot influence the GmbH”* (GOVGE04). Theoretically both cooperatives and private German dairies are in a position to establish themselves in GFM to develop their internationalization strategies. For the time being, an entry into the Brazilian market, at least in the short term, is likely to be easier for some German private dairies due to governance structures and to the high demands in terms of equity endowment and financial power [53].

Particularly in view of existing idle capacities, market entry through takeovers or mergers seems in this case to be a strategical opportunity. Processing companies in Brazil face high idle capacity rates in their plants and this affects processing plants that do not have sufficient milk suppliers, cannot manage the seasonality, or simply because of an excess of infrastructure or poor management and planning, as shown by [16]. Seven interviewees noted this problem. *“Many industries are still working with idle capacity, which ‘weighs’ the production system”* (GOVBR09). They mention that *“this idle capacity is very costly”* (USBR03), generating losses and inefficiency.

Considering Dunning’s OLI model, all three **advantages** that must be present in order for a company to enter the market through FDI [37] can be considered for the GFM region. The first advantage, the ‘ownership advantage’ is based on the fact that German dairies have a technological advantage and can produce low-cost products on the one hand and highly differentiated products on the other, which puts them in an advantageous position over competitors. In addition, if establishing subsidiaries there or taking over another company, German companies would have an early presence in the GFM region, giving them an ‘internationalization incentive advantage’. The last factor, the ‘location advantage’ of the target country, is also to be seen as fulfilled: access to natural resources, good climatic conditions, cultural proximity, and favorable human capital. FDI is thus considered a good opportunity for German dairies to expand their capabilities to Brazil.

## 4.2. Business Strategy

In terms of business strategies, GFM and Brazilian conditions allow companies to implement both a **cost leadership** and a **differentiation strategy**. On the one side, the internal market has a high demand potential, and so far, a low offer of differentiated products. On the other hand, low prices for inputs, labor, land, and good climatic conditions offer an attractive scenario for cost leadership strategies and scale gains with the focus on exports. Both strategies are found among German dairies, which is also demonstrated by Theuvsen and Ebneht [52]. The cost leadership strategy is usually implemented by large cooperative dairies from the north, while private dairies from the south of Germany pursue a differentiation strategy. *“There is a big difference in Bavaria, because compared to Lower Saxony, there are special types of cheese there. Bavaria offers more specific products than northern Germany with standard cheeses and skimmed milk powder that anyone can produce. They have higher costs but in the end they also have better products. When you think of the German milk market and the well-known brands, they are particularly Bavarian”* (GOVGE01). They offer products with unique attributes such as well-known brands, superior product qualities, environmental or regional appeal. The most important types are organic milk, non-GMO milk, hay milk, grazing pasture milk, mountain milk, the *Gepürfte Qualität Bayern* label and the animal welfare label. Lower Saxony dairy companies primarily pursue a cost leadership strategy and try to use favorable production conditions to sell their products on the world market. This is demonstrated on the one hand by the significantly higher export share of their own production compared to Bavaria (6.8% of German exports). *“The dynamics and relations with the producers in Lower Saxony are quite different from those in Bavaria. In general and controversially, the cooperative does not have the same concern for farmers: There are far fewer competitors, there are some private companies and cooperatives, but DMK is the dominant one”* (DSGE02). *“Many dairy companies have brands with high innovation potential and we find that in Germany, in southern Germany, Bavaria is still the region with the highest milk prices, because of these high value-added products, but farmers have many opportunities to change dairies too (supplier competition)”* (DSGE03).

Due to the fact that companies will strive for high value creation and that production costs in Brazilian dairy production are still comparatively high due to some fundamental problems in the dairy sector in Brazil (related to low technology adoption and small farm size, for example), companies entering the market could largely benefit from implementing a differentiation strategy focusing on the internal market potential. In addition, the companies could advertise with their German origin, which enjoys a high international reputation and is linked to attributes, such as high quality, food safety and sustainability, even for mass production products [26, 54–56]. Our results show that only two interviewees confirmed that their companies in the GFM region had implemented product differentiation as a strategy. A further four believed that companies had difficulties in differentiating products but should do so to increase their profits. More specifically, *“micro and small companies should differentiate products in order to have gains in the niche markets”* (GOVBR05).

In terms of investments, five interviewees, representing large cooperatives and private companies, argued that there is low level of investment in the GFM sector, especially in **marketing and research, technology, development, and innovation (RTDI)**, which is an important aspect for successful differentiation as evidenced by Beber et al. [19], and largely dominated by German dairies' managers. Brazilian managers still consider marketing an expense rather than an investment, arguing that *“there is a very poor culture of investment in RTDI and marketing”* (GOVBR07) as a consequence of non-professionalization in the chain. Only six participants mentioned marketing as an important investment. Seven participants affirm that they invest in RTDI to improve competitiveness, however *“there is still a huge gap to improve and create more products. Companies should also diversify the presentation of products, types and sizes of packages”* (GOVBR02).

The concentration in the supermarket sector should support the differentiation strategy. Though it has consolidated rapidly in Brazil over the past years. In 1994, the 10 largest supermarket groups had 24.3% of market share, while in 2018 the 10 largest have 42.2%, it is far less concentrated than in Germany (five large retailers in Germany accounted for 76% of market share in 2019) [57 – 59]. Accordingly, manufacturers' negotiating position vis-à-vis food retailers is comparatively more unfavorable in Germany [60]. In view of lower concentration levels in the Brazilian retail sector, this should have a positive impact on the dairies' bargaining position, which may have a positive impact on conditions, such as the prices, placing, and listing of products.

#### 4.3. Professional Training and Sectorial Development

Regardless of the dairy's organizational form, any market entry would require simultaneous support and advice from processing companies to their suppliers, especially with regard to production technology and professionalization. One of the first measures on which processing companies have to work, is to enhance the quality of the milk produced by the farmers. The low **professionalization of human resources** in production and processing levels in the dairy supply chain may be the principal cause of several other problems [19]. Fifteen interviewees agreed that one of *“the weakest points in the chain is the professionalization of farm management”* (DSBR06) and that this significant problem needs to be fixed. For example, these are leading to low *“quality and sanitary indices, which must be improved in the supply chain”* (DSBR05). These indices are too *“... variable and difficult for industry standardization”* (DSBR08). Farm, herd, and feed management parameters must be controlled and be viable to ensure competitiveness for farmers and the whole sector. Besides controlling for several problems during milk processing, higher quality ensures better products and improved market access [24]. Ten interviewees agree that an improvement of these parameters is essential. The implementation of inspection and quality control systems will be especially important if the industry aims to reach international markets. *“In order to export, the country has to develop a program of quality improvements to reach the international standards”* (GOVBR02). If quality standards cannot be improved, there is a risk that German companies will jeopardize their good reputation, or that of their brands, and cause themselves

considerable damage. This process has to be led by processing companies but coordinated with local advisory and consultancy institutes. Programs for the payment of farmers' milk based on quality and solids would be essential. Payments for quality and solids are incipient in the region but are growing with the instalment of new companies, e.g., *“there is a tendency for payments per quality and solids because that's only what interests in milk production”* (USBR03).

In order to attract farmers interest in investing in technical progress and sustainable and quality-improving practices, the importance of a good **contracting system** should be enhanced. Its benefits then need to be communicated to farmers, with the aim of ensuring their loyalty and compliance to the quality requirements. It gives farmers the opportunity to improve, can reduce price variations, increase farmers' incomes, promote rural development, and build up access to global markets, as revealed by various studies about contract farming [ 60– 63]. In Brazil, most transactions are still done on the spot and the **establishment and enforcement of contracts** between producers and processors is one of the most frequently mentioned problems. Almost all the processors interviewed stated that they currently work without contracts with producers. Some of them had used contracts in the past but not anymore. *“There is also a problem with the seasonality of production, which makes it still harder to sign contracts”* (DSBR05) where *“... production and prices are instable along the year.”* (GOVBR02).

With contracts and quality parameters established, training and advisory would be required for the achievement of higher standards. German dairy professionals have significant experience with farmer training and advisory. The German Agricultural Information and Knowledge System (AKIS) is made up of a wide variety of organizations and institutions with a long tradition and well-established roles. All categories of organization (public administration, public and private research and education, private sector, farmers' organizations, and non-governmental organizations) are represented. In Germany, the dairy supply chain, and agriculture in general, developed and received high levels of support.

Investments in R&D and the system of vulgarization are very functional and effective. The use of public and private technical and economic advice seems to be quite sought after by milk producers. *“There are a handful of consultants, people who are important to us* (FAGE04).” *“... we are all well-educated and you need a consultant because he has accurate data on other farms* (FAGE08)”. In Germany, 65% of all farm managers have completed vocational training in agriculture, while 12% have a university degree [64]. This is translated into an impressive **management capacity and economic monitoring** among the German producers, with strict monitoring of the farms' techno-economic indicators. Further actions involve the ease of operationalization of certain activities, gains in technical and allocative efficiency, reduction of labor costs, choice of more suitable breeds and outsourcing activities, among others. *“Cost reduction is the most important task to maintain or improve the competitiveness of a dairy farm. Get the best with the least effort possible.”* (FAGE06).

Figures in Brazil show a different situation at the moment, with only 1.3% of farm managers having vocational training (agriculture technician) and 4.2% holding a university degree. Agricultural

vocational training is not widely developed across the country [46]. R&D should be further enhanced jointly by companies, universities, associations, extensionists and other R&D institutes for the identification and development of best practice, breeds, production systems, feed, etc. In GFM, institutes such as EPAGRI, EMBRAPA, EMATER, and universities, etc. have already developed important work in this regard and contributed to the improvement of dairy production parameters over the past few years. Some companies in GFM are already investing in R&D to generate better technology for the sector. A few *“release new products every year, have a department of innovation and R&D” (DSBR05) or even run “[on the cooperative] an experimental center to develop technology for pasture-based milk production. Also, some have an experimental dairy farm” (DSBR01)*. Those practices must be further supported by German processing companies in order to take advantage of the full potential that the GFM resources have to offer.

In the course of FDI, companies from abroad are often criticized for doing too little locally for health, occupational safety, and environmental protection. The public and customers expect them to produce to a relatively uniform social standard worldwide [7, 26]. Therefore, despite the progress made in this area, German dairies planning to enter the Brazilian market should start by training their employees and, if necessary, the farmers themselves to be made aware of the issue. This can be a win-win situation for both sides, as the effective development of a supply chain is only achieved through the work of qualified professionals. In addition, this might contribute to the achievement of the UN SDGs, in especial SGDs 1, 2, 12, and 13, implying the safeguarding and promotion of lifelong learning opportunities. This goal could be achieved in the course of German FDI, at least for Brazilian dairy farmers. German firms could try to bind employees to the company by offering them vocational training and in return, committing them to work for the company for several years. In this regard, the ongoing Deula exchange program is a good example, in which Brazilian farmers learn on German farms. The educational institutions affiliated in the Federal Association DEULA e. V. belong to the most important regionally and supra-regionally active agricultural technical educational institutions in Germany. These could be further promoted and supported by the dairy companies in order to improve both education standards and performance on dairy farms. In this way, small producers could also receive support and access to agricultural training.

In contrast to other regions, which are also forecast to experience strong growth in milk production and demand, GFM offers German dairies in particular the advantage of cultural proximity. Despite the declining trend, many people still speak German (descendants of German immigrants). This aspect and the cultural proximity should have a positive effect on the training and exchange of employees and farmers.

#### **4.4. Sustainable Supply Chain Management**

In terms of sustainability, the Brazilian agriculture, and in particular the dairy sector is facing major challenges [29,65]. Brazilian agriculture has failed to achieve sustainable development in recent years,

primarily due to large-scale deforestation of the rainforest for agricultural use. According to [66,67], the awareness of sustainable farming is still low in Brazil, although the Brazilian government had already introduced a program to promote climate-friendly agriculture practices in 2010 (Low Carbon Agriculture or ABC program) [66]. This program was one of the first of its kind, but has been slowed down by excessive bureaucracy, excessively high interest rates, political disinterest of the actual government, and low public awareness [29]. Zanin et al. [1] highlights that punctual initiatives of quality and sustainability are found at the company level, or in the case of some short duration regional actions. The program “Balde Cheio” (or Full Bucket in English) from EMBRAPA (Brazilian agricultural research company: <https://www.embrapa.br/balde-cheio> accessed on 23 January 2021) is the main program of technological transfer at national level for the dairy sector, in which farmers receive information on environmental and animal welfare practices. In Brazil, public regulatory standards set requirements of milk quality. The Normative Instructions 51, 62, 76, and 77 of the Federal Government regulate such standards in Brazil, which are inspected by the “Brazilian System for the Inspection of Products of Animal Origin-SISBI-POA”.

German dairy companies have the opportunity to extend their knowledge beyond organizational boundaries and to implement sustainable supply chain management in the Brazilian dairy industry due to their great deal of experience in quality and sustainable supply chain management. The main mechanism for quality management in Germany is the QM-Milch Association (Qualitäts Management Milch). The majority of German farms are part of this scheme, *“over 90% in some regions, must meet these standards of quality milk. It’s a neutral certification, neutral auditors go to the farms. If you do not meet the QM standard for milk, especially in northern Germany, you will not find a dairy that collects your milk (GOVGE01)”*.

Its foundation in 2011 dates back to an initiative of the German farmers’ association Bauernverband, the German Raiffeisenverband, and the Milchindustrie-Verband. These three associations-supported by the dairy industry as a whole-laid the groundwork for uniform management of milk quality nationally in a working group in 2002. This association sets strict quality standards for milk production, which apply uniformly throughout the country. Standards are “business-to-business” between milk producers and dairies-from pasture and barn to delivery to the dairy, the first stages of the production chain. With its standards, QM Milch ensures that not only the quality of the product is guaranteed, but the entire production process is transparent and traceable. These standards specify requirements that go beyond legal requirements and the requirements of good professional practice. In addition, the Thünen Institute, together with QM-Milch e.V. and other representatives of dairies, producers, and supermarkets, developed a more comprehensive dairy production sustainability assessment tool. It integrates aspects of quality, environment, animal welfare, and socioeconomics in a tool that has the purpose to enhance sustainability for the whole supply chain. Due to the positive response of this pilot project, the industry

solution “QM Sustainability Module Milk 2.0” has been continued for another three years since July 2020. Both modules, QM-Milk and QM Sustainability, make an important contribution to high-quality and sustainable milk production, and thus to the competitiveness of the German dairy industry [28].

Since the creation of such a standard is a lengthy process, dairies entering the Brazilian market pursuing stricter standards would initially be left to their own devices to set standards and control them. However, German companies have experience in company owned initiatives, such as the “Milkmaster” program or “sustainability program” of the DMK cooperative [68] for example. Both set extra goals to promote sustainability in dairy farming using a scheme of indicators and rewards. German dairy professionals are well prepared to contribute to sustainable practices in Brazilian dairy industry and could in turn benefit from favorable location factors and low resource costs in Brazil. These important aspects should be promoted in collaboration with Brazilian associations and authorities to increase transparency, sustainability, and awareness of quality milk production nationwide.

Furthermore, cooperation with the Brazilian authorities is necessary to achieve the SDGs adopted by the United Nations and contribute to more sustainable development. In addition to the SDGs, the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations has established five principles to support and, above all, accelerate the transition to more sustainable food and agriculture systems [69]. These five principles are: (1) Increase productivity, employment, and value addition in food systems (2) Protect and enhance natural resources; (3) Improve livelihoods and promote inclusive economic growth; (4) Enhance resilience of people, communities, and ecosystems; (5) Adapt governance to new challenges [69] (p. 8). The first four principles must, in a sense, be guided by the fifth principle, which is to find the correct combination of private and public sector actions while ensuring “accountability, equity, transparency, and the rule of law” [11] (p. 87). In this context, the contribution of small and medium-sized enterprises (SMEs) is crucial to achieve the SDGs. Small SMEs are strongly represented in the Brazilian dairy industry and, according to Sinkovics and Sinkovics [11] (p. 93) should not be considered as standard takers across the board. SMEs, when included in a standard setting, can contribute greatly to the achievement of the SDGs [11]. Consequently, SMEs should be considered as an important instance in the course of FDI on the part of Germany [17].

#### **4.5. Technological Progress for a Sustainable Dairy Farming**

In Germany, digitalization and new technologies of farming activities and processes are gaining significant attention amongst dairy farmers. The advent of digitization in agriculture offers numerous opportunities to increase farm efficiency and competitiveness, to improve livestock management, to make agricultural practices more sustainable [1] and achieve the SDGs [70–73]. The SDGs also make specific



reference to digital technologies, e.g., SDG 9 to promote resilient infrastructures and sustainable industrialization with the help of digitization.

Difficulties in the transmission of technology and best practice for farmers in Brazil slows the modernization in the chain. Interviewees recognized that *“the only way to improve [competitiveness] is by increasing productivity and making farms’ production viable (DSBR09) through good farming techniques and animal genetics”* (GOVBR05). This would be possible through the diffusion of digitalization tools and techniques to producers [24]. However only a small proportion of farmers are sufficiently specialized in dairy production, in some cases making necessary investment unaffordable; in particular, there is a lack of financing options for the adoption of digital tools for the Brazilian farmers [19]. Some companies in GFM claim to have *“... a department for the promotion of quality, nutrition, silage, hygiene”* (DSBR09) for the farmers, or even a *“a program of technical assistance to reduce the problem of seasonality. They work in the pasture, nutrition, pregnancy rate in the summer to search for stability in the production”* (DSBR06). In total, thirteen interviewees stated that the sector offers technical assistance, though it is precarious and lackadaisical. In addition, most of the entities, which offer this service, are cooperatives, underlining the importance of these organizations for technology diffusion and farm management.

By the other side, German dairy farmers pursue a strategy of digitization, intensive capitalization and expansion. Especially for those who have an expectation of inheriting the farm, investments are generally progressive and constant. *“You see that farms are becoming more capital intensive, they are investing more in machines, and so on. This is a normal trend that you see everywhere (POGE1). “For now, it’s important to modernize the business with a new stable concept”* (FAGE10). *“So they can invest in milking robots and some farmers invest in cutting-edge technology for milking, automatic feeding, etc., then harvesting the grass, etc.”* (DSGE03).

Automated systems are already widely used in the barn, including milking robots, sensor-based call flows or automatic feeding systems. Milking robots have been part of the state of the art for years and two out of three dairy producers now opt for an automatic milking system for a new purchase. *“... yes, not only because of less work, it may be less, but it’s easier work, more attractive work. Young people like to work with laptops, etc., and not in the barn. That’s what I see at the moment, those farms that have invested in automation, it’s easier for them to hire qualified staff”* (DSGE01).

The use of digitalization significantly improves efficiency on German dairy farms and brings higher milk yields, but also more environmental and climate protection [74]. In this regard the local government in GFM must foster technology adoption through the availability of credit lines for financing the purchase of such equipment (technology improvement), and processing companies should provide advice on how to best use these new technologies (efficiency improvement). Beside this, the mentioned exchange programs for farmers could support the progress of digitalization and technical progress, as young farmers get in touch with these technologies.

Another strategy of technology adoption is known as **collective action** which is also put in place in Germany, such as ‘machine networks’, which according to [75] facilitate access to modern technologies, especially for small-farmers. These so called “Maschinenring” are associations that allow producers to rent necessary machines and equipment, without the need to buy them, thus reducing investment, maintenance and depreciation costs, for example. A producer can also offer services through a “Maschinenring”. *“Maschinenring is a common practice here, and all over Germany, when I read some of the agricultural newspapers, Maschinenring is spread everywhere. You can reduce your investments and your fixed costs”* (DSGE03). The sharing of machinery could be supported or encouraged by dairies to give farmers faster access to technical progress.

Best practices for **herd and feed management** which are common in Germany should also be widespread in Brazil in order to improve efficiency and sustainability [24]. The management of cows with technical and performance indicators is recurrent. *“I’ve been rigorously planning how we manage cows for calving because our calf mortality rate is a bit high. Daily and weekly controls, what cows eat, so we have strict management and we know what to do, so everyone knows exactly what to do to improve control of everything”* (FAGE03).

Above all, nutritional quality emerged as a factor that was considered very important. Feed costs are the most important among specific livestock costs. They account for about 60% of the total specific costs in the two German study regions. Production autonomy is also highly sought after by producers. *“In our individual case, we produce more than we need and we sell the rest”* (FAGE02). In view of the great importance of feed costs, dairies should offer farmers good advice here. The production costs in comparison with other countries show that Brazilian dairy farming still has a lot of potential for improvement [46].

## 5. Conclusions and Policy Recommendations

In future, the increase in milk production is expected to take place mainly outside Germany and the EU. In order to maintain or increase market share worldwide, German dairies will be dependent on processing milk outside Germany as well. In addition, competitiveness in international markets tends to deteriorate as a result of increasing domestic requirements and the already high production costs, while the added value of commodity exports is comparably low anyway.

Developing and emerging countries will also face huge environmental challenges in the future as a result of their strong growth [29]. If such challenges are not addressed, these countries might lose market access to modern supply chains and developed markets. Sustainable practices are not yet an integral part in some of these countries’ business’ activities, especially in agriculture. The recent case of the EU/Mercosur trade agreement illustrates this situation well. The environmental negligence of the Mercosur countries, especially from the agricultural sector of Brazil, are among the main reasons for EU reject the agreement [76].

Today, such practices are vital in agri-food supply chains and increasingly required by politicians, retailers, and consumers. Developing countries often have few opportunities to assert themselves in the sustainability debate [25,77]. Thus, the sustainable agro-industrialization process of this supply chain might contribute to improvements in competitiveness, business development, and poverty alleviation, bridging concepts of agribusiness and development as well as achieving some of the SDGs [78,79].

The GFM region offers German dairy companies considerable potential. Furthermore, location- and ownership-specific advantages offer good opportunities for German dairies consider investments in the GFM region. From the natural resources available, there is nothing to prevent the milk value chain from following an equally successful path like other agricultural sectors in Brazil. German dairies would in turn bring know-how and added value to southern Brazil. The major problems Brazil faces in terms of sustainable development practices could be overcome with German processing companies adapted to high quality, safety, and sustainability standards in the EU, as part of the internationalization process. Worldwide initiatives show this sustainable internationalization strategy is possible, such as the Nigerian-Dutch partnership carried by FrieslandCampina, WAMCO Nigeria PLC, and the University of Abuja. However, there are challenges that should not be underestimated in terms of raw material quality, the level of training of potential employees and farmers. At the bottom line, dairy farming in Brazil can only develop sustainably and improve rural livelihoods while adopting environmentally friendly practices if a mix of appropriate measures are put in place in partnership with local authorities. These include financial incentives, support for training and agricultural extension services, and improved supply chain management and infrastructures, among others. Some private German dairies have already gained experience in setting up and producing abroad. There is no question that this development would be challenging but German dairies have the necessary know-how to drive this development forward. In the end, there could be a win-win situation for both German companies as well as for Brazilian farmers and rural communities.

## References

1. Zanin, A.; Baú Dal Magro, C.; Bugalho, D.K.; Morlin, F.; Afonso, P.; Sztando, A. Driving Sustainability in Dairy Farming from a TBL Perspective: Insights from a Case Study in the West Region of Santa Catarina, Brazil. *Sustainability* 2020, 12, 6038.
2. Schwartz, T. Ökonomisierung der Ethik oder “Ethisierung” der Ökonomie? Herausforderungen einer zukunftsorientierten Unternehmenspolitik. In Herausforderungen Einer Zukunftsorientierten Unternehmenspolitik. Ökonomie, Umwelt, Technik und Gesellschaft Als Determinanten, 1st ed.; Gramlich, D., Träger, M., Eds.; Gabler: Wiesbaden, Germany, 2007; pp. 91–105.
3. Lendle, M. Nachhaltigkeit in der Ernährungsbranche. Strategien Sicher Planen und Umsetzen, 1st ed.; Behr’s Verlag: Hamburg, Germany, 2012; pp. 1–6.
4. Luhmann, H. Corporate Social Responsibility und Nachhaltigkeit im Agribusiness. Dissertation, Georg-August-University, Goettingen, Germany, 9 May 2017.
5. Ammann, R. Ohne Ausland geht es nicht. *DMW Milchwirtsch.* 2013, 12, 441–445.
6. Imam, A.; Zadeh, M.N.; Dubey, L.R. Dairy Marketing Strategies in the Context of Globalization: Issues and Challenges. *Int. J. Trade Econ. Financ.* 2011, 2, 138–143.
7. Overview Foreign Direct Investment for Development. Maximising Benefits, Minimising Costs. Available online: <https://www.oecd.org/investment/investmentfordevelopment/1959839.pdf> (accessed on 6 September 2021).
8. Reardon, T.; Barrett, C.B.; Berdegue, J.A.; Swinnen, J.F.M. Agrifood Industry Transformation and Small Farmers in Developing Countries. *World Dev.* 2009, 37, 1717–1727.
9. Wilkinson, J. The food processing industry, globalization and developing countries. *J. Agric. Dev. Econ.* 2004, 1, 184–201.
10. Favarin, A.M.; Kim, J.-N.F.; Faria, G.R.; Antunes, J.M.; Aparecida de Castro, M. What Brazil Does When Nature Calls: Applying Situational Theory of Problem Solving for Coalition-Building for Sustainable Agricultural Practice for Brazilian Farmer. In Proceedings of the 23rd International Public Relations Research Conference: Connecting Theory and Research with Public Relations Practice, Orlando, FL, USA, 5–7 May 2020; pp. 179–189.
11. Sinkovics, N.; Sinkovics, R.R.; Archie-Acheampong, J. Small- and medium-sized enterprises and sustainable development: In the shadows of large lead firms in global value chains. *J. Int. Bus. Policy* 2021, 4, 80–101.
12. Neubert, M. Internationalisation behaviour of small and medium-sized enterprises from emerging markets: Implications for sustainability. *Lat. Am. J. Manag. Sustain. Dev.* 2018, 4, 226–238.

13. Damert, M.; Koep, L.; Guenther, E.; Morris, J. Stakeholders and socially responsible supply chain management: The moderating role of internationalization. *Sustain. Account. Manag. Policy J.* 2021, 12, 667–694.
14. Taqi, H.M.; Ahmed, H.N.; Paul, S.; Garshasbi, M.; Ali, S.M.; Kabir, G.; Paul, S.K. Strategies to Manage the Impacts of the COVID-19 Pandemic in the Supply Chain: Implications for Improving Economic and Social Sustainability. *Sustainability* 2020, 12, 9483.
15. Naseer, M.; Ashfaq, M.; Hassan, S.; Abbas, A.; Razzaq, A.; Mehdi, M.; Ariyawardana, A.; Anwar, M. Critical Issues at the Upstream Level in Sustainable Supply Chain Management of Agri-Food Industries: Evidence from Pakistan’s Citrus Industry. *Sustainability* 2019, 11, 1326.
16. Beber, C.L.; Lakner, S.; Skevas, I. Organizational forms and technical efficiency of the dairy processing industry in Southern Brazil. *Agric. Food Econ.* 2021, 9, 1–22.
17. Antonowicz, M.; Jarzebowski, S. Innovative Models of Supply Chain Management. *J. Manag. Bus. Adm. Cent. Eur.* 2018, 2, 2–15.
18. Agricultural Productivity and Family Farms in Brazil: Creating Opportunities and Closing Gaps. Available online: <https://economics.ucr.edu/docs/helfand/Helfand%20Ag%20Productivity%20and%20Family%20Farms%20in%20Brazil%202015.pdf> (accessed on 7 September 2021).
19. Beber, C.L.; Carpio, A.F.R.; Almadani, M.I.; Theuvsen, L. Dairy supply chain in Southern Brazil: Barriers to competitiveness. *Int. Food Agribus. Manag. Rev.* 2019, 22, 651–673.
20. Qualitätsmanagement Beim Milcherzeuger. Available online: <https://www.qm-milch.de/qualitaetsmanagement-beim-milcherzeuger> (accessed on 22 December 2020).
21. Zu Ermgassen, E.K.H.J.; De Alcântara, M.P.; Balmford, A.; Barioni, L.; Neto, F.B.; Bettarello, M.M.F.; De Brito, G.; Carrero, G.C.; Florence, E.D.A.; Garcia, E.; et al. Results from On-The-Ground Efforts to Promote Sustainable Cattle Ranching in the Brazilian Amazon. *Sustainability* 2018, 10, 1301.
22. Hutchins, M.J.; Sutherland, J.W. An exploration of measures of social sustainability and their application to supply chain decisions. *J. Clean. Prod.* 2008, 16, 1688–1698.
23. Ferreira, F.U.; Robra, S.; Ribeiro, P.C.C.; Gomes, C.F.S.; de Almeida Neto, J.A.; Rodrigues, L.B. Towards a contribution to sustainable management of a dairy supply chain. *Production* 2020, 30, e20190019.
24. Beldman, A.C.G.; Daatselaar, C.H.G.; Zaalmink, W. Possibilities for Technology to Strengthen Brazilian Dairy Chain. Brochure LEI Wageningen UR. 2015. Available online: <https://www.wur.nl/de/Publicatie-details.htm?publicationId=publication-way-343931313635> (accessed on 10 January 2021).

25. Profit Mit Nachhaltigkeit? Die Rolle der Privatwirtschaft in Entwicklungsländern. Available online: <https://suedwind-institut.de/files/Suedwind/Publikationen/2017/2017-25%20Profit%20mit%20Nachhaltigkeit.%20Die%20Rolle%20der%20Privatwirtschaft%20in%20Entwicklungslaendern.pdf> (accessed on 15 March 2021).
26. FAKT: Ist 6: Lebensmittelexport. Available online: <https://www.bve-online.de/presse/infothek/fakt-ist/lebensmittelexport-fakt-ist> (accessed on 12 April 2021).
27. Beux, S.; Viagi, A.; Panizzolo, R.; Cassandro, M.; Waszczynskyj, N. Food Supply Chain—Sustainability in Small Milk Industry. In Proceedings of the IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems (APMS), Iguassu Falls, Brazil, 3–7 September 2016.
28. Kryszewski, C. Megatrends—Rahmenbedingungen für unternehmerische Nachhaltigkeit. In CSR und Strategisches Management. Wie Man Mit Nachhaltigkeit Langfristig im Wettbewerb Gewinnt, 1st ed.; Wunder, T., Ed.; Springer Gabler: Wiesbaden, Germany, 2017; pp. 45–65.
29. Martí, J.M.C.; Seifert, R.W. Assessing the Comprehensiveness of Supply Chain Environmental Strategies. *Bus. Strategy Environ.* 2013, 22, 339–356.
30. Johnson, G.; Scholes, K.; Whittington, R. Strategisches Management—Eine Einführung, 9th ed.; Pearson Studium: Munich, Germany, 2011; pp. 363–490.
31. Capar, N.; Kotabe, M. The Relationship between International Diversification and Performance in Service Firms. *J. Int. Bus. Stud.* 2003, 34, 345–355.
32. Strunz, H.; Dorsch, M. Internationalisierung der Mittelständischen Wirtschaft: Instrumente zur Erfolgssicherung, 1st ed.; Peter Lang GmbH Internationaler Verlag der Wissenschaften: Frankfurt am Main, Germany, 2001.
33. Claver, E.; Rienda, L.; Quer, D. The Internationalisation Process in Family Firms: Choice of Market Entry Strategies. *J. Gen. Manag.* 2008, 33, 1–14.
34. Kutschker, M.; Schmid, S. Internationales Management, 6th ed.; Wissenschaftsverlag Oldenbourg: Munich, Germany, 2008.
35. Volberda, H.W.; Morgan, R.E.; Reinmoelle, P.; Hitt, M.A.; Ireland, R.D.; Hoskisson, R.E. Strategic Management: Competitiveness & Globalization: Concepts & Cases, 9th ed.; South-Western Cengage Learning: Boston, MA, USA, 2011.
36. Hymer, S.H. The International Operations of National Firms: A Study of Direct Foreign Investment; University of Cambridge: Cambridge, UK, 1976.
37. Dunning, J.H. Toward an Eclectic Theory of International Production: Some Empirical Tests. *J. Int. Bus. Stud.* 1980, 11, 9–31.
38. Dunning, J.H. The Eclectic Paradigm as an Envelope for Economic and Business Theories of MNE Activity. *Int. Bus. Rev.* 2000, 9, 163–190.
39. Perlmutter, H.V. The Tortuous Evolution of the Multinational Corporation. *Columbia J. World Bus.* 1969, 4, 9–18.

40. Bartlett, C.A.; Ghoshal, S. *Managing Across Borders: The Transnational Solution*. *Am. Foreign Policy Interests* 1999, 21, 20–22.
41. Holtbrügge, D.; Welge, M.K. *International Management Theories, Functions and Case Studies*, 6th ed.; Schaefer-Poeschel: Stuttgart, Germany, 2015.
42. Wind, Y.; Douglas, S.P.; Perlmutter, H.V. *Guideline for Developing International Strategies*. *J. Mark.* 1973, 37, 14–23.
43. Meckl, R. *Internationales Management: Lernbücher für Wirtschaft und Recht*, 3rd ed.; Vahlen: Munich, Germany, 2014.
44. Wolf, K. *Internationalisierungsstrategien von Deutschen Familienunternehmen*; Witten/Herdecke University: Witten, Germany, 2011.
45. Goodman, L.A. *Snowball Sampling*. *Ann. Math. Stat.* 1961, 32, 148–170.
46. Sutton, J. *Understanding the rise in global concentration in the agri-food sector: A background paper*. In *Proceedings of the OECD Conference on Changing Dimensions of the Food Economy*, The Hague, The Netherlands, 6–7 February 2003.
47. Porter, M.E. *The competitive advantage of nations*. *Harv. Bus. Rev.* 1990, 68, 73–93.
48. Beber, C.L.; Theuvsen, L.; Otter, V. *Organizational structures and the evolution of dairy cooperatives in Southern Brazil: A life cycle analysis*. *J. Coop. Organ. Manag.* 2018, 6, 64–77.
49. Meyer, J.; Feil, J.H.; Schaper, C. *Internationalization strategies in the German dairy industry and their influence on the economic performance of firms*. *Int. J. Food Syst. Dyn.* 2019, 10, 332–346.
50. Harzing, A.W. *An empirical analysis and extension of the Bartlett and Ghoshal typology of multinational companies*. *J. Int. Bus. Stud.* 2000, 31, 101–120.
51. Qian, G. *Multinationality, product diversification and profitability of emerging US small- and medium-sized enterprises*. *J. Bus. Ventur.* 2002, 17, 611–633.
52. Theuvsen, L.; Ebneith, O. *Internationalization of Cooperatives in the Agribusiness—Concepts of Measurement and their Application*. In *Strategies for Corporation*, 1st ed.; Theurl, T., Meyer, E.C., Eds.; Shaker Verlag: Aachen, Germany, 2005; pp. 395–419.
53. *Censo Agropecuário*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Available online: <http://www.ibge.gov.br/home/> (accessed on 26 October 2019).
54. *Branchenstudie Molkereiwirtschaft*. 2017. Available online: [https://www.hcob-bank.de/media/pdf\\_3/marktberichte/branchenstudien/handel\\_ernaehrung/2017-03\\_leseprobe\\_milchstudie\\_hsh\\_nordbank.pdf](https://www.hcob-bank.de/media/pdf_3/marktberichte/branchenstudien/handel_ernaehrung/2017-03_leseprobe_milchstudie_hsh_nordbank.pdf) (accessed on 7 September 2021).
55. *IFCN Dairy Report 2013*. Available online: <https://ifcndairy.org/wp-content/uploads/2019/02/Dairy-Report-2013.pdf> (accessed on 7 September 2021).
56. *Wertschöpfung von Molkereien. Zusammenfassung der Ergebnisse der Analyse von Jahresabschlüssen von 2009 bis 2013*. Available online: [https://www.landforscher.de/cms/data/files/Downloads\\_Karin/151006%20Paper\\_Wertsch%C3%B6pfung\\_Molkereien-1.pdf](https://www.landforscher.de/cms/data/files/Downloads_Karin/151006%20Paper_Wertsch%C3%B6pfung_Molkereien-1.pdf) (accessed on 7 September 2021).

57. *Economia e Pesquisa »Ranking Abras» As 500 Maiores—ABRAS. ABRAS—Associação Brasileira de Supermercados. Available online: <http://www.abrasnet.com.br/economia-e-pesquisa/ranking-abras/as-500-maiores/> (accessed on 23 September 2020).*
58. Farina, E. Consolidation, Multinationalisation, and Competition in Brazil: Impacts on Horticulture and Dairy Products Systems. *Dev. Policy Rev.* 2002, 20, 441–457.
59. Marktanteil der Führenden Unternehmen im Lebensmitteleinzelhandel in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2019. Available online: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/4916/umfrage/marktanteile-der-5-groessten-lebensmitteleinzelhaendler/> (accessed on 22 March 2021).
60. Schlippenbach, V.; Pavel, F. Konzentration im Lebensmitteleinzelhandel: Hersteller sitzen am kürzeren Hebel. *DIW Wochenber.* 2011, 78, 2–9.
61. Key, N.; Runsten, D. Contract Farming, Smallholders, and Rural Development in Latin America: The Organization of Agroprocessing Firms and the Scale of Outgrower Production. *World Dev.* 1999, 27, 381–401.
62. Andri, K.B.; Shiratake, Y. Empirical study of contract farming system conducted by dairy cooperatives in east java, Indonesia. *Rev. Agric. Econ.* 2005, 55, 73–84.
63. Alemu, A.E.; Adesina, J. Effects of cooperatives and contracts on rural income and production in the dairy supply chains: Evidence from Northern Ethiopia. *Afr. J. Agric. Resour. Econ.* 2015, 10, 312–327.
64. Besonderheiten der landwirtschaftlichen Kreditmärkte. Available online: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/194572/1/1662405421.pdf> (accessed on 7 September 2021).
65. Arbeitskräfte und Auszubildende. Available online: <https://www.bauernverband.de/situationsbericht/3-agrarstruktur/35-arbeitskraefte-und-auszubildende> (accessed on 22 March 2021).
66. Agriculture Productivity Growth in Brazil Recent Trends and Future Prospects. Available online: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29437> (accessed on 22 December 2020).
67. Klimaschutz und Klimaanpassung in Brasilien. Available online: [https://lsg.iamo.de/microsites/lsg.iamo.de/fileadmin/Dokumente/2\\_Brasilien\\_HP.pdf](https://lsg.iamo.de/microsites/lsg.iamo.de/fileadmin/Dokumente/2_Brasilien_HP.pdf) (accessed on 22 December 2020).
68. Sustainability 2018. Available online: [https://www.dmk.de/fileadmin/redaktion/presse/publikationen/dmk/en/DMK\\_Group\\_Sustainability\\_Brochure\\_2018.pdf](https://www.dmk.de/fileadmin/redaktion/presse/publikationen/dmk/en/DMK_Group_Sustainability_Brochure_2018.pdf) (accessed on 22 December 2020).
69. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Transforming Food and Agriculture to Achieve the SDGs: 20 Interconnected Actions to Guide Decision-Makers. Available online: <http://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/1140709/> (accessed on 23 September 2021).
70. Aubert, A.B.; Schroeder, A.; Grimaudo, J. IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decis. Support Syst.* 2012, 54, 510–520.



71. Grandl, F.; Kammer, M.; Duda, J. Digitalisierung im Milchviehbetrieb aus der Sicht des LKV—Angebot und Perspektiven. In Proceedings of the Milchviehhaltung—Lösungen für die Zukunft: Landtechnisch-Bauliche Jahrestagung, Grub, Germany, 28 November 2018; Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL): Freising-Weihenstephan, Germany, 2018; pp. 119–125.
72. Weersink, A.; Fraser, E.; Pannell, D.; Duncan, E.; Rotz, S. Opportunities and Challenges for Big Data in Agricultural and Environmental Analysis. *Annu. Rev. Resour. Econ.* 2018, 10, 19–37.
73. Mozas-Moral, A.; Bernal-Jurado, E.; Fernandez-Ucles, D.; Medina-Viruel, M. Innovation as the Backbone of Sustainable Development Goals. *Sustainability* 2020, 12, 4747.
74. Dorfner, G. Ökonomische Herausforderungen für die bayrischen Milchviehhalter. In Proceedings of the Milchviehhaltung—Lösungen für die Zukunft: Landtechnisch-Bauliche Jahrestagung, Grub, Germany, 28 November 2018; Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL): Freising-Weihenstephan, Germany, 2018; pp. 9–20.
75. Brandes, W. “Maschinenringe”—Their Role for Farmers’ Income and Impacts on Structural Change in West Germany. *Jpn. J. Farm Manag.* 1991, 29, 78–85.
76. Mercosur—kein Freihandel Ohne Umweltstandards. Available online: <https://www.heise.de/tp/features/Mercosur-kein-Freihandel-ohne-Umweltstandards-4941390.html> (accessed on 16 January 2021).
77. Weber, T. Determinanten und Risiken der unternehmerischen Nachhaltigkeit. In *Nachhaltigkeit in der Ernährungsbranche. Strategien Sicher Planen und Umsetzen*, 1st ed.; Lendle, M., Ed.; Behr’s Verlag: Hamburg, Germany, 2012; pp. 19–26.
78. Cook, M.L.; Chaddad, F.R. Agroindustrialization of the global agrifood economy: Bridging development economics and agribusiness research. *Agric. Econ.* 2000, 23, 207–218.
79. Reardon, T.; Barrett, C.B. Agroindustrialization, globalization, and international development: An overview of issues, patterns, and determinants. *Agric. Econ.* 2000, 23, 195–205

## **Schlussbetrachtung und Ausblick**

Das Ziel dieser Dissertation ist es, den Prozess der Technikakzeptanz im Zusammenhang mit dem Smart Dairy Farming umfassend zu untersuchen und dabei sowohl gesellschaftliche Perspektiven als auch die der Milcherzeuger herauszuarbeiten. Die erlangten Erkenntnisse sollen Grundlage sein, um fundierte Empfehlungen für die Entwicklung ganzheitlicher Strategien zur Akzeptanz- und Adoptionsförderung abzuleiten. Zu diesem Zweck wurden unterschiedliche Aspekte dieses Themenbereichs in der vorliegenden kumulativen Dissertation analysiert, die im Folgenden nochmals komprimiert diskutiert werden.

### ***Internationale Wertschöpfungsketten in der Milchindustrie: Strategische Maßnahmen für nachhaltige Veränderungen***

Der erste Teil der Arbeit verdeutlicht zunächst die Volatilität der nationalen und internationalen Milchmärkte. Es zeigt sich, dass deutsche Milchviehhalter und darüber hinaus die gesamte Milchbranche derzeit mit vielfältigen wirtschaftlichen Herausforderungen konfrontiert sind. Besonders das Jahr 2022 war geprägt von außergewöhnlichen Ereignissen wie der Pandemie, dem russischen Angriffskrieg auf die Ukraine und einer steigenden Inflationsrate. Diese Ereignisse und Entwicklungen führten zu erheblichen Unsicherheiten und veränderten Bedingungen, auch in Bezug auf die zukünftige Energieversorgung, mit der Folge höherer Produktionskosten für die Molkereiwirtschaft und die Milcherzeuger. Gleichzeitig erreichten die Erzeugerpreise in 2022 ein noch nie dagewesenes Höchstniveau von bis zu 60 ct/kg Milch (vgl. Kapitel I.1), wodurch die Phase der Tiefpreise vorerst überwunden schien. Jedoch fielen die Milchpreise zu Beginn des Jahres 2023 wieder auf durchschnittlich 45 ct/kg (04/2023), was die Milcherzeuger erneut unter starken ökonomischen Druck versetzte. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass der wirtschaftliche Spielraum der Landwirte begrenzt ist und Investitionen in technologische Entwicklungen oder Maßnahmen, die über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinausgehen, erschwert werden (Groher et al., 2020; Poczta et al., 2020).

Auch auf der Konsumseite wirkte sich der globale Inflationsdruck auf das Verbraucherverhalten aus. So ging die Nachfrage nach Biomilchprodukten in 2022 zurück, wohingegen die Nachfrage nach Weidemilch anstieg. Studien belegen, dass Aspekte der Nachhaltigkeit, wie der Weidezugang und der Tier- und Umweltschutz, weiterhin wichtige Kriterien für Verbraucher darstellen und diese auch als Wettbewerbsinstrumente der Branche fungieren können (Kühl et al., 2015; Busch et al., 2022a; Grotsch et al., 2023). Damit bestehen Möglichkeiten für die Vermarktung höherer Haltungsform-Kennzeichnungen, die seit 2022 auch für Milch und Milchprodukte zugelassen ist (Grotsch et al., 2023; Haltungsform, 2023).

Allerdings fanden Busch et al. (2022a) heraus, dass Verbraucher kleinere Betriebsformen präferieren. Dies ist vor allem auf die gesellschaftliche Vorstellung zurückzuführen, dass kleinere Betriebe als nachhaltiger und tierwohlorientierter eingeschätzt werden (Busch et al., 2022a), obwohl es dafür keine

wissenschaftlichen Belege gibt (Nowack et al., 2020). Für den fortwährenden Strukturwandel in der Milchwirtschaft, der in Beitrag I.1 dargestellt wird, stellt dies eine kommunikative Herausforderung dar. Wie ebenfalls der Beitrag I.1 und der Exkursbeitrag in Kapitel IV verdeutlichen, ist der nationale Milchmarkt in hohem Maße von internationalen Entwicklungen abhängig, was besonders durch die seit den 90er Jahren schrittweise Liberalisierung des Milchmarktes zu erklären ist. Im Zuge der globalen Vernetzung landwirtschaftlicher Lieferketten gewinnt auch das Thema der Nachhaltigkeit in den Internationalisierungsstrategien milchwirtschaftlicher Unternehmen an Bedeutung (Antonowicz und Jarzebowski, 2018; Vamuloh et al., 2019). Der Beitrag IV.1 untersucht mittels Experteninterviews Strategien zur Integration brasilianischer und deutscher Lieferketten für Milchprodukte und arbeitet beispielhaft heraus, wie beide Seiten (Entwicklungs- und Industrieland), auch unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit, davon profitieren können. Die aktuellen Diskussionen auf dem EU-Lateinamerikagipfel zur Auslegung des Nachhaltigkeitskapitels im EU-Mercosur-Abkommen unterstreichen die Aktualität und Relevanz des Beitrags (Thomsen, 2020; Handelsblatt, 2023).

Die Ergebnisse des Artikels zeigen, dass die Probleme in beiden Ländern grundsätzlich auf unterschiedlichen Ebenen ergänzend wirken und positive Synergien im Rahmen eines Internationalisierungsprozesses für beide Seiten erzielt werden können. Schon Ackermann und Sauer stellten bereits 2005 fest, dass die Erschließung neuer Märkte im Ausland für die deutsche Molkereiwirtschaft von großer Bedeutung ist, um weiteres Wachstum zu generieren. Wie der Beitrag zeigt, bietet vor allem die südwestliche Region Brasiliens (GFM-Region) für deutsche Molkereiunternehmen ein erhebliches Potenzial. Die gravierenden Probleme, mit denen Brasilien insbesondere im Hinblick auf nachhaltige Praktiken konfrontiert ist, könnten, durch die hohen Anpassungen deutscher Molkereiunternehmen an die Qualitäts-, Sicherheits- und Nachhaltigkeitsstandards der EU, im Rahmen des Internationalisierungsprozesses überwunden werden.

Ein Nebenbefund des Beitrages IV.1 zeigt, dass die technologische und digitale Transformation unter brasilianischen Milchbauern nur schleppend voranschreitet und dadurch die Modernisierung in der Milchbranche erheblich verlangsamt wird. Wie Sauer und Latacz-Lohmann (2015) feststellen, sind aber Investitionen in innovative Technologien entscheidend, um die Produktivität und Nachhaltigkeit der Milchproduktion zu erhöhen. Damit einhergehend ist auch ein ausreichendes (Aus-)Bildungsniveau erforderlich, was in Brasilien im Unterschied zu Deutschland häufig nicht vorhanden ist. Letztendlich scheint die Qualität des Humankapitals entscheidend zu sein, um durch digitale und technologische Innovationen eine dauerhafte Steigerung der Effizienz zu erreichen. Ein Ergebnis, was auch von Sauer und Latacz-Lohmann (2015) und Beldman et al. (2015) bestätigt wird.

### ***Barrieren im Akzeptanzprozess der Landwirte***

Im zweiten Teil der Dissertation wird das Akzeptanz- und Adoptionsverhalten von Milchviehhaltern bezüglich des Einsatzes von Smart Products (IoT-Sensoren) bei der Gesundheitsüberwachung

untersucht. Der erste Beitrag (II.1) besteht aus einer ausführlichen Literaturanalyse, die verdeutlicht, dass verschiedene Barrieren den Akzeptanzprozess von Technologien unter Landwirten verlangsamen und das tatsächliche Nutzungsverhalten beeinflussen können. Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass diese Barrieren nicht pauschalisiert und nicht uneingeschränkt auf alle Technologien übertragen werden können. Vielmehr hängen sie von unterschiedlichen Einstellungen der Landwirte, der generellen Offenheit der Landwirte gegenüber Technologien sowie dem bestehenden Digitalisierungsgrad auf den Betrieben ab (siehe Beitrag II.1).

Einige Autoren (u. a. Chin et al., 2012; Kraatz et al., 2016; Drewry et al., 2019; Umstätter et al., 2020) argumentieren, dass in den letzten Jahren vor allem die Datenhoheit und der Datenschutz zunehmend kritisch betrachtet werden und eine große Akzeptanzbarriere unter Landwirten darstellen. Die vorliegende Arbeit kann dem jedoch nur bedingt zustimmen, da die Beiträge II.2 und II.3 zeigen, dass diese Themen für die deutschen Milchviehhalter nicht die Hauptbarrieren sind. Zudem zeigen sich große Unterschiede in der Wahrnehmung zwischen Nutzern und Nichtnutzern von IoT-Sensoren; so äußern Nutzer ihre Kritik deutlich zurückhaltender als Nichtnutzer. Allerdings stimmen beide Gruppen darin überein, dass vor allem hohe Investitionskosten die größte Barriere im Akzeptanzprozess darstellen. Die Tatsache, dass auch die Nutzer von IoT-Sensoren dies so sehen, untermauert die Annahme, dass Investitions- und Instandhaltungskosten tatsächlich (zu) hoch sind (Lovarelli et al., 2020; Mohr und Kühl, 2021).

Die Unterschiede in der Wahrnehmung von Barrieren durch die Nutzer und Nichtnutzer von IoT-Sensoren lässt auf das Potenzial der zukünftigen Verbreitung solcher Sensoren schließen, sobald diese Hindernisse überwunden werden. Es können aber auch unterschiedliche Einschätzungen von Vorteilen bezüglich der Nutzung von IoT-Sensoren sichtbar gemacht werden, je nach Betriebsstruktur. Basierend auf der durchgeführten Clusteranalyse in Beitrag II.4 wurde festgestellt, dass Landwirte von Betrieben mit einer geringeren Anzahl von Milchkühen eher gegen den Einsatz von Smart Products sind. Diese Beobachtung steht im Einklang mit der Annahme von Gargiulo et al. (2018), wonach Betriebe mit größeren Herden tatsächlich stärker von der Einführung smarterer Produkte profitieren können. Eine langfristige Ausrichtung dieser Entwicklung könnte zu einem beschleunigten Strukturwandel in der Milcherzeugung und einer Verringerung der Vielfalt in der Landwirtschaft führen (Landwirtschaftliche Rentenbank, 2018; Finger, 2023); dies ist auch ein Aspekt, der aus gesellschaftlicher Sicht Bedenken hervorruft (siehe Kapitel III).

Strukturelle Entwicklungen auf den Betrieben können tatsächlich von der Einführung neuer Technologien beeinflusst werden und Herdengrößen nehmen prinzipiell zu, wenn in digitale Technologien (z. B. Melkroboter) investiert wird, wie Vik et al. (2019) herausfanden. Zudem erwarten Landwirte, dass digitale Technologien die Wettbewerbsfähigkeit kleinerer landwirtschaftlicher Betriebe per se nicht erhöhen werden, was den bestehenden Strukturwandel somit fortsetzen würde (Landwirtschaftliche Rentenbank, 2018). Allerdings arbeiten andere Studien heraus, dass nicht nur die Betriebs- und Herdengröße allein, sondern auch die mangelnde Ausbildung und Informiertheit von Landwirten die Einführung von

Smart Products behindern können (Knierim et al., 2015; Schukat und Heise, 2021). Die vorliegenden Ergebnisse zeigen jedoch, dass weder fehlendes Interesse noch fehlendes Wissen oder mangelnde Schulungsmöglichkeiten von den Milchviehhaltern als große Barrieren eingeschätzt werden. Zwar beurteilen Nichtnutzer diese Aspekte kritischer, was die akzeptanzfördernde Handlungsmöglichkeit für die Technologiehersteller hervorhebt, jedoch weist Beitrag II.4 deutlich darauf hin, dass vor allem das Vertrauen der Landwirte in die Funktionsfähigkeit der Technologie eine entscheidende Voraussetzung für die Bildung langfristiger Akzeptanz und Nutzungsraten darstellt. Daher sollte der Aspekt des Vertrauens in die effektive Funktionalität neuer Technologien bei Nutzern und Nichtnutzern auf keinen Fall vernachlässigt werden (Eidt et al., 2012). Gewünscht werden dabei vor allem Funktionen, die den Arbeitsalltag flexibler gestalten, das Reproduktionsmanagement optimieren und die Tiergesundheit verbessern (Michels et al., 2019; Vik et al., 2019).

Bisher lag der Fokus digitaler Innovation in der Milcherzeugung hauptsächlich auf einzelbetrieblichen Anwendungen, wie der Automatisierung bestimmter Prozesse (z. B. Melken, Füttern, Tierkontrolle). Zukünftig wird jedoch eine verstärkte Ausrichtung auf hochgradig vernetzte Smart-Farming-Ansätze angestrebt, die verschiedene betriebliche Prozesse und Stakeholder miteinander verknüpft (Wolfert et al., 2023). Trotz dieser Zielsetzung gab es in den letzten zehn Jahren nur geringe Fortschritte seitens der Technologiehersteller und politischen Akteure in diesem Bereich. Landwirte betrachten nach wie vor die fehlende Kompatibilität und den langsamen Breitbandausbau als Hauptbarrieren, was darauf hindeutet, dass die digitale Transformation noch am Anfang steht (siehe auch Finger, 2023). Durch die Verbreitung von cloudbasierten Technologien könnten sich diese Situation verbessern und Barrieren im Akzeptanzprozess überwunden werden. Denn solche Lösungen erweisen sich als kosteneffizienter im Vergleich zum Aufbau eigener IT-Infrastrukturen und tragen zur Steigerung der Systemkompatibilität bei, was wiederum den Einsatzbereich erweitern und den Nutzen erhöhen kann (Herlitzius et al., 2021). Cloudbasierte Technologien bieten die Flexibilität und Skalierbarkeit, die für eine nahtlose Integration digitaler Technologien und Prozesse in die Milchwirtschaft erforderlich sind (Kaloxylou et al., 2014; Gabriel et al., 2021). Vor diesem Hintergrund hat der Verband der Deutschen Milchwirtschaft e.V. (2023) kürzlich in einem 10-Punkte-Plan zur digitalen Zukunft der deutschen Milchwirtschaft gefordert, dass statt isolierter Insellösungen Netzwerke entwickelt werden sollten, um multidimensionale Datenetze zu schaffen und dadurch mehr Wissen und umfassendere Verknüpfungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu erreichen. Die Potenziale, die sich dadurch ergäben, könnten eine Vielzahl an Akteuren und Themen miteinander verbinden und einen allumfassenden strategisch-technologischen Nutzen ermöglichen (Ibid.). So könnten Daten der Milcherzeuger direkt mit dem Handel und dem Verbraucher und vice versa miteinander verknüpft werden. Mit Blick auf die gesellschaftlichen Forderungen an das Tierwohl in der digitalen Transformation (siehe Kapitel III) stellt dies einen potenziellen Mehrwert für die Kommunikation und Transparenz der Branche dar (Finger, 2023).

### ***Die Rolle einstellungsbasierter Einflussfaktoren im Akzeptanzprozess von Milchviehaltern***

Die Benutzerakzeptanz ist und bleibt der Schlüssel für die Verbreitung digitaler Technologien in der Landwirtschaft (Wolfert et al., 2023), was auch der Beitrag II.2 verdeutlicht. Die vorliegende Arbeit zeigt, dass ein hohes Interesse an der Nutzung von IoT-Sensoren unter den Milchviehaltern besteht und die Nutzungsintention (Akzeptanz) mehrheitlich gegeben ist. Jedoch kann die tatsächliche Anwendung der beiden abgefragten Halsband- und Pansensensoren und insbesondere die Nutzung des Pansensensors als nur gering eingeschätzt werden. Dies legt nahe, dass die Akzeptanz in Zukunft gesteigert und die Nutzungsraten erhöht werden können. Mittels eines Strukturgleichungsmodells kann in Beitrag II.2 (auf Basis des erarbeiteten Akzeptanzmodells in Beitrag II.1) untersucht werden, welche spezifischen Akzeptanzfaktoren Einfluss auf die Intention und tatsächliche Nutzung der beiden IoT-Sensoren haben. Es zeigt sich, dass die Akzeptanz der Milcherzeuger von verschiedenen psycho-ökonomischen Parametern gesteuert wird. Obwohl nicht alle untersuchten Parameter statistisch signifikant sind, bestätigen diese Ergebnisse andere Studien in der Feststellung, dass sowohl kognitive als auch affektive Faktoren die Akzeptanzentscheidungen beeinflussen (Mohr und Kühl, 2021; Shang et al., 2021). Den stärksten signifikanten Einfluss auf die Intention, IoT-Sensoren für das Gesundheitsmonitoring einzusetzen, hat dabei der „Wunsch“ (*desire*) in positiver Form. Dies bestätigt die Annahme von Perugini und Bagozzi (2001), die den „Wunsch“ als motivierende Triebkraft der Nutzungsabsicht identifizieren, wobei die Wünsche mit direkten Zielerreichungen in Verbindung stehen. Beim Einfluss der affektiven Dimension wird deutlich, dass nur die positiven, nicht aber die negativen Gefühle den Wunsch, IoT-Sensoren zu nutzen, signifikant beeinflussen und darüber ein indirekter emotionaler Einfluss auf die Nutzungsintention besteht. Daraus kann in Anlehnung an Perugini und Bagozzi (2001) geschlossen werden, dass der Einsatz von IoT-Sensoren als erstrebenswertes Ziel erachtet wird. Damit einhergehend können auch Erwartungen verbunden werden, die über die der verbesserten Gesundheitsüberwachung der Kühe hinausgehen. Dazu gehören die Reduzierung des Arbeitsaufwands, eine größere Freude an der Arbeit, eine Verbesserung des Tierwohls, eine gesteigerte Innovationsfähigkeit und eine Steigerung der wirtschaftlichen Milchleistung (Bianchi et al., 2022; Grotsch et al., 2022). Um die Akzeptanz und insbesondere die Nutzung von IoT-Sensoren zu fördern, sollten demnach motivations- und emotionsbezogene Aspekte berücksichtigt werden, die die Möglichkeiten und Vorteile von IoT-Sensoren klarer kommunizieren und deutlicher aufzeigen, dass der Nutzen dieser Technologie über die Verbesserung der Gesundheitsüberwachung hinausgehen kann.

Durch die Schaffung von gemeinsamen Zielen und einem verstärkten sozialen Austausch zwischen Landwirten erwarten Hüttel et al. (2022) eine Verbesserung der Technologieakzeptanz. Angesichts des in dieser Studie bestätigten signifikanten Einflusses anderer Landwirte und landwirtschaftlicher Berater auf die subjektive Norm scheint es vielversprechend, den sozialen Austausch, bspw. zwischen Nutzern und Nichtnutzern, zu fördern, um die Verbreitung von IoT-Systemen zu verbessern. Allerdings zeigt sich im thematischen Kontext des Beitrages, dass Wünsche sozial nicht beeinflusst werden. Wie Leone et al. (2004) argumentieren, können die subjektiven Normen jedoch direkt eine weitere Varianz in der

Intention erklären, ohne Einfluss auf die Wünsche zu nehmen. Aus diesem Grund sollte die Bedeutung dieses Aspekts für die Akzeptanzentscheidungen nicht vollständig verworfen werden, zumal dieser Einfluss bereits in anderen Studien belegt wurde (u. a. Ramirez, 2013; Sampson und Perry, 2019; Hüttel et al., 2022). Insbesondere Early Adopters, also Landwirte, die bereits Erfahrungen mit dem Einsatz von IoT-Sensoren haben, könnten die Vorteile und die Bedeutung solcher Sensoren für den zukünftigen nachhaltigen Erfolg von Milchviehbetrieben an andere Landwirte vermitteln.

Die beiden weiteren Determinanten der Theorie des geplanten Verhaltens, namentlich Einstellung und Verhaltenskontrolle, haben wiederum einen positiven Einfluss auf den Wunsch und nehmen somit auch indirekt Einfluss auf die Nutzungsintention. Die Einstellungs-, Kontroll- und normativen Überzeugungen beeinflussen ihrerseits die drei Theory of Planned Behavior-Determinanten. Dies bestätigt nicht nur die Ergebnisse der Kombination der Theory of Planned Behavior und dem Technology Acceptance Model (Taylor und Todd, 1995; Fishbein und Ajzen, 2010; Cheon et al., 2012; Landmann et al., 2021), sondern stimmt auch mit den Resultaten anderer Studien zur Akzeptanzforschung von digitalen Innovationen in der Landwirtschaft überein (Adrian et al., 2005; Läßle, 2010; Devitt, 2018; Mohr und Kühl, 2021).

### ***Das gesellschaftliche Unbehagen an der Moderne***

Teil III der Dissertation untersucht die gesellschaftliche Wahrnehmung und Akzeptanz der Digitalisierung in der Milchwirtschaft. Die Beiträge III.1 und III.2 haben gezeigt, dass die gesellschaftlichen Einstellungen gegenüber der Digitalisierung in der Milchwirtschaft (anhand der Beispiele des Melk- und Fütterungsroboters) heterogen sind. Dabei werden sowohl Risiken als auch Chancen mit digitalen Technologien assoziiert. Es kann also grundsätzlich nicht von „der gesellschaftlichen Einstellungsakzeptanz“ gegenüber der Digitalisierung in der Milchwirtschaft gesprochen werden. Eine differenzierte Betrachtung ist notwendig.

So zeigen die Ergebnisse der Clusteranalyse im ersten Beitrag des dritten Kapitels, dass die befragten Bürger sich zwar überwiegend den positiven Bewertungsdimensionen zuordnen, aber nicht ausschließlich. Auch ambivalente bis negative Akzeptanzhaltungen werden eingenommen. Insgesamt konnten vier verschiedene Cluster aufgezeigt werden, wobei die Befürworter von Robotern mit knapp einem Drittel der Befragten die größte Gruppe ausmachen, gefolgt von den skeptischen und indifferenten Bürgern. Die kritischen Befürworter bilden die kleinste der vier Gruppen.

Unabhängig von der Zugehörigkeit zu den Clustern zeigen alle Gruppen hohe Zustimmungswerte hinsichtlich der Chancen für Landwirte beim Einsatz der Roboter. Alle vier Clustergruppen erachten die Milchwirtschaft für wichtig und eine fortschrittliche und innovative Ausrichtung wird eher befürwortet als abgelehnt. Dies unterstreicht das allgemeine Verständnis der Bedeutung innovativer Weiterentwicklung und technischen Fortschritts. Eine vollständige Akzeptanz wird allerdings nicht erreicht; es bleibt

ein gesellschaftliches Unbehagen gegenüber modernen und digitalen Aspekten der Milchwirtschaft, das sich in der Befürwortung der damit verbundenen Risiken ausdrückt (siehe Beiträge III.1 und III.2).

Dieser Befund deckt sich mit dem von Boogaard et al. (2011a), die feststellen, dass die Gesellschaft die Moderne in der Landwirtschaft weder vollständig akzeptiert noch vollständig ablehnt. Stattdessen kann ihre Haltung als „vorsichtige bzw. moderate“ Akzeptanz gegenüber modernen Technologien der Milchwirtschaft interpretiert werden (Boogaard et al., 2011a). Die vorherrschende gesellschaftliche Ambivalenz gegenüber der Robotik in der Milchwirtschaft zeigt sich in der sehr unterschiedlichen Wahrnehmung der beiden Roboter, die als „gute“ oder „schlechte“ Innovationen (Vierboom et al., 2006) oder als Vertreter der „zwei Seiten der Moderne“ eingestuft werden (Boogaard et al., 2011a). Die Ergebnisse des bildbasierten Ansatzes aus Beitrag III.2 zeigen, dass der Melkroboter im Vergleich zum Futterroboter ein stärkeres Gefühl der Dissonanz in Bezug auf das Wohlergehen der Tiere hervorruft (Te Velde et al., 2002). Daher wird der Melkroboter der „negativen Seite der Moderne“ zugeordnet, während der Futterroboter mit positiven Begriffen wie Effizienz und Arbeitsreduzierung in Verbindung gebracht wird und weniger Dissonanz bei den Befragten auslöst. Er kann der „positiven Seite der Moderne“ zugeordnet werden. Und obwohl beide Technologien zur Arbeitserleichterung auf den Betrieben beitragen und in gleichem Maße die Arbeit des Landwirts substituieren, wurde diese Kategorisierung vorgenommen. Boogaard et al. (2011a) argumentieren, dass Menschen dazu neigen, Phänomene in gegensätzliche Paare zu kategorisieren, und die Gesellschaft in der Debatte über die Nutztierhaltung oder auch bei der Bewertung von Technologien oft in dualistischen Gegensätzen verharnt (Renn, 1993). Das ambivalente Bild der gesellschaftlichen Wahrnehmung, insbesondere in Bezug auf die landwirtschaftliche Nutztierhaltung, ist dabei kein neues Phänomen (Te Velde et al., 2002). Diese Ambivalenz umfasst zwei grundlegende Aspekte: Zum einen betrifft sie die Wahrnehmung der Komplexität und zum anderen das Vorhandensein von Zielkonflikten (Renn, 2005). Aktuelle Forschungsergebnisse (Busch et al., 2022b) haben gezeigt, dass moralische Überlegungen und Intuition einen Einfluss auf die gesellschaftlichen Akzeptanzentscheidungen gegenüber landwirtschaftlichen Innovationen haben. Dies ermöglicht den Befragten, trotz begrenzten Wissens über die Technologien und Prozesse in der Milchviehhaltung, mit der Komplexität umzugehen. Robotern in der Landwirtschaft wurde bisher nur wenig gesellschaftliche Beachtung beigemessen, was auch daran liegt, dass diese Technologien als abstrakt und unklar in Bezug auf ihren tatsächlichen Nutzen und ihre potenziellen gesellschaftlichen Auswirkungen dargestellt werden (Vierboom et al., 2006). Infolgedessen beruht die Bewertung von Technologien auch auf heuristischen Prozessen anstatt auf einer eingehenden Informationsverarbeitung (Siegrist und Hartmann, 2020). Somit zeigt sich in den beiden Beiträgen des Kapitels III, dass vor allem die Bedeutung des Tierwohls in der Digitalisierung als Indikator der gesellschaftlichen Einstellungsakzeptanz fungieren kann. Diese Erkenntnis, dass das Tierwohl neben einer Vielzahl von Ansprüchen und gesellschaftlichen Wünschen gegenüber der Landwirtschaft stets an oberster Stelle steht, wurde bereits in anderen Zusammenhängen bestätigt (u. a. Verbeke, 2009; Luy, 2018). Daher überrascht es nicht, dass nicht nur die skeptischen und kritischen Bürger, sondern auch die Befürworter von Robotern die Bedeutung des Tierwohls in der



digitalen Transformation betonen und dessen Wahrung als wesentlich erachten. Zugleich besteht jedoch Unsicherheit darüber, ob der Einsatz von Robotern tatsächlich das Tierwohl verbessern kann (siehe Beitrag III.1). Diese Unsicherheit verdeutlicht die inhärente Widersprüchlichkeit, da eines der Hauptziele der Digitalisierung darin besteht, das Wohlergehen der Tiere zu verbessern, was jedoch von der Gesellschaft nicht vollumfänglich wahrgenommen wird.

Die ambivalente Haltung gegenüber der Digitalisierung in der Milchwirtschaft beruht neben der Sorge um das Tierwohl auch auf dem wahrgenommenen Verlust an Natürlichkeit, Erfahrungswissen und der Entfremdung zwischen Landwirt und Tier sowie einer Zunahme der Industrialisierung und Standardisierung der Milchwirtschaft (siehe Beitrag III.1). Die Natürlichkeit wird dabei als normatives Argument verwendet, um den Einsatz von Technologien zu bewerten, wobei die Natur als positiver Bezugsrahmen dient (Renn, 1995; Bartkowski et al., 2018) und im vorliegenden Kontext auch die Freiheit der Tiere, natürliche Verhaltensweisen auszuüben, einschließt (Europäische Union, 2018).

Diese sozio-ethischen Bedenken der Gesellschaft deuten darauf hin, dass die Digitalisierung im Grunde die bestehenden modernen Nutztierhaltungssysteme fördert, anstatt sie zu reformieren (Fraser, 2008). Denn die Gesellschaft bewertet den Einsatz von digitalen Technologien eben nicht unter dem Gesichtspunkt der Effizienz, sondern unter ethischen Gesichtspunkten (Millar et al., 2002). Es ist daher entscheidend, dass in diesem Zusammenhang nicht allein die „instrumentelle Vernunft“ Vorrang in der digitalen Transformation des Sektors hat (Taylor, 1991). Das Maß des Erfolges darf nicht nur von Kosten-Nutzen-Abwägungen und maximalen Effizienzsteigerungen abhängig sein (Ibid.). Daher sollten Informations- und Kommunikationsstrategien bezüglich des Einsatzes von Robotern in der Milchviehhaltung grundlegende Werte ansprechen und emotionale Komponenten einbeziehen, wie zum Beispiel die Möglichkeit, die Gesundheit und das Wohlbefinden der Tiere zu erkennen und zu verbessern. Dies bedeutet jedoch nicht, dass eine gänzliche Moralisierung der Digitalisierung angestrebt werden sollte (Renn, 1995; Driessen und Heutnick, 2015). Vielmehr kann sie als ein Prozess verstanden werden, bei dem man sich aktiv mit der techno-moralischen Veränderung auseinandersetzt (Swierstra et al., 2009). Auf diese Weise könnte der moralische Charakter von Innovationsprozessen eine bedeutendere Rolle einnehmen, nicht nur bei Kommunikationsstrategien, sondern auch bei der Gestaltung neuer (digitaler) Systeme (Driessen und Heutnick, 2015).

Auch die Präsenz der Landwirte könnte in diesem Zusammenhang eine entscheidende Rolle spielen (Harfeld et al., 2016). Denn die Bedenken bezüglich des Verlusts von Erfahrungswissen und der engen Beziehung zwischen Landwirt und Tier sind vielschichtig und es besteht die Sorge, dass die Mensch-Tier-Beziehung in Zukunft allein (von künstlicher Intelligenz) digital gesteuert wird, was die Entfremdung der Landwirte von ihren Tieren begünstigen könnte (siehe Beitrag III.1) (Bos und Munnichs, 2016). Bürger schätzen jedoch den intensiven und regelmäßigen Kontakt zwischen Landwirt und Tier, da dies für sie ein Indikator dafür ist, dass Landwirte sich gut um ihre Tiere kümmern (Boogaard et al., 2011b). Daher sollten die Tierhalter in der digitalen Transformation der Landwirtschaft stärker als zentrale Bezugspunkte einbezogen werden. Insbesondere, da die Ergebnisse von Beitrag III.1 zeigen, dass

das Vertrauen in die Arbeit der Landwirte mehrheitlich gegeben ist und die Einstellung gegenüber der Milchviehwirtschaft in der Gesellschaft grundsätzlich positiv ist. Da gesellschaftliche Überzeugungen hinsichtlich der Risiken und Chancen der Digitalisierung in allgemeinere Einstellungen eingebettet sind (Bredhal et al., 1998; Grunert et al., 2003; Ronteltap et al., 2007) und stark vom Vertrauen in die Nutzer der Technologie, also der Landwirte, abhängen (Huijts et al., 2012), könnte dies ein Ansatz sein, um die Akzeptanz zu erhöhen.

### ***Empfehlungen für einen erfolgreichen Transformationsprozess der Milchwirtschaft 4.0 unter Einbezug relevanter Akteure***

Abschließend stellt sich die Frage, wie der Digitalisierungsprozess in der Landwirtschaft, insbesondere in der Milchwirtschaft, unter Berücksichtigung der Einstellungs- und Nutzungsakzeptanz verschiedener Akteure erfolgversprechend gestaltet werden kann. Der Erfolg oder Misserfolg digitaler Technologien, wie beispielsweise der Einsatz von digitalen Robotern in der Milchwirtschaft, ist eng mit einer gesellschaftlichen Einbindung verbunden (Rose et al., 2021). Die Bedeutung digitaler Veränderungen wird häufig allein auf technologische Aspekte reduziert, während die externen Auswirkungen vernachlässigt werden (Eastwood et al., 2019). Diese unbeachteten Aspekte, auch als „blinde Flecken der Digitalisierung“ bezeichnet, können dazu führen, dass wertvolle Chancen verpasst und Veränderungsprozesse verlangsamt werden oder es sogar zu Konflikten und Widerständen kommt, die den gesamten Digitalisierungsprozess zum Scheitern bringen können (Muster et al., 2023).

Die Wissenschaft kann hier eine wesentliche Rolle spielen, indem sie die Erwartungen und Bedürfnisse verschiedener Stakeholder bezüglich der Digitalisierung sichtbar macht und die Auswirkungen, Dynamiken und Interessen innerhalb der Gesellschaft beleuchtet. Dabei sind sowohl ethische Reflexionen über den Innovationsprozess mit seinen potenziellen Auswirkungen auf Mensch und Tier als auch die bedeutsame empirische Forschung zu berücksichtigen (Bronson, 2018; Rose et al., 2021). Ein Beitrag zur „Technikakzeptanz“ von Renn (2005) verdeutlicht, dass die Akzeptanzforschung eine bedeutende Rolle bei der gesellschaftstheoretischen Interpretation der Moderne spielt, da sie eine Art Stimmungsbarmeter für die wahrgenommene Geschwindigkeit und Bedeutung des technologischen Wandels ist (Renn, 2005). Die Untersuchung der Einstellungen und Verhaltensweisen potenzieller Techniknutzer und die dahinterliegenden kognitiven und affektiven Dispositionen sind ebenfalls wesentliche Bestandteile dieses Forschungsgebietes (Petermann und Scherz, 2005; Wolfert et al., 2023). In diesem Zusammenhang zeigt die vorliegende Dissertation, dass das Interesse und die Nutzungsintention von Landwirten nicht nur aus ökonomischer Sicht betrachtet werden dürfen, sondern auch ethische Überlegungen und emotionale Einflussgrößen Bedeutung haben. Indem nicht nur Bürger und Verbraucher als moralische Akteure betrachtet werden, sondern auch die Landwirte selbst, werden die vielschichtigen Motivationsfaktoren und unterschiedlichen Gründe für den Einsatz von Technologien, die nicht allein

wirtschaftlicher Natur sind (Vik et al., 2019; Bianchi et al., 2022; Grotsch et al., 2022), in die gesamtgesellschaftliche Diskussion einbezogen.

Eine Möglichkeit, verschiedene Interessengruppen in den Transformationsprozess einzubeziehen und den Dialog zwischen ihnen zu fördern – wie etwa zwischen Milchviehhaltern und Bürgern/Verbrauchern – besteht in einem deliberativen Ansatz. Deliberative Verfahren haben bereits in der Technikfolgenbewertung erfolgreich Anwendung gefunden (Evers-Wölk, 2021) und wurden auch vom Wissenschaftlichen Beirat für Agrarpolitik (WBA) für die zukünftige Gestaltung der Nutztierhaltung gefordert (WBA, 2015). Der Kerngedanke dieses Partizipationsverfahrens liegt darin, Personen und Gruppen außerhalb von Wissenschaft und Politik frühzeitig zusammenzubringen (auch Laien), um durch den Austausch von Argumenten eine kollektive Entscheidungsfindung zu ermöglichen (Grunwald, 2018; Birner, 2019). Bisher wurden solche deliberative Verfahren in der Gestaltung der digitalen Transformation der Nutztierhaltung nur begrenzt angewendet und sind auch in anderen Bereichen der technologischen Entwicklung in der Landwirtschaft, wie z. B. der Genome-Editierung bei Nutzpflanzen, nur selten zu finden. Stattdessen sind die Standpunkte in der öffentlichen Diskussion häufig verhärtet (WBA, 2015; Birner, 2020).

Die Ausgestaltung eines solchen Verfahrens kann verschiedene Formen annehmen, wie bspw. Runde Tische, Konsensus-Konferenzen, Barcamps, Design Fiction, Bürgergutachten oder Zukunftswerkstätten (Birner, 2020; Evers-Wölk et al., 2021). Vor dem Hintergrund des gesellschaftlichen Unbehagens und der ambivalenten Einstellung der Bürger gegenüber digitalen Robotern in der Milcherzeugung unterstützt die vorliegende Dissertation den deliberativen Ansatz. Solch ein Austausch könnte den Innovationsprozess in der Milchwirtschaft grundsätzlich verbessern und möglicherweise gesellschaftliche Kontroversen im Zusammenhang mit digitalen Technologien überwinden und dazu führen, das Potenzial von Smart-Farming-Technologien vollständig zu nutzen.

Ein weiterer Ansatz, der zwar dem Zielvorhaben deliberativen Verfahrens folgt, aber im Unterschied dazu nicht bereits existierende Technologien bewertet, sondern explizit der Frage nachgeht, wie Technik zur Durchsetzung normativer Zielvorstellungen beitragen kann, ist der Responsible Research and Innovation (RRI)-Ansatz (Bogner et al., 2018: 112). Dabei liegt der Schwerpunkt auf der proaktiven Antizipation potenzieller Auswirkungen von Innovationen (anstatt einer reaktiven Regulierung) und einer stärkeren Berücksichtigung sich ändernder gesellschaftlicher Normen (Wickson und Carew, 2014; Lindner et al., 2016), was angesichts der rasanten Entwicklung digitaler Technologien in der Landwirtschaft von großer Bedeutung ist. RRI findet Berücksichtigung im digitalen Transformationsprozess der Landwirtschaft, allerdings nur langsam (Ayrís und Rose, 2023). Auch für den Bereich des Smart Dairy Farmings gibt es erste Vorschläge (Eastwood et al., 2019). Durch die Anwendung von RRI werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie sozio-ethische Überlegungen erfolgreich in die Innovationsgestaltung integriert werden können. Gleichzeitig werden Indikatoren bereitgestellt, um verantwortungsbewusste Innovationsgestaltung in der Milchwirtschaft zu bewerten und zu messen.

Die vorliegende Dissertation hat sich auf die Ermittlung der Einstellungs- und Nutzungsakzeptanz konzentriert und damit Aspekte des RRI-Ansatzes formuliert. Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung eines umfassenden RRI-Ansatzes und zeigen auf, dass potenzielle Wechselwirkungen zwischen Technologie und Gesellschaft oft erst erkannt werden, wenn sich diese bereits manifestiert haben (siehe auch Buckley et al., 2017). Die frühzeitige Einbindung von Bürgern und Landwirten ist von entscheidender Bedeutung, um eine konstruktive und sinnvolle Antizipation zu ermöglichen (Stilgoe et al., 2013) und um proaktiv auf Anforderungen eingehen zu können. Dazu werden klare Zielvorgaben benötigt, wie und wo RRI in Forschungs- und Entwicklungs- sowie Innovationsaktivitäten integriert werden soll. Dieser Zielrahmen könnte von der Regierung, Branchenorganisationen oder Fördermittelgebern, die Einfluss auf die Entwicklung und den Innovationsprozess haben, gefordert und gefördert werden (Eastwood et al., 2019).

Zudem zeigt die vorliegende Dissertation, dass es an weiterführenden politischen Grundlagen bei der Gestaltung und Verbreitung digitaler Technologien in der Land- und Milchwirtschaft fehlt. Dabei zeichnen sich zwei Hauptbereiche ab: Zum einen geht es um die finanzielle Förderung der Einführung von Smart-Farming-Technologien, zum anderen um die Bereitstellung von Infrastruktur und rechtlichen Rahmenbedingungen.

Die Implementierung von IoT-Technologien oder digitaler Robotik im Milchviehbereich ist oft mit erheblichen Investitionskosten verbunden. Obwohl ökonomische Analysen zeigen, dass es einen Mehrwert für Landwirte geben kann (Chauhan, 2015; Salfer et al., 2017), sind diese Vorteile oft (noch) zu gering, um die hohen Investitionskosten zu rechtfertigen (Finger et al., 2023). Technologische Adoptionsentscheidungen sind äußerst komplex und werden nicht nur von Einstellungsfaktoren beeinflusst, sondern auch von politischen Gegebenheiten und Marktbedingungen gesteuert (Floridi et al., 2013). Staatliche Finanzierungsunterstützungen würden die Nutzung von Smart Products prinzipiell erhöhen (Finger et al., 2023) und auch die gesellschaftliche Zustimmung für staatliche Subventionen des Smart Farmings in der Nutztierhaltung ist gegeben (Pfeiffer et al., 2020). Dabei sollten Co-Finanzierungsmodelle jedoch nicht explizit auf einzelne Technologien beschränkt werden, sondern das übergeordnete Ziel des Ressourcenschutzes und des Tierwohls in der Milchviehhaltung unterstützen. Denkbar wäre ein nationales oder europäisches Fördersystem, welches sich am kürzlich in Bayern eingeführten Förder-sonderprogramm „Landwirtschaft Digital“ orientiert (Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 2023).

Um alle Milchviehalter in den digitalen Transformationsprozess einzubeziehen bzw. ihnen prinzipiell den Zugang zur Digitalisierung zu ermöglichen, gilt es zunächst den begonnenen Netzausbau flächendeckend voranzutreiben, unter Berücksichtigung der Netzneutralität. Da zudem Investitionen in digitale Technologien nicht für alle Betriebskonzepte und -größen sinnvoll erscheinen (Gargiulo et al., 2018), sollten politische Akteure auch überbetriebliche Perspektiven fördern und einen besonderen Fokus auf die „infrastrukturelle Macht“ digitaler Plattformen legen (Busch, 2021; Kliem et al., 2022). Dabei geht es nicht nur um die Regulierung bestehender Plattformen, sondern vor allem um die staatliche

Bereitstellung öffentlicher Dateninfrastrukturen und datenverarbeitender Plattformen, um perspektivisch eine große Cloud-Infrastruktur für die Landwirtschaft zu entwickeln, die alle relevanten agrarwirtschaftlichen Daten an einem Ort vereint. Datenverarbeitende Plattformen und Clouds könnten in diesem Zusammenhang als ein integraler Bestandteil der sektoralen Infrastruktur verstanden werden (Kliem et al., 2022). Mit Projekten wie Agri-Gaia, dem Gaia-X oder dem Agri-Food Data Portal der EU wird dieser Ansatz politisch bereits verfolgt, bedarf aber noch weiterer Konkretisierung (Bund für Umwelt und Naturschutz, 2020).

Grundsätzlich sollte das Smart Farming in der Milchwirtschaft sowie in den anderen Bereichen der Landwirtschaft als Chance verstanden werden, die Herausforderung der Gegenwart und Zukunft zu bewältigen. Die Digitalisierung ist bereits in der Milchwirtschaft angekommen und digitale Technologien werden sich kontinuierlich weiterentwickeln und in Zukunft vernetzter, genauer, effizienter sowie vielfältiger einsetzbar sein. Entscheidend wird dabei sein, wie die Ausgestaltung entlang der gesamten Wertschöpfungskette vonstattengeht und ob es gelingt, durch die Einbeziehung aller relevanten Akteure in den digitalen Transformationsprozess, die Kluft zwischen gesellschaftlichen Erwartungen und landwirtschaftlicher Realität zu überwinden. Verbesserungen der technischen Infrastruktur, rechtlichen Rahmenbedingungen und die Anwendung eines reflektiven Prozesses können den Zugang zu Smart-Farming-Technologien erweitern, ihren gesamtgesellschaftlichen Nutzen steigern und gleichzeitig Raum für die Entwicklung neuer und nachhaltigerer landwirtschaftlicher Konzepte in der Milchwirtschaft schaffen.

## Literatur

- Ackermann, R. und J. Sauer (2005). Schleswig-Holsteinische Milchverarbeiter im internationalen Wettbewerb. In: Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel Nr.12, Zukunft der Milchwirtschaft in S.-H.: 187–200.
- Adrian, A.M., S.H. Norwood und P.L. Mask (2005). Producers' perceptions and attitudes toward precision agriculture technologies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 48(3), 256–271. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2005.04.004>.
- Antonowicz, M. und S. Jarzebowski (2018). Innovative Models of Supply Chain Management. In: *Journal of Management and Business Administration Central Europe* 26(2): 2–15. <https://doi.org/10.7206/jmba.ce.2450-7814.225>.
- Ayris, K. und D.C. Rose (2023). Social and ethical considerations for agricultural robotics. In: E. van Henten und Y. Edan (Hrsg.). *Advances in agri-food robotics* Burleigh Dodds Science Publishing: Kapitel 19. <http://dx.doi.org/10.19103/AS.2023.0124.20>.
- Bartkowski, B., I. Theesfeld, F. Pirscher und J. Timaeus (2018). Snipping around for food: Economic, ethical and policy implications of CRISPR/Cas genome editing. In: *Geoforum* 96: 172–180. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.07.017>.
- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2023). Bayerisches Sonderprogramm Landwirtschaft Digital. URL: <https://www.stmelf.bayern.de/foerderung/bayerisches-sonderprogramm-landwirtschaft-digital-baysl/index.html> (Abgerufen am: 07.08.2023).
- Beldman, A.C.G., C.H.G. Daatselaar und W. Zaalmink (2015). Possibilities for Technology to Strengthen Brazilian Dairy Chain. Brochure LEI Wageningen University & Research URL: <https://www.wur.nl/de/Publicatie-details.htm?publicationId=publication-way-343931313635> (Abgerufen am: 13.07.2023).
- Bianchi, M.C., L. Bava, A. Sandrucci, F.M. Tangorra, A. Tamburini, G. Gislon und M. Zucali (2022). Diffusion of precision livestock farming technologies in dairy cattle farms. In: *Animal* 16: 100650. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100650>
- Birner, R. (2019). Ernährungssicherung und Landwirtschaft. In: *Nova Acta Leopoldina NF 424*: 77–103.
- Birner, R. (2020). Innovationsprozesse für eine nachhaltige Landwirtschaft. Foliensatz.
- Bogner, A., A. Bauer und D. Fuchs (2018). Partizipation als große Herausforderung. Neue Formen der Öffentlichkeitsbeteiligung im Kontext von ‚Responsible Research and Innovation. In: M. Decker, R. Linder, S. Linger, C. Scherz und M. Sotoudeh (Hrsg.). ‚Grand Challenges‘ meistern. Der Beitrag der Technikfolgenabschätzung. Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden: 109–119.
- Boogaard, B.K., B.B. Bock, S.J. Oosting, J.S.C. Wiskerke und A.J. van der Zijpp (2011a). Social acceptance of dairy farming: The ambivalence between the two faces of modernity. In: *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 24(3): 259–282. <https://doi.org/10.1007/s10806-010-9256-4>.

- Boogaard, B.K., L.J. S. Boekhorst, S.J. Oosting und J.T. Sørensen (2011b). Sociocultural sustainability of pig production: Citizen perceptions in The Netherlands and Denmark. In: *Livestock Science* 140 (1): 189–200. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.028>.
- Bos, J. und G. Munnichs (2016). *Digitalisering van dieren: verkenning precision livestock farming. (Digitization of animals: Exploration of Precision Livestock Farming)*. Rathenau Instituut, Den Haag, Niederlande.
- Bredhal, L., G. Klaus, G. Grunert und L. F. Frewer (1998). Consumer Attitudes and Decision-Making with Regard to Genetically Engineered Food Products – A Review of the Literature and a Presentation of Models for Future Research. In: *Journal of Consumer Policy* 21: 251–277. <https://doi.org/10.1023/A:1006940724167>.
- Bronson, K. (2018). Smart Farming: Including Rights Holders for Responsible Agricultural Innovation. In: *Technology Innovation Management Review* 8(2): 7–14. <http://doi.org/10.22215/timreview/1135>.
- Buckley, J.A., P.B. Thompson und K.P. Whyte (2017). Collingridge’s dilemma and the early ethical assessment of emerging technology: The case of nanotechnology enabled biosensors. In: *Technology in Society* 48: 54–63. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2016.12.003>.
- Bund für Umwelt und Naturschutz (2020). *Positionspapier Landwirtschaft 4.0*. URL: <https://www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/positionspapier-landwirtschaft-40/> (Abgerufen am: 04.08.2023).
- Busch, C. (2021). *Regulierung digitaler Plattformen als Infrastrukturen der Daseinsvorsorge. WISO Diskurs*. URL: [https://library.fes.de/pdf-files/wiso/17527.pdf?utm\\_campaign=Ann%20Cathrin%27s%20Digital%20Digest&utm\\_medium=email&utm\\_source=Revue%20newsletter](https://library.fes.de/pdf-files/wiso/17527.pdf?utm_campaign=Ann%20Cathrin%27s%20Digital%20Digest&utm_medium=email&utm_source=Revue%20newsletter) (Abgerufen am: 04.08.2023).
- Busch, G., E. Bayer, A. Spiller und S. Kühl (2022a). ‘Factory farming’? Public perceptions of farm sizes and sustainability in animal farming. In: *PLOS Sustainability and Transformation* 1 (10): e0000032. <https://doi.org/10.1371/journal.pstr.0000032>.
- Busch, G., E. Ryan, M.A.G. von Keyserlingk und D.M. Weary (2022b). Citizen views on genome editing: effects of species and purpose. In: *Agriculture and Human Values* 39: 151–164. <https://doi.org/10.1007/s10460-021-10235-9>.
- Chauhan, R.M. (2015). Advantages And Challenging in E Agriculture. In: *Oriental Journal of Computer Science & Technology* 8(3): 228–233.
- Cheon, J., S. Lee, S.M. Crooks und J. Song (2012). An investigation of mobile learning readiness in higher education based on the theory of planned behavior. In: *Computers and Education*. 59 (3): 1054-1064.
- Chin, E., A.P. Felt, V. Sekar und D. Wagner (2012). Measuring user confidence in smartphone security and privacy. In: *Symposium on Usable Privacy and Security (SOUPS)* 12: 1–16. <https://doi.org/10.1145/2335356.2335358>

- Deutsche Milchwirtschaft e.V. (2023). 10 Punkte-Plan zur digitalen Zukunft der deutschen Milchwirtschaft. URL: <https://milchindustrie.de/pressemitteilungen/strategie-2023-digitaler-10-punkte-plan/> (Abgerufen am: 26.08.2023).
- Devitt, S.K. (2018). Cognitive factors that affect the adoption of autonomous agriculture. In: *Farm Policy Journal* 15(2): 49–60. <https://arxiv.org/abs/2111.14092>.
- Drewry, J. L., J. M. Shutske, D. Trechter, B. D. Luck und L. Pitman (2019). Assessment of digital technology adoption and access barriers among crop, dairy and livestock producers in Wisconsin. In: *Computers and Electronics in Agriculture*. 165: 104960. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104960>.
- Driessen, C. und L.F.M. Heutinck (2015). Cows desiring to be milked? Milking robots and the co-evolution of ethics and technology on Dutch dairy farms. In: *Agriculture and Human Values* 32: 3–20. <https://doi.org/10.1007/s10460-014-9515-5>.
- Eastwood, C., L. Klerkx, M. Ayre und B. Dela Rue (2019). Managing Socio-Ethical Challenges in the Development of Smart Farming: From a Fragmented to a Comprehensive Approach for Responsible Research and Innovation. In: *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 32: 741-768. <https://doi.org/10.1007/s10806-017-9704-5>.
- Eidt, C.M., H.M. Hickey und M.A. Curtis (2012). Knowledge integration and the adoption of new agricultural technologies: Kenyan perspectives. In: *Food Security* 4: 355–367. <https://doi.org/10.1007/s12571-012-0175-2>.
- Europäische Union (2018). Animal welfare in the EU: closing the gap between ambitious goals and practical implementation. Special Report No. 31. URL: [https://www.eca.europa.eu/Lists/E-CADocuments/SR18\\_31/SR\\_ANIMAL\\_WELFARE\\_EN.pdf](https://www.eca.europa.eu/Lists/E-CADocuments/SR18_31/SR_ANIMAL_WELFARE_EN.pdf) (Abgerufen am: 07.08.2023),
- Evers-Wölk, M., D. Dametto, C. Kahlisch, B. Oertel und A. Uhl (2021). Innovative und partizipative Verfahren der Technikfolgenabschätzung. Endbericht 192 zur TA-Methodenstudie „Nutzenpotenziale innovativer und partizipativer methodischer Verfahren für den Deutschen Bundestag“. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB). <https://doi.org/10.5445/IR/1000146273>.
- Finger, R., R. Huber, N. Buchmann und A. Walter (2023). Digitale Innovationen für eine nachhaltige Landwirtschaft. URL: [https://nfp73.ch/download/71/230330\\_SNF\\_NFP73\\_PB\\_Finger\\_DE.pdf?inline=true](https://nfp73.ch/download/71/230330_SNF_NFP73_PB_Finger_DE.pdf?inline=true) (Abgerufen am: 04.08.2023).
- Fishbein, M. und I. Ajzen (1975). Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research. In: *Philosophy & Rhetoric* 10(2): 130-132.
- Floridi, M., F. Bartolini, J. Peerlings, N. Polman und D. Viaggi (2013). Modelling the adoption of automatic milking systems in Noord-Holland. In: *Bio-Based and Applied Economics* 2(1): 73–90. <https://doi.org/10.13128/BAE-10882>.
- Fraser, D. (2008). Animal welfare and the intensification of animal production. In *Ethics of intensification: Agricultural development and cultural change Rome*, FAO: 167–189.



- Gabriel, A., M. Gandorfer und O. Spykman (2021). Nutzung und Hemmnisse digitaler Technologien in der Landwirtschaft. Sichtweisen aus der Praxis und in den Fachmedien. In: *Berichte über Landwirtschaft* 99(1): 1–27.
- Gargiulo, J. L., C.R. Eastwood, S.C. Garcia und N.A. Lyons (2018). Dairy farmers with larger herd sizes adopt more precision dairy technologies. In: *Journal of Dairy Science* 101(6): 5466–5473. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13324>.
- Groher, T., K. Heitkämper und C. Umstätter (2020). Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. In: *Animal* 14(11): 2404–2413. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001391>.
- Grotsch, H., H. Schulze, W. Sonntag und H. Thiele (2022). Adoption von Aktivitätssystemen in der Milchviehhaltung: Identifikation von Einflussfaktoren mittels Customer Journey Analyse. In: *Resilienz von regionalen und globalen Wertschöpfungsketten der Agrar- und Ernährungswirtschaft. Tagungsband der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues* 58: 353–367.
- Grotsch, H., H. Schulze, S. Thiele und H. Thiele (2023). Tierwohlkennzeichnungen bei Milch im Jahr 2022: Eine begleitende Analyse der staatlichen und privatwirtschaftlichen Aktivitäten. In: *Schriftenreihe der Rentenbank* 39. Implikationen einer veränderten Rollenverteilung zwischen Staat und Markt für die zukünftige Landwirtschaft: 7–35.
- Grunert, K.G., L. Bredahl und J. Scholderer (2003). Four questions on European consumers' attitudes toward the use of genetic modification in food production. In: *Food Science and Emerging Technologies* 4(4): 435–445. [http://doi.org/10.1016/S1466-8564\(03\)00035-3](http://doi.org/10.1016/S1466-8564(03)00035-3).
- Grunwald, A. (2018). Technikfolgenabschätzung und Demokratie. In: *TATuP Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis* 27(1): 40–45. <https://doi.org/10.14512/tatup.27.1.40>
- Haltungsform (2023). Siegel-Überblick. URL: <https://www.haltungsform.de/im-ueberblick/> (Abgerufen am: 04.08.2023).
- Handelsblatt (2023). EU-Lateinamerika-Gipfel könnte an Detailfragen scheitern. URL: <https://www.handelsblatt.com/politik/international/bruessel-eu-lateinamerika-gipfel-koennte-an-detailfragen-scheitern/29260550.html> (Abgerufen am: 26.07.2023).
- Harfeld, J.L., C. Cornou, A. Kornum und M. Gjerris (2016). Seeing the Animal: On the Ethical Implications of De-animalization in Intensive Animal Production Systems. In: *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 29: 407–423. <https://doi.org/10.1007/s10806-016-9611-1>.
- Herlitzius, T., J. Henningsen, T. Jeswein, D. Martini, P. Neuschwander, B. Rauch, N. Reinosch, S.A. Scherr, J.O. Schroers, L. Seuring und B. Striller (2021). Machbarkeitsstudie: Betriebliches Datenmanagement und FMIS in sächsischen Landwirtschaftsbetrieben. In: *Schriftenreihe des Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie* 4/22. URL: <https://slub.qucosa.de/api/qucosa%3A77615/attachment/ATT-0/> (Abgerufen am: 16.08.2023).

- Huijts, N.M., E.J. Molin und L. Steg (2012). Psychological factors influencing sustainable energy technology acceptance: A review-based comprehensive framework. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16(1): 525–531. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.018>.
- Hüttel, S., M.-T. Leuchten und M. Leyer (2020). The Importance of Social Norm on Adopting Sustainable Digital Fertilisation Methods. In: *Organization & Environment* 35(1): 79–102. <https://doi.org/10.1177/1086026620929074>.
- Kaloxylou, A. A. Groumas, V. Sarris, L. Katsikas, P. Magdalinos, E. Antoniou, Z. Politopoulou, S. Wolfert, C. Brewster, R. Eigenmann und C. Maestre Terol (2014). A cloud-based Farm Management System: Architecture and implementation. In: *Computers and Electronics in Agriculture* 100: 168–179. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.11.014>.
- Kliem, L., J. Wagner, C. Olk, L. Keßler, S. Lange, T. Krachunova und S. Bellingrath-Kimura (2022). Digitalisierung in der Landwirtschaft. Chancen und Risiken für den Natur- und Umweltschutz. Schriftenreihe des IÖW 222/22. URL: [https://www.ioew.de/publikation/digitalisierung\\_der\\_landwirtschaft](https://www.ioew.de/publikation/digitalisierung_der_landwirtschaft) (Abgerufen am: 04.08.2023).
- Knierim, A., K. Boenning, M. Caggiano, A. Cristóvão, V. Dirimanova, T. Koehnen, P. Labarthe und K. Prage (2015). The AKIS concept and its relevance in selected EU member states. In: *Outlook on Agriculture* 44(1): 29–36. <http://dx.doi.org/10.5367/oa.2015.0194>.
- Kraatz, F., F. Nordemann und T. Tönjes (2016). Datensicherheit: Die nächste große Herausforderung in der modernen Landtechnik? In: *Intelligente Systeme Stand der Technik und neue Möglichkeiten*, Lecture Notes in Informatics. Tagungsband Gesellschaft für Informatik: 15–18.
- Kühl, S., Busch, G., Brümmer, B., Fahlbusch, M. und A. Spiller (2015). Die Märkte für Milch- und Milcherzeugnisse. In: *German Journal of Agriculture Economics* 64 (Supplement): 16–30.
- Landmann, D., C.-J. Lagerkvist und V. Otter (2021). Determinants of Small-Scale Farmers' Intention to Use Smartphones for Generating Agricultural Knowledge in Developing Countries: Evidence from Rural India. In: *European Journal of Development Research* 33: 1435–1454. <https://doi.org/10.1057/s41287-020-00284-x>.
- Landwirtschaftliche Rentenbank (2018). Agrar Spezial. "Digital Farming" – Die Landwirtschaft im technologischen Wandel. URL: <https://www.rentenbank.de/export/sites/rentenbank/dokumente/Agrar-Spezial-2018-Digital-Farming.pdf> (Abgerufen am: 18.08.2023).
- Läpple, D. (2010). Adoption and Abandonment of Organic Farming: An Empirical Investigation of the Irish Drystock Sector. In: *Journal of Agricultural Economics* 61(3): 697–714. <https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2010.00260.x>.
- Leone, L., P. Perugini und A.P. Ercolani (1999). A comparison of three models of attitude-behavior relationships in the studying behavior domain. In: *European Journal of Social Psychology* 29(2–3): 161–189. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0992\(199903/05\)29:2/3%3C161::AID-EJSP919%3E3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0992(199903/05)29:2/3%3C161::AID-EJSP919%3E3.0.CO;2-G).

- Lindner, R., K. Goos, S. Güth, O. Som und T. Schröder (2016). Responsible Research and Innovation als Ansatz für die Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitik – Hintergründe und Entwicklungen. TAB- Hintergrundpapier Nr. 22. URL: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000133371> (Abgerufen am: 04.08.2023).
- Lovarelli, D., J. Bacenetti und G. Marcella (2020). A review on dairy cattle farming: Is precision livestock farming the compromise for an environmental, economic and social sustainable production? In: *Journal of Cleaner Production* 262: 121409. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121409>
- Luy, J. (2018). *Der faire Deal. Basis eines neuen Rechtsverständnisses im Tier-, Natur- und Umweltschutz*. Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden, Deutschland.
- Michels, M., V. Bonke und O. Mußhoff (2019). Understanding the adoption of smartphone apps in dairy herd management. In: *Journal of Dairy Science* 102(10): 9422–9434. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16489>.
- Millar, K.M., S.M. Tomkins, R.P. White und T.B. Mepham (2002). Consumer attitudes to the use of two dairy technologies. In: *British Food Journal* 104(1): 31–44. <http://dx.doi.org/10.1108/00070700210418721>.
- Mohr, S. und R. Kühl (2021). Acceptance of artificial intelligence in German agriculture: an application of the technology acceptance model and the theory of planned behavior. In *Precision Agriculture* 22: 1816–1844. <https://doi.org/10.1007/s11119-021-09814-x>.
- Muster, J., K. Matthiesen und S. Barnutz (2023). Der blinde Fleck. Warum digitale Transformationsprozesse meist an der Organisation scheitern – und was man dagegen tun kann. *Brandeins Magazin*. URL: <https://versus-online-magazine.com/de/download-whitepaper-digitale-transformation/> (Abgerufen am: 04.08.2023).
- Nowack W, J. Schmid und H. Grethe (2020). Wachsen oder weichen!? Eine Analyse der agrarstrukturellen Debatte im Kontext der EU-Agrarpolitik nach 2020. In: *GAIA—Ecological Perspectives for Science and Society* 28(4): 356–364 <https://doi.org/10.14512/gaia.28.4.7>.
- Perugini, M. und R.P. Bagozzi (2001). The role of desires and anticipated emotions in goal directed behaviours: Broadening and deepening the theory of planned behaviour. In: *British Journal of Social Psychology* 40(1): 79–98. <https://doi.org/10.1348/014466601164704>.
- Petermann, T. und C. Scherz (2005). TA und (Technik-)Akzeptanz (-forschung). In: *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 14(3): 45–53. <https://doi.org/10.14512/tatup.14.3.45>.
- Pfeiffer, J., A. Gabriel und M. Gandorfer (2020). Understanding the public attitudinal acceptance of digital farming technologies: a nationwide survey in Germany. In: *Agriculture and Humans Values* 38(1): 107–128. <https://doi.org/10.1007/s10460-020-10145-2>.
- Poczta, W., J. Sredzinska und M. Chenczke (2020). Economic Situation of Dairy Farms in Identified Clusters of European Union Countries. In: *Agriculture* 10(92): 1–22. <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture10040092>.

- Ramirez, A. (2013). The influence of social networks on agricultural technology adoption. In: *Procedia - Social Behavioral Science* 79(6): 101–116. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.05.059>.
- Renn, O. (1993). Technik und gesellschaftliche Akzeptanz: Herausforderungen der Technikfolgenabschätzung. In: *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society* 2(2): 67–83. <http://dx.doi.org/10.18419/opus-8691>.
- Renn, O. (2005). Technikakzeptanz: Lehren und Rückschlüsse der Akzeptanzforschung für die Bewältigung des technischen Wandels. In: *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 3(14): 29–38. <http://dx.doi.org/10.14512/tatup.14.3.29>.
- Ronteltap, A., J.C.M. Van Trijp, R.J. Renes und L.J. Frewer (2007). Consumer acceptance of technology-based food innovations: Lessons for the future of nutrigenomics. In: *Appetite* 49(1): 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2007.02.002>.
- Rose, D. C., J. Lyon, A. de Boon, M. Hanheide und S. Pearson (2021). Responsible development of autonomous robotics in agriculture. In: *Nature Foods* 2: 306–309. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00287-9>.
- Salfer, J.A., K. Minegishi, W. Lazarus, E. Berning und M.I. Endres (2017). Finances and returns of robotic dairies. In: *Journal of Dairy Science* 100(9): 7739–7749. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11976>.
- Sampson, G.S. und E.D. Perry (2019). Peer effects in the diffusion of water-saving agricultural technologies. In: *Agricultural Economics* 50(6): 693.706. <https://doi.org/10.1111/agec.12518>.
- Sauer, J. und U. Latacz-Lohmann (2015). Investment, technical change and efficiency: empirical evidence from German dairy production. In: *European Review of Agricultural Economics* 42(1): 151–175. <https://doi.org/10.1093/erae/jbu015>.
- Schukat, S. und H. Heise (2021). Towards an Understanding of the Behavioral Intentions and Actual Use of Smart Products among German Farmers. In: *Sustainability* 13: 6666. <https://doi.org/10.3390/su13126666>.
- Shang, L., T. Heckelei, M.K. Gerullis., J. Börner und S. Rasch (2021). Adoption and diffusion of digital farming technologies - integrating farm-level evidence and system interaction. In: *Agricultural System*. 190: 103074. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103074>.
- Siegrist, M. und C. Hartmann (2020). Consumer acceptance of novel food technologies. In: *Nature Food* 1: 343–350. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0094-x>.
- Stilgoe, J., R. Owen und P. Macnaghten (2013). Developing a framework for responsible innovation. In: *Research Policy* 42(9): 1568–1580. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.05.008>.
- Swierstra, T., D. Stemerding und M. Boenink (2009). Exploring techno-moral change: The case of the Obesitypill. In: Sollie, P., M. Düwell (Hrsg.). *Evaluating new technologies*: 119–138. Dordrecht: Springer Verlag.
- Taylor, C. (1991). *Das Unbehagen an der Moderne*. 11Auflage. Frankfurt am Main: Surkamp.

- Taylor, S. und P. Todd (1995). Understanding Information Technology Usage: A Test of Competing Models. In: *Information Systems Research* 6(2): 144-176 <https://doi.org/10.1287/isre.6.2.144>
- Te Velde, H., N. Aarts und C. van Woerkum (2002). Dealing with ambivalence: Farmers and consumers perception of animal welfare in livestock breeding. In: *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 15: 203–219. <https://doi.org/10.1023/A:1015012403331>.
- Thomsen, B. (2020). Handel ja, aber nicht so. Über das geplante Freihandelsabkommens der EU mit dem Mercosur. In: *Der kritische Agrarbericht 2020*: 114–118.
- Umstätter, C., D. Martini und F. Adrion (2020). Opinion Paper: Digitales Tiermonitoring – Was bringt die Zukunft? In: *Landtechnik* 75(1): 14–23. <https://doi.org/10.1515/lt.2020.3227>.
- Vamuloh, V.V., R. Panwar, S.M. Hagerman, C. Gaston und R.A. Kozak (2019). Achieving Sustainable Development Goals in the global food sector: A systematic literature review to examine small farmers engagement in contract farming. In: *Business Strategy and Development* 2(4): 276–289. <https://doi.org/10.1002/bsd2.60>.
- Verband der Deutschen Milchwirtschaft e.V. (2023). 10 Punkte-Plan zur digitalen Zukunft der deutschen Milchwirtschaft. URL: <https://milchindustrie.de/pressemitteilungen/strategie-2023-digitaler-10-punkte-plan/> (Abgerufen am: 05.08.2023).
- Verbeke, W. (2009). Stakeholder, citizen and consumer interests in farm animal welfare. In: *Animal Welfare* 18(4): 325–333. <https://doi.org/10.1017/S0962728600000725>.
- Vierboom, C., I. Härten, I. und J. Simons (2006). Akzeptanz organisatorischer und technologischer Innovationen in der Landwirtschaft bei Verbrauchern. In: *Schriftenreihe Landwirtschaftliche Rentenbank* 21: 171–209.
- Vik, J., E. P. Stræte, B. G. Hansen und T. Nærland (2019). The political robot – The structural consequences of automated milking systems (AMS) in Norway. In: *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences* 90–91: 100305. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100305>.
- Wickson, F. und A.L. Carew (2014). Quality criteria and indicators for responsible research and innovation: Learning from transdisciplinarity. In: *Journal of Responsible Innovation* 1(3): 254–273. <https://doi.org/10.1080/23299460.2014.963004>.
- Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim BMEL (WBA) (2015). Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Gutachten, Berlin. URL: [http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung.pdf;jsessionid=6CB4790DE7EB036DC22F808FAD570954.2\\_cid367?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung.pdf;jsessionid=6CB4790DE7EB036DC22F808FAD570954.2_cid367?__blob=publicationFile). (Abgerufen am: 30.06.2023).
- Wolfert, S., C. Verdouw, L. van Wassenae, W. Dolfsma und L. Klerkx (2023). Digital innovation ecosystems in agri-food: design principles and organizational framework. In: *Agricultural Systems* 204: 103558. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103558>.

**Veröffentlichungs- und Vortragsverzeichnis****Publikationen in referierten wissenschaftlichen Zeitschriften und begutachtete Tagungsbeiträge**

Langer, G., C. Mehlhose, T. Knöpfel, G. Busch, B. Brümmer und A. Spiller (2023). Der Markt für Milch und Milcherzeugnisse 2022. In: German Journal of Agriculture Economics 72(5): 18-36.

Langer, G. und S. Kühl (2023). Perception and acceptance of robots in dairy farming – a cluster analysis of German citizens. In: Agriculture and Human Values: 1-19.

Langer, G., S. Kühl und S. Schukat (2023). IoT in der Milchviehhaltung am Beispiel von Gesundheitssensoren – Akzeptanzbarrieren im Adoptionsprozess. In: Tagungsband der 43. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft: 405-410.

Langer, G., L. von Plettenberg und C. Schaper (2022). Die gesellschaftliche Einstellungs-akzeptanz digitaler Technologien in der Milchviehhaltung – eine Betrachtung der affektiven Dimension. In: Austrian Journal of Agricultural Economics and Rural Studies 31(16): 125-132.

Langer, G., C. Schaper und W. Sonntag (2022). Ein konzeptioneller Beitrag zur Untersuchung der Akzeptanz deutscher Milchviehhalter zur Digitalisierung in der Milchproduktion. In: Berichte über Landwirtschaft 100(1): 1-19.

Langer, G. und S. Schukat (2022). Die Einstellung deutscher Milchviehhalter gegenüber dem Internet der Dinge. In: Schrift der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. Band 62: 369-381.

Beber, C. L., G. Langer und J. Meyer (2021). Strategic Actions for a Sustainable Internationalization of Agri-Food Supply Chains: The Case of the Dairy Industries from Brazil and Germany. In: Sustainability 13(19): 10873.

**Beiträge in praxisorientierten Zeitschriften**

Langer, G. (2021). Weniger Betriebe halten immer mehr Kühe. In: Land&Forst 36/2021.

Langer, G. (2022). Glas halb voll oder halb leer? In: Bauernzeitung 23/2022.

Langer, G. (2022). Rohstoffsicherung – Entwicklung der Milchproduktion und der Milchpreise in Deutschland. In: Molkereiindustrie 8/2022.

### Weitere Veröffentlichungen

Janze, C., R. Weinrich, G. Langer, S. Schukat, D.M. Douglas und C. Schmidt (2021). Konjunkturbarometer Agribusiness 2021. Ernst & Young (Hrsg.). Online verfügbar: [https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/de\\_de/news/2021/01/ey-studie-agribusiness-2021.pdf](https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/de_de/news/2021/01/ey-studie-agribusiness-2021.pdf).

Janze, C., L. von Plettenberg, G. Langer, S. Schukat, S. Mohrmann, D.M. Douglas, S. Laux, C. Schaper und C. Schmidt (2022). Konjunkturbarometer Agribusiness 2022. Ernst & Young (Hrsg.). Online verfügbar: [https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/de\\_de/news/2022/01/ey-agribusiness-b-2022.pdf](https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/de_de/news/2022/01/ey-agribusiness-b-2022.pdf).

Janze, C., L. von Plettenberg, G. Langer, S. Schukat, S. Mohrmann, R. Uehleke, S. Seifert, L. Isenhardt, S. Laux und C. Schmidt (2023). Konjunkturbarometer Agribusiness 2023. Ernst & Young (Hrsg.).

Diverse Trendthemen auf Milchtrends (2020-22023). Online verfügbar: <https://www.milchtrends.de/aktuelles>.

### Vorträge

Langer, G., S. Kühl und S. Schukat (2023). IoT in der Milchviehhaltung am Beispiel von Gesundheitsensoren – Akzeptanzbarrieren im Adoptionsprozess. Vortrag auf der 43. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft vom 13. bis 14. Februar 2023 in Osnabrück.

Langer, G. und S. Schukat (2022). Die Einstellung deutscher Milchviehhalter gegenüber dem Internet der Dinge. Vortrag auf der 62. Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues vom 07. bis 09. September 2022 in Hohenheim.

**Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich eidesstattlich, dass diese Arbeit weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits anderen Prüfungsbehörden vorgelegen hat und ich mich an keiner anderen Hochschule um einen Doktorgrad beworben habe.

Göttingen, den 28. August 2023

.....  
(Unterschrift Greta Langer)

Hiermit erkläre ich eidesstattlich, dass diese Dissertation selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt wurde

Göttingen, den 28. August 2023

.....  
(Unterschrift Greta Langer)