

SMART FARMING IN RHEINLAND-PFALZ

Durchführung einer Studie mit interaktiver Landkarte
im Auftrag der Innovationsagentur Rheinland-Pfalz

Autoren:

Yanick Behrendt-Henn, Jens Henningsen, Thomas Jeswein

**INNOVA
TIONS
AGENTUR
RHEINLAND-
PFALZ**

 **Fraunhofer**
IESE

INNOVA TIONS AGENTUR RHEINLAND- PFALZ

Die Innovationsagentur ist Impulsgeber, Matchmaker und Möglichmacher im Innovationsökosystem Rheinland-Pfalz. Als Gesellschaft des Landes Rheinland-Pfalz vernetzt sie Innovationsakteure, trägt Forschungswissen in die Praxis und fördert die Entwicklung neuer Ideen.

WWW.INNOVATIONSAGENTUR-RLP.DE



Das Fraunhofer IESE ist ein Institut der Fraunhofer-Gesellschaft. Das Institut transferiert innovative Software-Entwicklungstechniken, Methoden und Werkzeuge in die industrielle Praxis. Es hilft Unternehmen, bedarfsgerechte Software-Kompetenzen aufzubauen und eine wettbewerbsfähige Marktposition zu erlangen.

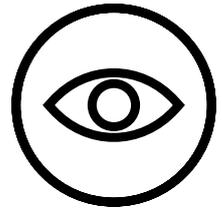
Das Fraunhofer IESE steht unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Peter Liggesmeyer

WWW.IESE.FRAUNHOFER.DE



INHALT

1	ZUSAMMENFASSUNG	5
2	EINLEITUNG	7
2.1	Implikationen digitaler Transformationen für die Landwirtschaft	8
2.2	Zielsetzung und Aufgabenstellung	11
2.3	Aufbau der Studie	11
3	VORGEHEN UND METHODEN	12
3.1	Literaturrecherche	13
3.2	Experteninterviews	13
3.3	Erstellung der Landkarte	13
4	DIGITALISIERUNG IN DER LANDWIRTSCHAFT	14
4.1	Digitale Transformation in der Landwirtschaft	15
4.2	Definitionen: Smart Farming und digitale Landwirtschaft	15
4.3	Aktuelle Herausforderungen und Hemmnisse	17
5	LANDWIRTSCHAFT IN RHEINLAND-PFALZ	22
5.1	Bedeutung und Beitrag der Landwirtschaft in RLP	23
5.2	Agrarstruktur in Rheinland-Pfalz	25
6	SMART FARMING IN RHEINLAND-PFALZ	28
6.1	Überblick zu den Experteninterviews	29
6.2	Kernaussagen aus den Interviews	29
6.3	Erstellung der Smart-Farming Landkarte RLP	33
6.3.1	Recherche und Auswahl der Werkzeuge	34
6.3.2	Erstellung einer KML-Datei der Landesgrenzen Rheinland-Pfalz	35
6.3.3	Aufbau der Smart-Farming-Landkarte Rheinland-Pfalz	36
6.4	Landwirtschaftliche Wertschöpfungskette	37
7	INNOVATIONSFELDER UND -POTENZIALE IN RLP	38
7.1	Treiber der Digitalisierung: Forschungsprojekte, Initiativen und Netzwerke aus RLP	39
7.2	Zukünftige Herausforderungen und Entwicklungen	44
7.3	SWOT-Analyse für die Agrarwirtschaft in Rheinland-Pfalz	46
8	HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	48
9	AUSBlick	51
10	LITERATURVERZEICHNIS	53



ABBILDUNGEN

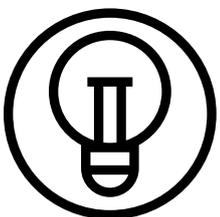
Abbildung 1:	Einsatz digitaler Technologien in landwirtschaftlichen Betrieben.....	8
Abbildung 2:	Chancen und Potenziale der Digitalisierung in der Landwirtschaft	9
Abbildung 3:	Weltweite Wachstumsraten in der Landwirtschaft	10
Abbildung 4:	Agrarwachstum unterteilt nach Industrie- und Entwicklungsländern	10
Abbildung 5:	Treibende Faktoren des Wandels in der Landwirtschaft	15
Abbildung 6:	Begriffe rund um die digitale Landwirtschaft	17
Abbildung 7:	Aktuelle Herausforderungen aus Sicht landwirtschaftlicher Betriebe	18
Abbildung 8:	Hemmnisse für die weitere Digitalisierung in der Landwirtschaft	20
Abbildung 9:	Überblick über eingesetzte Systeme auf einem landwirtschaftlichen Gemischtbetrieb.....	21
Abbildung 10:	Flächennutzung 2021 nach Nutzungsarten in RLP	23
Abbildung 11:	Agrarlandschaft in Rheinhessen	23
Abbildung 12:	Überblick unterschiedlicher Bodennutzung der landwirtschaftlichen Nutzfläche nach Bundesländern	26
Abbildung 13:	Durchschnittliche Flächenausstattung von Haupt- und Nebenerwerbsbetrieben.....	26
Abbildung 14:	Unternehmensergebnisse nach Betriebsformen und Bundesländern	26
Abbildung 15:	Bruttowertschöpfung 2023 nach Wirtschaftsbereich in RLP.....	27
Abbildung 16:	Screenshot der Smart-Farming-Landkarte	36
Abbildung 17:	Beispielhafte Akteure in der Agri-Food Wertschöpfungskette	37
Abbildung 18:	Überblick über GeoBox-Infrastruktur und über wesentliche öffentliche Daten.....	39
Abbildung 19:	Überblick GeoBox Viewer und dessen Datenquellen	40
Abbildung 20:	Digitale Transformation in der Landwirtschaft als IT-Megatrend	42
Abbildung 21:	Entwicklung der Landwirtschaft	43
Abbildung 22:	Schematische Darstellung der Vernetzung und Zusammenarbeit entlang der Wertschöpfungskette.	45
Abbildung 23:	Übersicht Handlungsempfehlungen	49

TABELLEN

Tabelle 1:	Begriffe im Umfeld von Smart Farming und Digital Farming (alphabetisch sortiert).....	16
Tabelle 2:	Hemmende Faktoren für die Digitalisierung in der Landwirtschaft (Beispiele)	19
Tabelle 3:	Bedeutung der Landwirtschaft in Rheinland-Pfalz	24
Tabelle 4:	Landwirtschaftliche Produktionsbereiche in Rheinland-Pfalz	24
Tabelle 5:	Überblick Interviews: Anzahl und zugeordnete Kategorien	29
Tabelle 6:	Herausforderungen	44



1. ZUSAMMENFASSUNG



Die Studie «Smart Farming in Rheinland-Pfalz» befasst sich mit dem Status Quo und der Zukunft der Digitalisierung in der rheinland-pfälzischen Landwirtschaft. Sie zeigt die Bedeutung der Digitalisierung zur Steigerung der Effizienz, Nachhaltigkeit und Innovationskraft in diesem Sektor.

Ein zentrales Element dieser Arbeit ist die Entwicklung einer interaktiven, webbasierten Landkarte, die relevante Akteure und Initiativen im Bereich Smart Farming in Rheinland-Pfalz darstellt und auffindbar macht. Die Landkarte enthält Zahl¹ Einträge, die in sechs Kategorien gruppiert sind: Vor- und nachgelagerte Unternehmen, Forschung und Lehre, öffentliche Einrichtungen, landwirtschaftliche Betriebe, Vereine und Verbände sowie beispielhafte Forschungsprojekte. Wichtig ist die kontinuierliche Pflege der «Landkarte Smart Farming in Rheinland-Pfalz», um den Austausch und die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Akteuren der Landwirtschaft zu fördern.

Die Studie gliedert sich in neun Kapitel, die die Digitalisierung in der Landwirtschaft definieren, aktuelle Trends beschreiben, Herausforderungen und Hemmnisse beleuchten sowie die spezifische Agrarstruktur in Rheinland-Pfalz analysieren. Im Rahmen der Untersuchung wird eine SWOT-Analyse durchgeführt, um Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der Digitalisierung für die rheinland-pfälzische Landwirtschaft zu erfassen und zu bewerten. Darüber hinaus identifiziert die Studie Innovationsfelder und Potenziale. Abschließend werden Handlungsempfehlungen formuliert, um die digitale Transformation voranzutreiben und die Wettbewerbsfähigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe in Rheinland-Pfalz zu stärken.

Insgesamt zeigt die Studie, dass Rheinland-Pfalz gut aufgestellt ist, um die Digitalisierung in der Landwirtschaft voranzutreiben. Die Herausforderungen, die es zu bewältigen gilt, dürfen jedoch nicht unterschätzt werden. Eine der großen Aufgaben wird es sein, eine geeignete Strategie und Vision zu definieren, um die Potenziale der Digitalisierung unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit zu nutzen.

¹ Stand 29.01.2025



2. EINLEITUNG

In diesem einleitenden Kapitel erfolgt zunächst eine kurze Einführung in die Thematik der gegenwärtig stattfindenden digitalen Transformation, insbesondere der Digitalisierung im landwirtschaftlichen Sektor mit Fokus auf Rheinland-Pfalz. Im Anschluss wird die Zielsetzung der vorliegenden Studie dargelegt. Abschließend werden zur schnellen Orientierung der Aufbau der Studie und die Inhalte der einzelnen Kapitel skizziert.

2.1 IMPLIKATIONEN DIGITALER TRANSFORMATIONEN FÜR DIE LANDWIRTSCHAFT

Seit der Jahrtausendwende werden die Auswirkungen der digitalen Transformation immer deutlicher. Sie verändert nicht nur ganze Wirtschaftszweige und bringt neue Geschäftsmodelle hervor, sondern verändert auch soziale Beziehungen und gesellschaftliche Strukturen. Durch diese Dynamik rückt sie zunehmend in den Fokus der gesamtgesellschaftlichen Aufmerksamkeit (Schrape 2021). Auch wenn die Begriffe Digitale Transformation und Digitalisierung häufig synonym verwendet werden, geht der Transformationsaspekt über die reine Digitalisierung von Objekten oder Abläufen hinaus. Denn digitale Transformation ist der Prozess, bei dem digitale Technologien nicht nur eingesetzt werden, um beispielsweise eine bestehende analoge Dienstleistung digital abzubilden. Vielmehr geht es auch darum, dieser nun digitalisierten Dienstleistung einen neuen Mehrwert für die Nutzerinnen und Nutzer² hinzuzufügen und sie in ein neuartiges Geschäftsmodell zu überführen (Trauth und Mayer 2022). Transformationsprozesse sind also Prozesse, in denen ein Gegenstand selbst so verändert wird, dass völlig neue Produkte und Dienstleistungen entstehen können (Friesike und Sprondel 2022).

Innovation ist somit Ziel und entscheidender Faktor der digitalen Transformation, um Unternehmen und ganze Branchen leistungs- und wettbewerbsfähiger zu machen. Besonders interessant ist dabei der übergreifende Ansatz der „Cross-Innovation“ (Seyda 2023), bei dem Ideen und Lösungen aus verschiedenen Branchen oder Disziplinen kombiniert werden, um sowohl technische als auch nicht-technische und soziale Innovationen zu schaffen (Schönen et al. 2022).

Digitale Technologien transformieren auch die Landwirtschaft. Sie verändern die Art und Weise, wie landwirtschaftliche Betriebe auf dem Feld und im Stall arbeiten, wie sie mit den vor- und nachgelagerten Bereichen interagieren und mit der Öffentlichkeit kommunizieren. Digitale Technologien, Werkzeuge und Methoden liefern den in der Landwirtschaft tätigen Menschen neues Wissen, führen neue Techniken und Geräte ein, lösen Innovationen aus, schaffen neuartige Mehrwerte, helfen bei der Reduzierung schädlicher Umweltauswirkungen und haben das Potenzial, die Unternehmensleistungen sowie die Rentabilität der Betriebe deutlich zu verbessern.

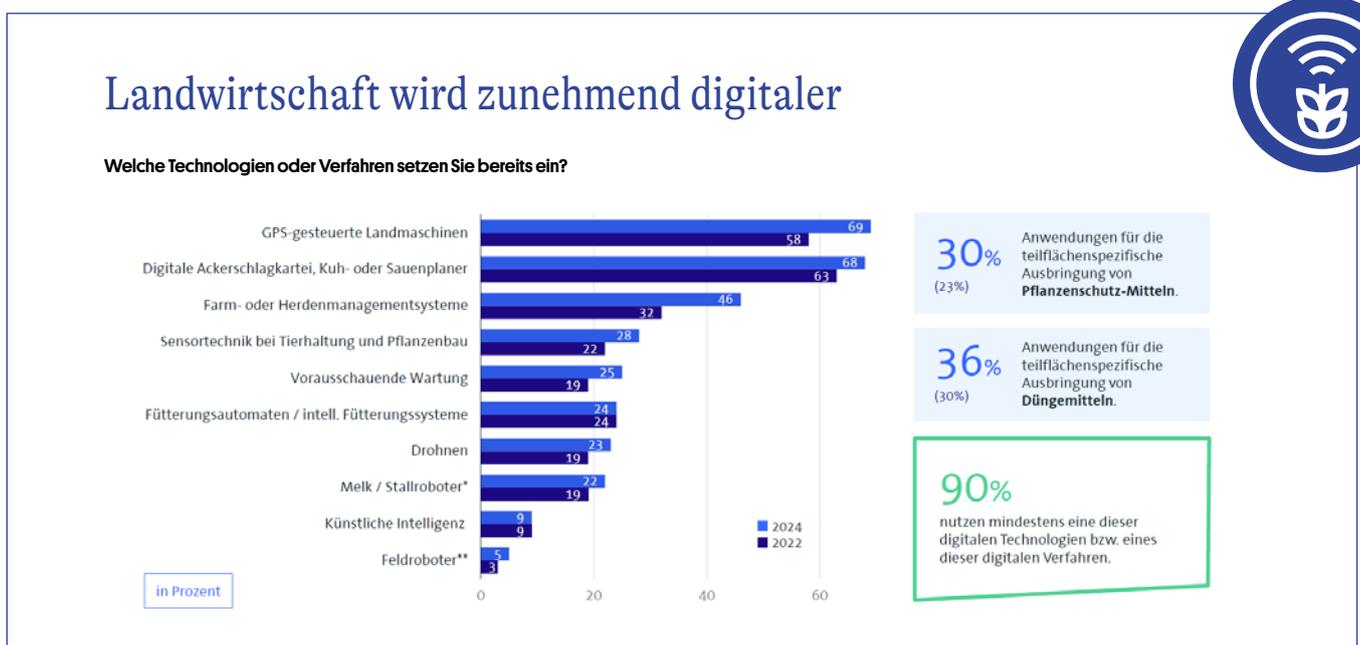


Abbildung 1: Einsatz digitaler Technologien in landwirtschaftlichen Betrieben
n=500 | *nur Veredlung/ Futterbau | ** nur Ackerbau/ Sonderkulturen

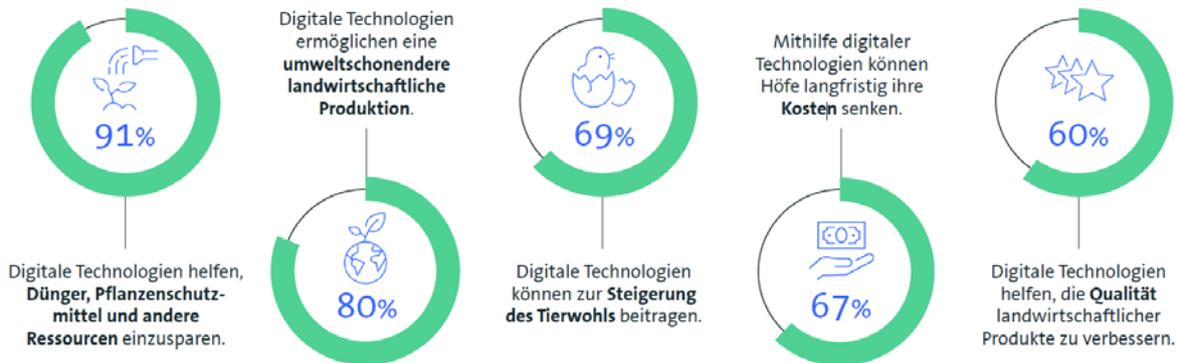
Die Abbildung 1 zeigt Ergebnisse einer aktuellen repräsentativen Befragung unter 500 landwirtschaftlichen Betrieben, die vom Digitalverband Bitkom und der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) durchgeführt wurde. Demnach nutzen immer mehr Höfe in Deutschland digitale Technologien und Verfahren (Rohleder und Meinel 2024). Hervorzuheben ist, dass bereits in vielen landwirtschaftlichen Betrieben Lenksysteme genutzt werden, die als Grundlage für Smart-Farming-Anwendungen im Ackerbau gelten. Das sogenannte Smart Farming ist dabei eine spezielle Anwendung

digitaler Technologien in der Landwirtschaft. Smart Farming zielt darauf ab, landwirtschaftliche Prozesse zu optimieren, präzise zu steuern und zu automatisieren. Dies geschieht beispielsweise durch den Einsatz von Sensoren, durch eine zielgerichtete Datenanalyse und mithilfe von künstlicher Intelligenz. Während also digitale Technologien ein breiteres Feld abdecken, konzentriert sich Smart Farming auf die intelligente Vernetzung und Automatisierung von landwirtschaftlichen Prozessen.

² Aufgrund der besseren Lesbarkeit wird im Text mehrheitlich das generische Maskulinum verwendet. Gemeint sind jedoch immer alle Geschlechter.

Ressourcen sparen, Umwelt schonen, Kosten senken

Inwiefern treffen folgende Aussagen zur Digitalisierung der Landwirtschaft Ihrer Meinung nach zu?



Basis: Alle befragten Landwirtinnen und Landwirte (n=500) | Prozentwerte für »Trifft voll und ganz zu« und »Trifft eher zu« | Quelle: Bitkom Research 2024

Abbildung 2: Chancen und Potenziale der Digitalisierung in der Landwirtschaft
n=500 | Prozentwerte für „Trifft voll und ganz gut“ und „Trifft eher zu“

Das digitale Technologien und ihre intelligente Vernetzung enorme Chancen für die Landwirtschaft, die Gesellschaft und unsere natürliche Umwelt eröffnen, wird auch durch die große Mehrheit der landwirtschaftlichen Betriebe gesehen. Dass insbesondere die Digitalisierung einen Beitrag zum effizienten Betriebsmitteleinsatz leistet und eine umweltschonende Produktion fördert, zeigt die bereits erwähnte Bitkom-Studie in Abbildung 2.

Digitale Technologien sind in der Landwirtschaft damit unverzichtbar. Aufgrund ihrer Vielfältigkeit ist die Landwirtschaft von der Digitalisierung in unterschiedlicher Weise und Intensität betroffen, sie ist Nutzer und zugleich Treiber digitaler Technologien. Durch ihren transformatorischen Charakter bringt die Digitalisierung zudem regulatorische, technische, prozessuale und dadurch fast zwangsläufig auch organisatorische Veränderungen mit sich.

Die Digitalisierung und die Nutzung digitaler Daten führen zu weitreichenden Veränderungen entlang der landwirtschaftlichen Produktionskette einschließlich der vor- und nachgelagerten Bereiche. Damit verbunden sind viele Potenziale und Chancen nicht nur hinsichtlich Ertragssteigerungen und Arbeiterleichterungen, sondern auch für eine umweltgerechtere Landwirtschaft. Neben den positiven Auswirkungen der digitalen Transformation werden aus Sicht bestimmter Stakeholdergruppen jedoch auch eine Reihe unerwünschter Folgen als möglich erachtet bzw. befürchtet. Diese Folgen sind bislang nur unzureichend verstanden, so dass von vagen oder ambiguiden Risiken gesprochen werden kann (Scholz et al. 2021, S. 163).

Laut der bereits erwähnten Bitkom-Studie begreifen 79 Prozent der deutschen Landwirte die Digitalisierung als Chance für ihre landwirtschaftlichen Betriebe und sehen die größten Vorteile in der Zeitersparnis, höherer Effizienz und körperlicher Entlastung (Deutscher Bauernverband e.V. 2024).

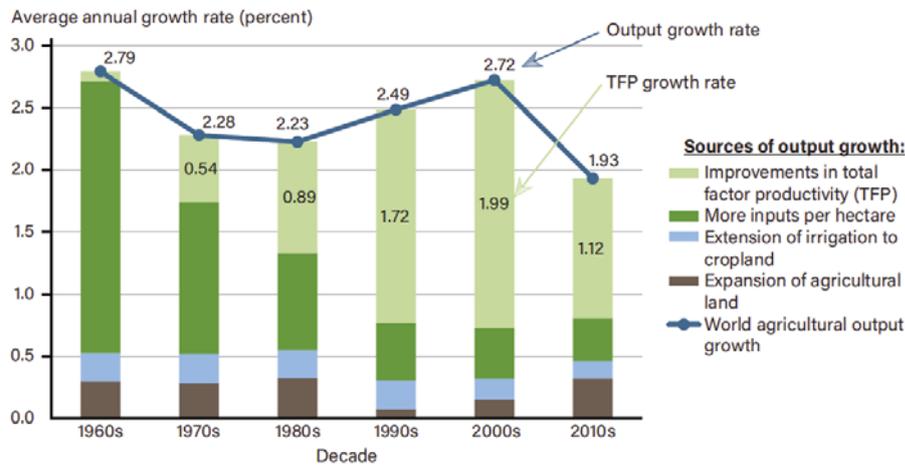
Zusätzlich identifiziert der Deutsche Bauernverband in seinem aktuellen Situationsbericht 2024/25 die Chancen der weiteren Digitalisierung in der Landwirtschaft in den Bereichen Verbraucherschutz (z.B. sichere Produktion von Nahrungsmitteln), Transparenz (z.B. mehr Transparenz schafft mehr Vertrauen zwischen Landwirten und Verbrauchern), Ressourceneffizienz (z.B. effizienter Einsatz von Betriebsmitteln), Klimaschutz und Biodiversität, Tierwohl (z.B. bessere Überwachung der Tiergesundheit) und Bürokratie (z.B. vereinfachte Dokumentation) (Deutscher Bauernverband e.V. 2024).

Die Digitalisierung und die durch sie hervorgebrachten Technologien müssen auch in ihren globalen Wechselwirkungen mit weiteren Aspekten betrachtet werden. Dazu zählt insbesondere die zunehmende Flächenknappheit in der Landwirtschaft in Bezug zur wachsenden Weltbevölkerung. Diese Entwicklungen haben international, national und regional einen starken Einfluss auf die zukünftige Produktion von Lebensmitteln. Die stetige Verringerung der landwirtschaftlichen Nutzfläche, sowie die Verschärfung gesetzlicher Vorgaben für die Landwirtschaft waren beispielsweise Themen bei einem Experten-Workshop zum Thema Smart Farming der Innovationsagentur RLP in Bad Kreuznach am 28. Juni 2024.

Das U.S. Department of Agriculture benennt für verschiedenen Regionen der Welt folgende Treiber, die zu einer höheren Produktivität von Nahrungsmitteln führen (Fuglie et al. 2024):

- Totale Faktorproduktivität (TFP)
- mehr Input pro Hektar
- Ausweitung der Beregnung von Getreideflächen
- Ackerlandgewinnung

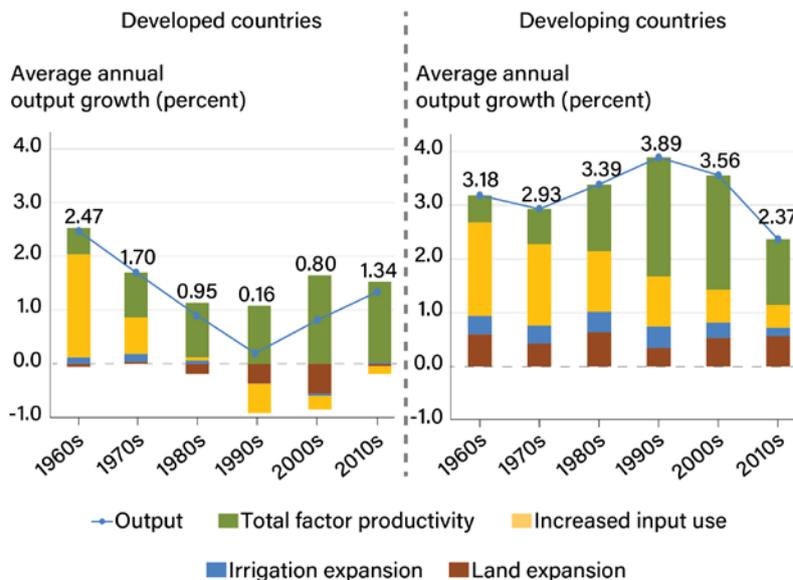
Sources of growth in world agricultural output by decade, 1961-2020



Source: USDA, Economic Research Service (ERS) using USDA, ERS, October 2022 International Agricultural Productivity data.

Abbildung 3: Weltweite Wachstumsraten in der Landwirtschaft

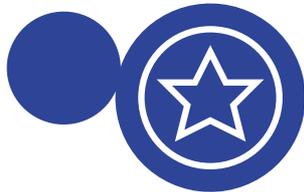
Agricultural growth in developed countries has increased in recent decades, while slowing in developing countries



Notes: Developed countries include North America, Europe, and Asia-Pacific high-income countries. Developing countries include Latin America, Africa, and Asia-Pacific low- and middle-income countries. Refer to the USDA, Economic Research Service's International Agricultural Productivity dataset for more information on country-level results. Source: USDA, Economic Research Service (ERS), using the ERS International Agricultural Productivity data product.

Abbildung 4: Agrarwachstum unterteilt nach Industrie- und Entwicklungsländern

Abbildung 3 (Fuglie et al. 2024) und Abbildung 4 (Jelliffe et al. 2021) stellen die genannten Wachstumstreiber einmal global und einmal aufgeteilt nach Industrie- und Entwicklungsländern dar. Die Abbildungen zeigen, dass die TFP, die eng mit Technologiefortschritten verbunden ist, einen großen Beitrag zur Wachstumsrate leistet und insbesondere in den hoch entwickelten Ländern zu einer höheren Produktivität führt. Die TFP in der Landwirtschaft misst die Gesamtproduktion eines Sektors im Verhältnis zum Gesamtinput an Land, Arbeit, Kapital und Material und ist ein wichtiger Indikator für den technologischen Wandel in der landwirtschaftlichen Produktion. Die weltweite TFP-Wachstumsrate in der Landwirtschaft stieg in den Jahrzehnten von 1961 bis 2010 weniger als 0,1 Prozent pro Jahr. In den Jahren 1961-70 auf durchschnittlich fast 2,0 Prozent pro Jahr im Zeitraum 2001-10. Danach verlangsamte sich das Wachstum der landwirtschaftlichen TFP auf durchschnittlich 1,1 Prozent im Zeitraum 2011-20 (Fuglie et al. 2024). Es zeigt sich, dass der Einsatz und die Nutzung von Technologien in solch komplexen Themengebieten wie Landwirtschaft und Ernährung einen wichtigen Beitrag leisten und hochentwickelte Länder wie Deutschland dazu beitragen können, dass durch Innovationen die TFP verbessert wird.



2.2 ZIELSETZUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Vor dem Hintergrund, dass Smart Farming in Rheinland-Pfalz eine besondere Rolle spielt, hat die Innovationsagentur Rheinland-Pfalz GmbH das Fraunhofer IESE mit der Erstellung der vorliegenden Studie beauftragt. Stärken und Chancen sieht die Innovationsagentur in der Vielzahl der Akteure entlang der landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette, deren Entwicklungspotenziale durch den Cross-Innovation-Ansatz entdeckt, gefördert und genutzt werden sollen. Viele Akteure in der Wertschöpfungskette sind der Kategorie KMU zuzuordnen. Auch die der Landwirtschaft nachgelagerten Bereiche wie die Lebensmittelverarbeitung (z.B. Mühlen, Molkereien, Fleischverarbeitung) und das Handwerk (z.B. Bäckereien, Metzgereien, Brauereien) sind stark durch KMU geprägt. Sie sind oft familiengeführt und bieten eine hohe Flexibilität und Kundenorientierung. Des Weiteren sind viele Betriebe eng mit ihrer Region verbunden und nutzen lokale Rohstoffe.

Ziel dieser Studie ist es somit zum einen, den aktuellen Stand zum Thema Smart Farming für das Bundesland Rheinland-Pfalz zu erfassen und zum anderen die Ergebnisse für interessierte Innovationsakteure aufzubereiten. Im Mittelpunkt steht dabei die Darstellung der Ergebnisse mit Hilfe einer interaktiven, webbasierten Karte - im Sinne einer grafischen Dokumentation und visuellen Verortung von Informationen auf einer Landkarte mit begleitenden Textinformationen. Diese Landkarte soll ihren Nutzern einen schnellen und einfachen, aber dennoch fundierten Überblick und Zugang zum Thema Smart Farming in Rheinland-Pfalz ermöglichen, indem sie Informationen zu Organisationen und Initiativen, Projekten und Programmen, Ansprechpartnern und Zuständigkeiten vermittelt.

Auch Rheinland-Pfalz kann dazu einen Beitrag leisten, indem es die Entwicklung von technischen Innovationen vorantreibt. Hierzu ist beispielsweise in der am 10.10.2023 vom rheinland-pfälzischen Ministerrat beschlossenen Digitalstrategie das Handlungsfeld 2 „Digitale Transformation in Wirtschaft, Wissenschaft und Arbeit“ definiert worden (Ministerium für Arbeit et al. 2023). Bezugnehmend darauf erklärte die zuständige Staatsministerin Daniela Schmitt, Ministerin für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau:

Wir stellen die Weichen, damit unsere Unternehmen am Wirtschaftsstandort Rheinland-Pfalz gute Rahmenbedingungen für die digitale Transformation, den Einsatz digitaler Technologien und innovative Wertschöpfung erhalten. Wir unterstützen mit der Innovationsagentur die enge Vernetzung zwischen Wirtschaft und Wissenschaft, um technologische Innovationen schneller in die Anwendung bringen zu können. Die führende Rolle von Rheinland-Pfalz im Digital Farming wollen wir weiter ausbauen und die landwirtschaftlichen Betriebe so in eine gute Zukunft führen.
[Rheinland-Pfalz 10.10.2023]

Die Digitalstrategie flankiert und ergänzt die bereits im Mai 2021 beschlossene Fortschreibung der Regionalen Innovationsstrategie Rheinland-Pfalz (Arndt und Eberle 2021). Darin ist beispielsweise der Potenzialbereich 6: Informations- und Kommunikationstechnik, Softwaresysteme, Künstliche Intelligenz mit dem Schlüsselthema bzw. dem Anwendungsmarkt des Smart Farming definiert. Vor allem für den Weinbau in Rheinland-Pfalz werden erhebliche Potenziale gesehen (Arndt und Eberle 2021).

Dabei werden insbesondere folgende Teilbereiche berücksichtigt:

- Agrarwirtschaft (inkl. der vor- und nachgelagerten Bereiche)
- Wissenschaft und Forschung
- Öffentliche Einrichtungen der Verwaltung
- Weitere relevante und besondere Akteure, z.B. Vereine und Verbände.

Zum anderen möchte die Studie Impulse geben und Handlungsfelder aufzeigen, wie die Digitalisierung der Landwirtschaft in Rheinland-Pfalz durch ihre vielfältigen Akteure weiter vorangetrieben und positiv gestaltet werden kann.

2.3 AUFBAU DER STUDIE

Kapitel 3 beschreibt die jeweiligen Vorgehensweisen und Methoden bei der Literatursammlung, den Experteninterviews und der Erstellung der digitalen Landkarte. Kapitel 4 führt in die Begrifflichkeit des Themas ein, sorgt für die notwendigen Abgrenzungen und Erläuterungen sowie Einblicke in Treiber und Hemmnisse. Das Kapitel 5 fokussiert zunächst auf die Situation der Landwirtschaft in Rheinland-Pfalz, liefert Hintergrundinformationen und Zahlenmaterial.

Kapitel 6 widmet sich insbesondere der Auswertung der Interviews und beschreibt im Detail, in welchen Schritten die Smart-Farming-Landkarte Rheinland-Pfalz entwickelt wurde. Kapitel 7 stellt Innovationspotenziale der rheinland-pfälzischen Landwirtschaft vor und versucht durch eine SWOT-Analyse die zukünftigen Chancen und Risiken der landwirtschaftlichen Digitalisierung zu ermitteln. Das Kapitel 8 formuliert Handlungsempfehlungen, die an die verschiedenen Stakeholder gerichtet sind. Kapitel 9 gibt einen abschließenden Ausblick und formuliert zukünftige Arbeiten.



3. VORGEHEN UND METHODEN

Dieses Kapitel geht kurz auf das Vorgehen und eingesetzte Methoden in dieser Studie ein. Dabei werden die Bereiche Literaturrecherche, Experteninterviews und Erstellung der Landkarte beschrieben.



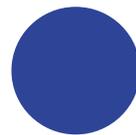
3.1 LITERATURRECHERCHE

In der vorliegenden Studie wurde eine Desktop-Recherche durchgeführt, wobei insbesondere die Schneeballmethode zum Einsatz kam. Diese Methode hat sich als effektive Strategie bei der Literaturrecherche erwiesen, insbesondere in Fällen, in denen ein tieferes Eintauchen in ein spezifisches Thema gewünscht ist. Die Vorgehensweise ähnelt der Schneeballbildung: Zunächst wird der Fokus auf eine geringe Anzahl an Quellen gerichtet und anschließend schrittweise erweitert. Diese Vorgehensweise ermöglicht nicht nur den Zugang zu spezifischen und oft weniger bekannten Quellen, sondern auch die Entdeckung neuer Aspekte eines Themas und die systematische Erweiterung des Blickwinkels. Diese Methode entspricht nicht nur guter wissenschaftlicher Praxis, sondern ist auch kosteneffizient. Die Vorgehensweise ist zielführend, da eine kombinierte Literatur- und Internetrecherche erfolgt und aufgrund der zugrundeliegenden Thematik viele Anwendungsfälle nicht über eine klassische Literaturrecherche zu finden sind.

Im Rahmen der Literaturanalyse zum Themenkreis der „Digitalisierung“ dienten die Literaturdatenbanken Dimensions, Google Scholar, ISI Web of Science sowie Scopus als primäre Informationsquellen. Für den Search Scope wurde primär der Zeitraum ab 01.01.2018 bis 31.12.2024 gewählt, wobei auch ältere Literatur berücksichtigt wurde, sofern diese für die Beantwortung der Forschungsfragen relevant war. Die Literatursuche und -auswertung erstreckte sich hauptsächlich auf die Disziplinen der Landwirtschaft, Volks- und Betriebswirtschaft, Politik-, Rechts- und Verwaltungswissenschaften sowie Informatik. Die grundlegenden Suchbegriffe umfassten

„digitale Transformation“, „Digital Farming“, „Smart Farming“, „digitales Ökosystem“, „Plattformökonomie“ und „Wertschöpfungsketten“ in Verbindung mit dem Begriff „Landwirtschaft“. Die Recherche wurde bilingual in den Sprachen Deutsch und Englisch durchgeführt. Ergänzend wurden Informationen aus öffentlichen bzw. publizierten Quellen herangezogen, wie zum Beispiel Hersteller-Roadmaps, Gewerbedatenbanken, Positionspapiere, Stellungnahmen und Pressemitteilungen von landwirtschaftlichen Stakeholdern. Zur Ermittlung von Firmeninformationen wurde die Dun & Bradstreet-Firmendatenbank (früher bekannt als »Hoppenstedt Firmendatenbank«) genutzt. Sie enthält Unternehmensdaten zu Groß-, Mittelständischen und Kleinunternehmen. Zudem wurde auf die Expertise von Netzwerkpartnern der Innovationsagentur Rheinland-Pfalz zurückgegriffen, z.B. das Commercial Vehicle Cluster (CVC), die Friends of Digital Farming, eine Initiative für die digitale Landwirtschaft, sowie Institutionen wie das Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück (DLR) mit Sitz in Bad Kreuznach.

Bei der weiteren sachlichen Fokussierung der Recherche wurde der Blick auf die Aspekte Potenziale und Risiken von Digitalisierung in der Landwirtschaft sowie die Innovationsförderung gelegt, um hier relevanten Input für die Handlungsempfehlungen gewinnen zu können.



3.2 EXPERTENINTERVIEWS

Gemäß dem Angebotskonzept wurden Interviews durchgeführt, um die Bedarfe und Expertise verschiedener Interessensgruppen im Bereich Smart Farming in Rheinland-Pfalz zu ermitteln. Um eine möglichst hohe Abdeckung zu erreichen, wurde in Abstimmung mit der Innovationsagentur RLP auf Interviewteilnehmende aus unterschiedlichen Stakeholdergruppen geachtet. Die Interviews fanden im November und Dezember 2024 statt und wurden entweder telefonisch oder über Teams-Calls durchgeführt. Die Dauer jedes Interviews war auf maximal eine Stunde begrenzt.

Die Interviews wurden semi-strukturiert durchgeführt. Vorab wurde für jede definierte Stakeholdergruppe ein Fragebogen erarbeitet. Die darin enthaltenen Fragen dienten als Leitfaden für die Interviews. Die dabei entstandenen Protokolle wurden für qualitative Analysen im Rahmen dieser Studie verwendet. Diese Vorgehensweise sorgte dafür, dass die Interviews fokussiert, aber mit ausreichendem Spielraum für wichtige Themenfelder abliefen.

3.3 ERSTELLUNG DER LANDKARTE

Im Rahmen der Erstellung der Landkarte wurde eine gezielte Desktop-Recherche durchgeführt, basierend auf ersten durchgeführten Interviews. Diese dienten dazu, die Zielsetzung zu fokussieren und insbesondere die inhaltlichen und technisch-organisatorischen Anforderungen der Innovationsagentur RLP hinsichtlich der Landkarte zu ermitteln. Aus umsetzungstechnischer Sicht wurden verschiedene Werkzeuge und Softwareprogramme wie GoogleMaps, Leaflet, CartoDB, QGIS und ArcGIS auf ihre Anwendbarkeit und Einsatzfähigkeit für dieses Projekt getestet und evaluiert.

Im Rahmen der Untersuchung wurden insbesondere webbasierte und interaktive Landkarten analysiert, die zum Zeitpunkt der Projektdurchführung aktiv angeboten und gepflegt wurden. Zu den hier näher betrachteten Landkarten gehört die von acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. – betriebene Plattform Lernende Systeme: Die Plattform für Künstliche Intelligenz (<https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-landkarte.html>). Diese Plattform erfasst KI-Anwendungen, die in Deutschland entwickelt wurden und werden. Des Weiteren wurde die KI-Landkarte der Vernetzungsinitiative in Nordrhein-Westfalen berücksichtigt.

(<https://www.ki.nrw/ki-landkarte/#/>)





4. DIGITALISIERUNG IN DER LANDWIRTSCHAFT

Da die Digitalisierung der Landwirtschaft in wissenschaftlichen, politischen und zivilgesellschaftlichen Diskursen von diversen Akteuren aus unterschiedlichen disziplinären Perspektiven beschrieben und konzeptualisiert wird, sind die verwendeten Begriffe und Konzepte nicht immer trennscharf. Dieses Kapitel liefert in kondensierter Form einen Überblick über die grundlegenden Begriffe bzgl. der Digitalisierung in der Landwirtschaft, identifiziert die wichtigsten Treiber für die Digitalisierung, benennt aktuelle Herausforderungen für die Landwirtschaft, denen durch konsequente Anwendung von Digitalisierung begegnet werden kann, und stellt einige hemmende Faktoren vor, die die Digitalisierung bremsen. Beispielhafte Treiber sind in Abbildung 5 dargestellt, entnommen aus dem Situationsbericht des DBV für 2024/25 (Deutscher Bauernverband e.V. 2024, S. 139).



Abbildung 5: Treibende Faktoren des Wandels in der Landwirtschaft

Die wirtschaftlichen, technologischen und gesellschaftlichen Treiber können von unterschiedlichen Institutionen angestoßen werden, wie zum Beispiel Agrarverbände, Forschungseinrichtungen, landwirtschaftliche Betriebe, Regierungen, oder Technologie Start-ups.

4.1 DIGITALE TRANSFORMATION IN DER LANDWIRTSCHAFT

Unter **digitaler Transformation** in der Landwirtschaft versteht man den umfassenden Prozess, durch den digitale Technologien und innovative Lösungen in landwirtschaftliche Praktiken, Prozesse und Geschäftsmodelle integriert werden. Dies umfasst:

- **Technologieintegration:** Einsatz von IoT, Sensoren, Drohnen und automatisierten Maschinen zur Datenerfassung und -analyse (z.B. Pflanzenschutzmittelapplikation mit Drohnen in Weinberg-Steillagen in RLP).
- **Datenmanagement und Data Governance:** Nutzung von Big Data und Cloud-Computing zur Auswertung von Ertragsdaten, Wetterbedingungen und Bodengesundheit. Unter Berücksichtigung Data-Governance Aspekten, d.h. Prozesse und Verantwortlichkeiten von genutzten Daten festlegen (z.B. Forschungsarbeiten mit Beteiligung aus RLP zu Agrardatenräumen zum souveränen Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Akteuren).
- **Optimierung von Prozessen:** Verbesserung der Effizienz von Anbau, Ernte und Ressourcenmanagement durch datenbasierte Entscheidungen (z.B. Forschungsprojekte zum Einsatz von NIR-Sensoren auf Erntemaschinen, um die Stickstoffnutzungseffizienz landwirtschaftlicher Betriebe in RLP zu verbessern).
- **Automatisierung von Prozessen:** Autonome Systeme und Robotik können (Teil-)Aufgaben in landwirtschaftlichen Prozessen übernehmen (z.B. Forschungsarbeiten zu Ernte-Robotern im Gemüseanbau in RLP).
- **Kundeninteraktion:** Digitale Plattformen zur Kommunikation mit Verbrauchern und zur Vermarktung von Produkten (z.B. Webauftritte von Weingütern aus RLP zur Direktvermarktung von Weinen regional und darüber hinaus).
- **Nachhaltigkeit:** Anwendung digitaler Lösungen zur Förderung umweltfreundlicher Praktiken und Ressourcenschonung (z.B.

EIP-Forschungsprojekt Nachhaltige Milch in RLP mit dem Ziel die Milchproduktion nachhaltiger zu gestalten).

- **Wettbewerbsfähigkeit:** Anpassung an sich ändernde Marktbedingungen durch innovative Ansätze und Geschäftsmodelle (z.B. Initiierung neuartiger, digitaler Geschäftsmodelle durch Forschungsinstitutionen aus RLP).

Im Abschlussbericht der Zukunftskommission Landwirtschaft wird von einer Transformation der Landwirtschaft gesprochen, die neben den technischen Aspekten der Digitalisierung weitere Bereiche berührt, zum Beispiel die gemeinsame Agrarpolitik, Marktorganisationen, Regulierungsabbau, Umbau der Tierhaltung, Biodiversitätserhalt, Pflanzenbau und Resilienz landwirtschaftlicher Betriebe (Zukunftskommission Landwirtschaft 2021). Wie in diesem Abschnitt erläutert, leistet die (technische) Digitalisierung einen Beitrag zur Transformation in der Landwirtschaft, aber sie ist nur ein Baustein von vielen.

4.2 DEFINITIONEN: SMART FARMING UND DIGITALE LANDWIRTSCHAFT

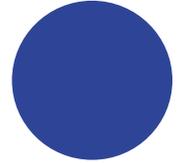
Smart Farming bezeichnet den Einsatz modernster Technologien und digitaler Lösungen in der Landwirtschaft, um die Effizienz, Produktivität und Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebe zu steigern. Dazu gehören unter anderem:

- **Bildverarbeitung und Sensorik:** Einsatz von Sensoren zur Überwachung u.a. von Boden- und Wetterbedingungen.
- **Datenanalyse:** Nutzung von **Big Data** und **Künstliche Intelligenz (KI)** zur Analyse von landwirtschaftlichen Daten und zur Unterstützung der Entscheidungsfindung.
- **Automatisierung:** Einsatz von Maschinen, sowie Drohnen und Robotern.
- **Konnektivität:** Vernetzung von Geräten und Systemen über das **Internet der Dinge (IoT)**.
- **Robotik und autonome Systeme:** Insbesondere der Einsatz von Robotern in Kulturen mit hoher Wertschöpfung und Fachkräftemangel

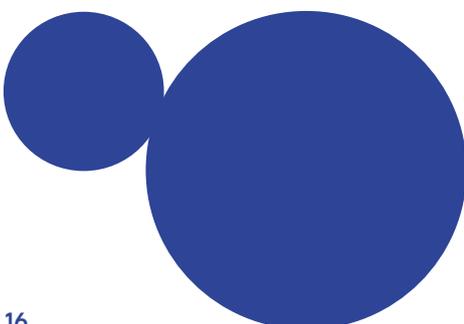
Es gibt sowohl semantische als auch inhaltliche Unterschiede zwischen den englischen Begriffen Smart Farming und Digital Farming einerseits, und intelligente Landwirtschaft bzw. digitale Landwirtschaft andererseits. Beim Begriff Digital Farming werden der Einsatz und die Anwendungsmöglichkeiten digitaler Technologien, die Datenerfassung und die anschließende Datenanalyse in der Produktion und den Geschäftsprozessen stark betont. Die Landwirtschaft nutzt demnach digitale Technologien, um landwirtschaftliche Praktiken zu optimieren sowie die Gesamteffizienz und Produktivität zu verbessern. Der Begriff Digitale Landwirtschaft ist

demnach sehr weit gefasst und betont oftmals die umfassende Integration digitaler Lösungen in allen Bereichen der Landwirtschaft. Der Begriff Smart Farming ist fast bedeutungsgleich mit dem des Digital Farming, betont jedoch den Aspekt der Automatisierung. Zwar wird der Begriff Intelligente Landwirtschaft oft synonym zu Smart Farming benutzt, allerdings werden dabei auch Aspekte wie die (automatisierte) Entscheidungsunterstützung und -findung sowie die bessere Anpassungsfähigkeit von digitalen Technologien an sich schnell wandelnde Umwelt- und Systemkontexte erwähnt.

Tabelle 1: Begriffe im Umfeld von Smart Farming und Digital Farming (alphabetisch sortiert)



BEGRIFF	BEDEUTUNG
Agrifood-Chain	Die Wertschöpfungskette von der Landwirtschaft bis zur Lebensmittelproduktion und -verwertung.
Agritech	Landwirtschaftliche Technologien, die innovative Lösungen fördern.
AgriTech Startups	Startups, die innovative Technologien für die Landwirtschaft entwickeln.
Big Data in Farming	Nutzung großer Datenmengen zur Optimierung landwirtschaftlicher Prozesse.
Data-Driven Farming	Datengetriebene Landwirtschaft, die Entscheidungen auf Basis von Daten trifft.
Farm Management Software	Softwarelösungen zur Verwaltung von landwirtschaftlichen Betrieben.
IoT in Agriculture	Internet der Dinge in der Landwirtschaft, Vernetzung von Geräten/Sensoren zur Datenerfassung.
Precision Agriculture	Präzisionslandwirtschaft, die gezielte Maßnahmen basierend auf Datenanalysen betont (Begriff hat sich in den 90er Jahren mit Einführung automatisierter Lenksysteme entwickelt).
Remote Sensing	Fernerkundung zur Überwachung von Feldern und Kulturen.
Smart Irrigation	Intelligente Bewässerungssysteme, die Wasser effizienter nutzen.
Sustainable Agriculture	Nachhaltige Landwirtschaft, die insbesondere Umwelt- und Ressourcenschutz berücksichtigt.
Vertical Farming	Vertikale Landwirtschaft, die Raum effizient nutzt und in städtischen Gebieten anwendbar ist.



Diese Vielfalt von Begrifflichkeiten ist in Abbildung 6 in Form einer Wortwolke dargestellt.



Abbildung 6: Begriffe rund um die digitale Landwirtschaft

4.3 AKTUELLE HERAUSFORDERUNGEN UND HEMMNISSE

Die Landwirtschaft, auch in Deutschland, steht vor folgenden Problemen und Herausforderungen, die durch Smart Farming und Digital Farming angegangen werden können. Sehr oft liegt der Fokus dabei auf Effizienzsteigerung und Verbesserung der Nachhaltigkeit und des Tierwohls. Im Bereich des Tierwohls kommt die Planungsunsicherheit hinzu, da rechtliche Rahmenbedingungen für zukünftige Stallkonzepte immer wieder diskutiert werden. Der zunehmende Fachkräftemangel wirkt sich ebenfalls auf die Betriebe aus, insbesondere Saisonarbeitskräfte im Obst- und Gemüsebau zu finden ist oftmals eine Herausforderung.

Das betrifft zahlreiche Betriebe und Winzer in RLP. Zudem wurden in den letzten Jahren weltweit und auch in Deutschland vermehrt Extremwetterereignisse aufgezeichnet. Es ist eine Häufung von Trockenphasen im Sommer und eine Verschiebung der Niederschlagsmengen in die Wintermonate zu verzeichnen (Deutscher Wetterdienst/ Extremwetterkongress 2021). Die Auswirkungen des Klimawandels nannten auch 67 Prozent der befragten landwirtschaftlichen Betriebe in einer durchgeführten Studie von der Bitkom als eine zukünftige Herausforderung (siehe Abbildung 7).

Betrachtet man die Herausforderungen genauer in diesem Kontext, fallen insbesondere die geringe Wertschätzung der Verbraucher (89 Prozent) und die zu geringen Erzeugerpreise (79 Prozent) ins Gewicht. Aber auch die Digitalisierung selbst ist laut Abbildung 7 für 51 Prozent der befragten landwirtschaftlichen Betriebe eine Herausforderung und 41 Prozent haben Probleme, Mitarbeitende mit entsprechendem Know-how im Bereich Digitalisierung zu finden (Rohleder und Meinel 2024).

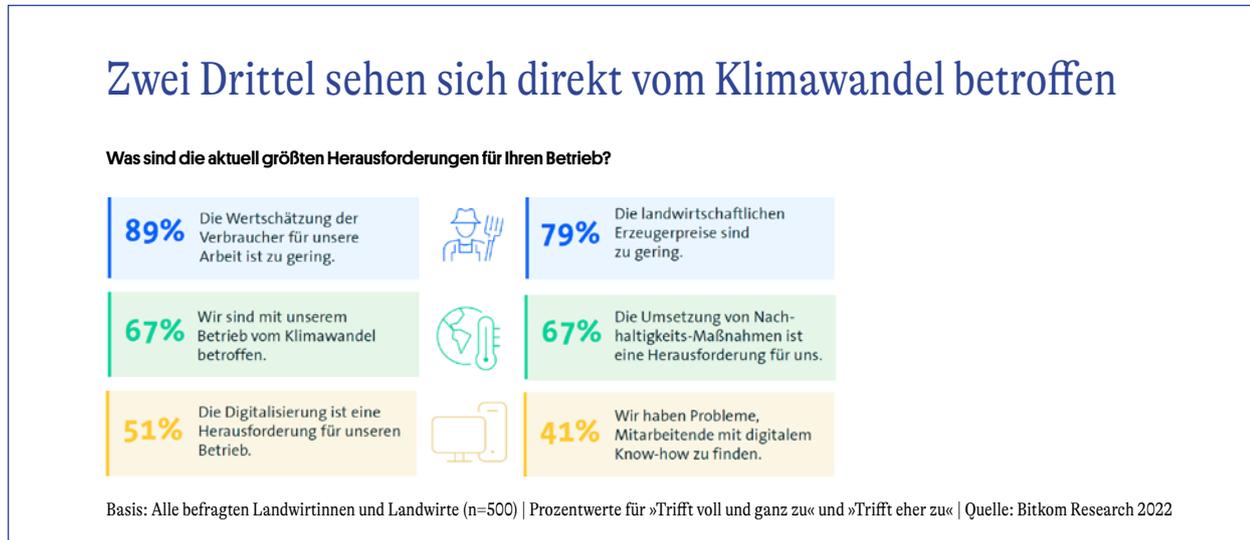


Abbildung 7: Aktuelle Herausforderungen aus Sicht landwirtschaftlicher Betriebe n=500 | Prozentwerte für „Trifft voll und ganz gut“ und „Trifft eher zu“

Gesamtheitlich betrachtet wird die Landwirtschaft als systemrelevant anerkannt, steht jedoch vor ökologischen, ökonomischen und sozialen Herausforderungen. Vor diesem Hintergrund wurde die „Zukunftskommission Landwirtschaft“ gegründet, um Leitlinien und Empfehlungen für den Umbau des Agrar- und Ernährungssystems zu schaffen. In dem Abschlussbericht der Zukunftskommission Landwirtschaft wird deutlich, dass die Transformation der Landwirtschaft eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe ist, die ökologisches Handeln mit wirtschaftlichem Erfolg verbinden muss. In dem Bericht sind zwölf Leitlinien beschrieben. Des Weiteren wird in dem Bericht auf die Digitalisierung eingegangen, die das Potenzial aufweist,

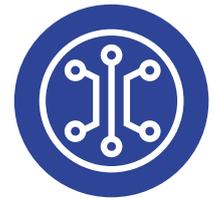
Bedürfnisse von Mensch, Natur, Tier und Umwelt in Einklang zu bringen. Dabei soll die Datenhoheit bei den landwirtschaftlichen Betrieben liegen und staatliche Unterstützung soll den Zugang zu den Technologien auch für kleine und mittlere Betriebe erleichtern. Ebenfalls ist es wichtig, dass die Entscheidungskompetenz bei den Landwirten bleibt (Zukunftskommission Landwirtschaft 2021).

Die Chancen für die weitere Digitalisierung in der Landwirtschaft werden durch eine Reihe von Faktoren bestimmt, welche die Nutzung und Verbreitung digitaler Werkzeuge, Anwendungen und Lösungen einschränken und hemmen.

Tabelle 2: Hemmende Faktoren für die Digitalisierung in der Landwirtschaft (Beispiele)



FAKTOR	BESCHREIBUNG
TECHNISCHE HERAUSFORDERUNGEN	
Infrastruktur	In vielen ländlichen Regionen besteht eine unzureichende digitale Infrastruktur, wie beispielsweise langsames Internet oder fehlender Mobilfunkempfang. Dies erschwert den Einsatz digitaler Technologien.
Kompatibilität	Die Vielzahl an unterschiedlichen digitalen Systemen und Standards erschwert die Interoperabilität und den Datenaustausch zwischen verschiedenen Geräten und Plattformen.
Fehlende Standards	Es fehlen einheitliche Standards für die Erhebung und den Austausch von Agrardaten.
WIRTSCHAFTLICHE HERAUSFORDERUNGEN	
Kosten	Die Anschaffung und der Betrieb von digitalen Technologien können für viele Landwirte, insbesondere für kleinere Betriebe, eine erhebliche finanzielle Belastung darstellen.
Wirtschaftliche Unsicherheit	Die wirtschaftliche Unsicherheit in der Landwirtschaft kann Investitionen in digitale Technologien hemmen.
MENSCHLICHE FAKTOREN	
Digitalkompetenz	Nicht alle Landwirte verfügen über die notwendigen digitalen Kompetenzen, um neue Technologien effektiv einzusetzen.
Akzeptanz	(Ältere) Landwirte sind oft skeptisch gegenüber neuen Technologien und haben Bedenken hinsichtlich des Verlusts traditioneller Arbeitsweisen.
Datenschutz	Bedenken hinsichtlich des Datenschutzes und der Sicherheit der erhobenen Daten können die Bereitschaft zur Nutzung digitaler Technologien hemmen.
ORGANISATORISCHE UND POLITISCHE HERAUSFORDERUNGEN:	
Bürokratie	Bürokratische Hürden und ein komplexer rechtlicher Rahmen erschweren die Einführung neuer Technologien.
Beratungsbedarf	Es besteht ein großer Bedarf an individueller Beratung, um Landwirte bei der Auswahl und dem Einsatz geeigneter digitaler Lösungen zu unterstützen.
Politische Rahmenbedingungen	Die politischen Rahmenbedingungen müssen sich an die Anforderungen der digitalen Landwirtschaft anpassen, um Innovationen zu fördern.
Heterogene Betriebsstrukturen	Die große Vielfalt an landwirtschaftlichen Betrieben in Deutschland erschwert eine einheitliche Einführung digitaler Technologien.



In der bereits referenzierten Studie der Bitkom (Rohleder und Meinel 2024) wurden landwirtschaftliche Betriebe nach den Hemmnissen befragt, die die Entwicklung der Digitalisierung in der Landwirtschaft bremsen. Daraus ergab sich laut Abbildung 8 folgendes Meinungsbild unter den Landwirten.



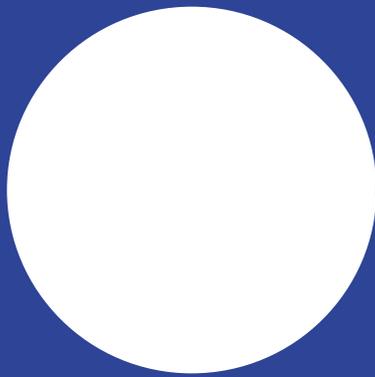
Abbildung 8: Hemmnisse für die weitere Digitalisierung in der Landwirtschaft

Die Vielzahl der in landwirtschaftlichen Betrieben eingesetzten Systeme und deren mangelnde Kompatibilität ist in Abbildung 9 skizziert. Aktuell gibt es keine Softwarelösung, die die relevanten Daten zusammenführt und in einer integrierten Form darstellt. Die Medienbrüche tragen dazu bei, dass der Fortschritt in der Digitalisierung gehemmt wird. Neben einem geeigneten Datenmanagement ist ebenfalls die digitale Souveränität ein wichtiges Element, d.h. die selbstbestimmte Nutzung von digitalen Systemen und Daten (Henningsen et al. 2022).



5. LANDWIRTSCHAFT IN RHEINLAND-PFALZ

In diesem Kapitel wird zunächst ein Überblick über die rheinland-pfälzische Landwirtschaft gegeben, anschließend wird näher auf die Digitalisierung in der Landwirtschaft in Rheinland-Pfalz eingegangen.



5.1 BEDEUTUNG UND BEITRAG DER LANDWIRTSCHAFT IN RLP

Die Landwirtschaft spielt in Rheinland-Pfalz eine bedeutende Rolle, auch wenn ihr Anteil an der gesamten Wirtschaftsleistung in den letzten Jahrzehnten zurückgegangen ist. Besonders charakteristisch für das Bundesland ist die Vielfalt der landwirtschaftlichen Betriebe und die dominierende Stellung des Weinbaus.

Abbildung 10 zeigt einen Überblick über die Flächennutzung in Rheinland-Pfalz (Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz 2022). Neben einem Anteil von rund 41 Prozent der Fläche für die Landwirtschaft ist das Bundesland durch den hohen Waldanteil geprägt. Im Vergleich ist der Waldanteil rund 50 Prozent höher als im Bundesdurchschnitt. Somit besitzt Rheinland-Pfalz die größte Waldfläche in Deutschland (Zuromski et al. 2024).

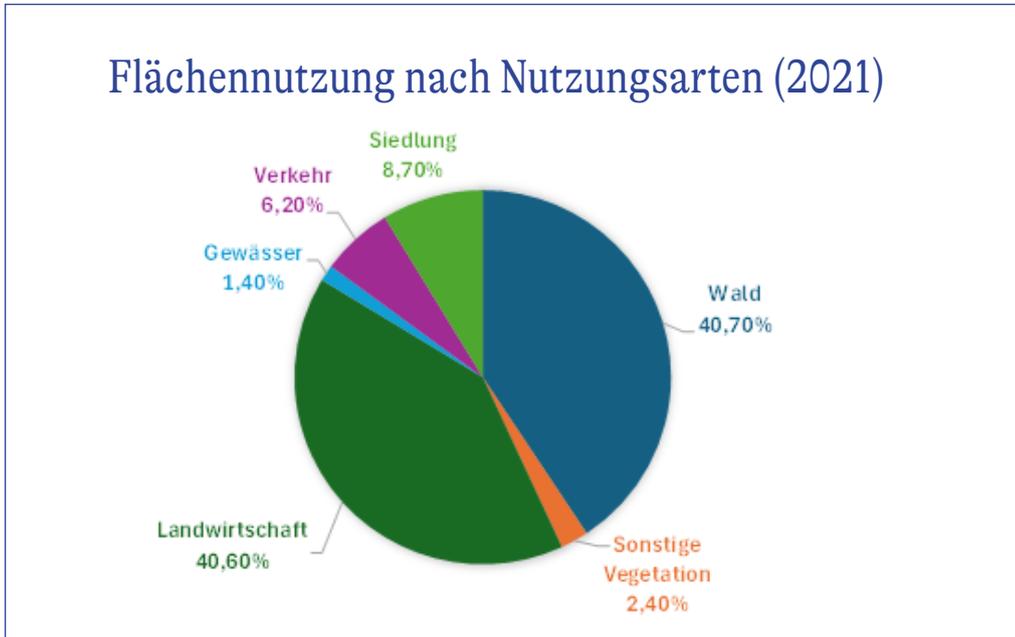


Abbildung 10: Flächennutzung 2021 nach Nutzungsarten in RLP

Abbildung 11 verdeutlicht die Vielfaltigkeit der angebauten Kulturen in Rheinland-Pfalz. Anhand von Satellitendaten haben Forschende aus dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt für die Jahre 2018 bis 2023 analysiert, welche Feldfrüchte wo wachsen und welche Fruchtfolgen angebaut werden.

Die Karten können etwa für das Monitoring verwendet werden, um die Folgen des Klimawandels abzuschätzen, Anpassungsmöglichkeiten zu identifizieren oder um Modelle für die Agrarlandschaft zu entwickeln (Piepenbrock 2024).

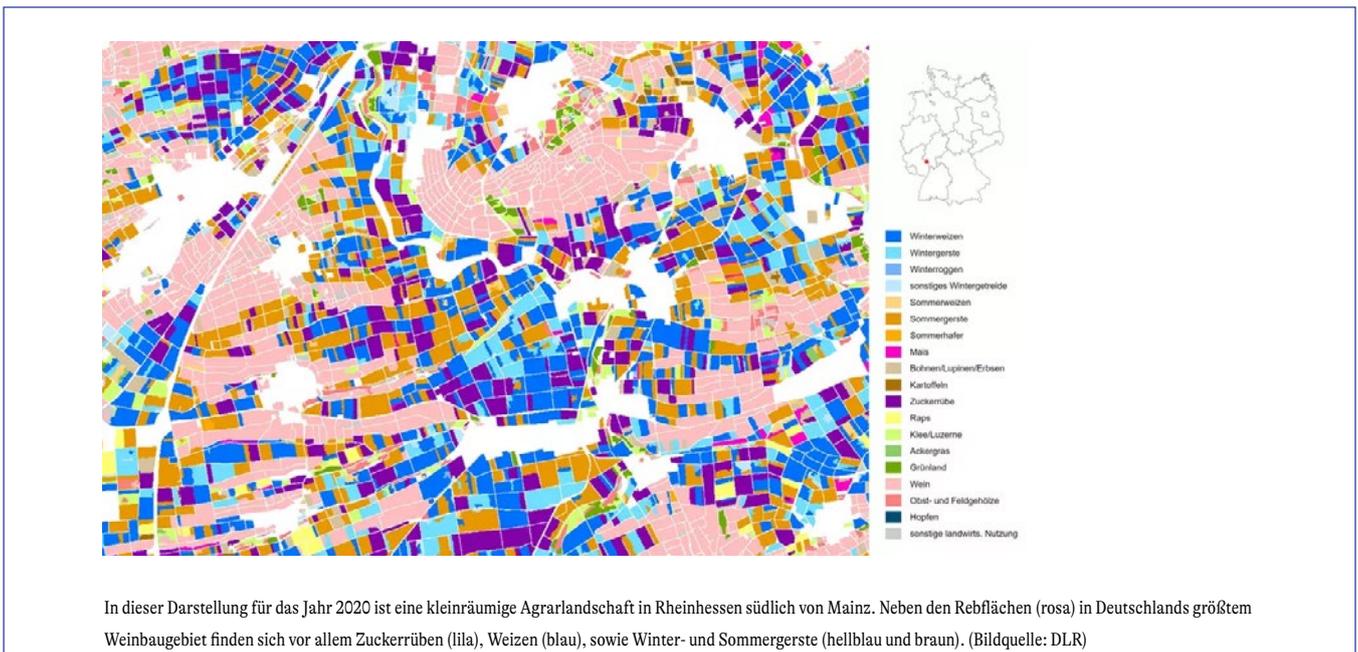


Abbildung 11: Agrarlandschaft in Rheinhessen

Die folgende Tabelle 3 führt eine Reihe von Aspekten und Faktoren auf, die zeigen, welche Bedeutung der Landwirtschaft in

Rheinland-Pfalz beigemessen werden können.

Tabelle 3: Bedeutung der Landwirtschaft in Rheinland-Pfalz

ASPEKT	BESCHREIBUNG
Wirtschaftlicher Beitrag	Landwirtschaft trägt zur regionalen Wirtschaft bei, insbesondere durch den Weinbau, der exportorientiert ist.
Beschäftigung	Die Landwirtschaft ist ein wichtiger Arbeitgeber in ländlichen Regionen, sowohl direkt in der Landwirtschaft als auch in vor- und nachgelagerten Sektoren (z.B. Verarbeitung, Vertrieb).
Tradition und Kultur	Starke kulturelle Tradition, insbesondere im Weinbau, der für die Identität der betreffenden Regionen prägend ist.
Tourismus	Der Weinbau und die Landschaft ziehen Touristen an, was zur wirtschaftlichen Entwicklung und Stabilität beiträgt.
Umweltschutz	Landwirtschaftliche Praktiken beeinflussen die Landschaftspflege und den Erhalt der Biodiversität im Bundesland.
Innovation	Fortschritte in der Landwirtschaft, z.B. durch Smart Farming, fördern technologische Entwicklungen und nachhaltige Praktiken.

Die Landwirtschaft in Rheinland-Pfalz ist von einer sehr großen Diversität von naturräumlichen Voraussetzungen, Betriebstypen und landwirtschaftlichen Produktionsverfahren geprägt. Sie ist insbesondere durch eine hohe Kulturartenvielfalt gekennzeichnet, die in dieser Form in keinem anderen Bundesland zu finden ist.

In Rheinland-Pfalz generieren Sonderkulturen, insbesondere Weinbau, zwei Drittel des Produktionswertes der Landwirtschaft. In den meisten übrigen Bundesländern spielen Sonderkulturen eine untergeordnete Rolle (Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau des Landes Rheinland-Pfalz 2024). Die hauptsächlich landwirtschaftlichen Produktionsbereiche in Rheinland-Pfalz sind:



Tabelle 4: Landwirtschaftliche Produktionsbereiche in Rheinland-Pfalz

PRODUKTIONSBEREICH	BESCHREIBUNG
Weinbau	Rheinland-Pfalz ist das größte Weinbaugebiet Deutschlands, insbesondere in Regionen wie Mosel, Rheinhessen und Pfalz.
Obstbau	Anbau von Äpfeln, Kirschen, Birnen, Pflaumen und anderen Obstsorten, vor allem in der Vorderpfalz und im Westerwald.
Gemüsebau	Produktion von Spargel, Karotten, Zwiebeln und weiteren Gemüsesorten, häufig in den wärmeren Regionen.
Viehzucht	Rinder- und Schweinehaltung, jedoch weniger dominant als in anderen Bundesländern. Auch Geflügelhaltung spielt eine Rolle.
Ackerbau	Anbau von Getreide (z.B. Weizen, Gerste) und Futterpflanzen, vor allem in den flacheren Gebieten.
Milchproduktion	Es gibt eine signifikante Anzahl von Milchviehbetrieben, insbesondere in den Mittelgebirgen.
Forstwirtschaft	Die Forstwirtschaft ist besonders prägend in den Regionen Pfalz, Hunsrück und dem Westerwald, wo sie wichtige wirtschaftliche, ökologische und soziale Funktionen erfüllt.

Infolge divergierender geographischer Gegebenheiten (u. a. Boden, Klima, Topografie) sowie sozioökonomischer Faktoren (u. a. Besiedlung, Betriebsgrößen) manifestierten sich in Rheinland-Pfalz drei signifikante Agrarstandorte. Die Intensivstandorte der Sonderkulturen und des Ackerbaus erstrecken sich entlang der Flusstäler, während die Standorte des Marktfruchtbaus in den Höhegebieten zu finden sind. Hierbei handelt es sich um die Randgebiete, die an den Oberrheingraben, das Maifeld und das Neuwieder Becken angrenzen. Des Weiteren lassen sich

agrarwirtschaftliche Standorte mit überwiegendem Futterbau in den Mittelgebirgen der Eifel, des Hunsrücks, des Westerwalds sowie der Westpfalz ausmachen. Diese erstrecken sich teilweise weit in die Westpfalz und den Hunsrück hinein sowie bis in das Gebiet um Zweibrücken. (Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau des Landes Rheinland-Pfalz 2024).

5.2 AGRARSTRUKTUR IN RHEINLAND-PFALZ

Rheinland-Pfalz ist, gemessen anhand der landwirtschaftlichen genutzten Fläche (rund 699.150 ha), das fünft kleinste Bundesland. In Abbildung 12 ist die landwirtschaftliche genutzte Fläche weiter unterteilt in Ackerland, Dauerkulturen und Dauergrünland. In den Bereichen Ackerland (387.236 ha) und Dauergrünland (242.058 ha) befindet sich Rheinland-Pfalz im unteren Drittel, wenn man die Stadtstaaten herausnimmt. Im Bereich der Anbaufläche von Dauerkulturen weist Rheinland-Pfalz die höchste Anbaufläche mit rund 69.707 ha auf (Stand Jahr 2020). Zu den Dauerkulturen zählen Rebflächen, Obstanlagen, Baumschulen, Nüsse, Weihnachtsbaumkulturen außerhalb des Waldes und andere Dauerkulturen, wie z.B. Korbweiden- und Pappelanlagen. Davon fallen rund 65.000 ha (Stand Jahr 2024) auf bestockte Rebflächen zurück.

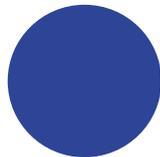
Somit ist Rheinland-Pfalz das größte weinbautreibende Bundesland und rund 9 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Rheinland-Pfalz sind mit Reben bestockt (Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz 2024a). Rheinland-Pfalz produziert rund 70 Prozent der deutschen Weinmenge und rund 90 Prozent der deutschen Weinexporte stammt aus Rheinland-Pfalz (Mumme 2021).

Bundesländer	Landwirtschaftliche Betriebe	Landwirtschaftlich genutzte Fläche	Bodennutzungsarten					
			Ackerland insgesamt		Dauerkulturen		Dauergrünland	
			Landwirtschaftliche Betriebe	Fläche	Landwirtschaftliche Betriebe	Fläche	Landwirtschaftliche Betriebe	Fläche
			Anzahl	ha	Anzahl	ha	Anzahl	ha
Schleswig-Holstein	12194	982753	8592	655011	609	6276	10946	321304
Hamburg	591	14563	383	5523	127	2181	263	6856
Niedersachsen	35348	2571337	27982	1866906	1670	19652	28556	684714
Bremen	133	7923	51	1567	-	-	128	6355
Nordrhein-Westfalen	33611	1473157	25479	1047873	1243	12173	26964	411497
Hessen	15128	764705	11476	464437	1483	5855	13471	294288
Rheinland-Pfalz	16040	699150	8005	387236	7192	69707	10283	242058
Baden-Württemberg	39085	1408063	25697	810280	10773	50764	32022	546729
Bayern	84756	3107697	66758	2022682	3692	13957	75309	1070983
Saarland	1094	74024	748	34224	59	.	1020	39473
Berlin	47	1864	33	1073	5	.	32	778
Brandenburg	5413	1310361	4205	1004349	308	4424	4542	301551
Mecklenburg-Vorpommern	4784	1343521	3534	1069837	207	2997	4125	270625
Sachsen	6500	898375	4723	702673	347	5087	5670	190577
Sachsen-Anhalt	4344	1162702	3410	986054	280	2516	3407	174087
Thüringen	3708	774830	2518	604086	133	2280	3145	168399

Abbildung 12: Überblick unterschiedlicher Bodennutzung der landwirtschaftlichen Nutzfläche nach Bundesländern

Die folgende Abbildung 13, entnommen aus dem aktuellen Situationsbericht des DBV, zeigt die durchschnittliche Flächenausstattung in Rheinland-Pfalz im Vergleich zu anderen Bundesländern. Zusätzlich wird die Flächenausstattung der Haupterwerbs- und Nebenerwerbsbetriebe gegenübergestellt. Rheinland-Pfalz zeigt neben den Bundesländern Bayern

und Baden-Württemberg die kleinsten Betriebsgrößen auf und liegt unter dem Bundesdurchschnitt (Deutscher Bauernverband e.V. 2024).



Bedeutung der Nebenerwerbslandwirtschaft

Prozentanteil an den Einzelunternehmen insgesamt (2023), in Klammern Ergebnisse 2013



Situationsbericht 2025/Gr34-4; Quelle: Statistisches Bundesamt

Abbildung 13: Durchschnittliche Flächenausstattung von Haupt- und Nebenerwerbsbetrieben

Rheinland-Pfalz ist im Vergleich zu anderen Bundesländern kleineren Betriebsgrößen (40- unter 100ha) zuzuordnen und auch in Bezug auf die Intensität in der Nutztierhaltung ist Rheinland-Pfalz im Vergleich zu anderen Bundesländern mit 0,6 bis unter 0,7 GV/ha (Großvieheinheiten) weniger stark vertreten (Deutscher Bauernverband e.V. 2024). Die landwirtschaftliche Nutzfläche und Betriebsgröße pro Bundesland stehen allerdings nur bedingt in Bezug zur wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit des Agrarsektors in den einzelnen Bundesländern, da diese stark von den angebauten Kulturen (z.B. Kulturen mit hoher Wertschöpfung), Vermarktungsformen (z.B. Direktvermarktung) oder Art der Tierhaltung (intensive Tierhaltung) abhängt. Allerdings ist in Rheinland-Pfalz und im gesamten Bundesgebiet ein Rückgang der Unternehmensergebnisse zu beobachten. Dies hat verschiedene Gründe, wie zum Beispiel steigende Betriebsmittelkosten und geringere Erzeugerpreise, sowie regional geringere Erträge im Getreideanbau. Abbildung 14 zeigt die Unternehmensergebnisse für unterschiedliche Betriebsformen und Bundesländer auf (Deutscher Bauernverband e.V. 2024). In allen Bundesländern ist ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen. Rheinland-Pfalz, gemeinsam mit dem Saarland, weist einen Rückgang von 30,7 Prozent im Vergleich zum Vorjahr 2022/2023 auf.

Der Produktionswert der Landwirtschaft in Rheinland-Pfalz betrug im Jahr 2022 3363 ME. Die Bruttowertschöpfung betrug im gleichen Jahr 1692 ME.⁶ Die Wertschöpfung des Sektors „Land- und Forstwirtschaft, Fischerei“ schwankt sehr stark. Nach kräftigem Wachstum 2021 (+10 Prozent) schrumpfte der Bereich 2022. Die Bruttowertschöpfung des primären Sektors sank in Rheinland-Pfalz um drei Prozent (Deutschland: -4,6 Prozent).

Betriebsformen/ Bundesländer	Wirtschaftsjahr			Veränderung 2023/24 zu Vorjahr	
	2021/22	2022/23	2023/24	in Euro	in Prozent
Alle Betriebe	77.457	109.399	77.489	-31.910	-29,2
a) Betriebsformen					
Ackerbau	83.820	107.696	72.871	-34.825	-32,3
Futterbau Milch	87.606	136.594	78.643	-57.951	-42,4
Futterbau sonstige	44.324	57.396	37.595	-19.801	-34,5
Veredlung	66.271	123.878	148.275	24.397	19,7
Dauerkultur Weinbau	124.895	114.493	70.694	-43.799	-38,3
Verbund	60.286	78.350	57.962	-20.388	-26,0
Ökobetriebe ¹⁾	93.134	96.712	89.068	-7.644	-7,9
b) Bundesländer					
Schleswig-Holstein	117.281	168.205	39.602	-128.603	-76,5
Niedersachsen	98.603	152.249	117.162	-35.087	-23,1
Nordrhein-Westfalen	62.587	102.447	79.943	-22.504	-22,0
Rheinland-Pfalz/Saar	109.112	121.971	84.567	-37.404	-30,7
Hessen	69.408	106.222	72.904	-33.318	-31,4
Baden-Württemberg	57.540	71.536	63.435	-8.101	-11,3
Bayern	62.060	82.513	66.668	-15.845	-19,2
Neue Bundesländer	108.906	155.384	74.624	-80.760	-52,0

1) Alle Betriebsformen (nicht hochgerechnet)

Quelle: LAND-DATA

Abbildung 14: Unternehmensergebnisse nach Betriebsformen und Bundesländern



⁶ <https://www.statistikportal.de/de/lgr/ergebnisse/produktionswert-bws-der-landwirtschaft/pws#11896>



In der Land- und Forstwirtschaft gab es enorme Preissteigerungen. In jeweiligen Preisen nahm in Rheinland-Pfalz die Wertschöpfung um 27 Prozent zu (Deutschland: +40 Prozent). Der Anteil an der gesamten Wirtschaftsleistung ist mit 1,9 Prozent allerdings sehr gering (Deutschland: 1,2 Prozent). An der Wertschöpfung des Sektors „Land- und Forstwirtschaft, Fischerei“ in Deutschland ist Rheinland-Pfalz jedoch mit sieben Prozent beteiligt.

Der Anteil der Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei an der Erwerbstätigkeit in Rheinland-Pfalz nach Wirtschaftssektoren beträgt nur 1,9 Prozent im Jahr 2022. Die aktuelle wirtschaftliche Situation wirkt sich ebenfalls auf die Land- und Forstwirtschaft, sowie Fischerei aus. Somit sank im Vergleich die Bruttowertschöpfung im Jahr 2023 auf 1 Prozent. Die Verteilung der einzelnen Wirtschaftsbereiche ist in Abbildung 15 dargestellt (Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz 2024b). Über das gesamte Bundesgebiet leistete die Land- und Forstwirtschaft, sowie Fischerei einen Beitrag von 0,92 Prozent im Jahr 2023 zur Bruttowertschöpfung. Insgesamt schwankten die Werte in den letzten Jahren um die 1-Prozent-Marke (Ahrens 2024).



Abbildung 15: Bruttowertschöpfung 2023 nach Wirtschaftsbereichen in RLP



6. SMART FARMING IN RHEINLAND-PFALZ

Dieses Kapitel stellt die Kernaussagen der Interviews dar und beschreibt die Entwicklung der Landkarte. Zum Abschluss wird tiefergehend auf die Begriffe Wertschöpfungskette und Wertschöpfungsnetzwerke eingegangen.

6.1 ÜBERBLICK ZU DEN EXPERTENINTERVIEWS

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden Interviews durchgeführt, um Einblicke, Einschätzungen und Positionen der verschiedenen Interessensgruppen entlang der Wertschöpfungskette zu erfassen. In Kapitel 3.2 wurde bereits das allgemeine Vorgehen dazu beschrieben. Im Rahmen der Literaturrecherche hatte sich herausgestellt, dass u.a. die Digitalisierung dazu beiträgt, dass sich Wertschöpfungsketten immer mehr und immer enger miteinander vernetzen, und dass somit ein großes Potenzial für gewünschte „Cross-Innovationen“ vorliegt.

Folgende Einteilung für die Interviews wurden vorgenommen:

- Landwirtschaftliche Betriebe
- Vor- und nachgelagerter Bereich
- Forschung und Lehre
- Verbände und Vereine
- Referate und Behörden

Bei der Auswahl der Interviewpartner wurde darauf geachtet, dass jede Kategorie mindestens einmal vertreten ist. Ein Überblick über die Verteilung ist in Tabelle 5 ersichtlich.

6.2 KERNAUSSAGEN AUS DEN INTERVIEWS

In diesem Kapitel werden zentrale Aussagen und Erkenntnisse aus den Interviews zusammengefasst dargestellt. Für jede Stakeholdergruppe (Kategorie) gibt es eine Zusammenfassung in Stichpunkten und eine textuelle Beschreibung der Interviewaussagen.

Landwirtschaftliche Betriebe:

Zusammenfassung

Chancen und Anreize für die weitere Digitalisierung in der Landwirtschaft

- Optimierung von Prozessen und Steigerung der Nachhaltigkeit, z.B. durch verbesserte Stickstoff-Nutzungseffizienz und Einsatz von Robotik.
- Vernetzung innerhalb von Wertschöpfungsketten bieten neue Vermarktungspotenziale, insbesondere für die Direktvermarktung.

Akzeptanz von Smart-Farming-Lösungen ist wegen folgender Faktoren gering

- Betriebswirtschaftliche und technische Aspekte
 - Betriebswirtschaftlicher Nutzen ist zu gering oder zu schwer zu bewerten bzw. nachzuvollziehen.
 - Hohe Kosten durch Einsatz digitaler Systeme, ggf. sind Zusatzinvestitionen in weitere Technologien notwendig.
 - Kleine Betriebsgrößen erhöhen die Anschaffungskosten pro Hektar.
 - Allgemein lastet ein hoher finanzieller Druck auf den landwirtschaftlichen Betrieben, die Fremdfinanzierung der Betriebe nimmt stetig zu.
 - Kompatibilität von Systemen ist herausfordernd, z.B. für den Austausch und Anpassung von Flächengrenzen zwischen Antrags- und Farmmanagementsystemen.

Tabelle 5: Überblick Interviews: Anzahl und zugeordnete Kategorien

KATEGORIE	ANZAHL INTERVIEWS
Landwirtschaftliche Betriebe	2
Vor- und nachgelagerte Unternehmen	4
Forschung und Lehre	5
Referate, Behörden und Institutionen, sowie Verbände und Vereine	5
Anzahl Interviews	16

- Benutzung und weitere individuelle Aspekte
 - Mangelnde Kompatibilität zwischen Systemen führt zu Frustrationen.
 - Geringe Benutzerfreundlichkeit.
 - Hoher Zeitaufwand, um sich in digitale Systeme einzuarbeiten, weil oftmals nur einmalige Nutzung im Jahr.
 - Unsicherheit in Bezug auf Datenhoheit und Datenschutz.
 - Zum Teil Druck aus der Politik und vom Handel, dass digitale Systeme genutzt werden sollen.

Aspekte zum Smart Farming allgemein

Allgemein werden, so die Befragten, Smart Farming Technologien von den Landwirten als Unterstützung gesehen. Jedoch sei es oft schwierig, den Mehrwert digitaler Technologien in seinen ökonomischen, ökologischen und gesellschaftlichen Dimensionen zu erfassen. Aufgrund unterschiedlicher Betriebsgrößen sind die Betriebe unterschiedlich stark mit Technologien, wie zum Beispiel Lenksystemen und digitalen Werkzeugen, ausgestattet. Unstrittig ist der Mehrwert von Lenksystem und Teilbreitenschaltung im Ackerbau. Bei digitalen Lösungen, wie zum Beispiel teilflächenspezifischen Applikationen, ist der betriebswirtschaftliche Mehrwert allerdings schwer zu erfassen. Die Anwender müssen zunächst verstehen, was die Maschinen vorschlagen, um die Digitalisierung effektiv nutzen zu können. Dieses Verständnis fehlt immer wieder. Zu diesem Aspekt kommen noch die hohen Anschaffungs- und Betriebskosten der Lösungen hinzu sowie die (teils mangelhafte) Ausstattung des eigenen landwirtschaftlichen Betriebes. Somit stellt sich für einen landwirtschaftlichen Betrieb oft die grundsätzliche Frage, ob die eigenen Maschinen technisch überhaupt in der Lage sind, zum Beispiel teilflächenspezifische Applikationen durchzuführen. In diesem Kontext spielen auch die Betriebsgröße eine Rolle, ob sich eine Investition lohnt oder nicht. Zusätzlich besteht Druck zur Einführung und Umsetzung digitaler Lösungen, da sowohl von Seiten der Agrarverwaltung als auch des Handels bestimmte Erwartungen



bestehen, z. B. die Einhaltung von Dokumentationspflichten. Des Weiteren steigt der finanzielle Druck auf landwirtschaftliche Betriebe, d.h. die Fremdfinanzierung nimmt stetig zu und die Erzeugerpreise stagnieren bei gleichzeitig steigenden Betriebsmittel- und Maschinenkosten. Weitere Hemmnisse bestehen aufgrund der Vielfältigkeit von digitalen Lösungen, ihrer geringen Kompatibilität und des hohen Zeit- und Arbeitsaufwands, um sich in die Systeme einzuarbeiten. Dabei spielt die Benutzerfreundlichkeit der Systeme eine wichtige Rolle, aber oftmals werden die Systeme nur einmal im Jahr benutzt und somit ist zum Teil immer wieder eine erneute Einarbeitung erforderlich. Oftmals werden die vorhandenen Funktionen der Maschinen und digitalen Lösungen nicht vollständig ausgeschöpft. Außerdem werden nach Einschätzung der Interviewten noch einfache Programme, wie Excel, oder sogar händische Dokumentation genutzt, da diese Form der Dokumentation individuell gestaltet werden kann und schnell Vergleiche über Wirtschaftsjahre durchgeführt werden können. Eine automatisierte Dokumentation steht laut den Befragten noch ganz am Anfang und ist nicht weit verbreitet.

Dennoch sehen die Interviewten Potenziale in der Digitalisierung und in zukünftigen Entwicklungen in den Bereichen Pflanzenschutz, Robotik, teilflächenspezifische Bearbeitung und autonome Systeme. Zum Beispiel bietet der NIR-Sensor die Möglichkeit, die Stickstoffnutzungseffizienz von der Aussaat bis zur Ernte genauer zu erfassen. Ebenfalls werden Vorteile in einer verbesserten Vernetzung und Datenaustausch mit dem vor- und nachgelagerten Bereich gesehen. Förderprogramme vom Land werden als positiv wahrgenommen, allerdings müssen in dem Rahmen die Vor- und Nachteile berücksichtigt werden. Auf der einen Seite wird zum Beispiel eine technisch moderne Landwirtschaft gefördert, auf der anderen Seite steigen die Preise für Maschinen. Somit müssen die Investitionsprogramme mit den Strategien und Zielen des Landes abgestimmt sein. Datenschutzbedenken und das Bedürfnis der Landwirte, nicht gläsern zu sein, stellen zusätzliche Herausforderungen dar. Ebenfalls ein wesentliches Element ist die Ausbildung der Landwirte. Schließlich gilt es, dass der Nutzen von digitalen Hilfsmitteln nachvollziehbar sein muss, um darauf basierend eine Investitionsentscheidung treffen zu können. Vorzeigebetriebe helfen dabei, die Akzeptanz von digitalen Technologien zu steigern. Allerdings müssen diese Vorzeigebetriebe über mehrere Jahre hinweg Versuche anlegen (> 10 Jahre), um verlässlich eine Aussage über die Mehrwerte aus unterschiedlichen Blickpunkten (ökonomisch und ökologisch) treffen zu können.

Aspekte zum Standort RLP

Rheinland-Pfalz ist ein Standort mit kleineren Betriebsstrukturen und somit ist die Digitalisierung auf den Betrieben zum Teil schleppend. Hinzu kommt, dass der Markt für digitale Anwendungen undurchsichtig ist, und Landwirte legen oft mehr Wert auf den Kauf von Saatgut und Dünger als auf technische Investitionen. Innovative Betriebe in den Bereichen Gemüse, Obst und Weinbau existieren, jedoch wird der Ackerbau häufig als repräsentativ wahrgenommen. Die Kommunikation mit Behörden ist teilweise noch analog, was die digitale Transformation weiterhin behindert.

Aspekte zur Entwicklung der Landkarte

Insgesamt sollte die Landkarte in zusammenfassender Form relevante Infos über Institutionen und deren Kompetenzen zusammenstellen, um dadurch zum Beispiel eine Kontaktaufnahme zu initiieren. Die Gestaltung der Landkarte sollte sich an die jeweiligen Zielgruppen und deren Informationsbedarfen orientieren.

Vor- und nachgelagerter Bereich:

Zusammenfassung

- Steigerung von Nachhaltigkeit und Effizienz in der Landwirtschaft steht im Fokus.
- Mangelnde Interoperabilität zwischen den Systemen ist eine Herausforderung.
- Vernetzung innerhalb der Wertschöpfungskette rückt in den Mittelpunkt.
- Einhaltung rechtlicher Anforderungen, z.B. CO₂-Fußabdruck, soll mit Hilfe von digitalen Systemen umgesetzt werden.
- Wachsende Anforderungen an die Datenerfassung und -verarbeitung auf landwirtschaftlichen Betrieben wird wahrgenommen.
- Hohe Variabilität innerhalb eines Feldes ist optimal für Smart Farming Anwendungen.
- Digitalisierung von landwirtschaftlichen Betrieben in Rheinland-Pfalz ist im Vergleich zu anderen Bundesländern ausbaufähig.
- Verbesserung von Aus- und Weiterbildung erforderlich.
- Vielfalt in Rheinland-Pfalz, sowie starke Partner aus Wirtschaft, Forschung und öffentlichen Einrichtungen, die zusammen Innovationen fördern.

Aspekte zum Smart Farming allgemein

Die Landwirtschaft sieht sich derzeit mit mehreren Herausforderungen konfrontiert, die die Effizienz und Nachhaltigkeit der Branche betreffen. Eine der zentralen Schwierigkeiten ist das Fehlen von Schnittstellen zwischen unterschiedlichen Systemen, was zu einer mangelhaften Interoperabilität der Systeme führt. Vor dem Hintergrund steigender Nachhaltigkeitsanforderungen wird die Weitergabe entsprechender Daten, wie etwa zu CO₂-Fußabdruck, Herkunft und Art der Tierhaltung, immer wichtiger. Diese Treiber führen zu einem erhöhten Bedarf an Datenaustausch entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Unterschiedliche Initiativen und Forschungsprojekte, an denen auch Akteure aus Rheinland-Pfalz beteiligt sind, z.B. X-KIT, AgriDataSpace, NaLamKI, AgriGaia, zeigen, dass dort noch Forschungsbedarf und somit Verbesserungspotential besteht. Auch auf Bundesebene ist das Thema Interoperabilität ein wichtiges Thema, was durch die BMEL-Bekanntmachung vom 08.08.2023 „Förderung der Interoperabilität in der Landwirtschaft bei Anwendungsfällen für die Außen- und Innenwirtschaft und entlang der Wertschöpfungskette im Rahmen von Forschungsvorhaben“⁷ unterstrichen wird.

Unternehmen erkennen ebenfalls, dass die Anforderungen für die landwirtschaftliche Betriebe an die Datenerfassung und -verarbeitung wachsen. Mit bestehenden und neuen Systemen werden häufig Doppelangaben in Systemen vorgenommen. Dies untermauert die Notwendigkeit einer Verbesserung des Datenmanagements. Eine weitere Herausforderung für die Landwirtschaft ist die Einführung der E-Rechnungen ab 2025.

Smart Farming bietet Potenziale, insbesondere bei hoher Variabilität innerhalb eines Schlages, jedoch ist die allgemeine Akzeptanz in der Landwirtschaft noch gering. Oft werden der Nutzen und die Notwendigkeit digitaler Lösungen nicht erkannt, was auf die Vielfalt der landwirtschaftlichen Betriebe, unterschiedliche Anforderungen und individuelle Anpassungen der digitalen Lösungen zurückzuführen ist.

⁷https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Projektfoerderung/Digitalisierung/Bekanntmachung_Forschungsideen.html, zuletzt aufgerufen am 20.01.2025

Um diese Herausforderungen zu bewältigen, existieren verschiedene Forschungsprojekte und Initiativen, wie etwa praxisnahe EIP-Projekte, die darauf abzielen, landwirtschaftliche Betriebe zu entlasten und zu unterstützen. Dennoch zeigt sich, dass die Landwirtschaft in technologischen Aspekten, wie der Automatisierung von Prozessen und der Entwicklung nachhaltiger Antriebssysteme, zum Teil deutlich hinter der Automobilindustrie zurückliegt.

Im Weinbau ist die Digitalisierung im Vergleich zum Pflanzenbau zurückhaltend, was teilweise auf ein geringeres Forschungskapital und die beschränkten Skalierungseffekte digitaler Lösungen zurückzuführen ist. Im Weinbau ist zum Beispiel die Begrenzung der N-Düngung weniger relevant und unterscheidet sich somit vom Pflanzenbau. Dennoch bietet die Digitalisierung auch im Weinbau erhebliche Chancen.

Insgesamt zeigt sich, dass die Digitalisierung in Rheinland-Pfalz ausbaufähig ist, insbesondere, wenn man sie mit großen Strukturen in anderen Regionen vergleicht. Es besteht ein verbreitetes Missverständnis, dass Smart Farming und Digital Farming nur eine große, sofortige Lösung bieten können, während die Realität oft aus vielen kleinen, integrierten Bausteinen besteht, die schrittweise zu Verbesserungen im Betriebsergebnis führen.

Abschließend wurde noch auf die Relevanz der Aus- und Weiterbildung in landwirtschaftlichen Berufen hingewiesen und das hier verstärkt Kompetenzen aufgebaut werden müssen.

Aspekte zum Standort RLP

Die Vielfalt in Rheinland-Pfalz zeigt sich sowohl durch unterschiedliche landwirtschaftliche Betriebsschwerpunkte, sowie die verschiedenen ansässigen Unternehmen und Institutionen, wie beispielsweise John Deere, Hochwald, ERO und BASF. Ebenfalls positiv hervorzuheben ist die Forschungsinfrastruktur bestehend aus Universitäten, Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Zudem ist die Vernetzung über die Grenzen des Bundeslandes hinweg, wie im Beispiel des CVC-Clusters und KTBL, wichtig und trägt zur Stärkung der regionalen und überregionalen Entwicklung der Landwirtschaft bei.

Aspekte zur Entwicklung der Landkarte

Die Gestaltung der Landkarte hängt stark von der jeweiligen Zielgruppe ab, da sich die Informationsbedarfe je nach Blickwinkel und Interesse ändern. Ein schneller Überblick über die Aktivitäten verschiedener Akteure im Agrarbereich sowie deren Kernkompetenzen, einschließlich Mitarbeit in Forschungsprojekten oder Netzwerkiniciativen, ist hilfreich.

Eine Idee für zukünftige Aktivitäten ist es, aufbauend auf dieser Landkarte Bildungsreisen anzubieten, um somit das Fachwissen im Bereich Smart Farming praxisnah zu vermitteln und das Verständnis für die Thematik zu fördern.

Forschung und Lehre

Zusammenfassung

- Landwirtschaftliche Betriebe müssen frei entscheiden können, welche Softwarelösung sie in ihrem Betrieb nutzen.
- Kommunikation mit öffentlichen Behörden ist zum Teil durch Medienbrüche geprägt (Beispiel: Verwaltung der Flächengrenzen).
- Auch mit innovativen Technologien bleiben Informationen zu Boden, Grundwasserkörper und Humusgehalt oftmals noch eine „Black Box“ für die Anwender.
- Digitalisierung ist nur ein Baustein von vielen.
- Betriebswirtschaftliche Gewinne durch den Einsatz digitaler Lösungen können oftmals nicht belegt werden, sobald es über die Nutzung von Standardsystemen, wie zum Beispiel Lenksysteme oder Teilbreitenschaltung, hinausgeht.
- Entwicklungen, zum Beispiel im Bereich „Spot Spraying“, sind bereits vielversprechend, aber auch hier sind die hohen Kosten zurzeit noch ein Hindernis.
- Vernetzungen innerhalb der Wertschöpfungskette bieten Chancen, insbesondere für die Direktvermarktung (Stichwort: neue Vermarktungsstrategien).
- Entwicklungen im Bereich der künstlichen Intelligenz eröffnen große Chancen für kleine und große Betriebe (z.B. verbesserte Entscheidungshilfen).
- Digitalisierung muss EU-weit, sogar global gedacht werden.
- Starke Gemeinschaft von Wirtschaft, Forschung und öffentliche Einrichtungen in Rheinland-Pfalz.
- Vision schärfen, wohin die Landwirtschaft entwickelt werden soll.
- Wahrnehmung der Digitalisierung in der Landwirtschaft ist oft negativ, deshalb ist eine Aufklärung der Gesellschaft notwendig.

Aspekte zum Smart Farming allgemein

Das Innovationspotenzial in der Landwirtschaft zeigt sich vor allem im innerbetrieblichen Verwaltungs- und Datenmanagement, wo Landwirte die Freiheit haben, ihre eigenen Tools auszuwählen. Allerdings ist die Kommunikation mit Behörden von Medienbrüchen geprägt, da häufig zwei bis drei Schritte notwendig sind, um Daten zwischen verschiedenen Systemen zu übertragen.

Rechtlich müssen Bundesländer oft einen zweigleisigen Ansatz verfolgen, wie beispielsweise bei Monitoring-Apps, die es Landwirten ermöglichen, Maßnahmen durch Fotos und Georeferenzierung nachzuweisen. Das Problem hierbei ist, dass Landwirte die Dokumentation auch manuell durchführen können, was die digitale Umsetzung behindert. Im Bereich Düngung ist die Planung und Dokumentation nach Einschätzung der Interviewpartner zwar in Ordnung, jedoch besteht auch hier deutliches Optimierungspotenzial. Die Überwachung von Boden, Grundwasserkörper und Humusgehalt bleibt eine Herausforderung, da diese Bereiche oft als „Black Box“ gelten und schwer zu überwachen sind. Im Weinbau gibt es zahlreiche Digitalisierungsprojekte, wie etwa den Weincampus, die das Potenzial der Digitalisierung in diesem Sektor vorantreiben.

Die Interviewpartner verdeutlichten auch in dieser Kategorie, dass oftmals die versprochenen betriebswirtschaftlichen Gewinne durch Digitalisierung nicht belegt sind und somit dieser fehlende Beleg als größtes Hemmnis wahrgenommen wird. Vor dem Hintergrund, dass Güter am Weltmarkt produziert werden und somit der Preisdruck für die rheinland-pfälzischen Betriebe hoch ist, fehlt oftmals das Kapital, um in die Digitalisierung zu investieren. Dennoch sagten auch hier die befragten Experten aus, dass

digitale Ansätze einen Mehrwert bringen und viele Potenziale noch nicht ausgeschöpft sind, wie zum Beispiel das Spot Spraying. Insbesondere im Bereich der Wertschöpfungskette bietet die Digitalisierung eine Chance. In der Direktvermarktung (wie zum Beispiel im Weinanbau) können die Transparenz und produktbezogene Informationen zur Erzeugung genutzt werden, um die Vermarktungsstrategie anzupassen.

Aspekte zum Standort RLP

In Rheinland-Pfalz sind die Vielfältigkeit in der Landwirtschaft (wie Ackerbau, Viehhaltung, Wein- und Gemüseanbau) und die Vielfältigkeit der Unternehmen hervorzuheben. Somit bieten die Gegebenheiten, von kleinteiligen Flächen und zum Teil stark kuperten Gelände in RLP, eine extreme Vielfalt, was sowohl positiv als auch herausfordernd ist. Die Weinanbaufläche ist sehr groß und konzentriert sich regional. Aktuelle Forschungsgebiete, wie zum Beispiel Künstliche Intelligenz, zeigen Effizienzgewinne, die nicht nur für Großbetriebe, sondern auch für kleinere Betriebe Potenzial bergen. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass Entwicklungen im Bereich Digitalisierung sich zunehmend an EU-weiten und globalen Standards orientieren. Im Bereich der Forschung setzt RLP auf offene Schnittstellen und innovative Ansätze wie der GeoBox-Infrastruktur, die einzigartig in Deutschland ist. Open-Source-Lösungen spielen ebenfalls eine wichtige Rolle. Forschungsaktivitäten im Bereich 5G und 6G werden in Kaiserslautern vorangetrieben.

In Rheinland-Pfalz ist das Geflecht von Forschungsinstituten, Unternehmen und Institutionen hervorzuheben. Im Vergleich zu anderen Bundesländern weist Rheinland-Pfalz nur eine kleine nutzbare Landfläche auf, aber die Vielfalt hat u.a. zu den vielen Forschungseinrichtungen und Institutionen geführt. Auch bestehende Netzwerke, wie zum Beispiel die Science and Innovation Alliance Kaiserslautern e.V., das CVC-Cluster, oder die Friends of Digital Farming, sind positiv hervorzuheben. Derzeit werden zahlreiche Themenbereiche der Digitalisierung untersucht, jedoch mangelt es an einer klaren Vision für das Land Rheinland-Pfalz bezüglich der zukünftigen Entwicklung seiner Landwirtschaft, insbesondere angesichts der rasanten technologischen Fortschritte. Was sind die Ziele, die mit der Digitalisierung in der Landwirtschaft erreicht werden sollen? Die Erarbeitung einer Vision ist eine herausfordernde Aufgabe. Ein weiterer Aspekt, der oft zu wenig beachtet wird, ist die Wahrnehmung der Digitalisierung im Speziellen und der Landwirtschaft im Allgemeinen in der Gesellschaft. Es ist Aufklärung darüber notwendig, warum und wofür digitale Lösungen eingesetzt werden und welchen Beitrag diese leisten. Oftmals wird noch das Bild der kleinbäuerlichen Struktur mit viel Handarbeit vermittelt, was aber nicht der Realität auf den Betrieben entspricht.

Aspekte zur Entwicklung der Landkarte

Die Landkarte sollte eine übersichtliche und aktuelle Plattform für Akteure in der Landwirtschaft bieten. Die Informationen müssen kurz und prägnant sein, um eine Überfrachtung der Landkarte zu vermeiden. Zu den Kerninformationen gehören zum Beispiel eine Kurzbeschreibung, Kontaktdaten/Ansprechpartner, ein Link zur Webseite und Aktualität der Information (z.B. durch einen Zeitstempel).

Nützliche Zusatzinformationen könnte zum Beispiel ein Newsfeed zu aktuellen Veranstaltungen, Weiterbildungen, Messen und Wetterberichte in der Region sein, sodass Nutzer einen Anreiz haben, die Webseite regelmäßig zu besuchen. Des Weiteren könnte ein Bereich für den Erfahrungsaustausch zwischen Akteuren einen Mehrwert liefern, um Erfahrungen mit Smart Farming Technologien zu teilen. Es ist ebenfalls wichtig, die Pflege der Landkarte mitzudenken (Beispielsweise können Akteure selbst Eintragungen vornehmen bzw. ihre Eintragungen aktualisieren). Als Startpunkt ist Rheinland-Pfalz gut, aber es sollte zukünftig auch die Möglichkeit geben, aus anderen Bundesländern Informationen zu beziehen bzw. ihnen Informationen zur Verfügung zu stellen. Es ist wichtig, bestehende Netzwerke zu fördern, aber auch neue Netzwerke über Ländergrenzen hinweg zu ermöglichen.

Referate, Institutionen und Behörden, sowie Vereine und Verbände

Zusammenfassung

- Der anzustrebende und damit „richtige“ Digitalisierungsgrad von landwirtschaftlichen Betrieben ist unklar für die Beteiligten.
- Versuchsbetriebe im Bereich Digitalisierung fehlen, um über mehrere Jahre (> 5 Jahre) wirtschaftliche Kennzahlen zu erheben.
- Bedeutung von Wertschöpfungsnetzwerken und beim Datenaustausch nimmt zu, damit sind die Akteure sowohl Lieferanten als auch Konsumenten von Daten.
- Verstärkte Auseinandersetzung mit Daten und Datenmanagement ist in landwirtschaftlichen Betrieben und in der Wertschöpfungskette erforderlich.
- Vernetzungsaktivitäten sind wichtig, um Akteure zusammenzubringen.
- Systemdenken und die Zusammenhänge von natürlichen Systemen sollen nicht vergessen werden (z.B. Qualität im Weizen und N-Düngung).
- Aus- und Weiterbildung muss in allen Bereichen gestärkt werden.
- Unmut bei landwirtschaftlichen Betrieben, da sie oft durch politisch-administrative Verpflichtungen zur Nutzung digitaler Hilfsmittel gedrängt werden. Dies hemmt das Innovationspotenzial.
- Daten sind wichtig aus rechtlicher Perspektive, für politische Entscheidungsfindungen sowie zur Entwicklung verbesserter landwirtschaftlicher Entscheidungs- und Beratungswerkzeuge.
- Rasante technische Entwicklungen müssen berücksichtigt werden.
- Erklärbarkeit von KI-Modellen ist sowohl für Landwirte als auch für die Politik relevant.
- Lernen von anderen Bereichen, z.B. Catena-X.

Aspekte zum Smart Farming allgemein

Die Unsicherheit über den „richtigen“ Digitalisierungsgrad, insbesondere bei landwirtschaftlichen Betrieben, stellt ein wesentliches Hemmnis auf dem weiteren Entwicklungspfad der Digitalisierung dar. Zudem ist wenig darüber bekannt, wie erfolgreiche Digitalisierungsbeispiele aussehen. Aktuell besteht auf Seiten der nachgelagerten Unternehmen ein sogenannter Market-Pull, zukünftig Daten von landwirtschaftlichen Betrieben (z.B. CO₂-Bilanz, Produktionsverfahren) zu beziehen. Dies erfordert eine verstärkte Auseinandersetzung mit Daten und dem Datenmanagement auf den Betrieben. Rheinland-Pfalz ist in diesem Bereich gut aufgestellt, sodass öffentliche Daten (z.B. aus dem GeoBox Viewer), und privatwirtschaftliche Daten zur Verfügung stehen. Hier besteht allerdings Konfliktpotenzial bezüglich der Frage, in welchem Umfang Privatwirtschaft und Politik entsprechende Daten und Infrastrukturen zur Verfügung stellen sollten. Des Weiteren kann die Landwirtschaft von anderen Bereichen lernen, in denen Daten bereits effizient genutzt werden, wie zum Beispiel im Automobilbereich und dessen Dateninfrastruktur Catena-X.

Vernetzungsaktivitäten spielen eine wichtige Rolle, um die Akteure der Wertschöpfungskette zusammenzubringen. Gemeinsame Projekte sollen diese Ketten verbinden, indem öffentliche und privatwirtschaftliche Datenquellen genutzt werden. Des Weiteren sollten Naturräume im Vordergrund stehen und nicht einzelne Bundesländer.

Aspekte zum Standort RLP

Damit der richtige Digitalisierungsgrad für unterschiedliche landwirtschaftliche Betriebe bestimmt werden kann, müssen Rahmenbedingungen für Vorzeigebetriebe geschaffen werden, um wirtschaftliche Kennzahlen im Rahmen von Versuchen über Jahre hinweg zu erfassen. Ein wichtiger Aspekt ist hier die Berücksichtigung von Wertschöpfungsnetzwerken. Der Begriff Wertschöpfungsnetzwerke ist gut gewählt, da Akteure sowohl als Kunden als auch als Lieferanten auftreten können. Das Zusammenspiel aus Forschung und privatwirtschaftlichen Unternehmen ist gut, aber könnte noch weiter ausgebaut werden.

Das Systemdenken sollte zukünftig verstärkt in den Vordergrund rücken, um somit wichtige Zusammenhänge und Zielkonflikte besser zu verstehen. Zum Beispiel ist eine ausreichende Nährstoffversorgung von Nutzpflanzen wichtig, um entsprechende Qualität und Ertrag zu erzeugen. Auf der anderen Seite sollte die Nährstoffauswaschung ins Grundwasser so gering wie möglich ausfallen

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Aus- und Weiterbildung von Personen im Bereich Smart Farming. Ohne eine fundierte Aus- und Weiterbildung besteht die Gefahr, dass zum einen die Akzeptanz digitaler Technologien nur schleppend vorangeht, und zum anderen, dass Innovationspotenziale und Weiterentwicklungsmöglichkeiten nicht voll ausgeschöpft werden. Es müssen über die schulische Ausbildung und über die landwirtschaftlichen Berufsschulen hin zu der Ausbildung in den Hochschulen und Universitäten entsprechende Kurse angeboten werden. Ein aktuelles Problem, nicht nur in Rheinland-Pfalz, ist der Unmut über die Dokumentationspflichten. Landwirte sind dadurch eher nur getrieben, digitale Systeme einzusetzen, anstatt intrinsisch motiviert zu sein, digitale Systeme zu nutzen. Diese Entwicklung trägt dazu bei, dass oft Skepsis gegenüber diesen Technologien herrscht. Aktuell entsteht dadurch Frustration, die das Innovationspotenzial hemmt. Somit wird auch die Motivation gehemmt, die gesammelten Daten für eigene Auswertungen zu nutzen.

Deswegen muss wieder das Bewusstsein gestärkt werden, dass die Dokumentation der Daten zum einem zur Erfüllung gesetzlicher Anforderungen notwendig ist und zum anderen mit diesen Daten auch politische Entscheidungen unterstützt bzw. widerlegt werden können. Des Weiteren können die Daten für Beratungsfunktionen vom Land genutzt werden, was wiederum zu besseren Entscheidungsmodellen für die individuellen landwirtschaftlichen Betriebe führen kann. Außerdem wurde noch darauf hingewiesen, dass aufgrund der angespannten Wirtschaftslage, sowohl in der Wirtschaft als auch im in den öffentlichen Haushalten, Netzwerke und Initiativen an Bedeutung zunehmen, um technologische Entwicklungen zu fördern und zu nutzen. Die rasanten technologischen Entwicklungen, wie im Bereich der künstlichen Intelligenz, treiben auf der einen Seite Entwicklungen und Entscheidungshilfen voran. Auf der anderen Seite ist es jedoch wichtig, für die Erklärbarkeit von KI-Modellen zu sorgen, sodass Entscheidungshilfen nachvollziehbar bleiben.

Aspekte zur Entwicklung der Landkarte

Die Landkarte bietet die Basis für zukünftige Weiterentwicklungen, wie zum Beispiel einen „Nachhaltigkeits-Layer“, oder die Darstellung von Wertschöpfungsnetzwerken. Des Weiteren könnten technologische Kernkompetenzen einzelner Akteure dargestellt werden.

6.3 ERSTELLUNG DER SMART-FARMING LANDKARTE RLP

Die im Rahmen dieser Studie entwickelte Landkarte dient dazu, relevante Informationen über Akteure in der landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette in einer interaktiven, webbasierten Karte - im Sinne einer grafischen Aufbereitung und visuellen Verortung von Informationen mit begleitenden Textinformationen - darzustellen. Die Landkarte soll Nutzern einen schnellen und einfachen, aber dennoch fundierten Überblick und Zugang zum Thema Smart Farming in Rheinland-Pfalz ermöglichen.

Die Definition und Herausarbeitung einer eindeutigen Taxonomie ist entscheidend, damit sich unterschiedliche Stakeholder und somit auch Zielgruppen auf der Smart Farming Landkarte zurechtfinden, um entsprechende Informationen zu erhalten. Aus diesem Grund wurden in Anlehnung an die Interviews folgende Gruppen als Taxonomie für die Landkarte verwendet:

- Landwirtschaftliche Betriebe
- Vor- und nachgelagerte Unternehmen
- Forschung und Lehre
- Referate, Behörden und Institutionen
- Vereine und Verbände

6.3.1 RECHERCHE UND AUSWAHL DER WERKZEUGE

Zu Beginn wurde ermittelt, welche Arten von interaktiven und webbasierten Landkarten in Deutschland bereits existieren. Dabei haben wir uns auf die Webseiten der benachbarten Bundesländer konzentriert und verschiedene Tools zur Erstellung solcher Karten untersucht. Zu den analysierten Anbietern gehörten unter anderem:

- Google My Maps: Ein kostenloses Tool, mit dem man eigene, individuelle Karten erstellen und verwalten kann. Im Gegensatz zu den allgemeinen Karten von Google Maps können hierdurch geografische Daten und Notizen für eigene Projekte visualisiert, gespeichert und geteilt werden. Die dargestellte Karte auf der Webseite <https://www.ki.nrw/ki-landkarte/#/> Karte basiert auf Google Maps und wurde für eine bessere interaktive Bedienung modifiziert.
- Leaflet: Eine leichte Open-Source JavaScript-Bibliothek, die es Entwicklern ermöglicht, interaktive Karten direkt in ihre Webanwendungen einzubetten.
- CartoDB: Eine Plattform für räumliche Datenvisualisierung und -analyse.
- ArcGIS Online: Ein cloud-basiertes Tool zur Erstellung und Freigabe interaktiver Karten.
- OpenStreetMap: Ein Projekt, das von einer weltweiten Gemeinschaft erstellt und gepflegt wird. Ziel ist es, eine freie, weltweite Karte zu erstellen, die jeder nutzen und bearbeiten kann. Im Gegensatz zu kommerziellen Kartendiensten wie Google Maps oder Bing Maps sind die Daten von OpenStreetMap frei verfügbar und können für eine Vielzahl von Anwendungen genutzt werden.
- QGIS: Quantum GIS ist ein freies und quelloffenes Geographisches Informationssystem (GIS), das kostenlos genutzt und weiterentwickelt werden kann. QGIS ermöglicht es, räumliche Daten zu visualisieren, zu analysieren und zu bearbeiten.

Letztlich haben wir uns für eine Hybridversion aus QGIS und Google My Maps entschieden, sodass nach der Übergabe an den Auftraggeber die einfache Pflege und Aktualisierung der Landkarte sichergestellt werden kann. Es war uns wichtig, dass das Tool benutzerfreundlich ist und die Aktualität der Landkarte ohne große Programmierkenntnisse oder die Bindung an kostenpflichtige Software gewährleistet werden kann.

Die analysierten Tools bringen für unseren Nutzungsfall einige Nachteile mit sich, die uns dazu bewogen haben, sie nicht als primäre Lösung zu verwenden:

- Mapbox: Obwohl es viele Anpassungsmöglichkeiten bietet, können die Komplexität der Implementierung und die damit verbundenen Kosten für kleinere Projekte eine Hürde darstellen.
- Leaflet: Während es eine mächtige Open-Source-Option ist, erfordert es ebenfalls fortgeschrittene Programmierkenntnisse.
- CartoDB: Bietet umfangreiche Analysemöglichkeiten, kann jedoch in der Nutzung und in der Gebührenstruktur komplex sein.
- ArcGIS Online: Sehr leistungsstark und professionell, aber die Kosten und die Lernkurve sind hoch.

Google My Maps hingegen bietet zahlreiche Vorteile, die es zur besten Wahl für unser Projekt machen:

- Benutzerfreundlichkeit: Google My Maps ist intuitiv und leicht zu bedienen, was die Erstellung und die nachträgliche Pflege der Karte vereinfacht.
- Kostenlos: Es fallen keine zusätzlichen Kosten für die Nutzung von Google My Maps an, was es zu einer kosteneffizienten Lösung macht.
- Flexibilität: Es ermöglicht die einfache Integration und Darstellung von Smart Farming Standorten in Rheinland-Pfalz.
- Integration: Mit QGIS und OpenStreetMap können wir zusätzliche Datenquellen integrieren und die Karte weiter anpassen, ohne die Benutzerfreundlichkeit zu verlieren.
- Insgesamt bietet Google My Maps die beste Balance zwischen Benutzerfreundlichkeit, Flexibilität und Kosten, was es zur idealen Lösung für die Darstellung von Smart-Farming-Standorten in Rheinland-Pfalz macht.

Die weiteren Schritte sind wie folgt:

1. Die für unsere Zwecke entsprechenden Datensätze aus dem Open-Government-Data-Portal Rheinland-Pfalz ziehen.
2. Diese Datensätze in das Programm QGIS überführen und dort die Landesgrenzen von Rheinland-Pfalz als Karte erstellen lassen.
3. Diese Umrandung aus QGIS exportieren und in die bestehende Smart-Farming-Landkarte bei Google My Maps implementieren, um eine bessere farbliche Abhebung bzw. Abgrenzung zu den benachbarten Bundesländern zu haben.
4. Beim Klicken auf die hervorgehobene Fläche von Rheinland-Pfalz werden all-gemeine Informationen zum Bundesland angezeigt, wie z.B. Agrarstatistiken.

⁸ <https://www.fisaonline.de/> letzter Aufruf 10.01.2025



6.3.2 ERSTELLUNG EINER KML-DATEI DER LANDESGRENZEN RHEINLAND-PFALZ

Um die administrativen Grenzen des Bundeslandes Rheinland-Pfalz aus der OpenStreetMap-Datenbank zu extrahieren und in Form einer KML-Datei zu speichern, die anschließend in geografischen Informationssystemen wie QGIS oder Google My Maps verwendet werden kann, wurde wie folgt vorgegangen:

1. Zunächst wurde die Plattform Overpass Turbo aufgerufen. Diese ermöglicht es, spezifische Abfragen in der OpenStreetMap-Datenbank durchzuführen, um gewünschte Geodaten zu extrahieren.
2. Um die Grenze von Rheinland-Pfalz zu finden, wurde folgende Overpass-Abfrage verwendet:
 - a. `[out:json][timeout:25]`; definiert das Ausgabeformat und die maximale Verarbeitungszeit.
 - b. `relation[„admin_level“=“4“][„name“=“Rheinland-Pfalz“]`; sucht die administrative Relation, die Rheinland-Pfalz auf Landesebene beschreibt.
 - c. `admin_level=4` steht für Bundesländer in Deutschland.
 - d. `„name“=“Rheinland-Pfalz“` spezifiziert das gewünschte Bundesland.
 - e. `out body`; gibt die Metadaten der Relation aus.
 - f. `>`; erweitert die Abfrage, um die einzelnen Geometrien (Relationselemente) der Landesgrenze zu laden.
 - g. `out geom`; gibt die vollständige Geometrie der Grenze aus.
3. Die Abfrage wurde in das Abfragefeld von Overpass Turbo eingefügt. Mit einem Klick auf den Button „Ausführen“ wurde die Abfrage gestartet. Das Ergebnis wurde auf der Karte angezeigt, einschließlich der korrekten Grenzdarstellung von Rheinland-Pfalz. Nach erfolgreicher Abfrage wurde der „Exportieren“-Button in der oberen rechten Ecke von Overpass Turbo ausgewählt. Im Dropdown-Menü wurde die Option „Daten exportieren“ gewählt, gefolgt von „KML-Datei“. Die KML-Datei wurde auf dem lokalen Rechner gespeichert.
4. Die gespeicherte KML-Datei wurde in Google My Maps importiert. Dazu wurde in Google My Maps eine neue Karte erstellt und die Option „Layer hinzufügen“ → „KML-Datei importieren“ verwendet. Nach dem Import war die Landesgrenze von Rheinland-Pfalz sichtbar und konnte in My Maps bearbeitet werden (z. B. durch Hinzufügen von Markierungen oder Notizen).



6.3.3 AUFBAU DER SMART-FARMING-LANDKARTE RHEINLAND-PFALZ

Die Smart Farming Landkarte Rheinland-Pfalz bietet einen Überblick über Akteure und Initiativen in der Landwirtschaft. Sie ist in insgesamt sechs Kategorien unterteilt: Vor- und nachgelagerte Unternehmen, Forschung und Lehre, öffentliche Einrichtungen, landwirtschaftliche Betriebe

(Beispielbetriebe), Vereine und Verbände sowie beispielhafte Forschungsprojekte in Rheinland-Pfalz. In Abbildung 16 ist ein Screenshot der Landkarte dargestellt.

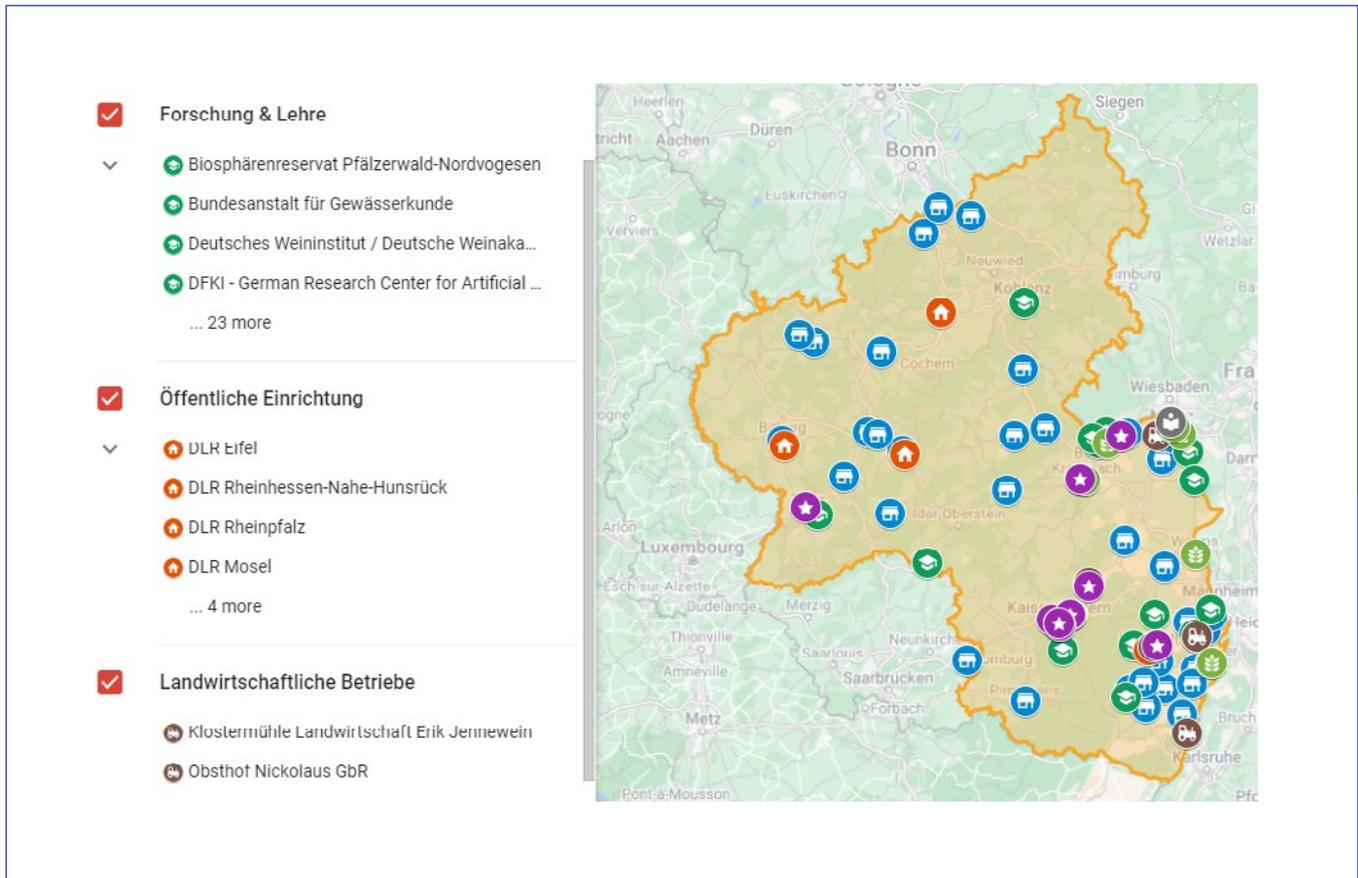


Abbildung 16: Screenshot der Oberfläche der Landkarte

Die initiale Befüllung der Landkarte wurde nach unterschiedlichen Kriterien und auf Grundlage der Ergebnisse aus den Literatur- und Datenbankrecherchen, sowie Hinweisen aus den Experteninterviews vorgenommen. Ein wichtiger Baustein ist dabei das Forschungsinformationssystem Agrar und Ernährung – Informationsportal des Bundes und der Länder (FISA). In dieser Datenbank sind Institutionen aufgeführt, die an Forschungsprojekten in Rheinland-Pfalz beteiligt sind bzw. waren. Zusätzlich wurde die Hoppenstedt Firmendatenbank genutzt, um weitere Unternehmen aus dem Agrar- und Ernährungsbereich zu identifizieren. Für die Kategorie „Landwirtschaftliche Betriebe (Beispielbetriebe)“ wurden Betriebe ausgewählt, die entweder in Forschungsprojekten vertreten sind bzw. waren, oder in Fördervereinen, wie zum Beispiel den „Friends of Digital Farming“, Mitglied sind, oder einen öffentlichen Webauftritt haben. Es wurde zusätzlich die Kategorie „Beispielhafte Forschungsprojekte in RLP“ eingeführt, damit entsprechende Zielgruppen die Möglichkeit haben,

sich über abgeschlossene und aktuelle Forschungsprojekte im Bereich Digitalisierung in der Landwirtschaft zu informieren. Neben einer kurzen Projektbeschreibung sind die Projektlaufzeit und beteiligte Projektpartner aufgeführt. Somit können Interessierte erfassen, in welchen Bereichen geforscht wird, sowie welche Projektpartner aus Rheinland-Pfalz und darüber hinaus vertreten sind. Die Forschungsprojekte sind beim Konsortialführer oder bei einem Projektpartner aus Rheinland-Pfalz auf der Landkarte verortet. Bei allen Kategorien der Landkarte gilt, dass kein Anspruch auf Vollständigkeit gegeben werden kann. An dieser Stelle ist es wichtig hervorzuheben, dass die Landkarte ein lebendiges Dokument ist und somit die Landkarte stetig weiterentwickelt wird. Interessierte Institutionen haben jederzeit die Möglichkeit, sich auf der Landkarte platzieren zu lassen. Zum aktuellen Zeitpunkt enthält die Landkarte rund 100 Einträge und es ist ersichtlich, dass vor allem im Osten des Bundeslandes sich viele Institutionen befinden.



6.4 LANDWIRTSCHAFTLICHE WERTSCHÖPFUNGSKETTE

Die Wertschöpfungskette veranschaulicht die sequenziellen Schritte, die ein Produkt oder eine Dienstleistung von der Herstellung bis zur Verwendung durchläuft. Durch die einzelnen Aktivitäten, wie beispielsweise Produktion oder Marketing, wird ein Wert generiert und werden Ressourcen verbraucht.

Die Wertschöpfungskette (WSK; auch Wertkette) nach Michael Porter (Porter 1998) stellt die zusammenhängenden Unternehmensaktivitäten im Herstellungsprozess, bis zur Verwendung des fertigen Produkts, der Reihe nach dar. Porter unterscheidet zwischen Primäraktivitäten (Eingangslogistik, Produktion, Marketing & Vertrieb, Ausgangslogistik, Kundendienst) und Unterstützungsaktivitäten (Unternehmensinfrastruktur, Personalmanagement, Technologieentwicklung, Beschaffung).

Übertragen auf den Bereich der Landwirtschaft gehören in diese Abfolge von Aktivitäten beispielsweise die landwirtschaftliche Primärproduktion auf dem Feld oder im Stall, die Aufbereitung und Weiterverarbeitung des Ernteguts zu Lebens- oder Futtermitteln, die gesamte Logistik und Lagerung sowie der Verkauf im Groß- und Einzelhandel. Die WSK analysiert somit die Aktivitäten, Produkte und Dienstleistungen während der einzelnen Prozessschritte, ebenso die daran Beteiligten und deren Beziehungen sowie den damit verknüpften Informations- und Wissensaustausch (Baldenhofer 2024).

Um der erhöhten Komplexität im Wirtschaftsleben Rechnung zu tragen, wird der Begriff der Wertschöpfungskette oftmals durch den Begriff des Wertschöpfungsnetztes ersetzt.

Die Erzeugung, Verarbeitung und Vermarktung von Lebensmitteln erfolgen in der Regel in industriellem Maßstab, wobei die Produktion häufig europa- oder gar weltweit stattfindet. Obwohl dieser Ansatz zwar effizient ist und eine kostengünstige Produktion ermöglicht, wird seit einigen Jahren versucht, die regionale Wertschöpfung für landwirtschaftliche Erzeugnisse wieder zu stärken und auszubauen (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft 2024).

Im RegioPortal (<http://regioportal.regionalbewegung.de/>) des Bundesverbands der Regionalbewegung e.V., können Regionalinitiativen mögliche Kooperationspartner finden und Landwirtinnen und Landwirte sich über mögliche Vermarktungswege ihrer Produkte informieren. Aktuell sind 217 Initiativen verzeichnet, davon jedoch nur 9 aus Rheinland-Pfalz.

Die Analyse der Wertschöpfungskette ist ein Instrument der Unternehmensführung, das dazu dient, Verbesserungspotenziale zu identifizieren und Strategien zu entwickeln. Das Netzwerk innerhalb einer Wertschöpfungskette ist sehr komplex und wandelt sich je nach Betriebsstruktur und -größe. Mögliche Akteure in der Wertschöpfungskette und dessen Beziehungen zueinander sind in Abbildung 17 skizziert (ISO 2023b).

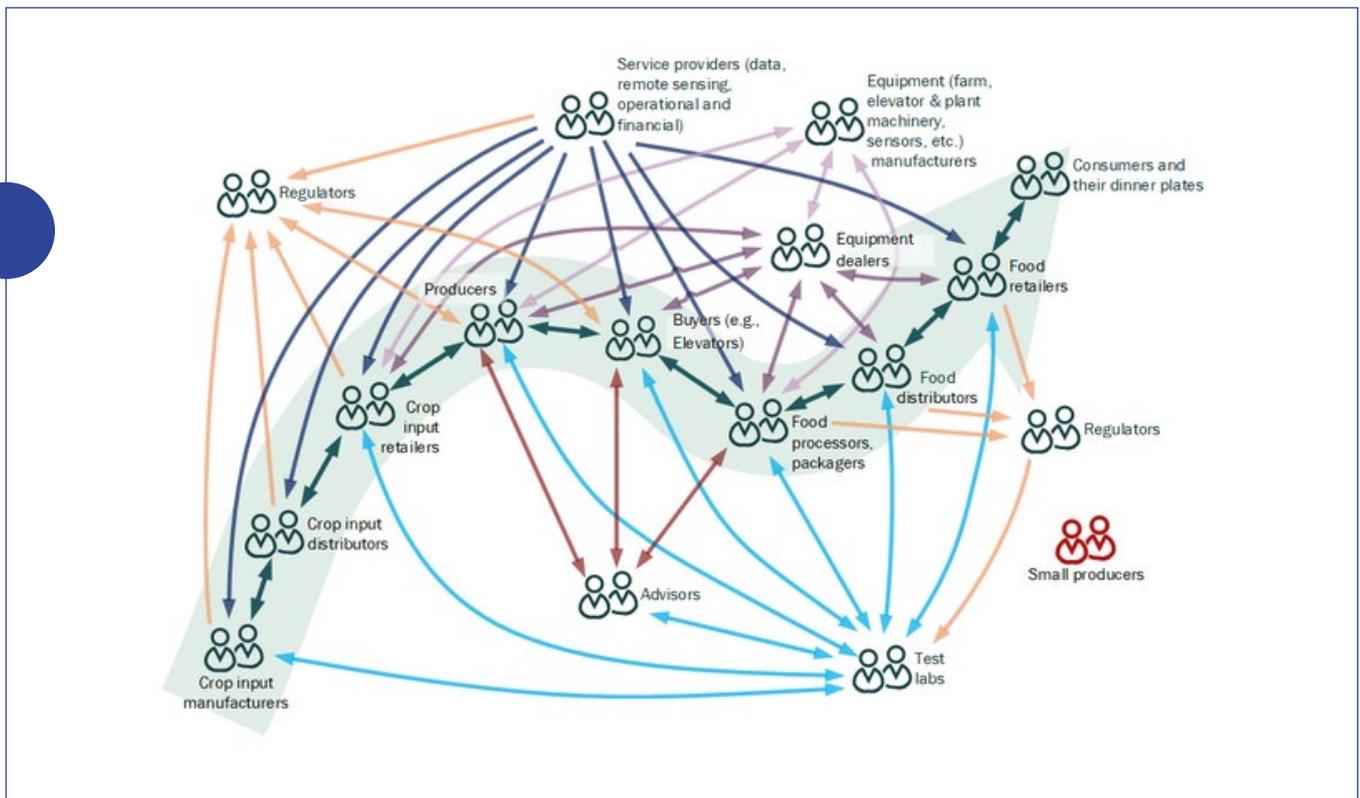


Abbildung 17: Beispielhafte Akteure in der Agri-Food Wertschöpfungskette





7. INNOVATIONSFELDER UND -POTENZIALE IN RLP

In diesem Kapitel wird auf beispielhafte Projekte, Netzwerke und Initiativen im Bereich Digitalisierung in der Landwirtschaft mit Beteiligung aus Rheinland-Pfalz eingegangen. Dabei werden sowohl abgeschlossene als auch aktuell laufende Projekte kurz beschrieben. Des Weiteren werden in diesem Kapitel die Erkenntnisse zusammengeführt und abschließend in einer SWOT-Analyse zusammengefasst.

7.1 TREIBER DER DIGITALISIERUNG: FORSCHUNGSPROJEKTE, INITIATIVEN UND NETZWERKE AUS RLP

Die Landwirtschaft steht im Spannungsfeld unterschiedlicher Akteure und Interessensgruppen, wie zum Beispiel der Gesellschaft (Anforderungen an Pflanzen- und Tierproduktion, Verbraucherverhalten), Wissenschaft und Forschung (Innovationen, neue Erkenntnisse und technische Weiterentwicklungen) und der Politik (gesetzliche Rahmenbedingungen und Anreize) und somit vor unterschiedlichen Herausforderungen und Anforderungen. Die Digitalisierung ist ein Baustein, um die Landwirtschaft zukunftsfähig und nachhaltig aufzustellen. Die unterschiedlichen Herausforderungen, wie Produktivität, Nachhaltigkeit und gesetzliche Vorgaben in Einklang zu bringen, sind somit Treiber der Digitalisierung. Die Landwirtschaft ist aufgrund ihrer Vielfalt und Vielseitigkeit ein wesentlicher Treiber der Digitalisierung im Allgemeinen. Dies unterstrich auch Andy Becht, Staatssekretär im Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz auf der Bitkom-Konferenz 2018 (Keeding 2018):

„Die deutsche Landwirtschaft ist weltweit ein Treiber bei der Digitalisierung und der Vernetzung von Maschinen und Arbeitsabläufen. Global gesehen sind wir in Deutschland und insbesondere in Rheinland-Pfalz mit unseren Ingenieurleistungen, dem dichten Netz an wissenschaftlichen Einrichtungen und einer innovationsfreudigen Landwirtschaft sehr gut aufgestellt.“

Die Landkarte weist knapp 20 Institutionen in Rheinland-Pfalz auf, die sich zu der Kategorie „Lehre und Forschung“ zuordnen lassen. Dies

unterstreicht die Aussage, dass in Rheinland-Pfalz ein dichtes Netz aus Forschungsinstitutionen in der grundlagen- und anwendungsorientierten Forschung besteht. Zusammen mit Unternehmen und landwirtschaftlichen Betrieben wurden und werden Forschungsprojekte durchgeführt, die einen Beitrag zur Digitalisierung in der Landwirtschaft leisten. Ein frühes und bedeutendes Forschungsprojekt im Bereich Digitalisierung in der Landwirtschaft kann das iGreen Projekt⁹ (2009–2013) genannt werden. In dem Projekt haben sich schon sehr früh viele Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft und öffentlicher Hand zusammengetan, um Technologien und innovative Konzepte voranzubringen. Im Mittelpunkt stand die Realisierung eines standortbezogenen Dienste- und Wissensnetzwerkes zur Verknüpfung heterogener, öffentlicher und privater Informationsquellen. Im Projekt waren viele Institutionen aus Rheinland-Pfalz vertreten und es wurden Grundsteine für weitere Forschungsvorhaben, wie zum Beispiel für die GeoBox-Infrastruktur, gelegt.

Rheinland-Pfalz entwickelt die GeoBox-Infrastruktur kontinuierlich weiter, um Daten und Informationen aus unterschiedlichen Quellen und Systemen zu bündeln und zur Verfügung zu stellen. Die öffentlichen Daten lassen sich in die Kategorien zeitkritische Daten, GeoBasisdaten und Wissensboxen unterteilen (siehe Abbildung 18) (DLR 2024).

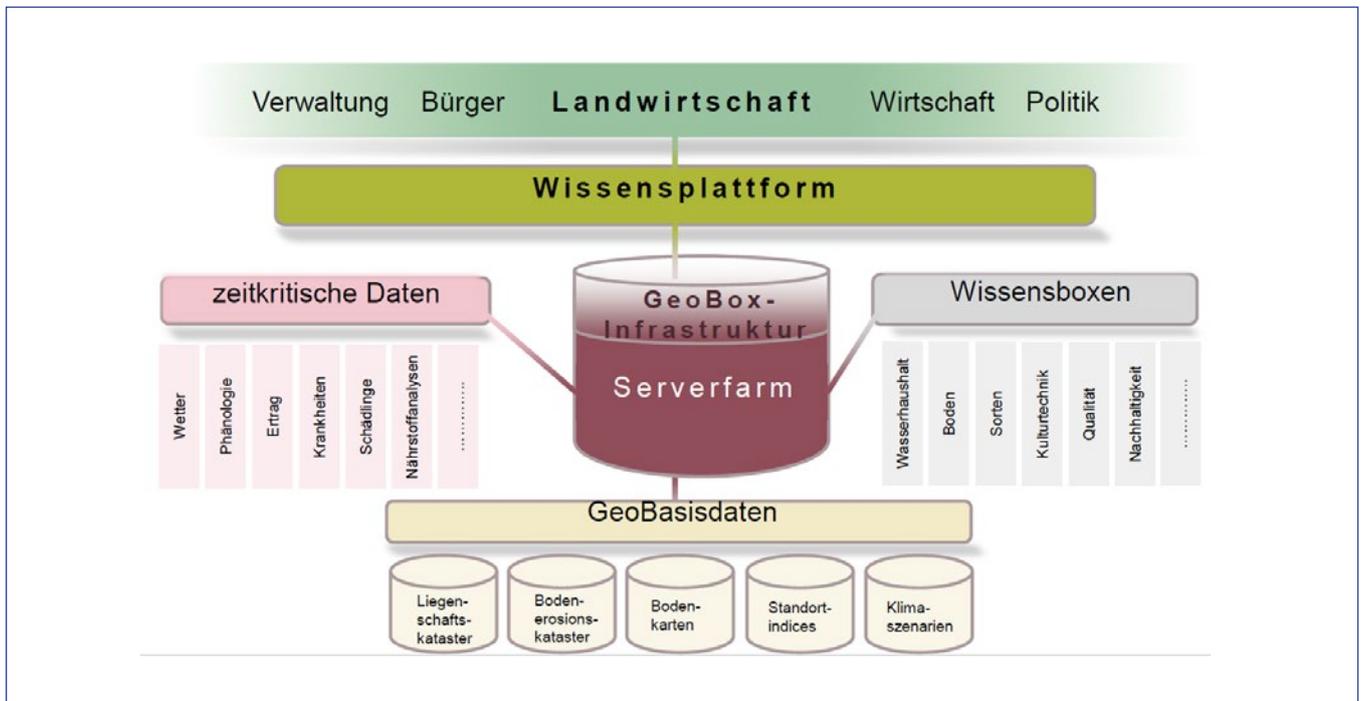


Abbildung 18: Überblick über GeoBox-Infrastruktur und über wesentliche öffentliche Daten

⁹ <https://www.dfki.de/web/forschung/projekte-publikationen/projekt/igreen>, letzter Zugriff 18.12.2024

Für die Öffentlichkeit zugänglich ist der entwickelte GeoBox Viewer (siehe Abbildung 19). Dort sind georeferenzierte Daten aus unterschiedlichen, öffentlichen Datenquellen hinterlegt und können somit von landwirtschaftlichen Betrieben eingesehen werden (DLR R-N-H 2021). Im GeoBox Viewer gibt es unterschiedliche Fachbereiche, wie zum Beispiel Tierhaltung, Gemüsebau, Weinbau und Pflanzenbau, sowie unterschiedliche Kartenlayer, die relevanten Informationen georeferenziert darstellen. Die Funktion Standortpass zeigt für einen ausgewählten Standort Informationen und Prognosen zu bestimmten Ereignissen, wie zum Beispiel Varroa-Milbe, oder Reifeprognosen für Mais. Zurzeit haben sich die Bundesländer Brandenburg, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Sachsen-Anhalt, das

Saarland, Schleswig-Holstein und Hessen zusammengeschlossen (Ländervereinbarung), um einen gemeinsamen Lösungsansatz für eine resiliente, digitale Landwirtschaft zu schaffen. Es soll ein IT-Ökosystem entstehen in denen landwirtschaftliche Betriebe herstellerunabhängig Daten mit Akteuren austauschen können unter Berücksichtigung der Datenhoheit. In den genannten Bundesländern ist der GeoBox Viewer verfügbar und weitere Bundesländer haben Interesse. Dies unterstreicht die Vorreiterrolle von Rheinland-Pfalz.

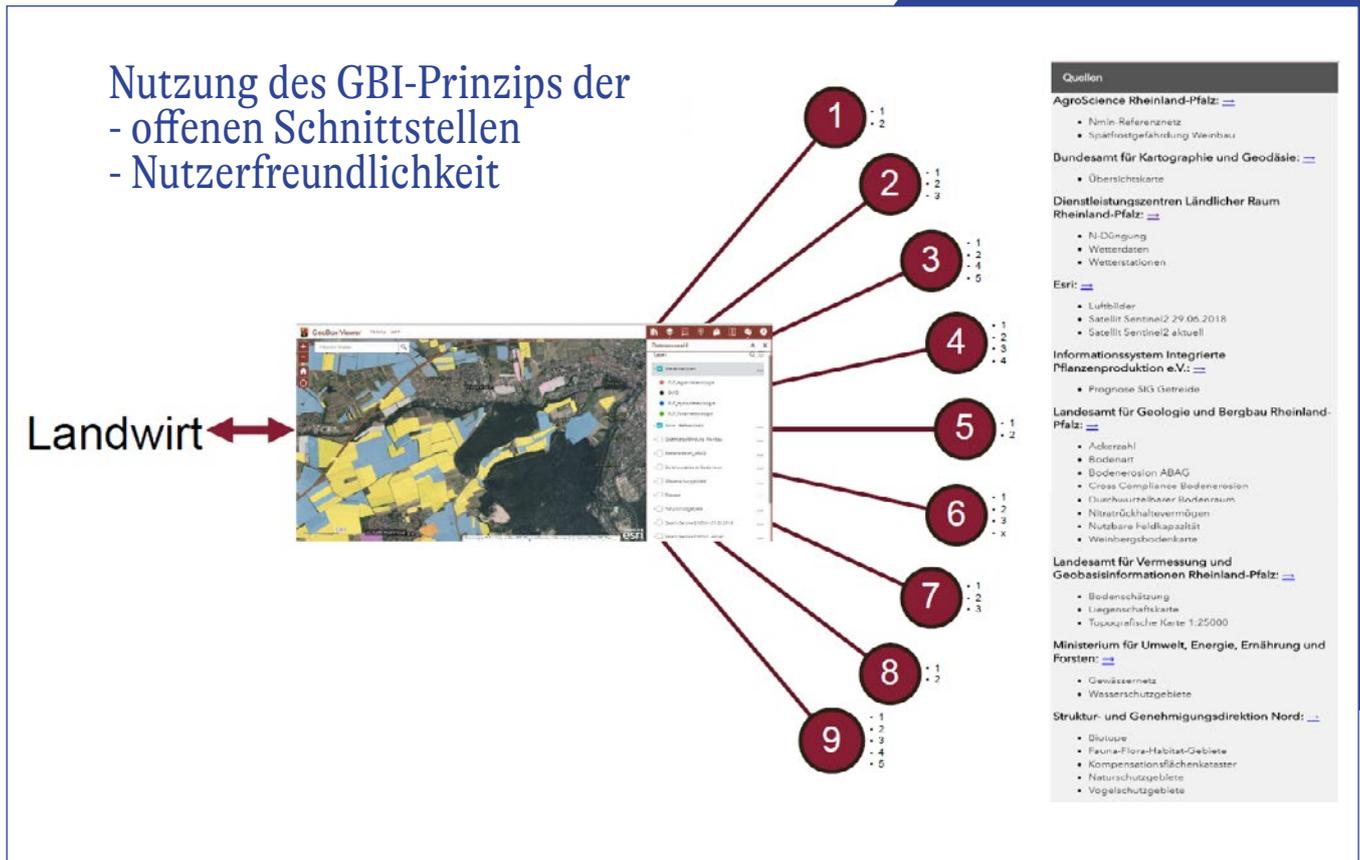


Abbildung 19: Überblick GeoBox Viewer und dessen Datenquellen

Basierend auf den Geo-Box Entwicklungen wird das Ziel verfolgt, ein „Digitales Agrar Portal Rheinland-Pfalz (DAP)“ aufzubauen, da im Bereich der Landwirtschaft noch Potenzial besteht, um die heterogenen Informations-, Beratungs- und Verwaltungsstrukturen zu vereinheitlichen und zu bündeln. Im Fokus stehen dabei die Entwicklung und Aufbau einer digitalen Daten-Nutzungs-Infrastruktur. Das Ziel ist es, den landwirtschaftlichen Betrieben einen zentralen Zugangspunkt („single-point-of-entry“) zur Verfügung zu stellen, um darüber auf alle Daten und Informationen der Behörden und Institutionen der Agrarverwaltung zugreifen zu können. Dies umschließt ebenfalls Gesetze und Richtlinien, damit landwirtschaftliche Betriebe schnellen und zielgerichteten Zugriff auf relevante Informationen haben (DLR 2024). Eine anstehende Weiterentwicklung der GeoBox-Infrastruktur ist der GeoBox-Feldatlas. Dieser soll es den Nutzern ermöglichen, Daten aus dem GeoBox-Viewer herunterzuladen,

zu speichern und zu verarbeiten (Schmitt 2022). Des Weiteren werden im Rahmen des DAPs kontinuierlich Digitalisierungsprojekte durchgeführt, um neue Technologieentwicklungen wie Edge Computing, Internet of Things (IoT), oder Künstliche Intelligenz zu erforschen (DLR 2024).

Neben der Bereitstellung von öffentlichen Daten auf Landesebene besitzt der Bund ebenfalls Daten und Informationen, die über digitale Systeme zur Verfügung gestellt werden sollen. In diesem Kontext wurde unter Leitung des Fraunhofer IESE eine Machbarkeitsstudie zu staatlichen digitalen Datenplattformen für die Landwirtschaft durchgeführt. Die Studie beinhaltet Handlungsempfehlungen zum Aufbau einer staatlichen digitalen Datenplattform über relevante Daten und Schnittstellen, die vom Bund vorgehalten werden sollten (Bartels et al. 2020).

Des Weiteren ist in Bad Kreuznach, Rheinland-Pfalz, die Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP) verortet. Das ZEPP war u.a. an dem Pflanzenschutz-Anwendung-Manager (PAM)-Projekt¹⁰ beteiligt. Das PAM-Projekt entwickelte einen Service, um auflagenkonforme, maschinenlesbare Applikationskarten für den Pflanzenschutz zu erzeugen. In unterschiedlichen Projektphasen wurde der Dienst weiterentwickelt, wie zum Beispiel für die teilflächenspezifische Berechnung der Hangneigung. Ebenfalls in Bad Kreuznach ansässig ist ISIP – das Informationssystem für die integrierte Pflanzenproduktion¹¹. ISIP stellt Entscheidungshilfen und Informationen für landwirtschaftliche Betriebe zur Verfügung. Es ist ebenfalls im GeoBox Viewer integriert. Über den Standortpass können Informationen, zum Beispiel über standortspezifischen Krankheitsdruck, wie Gelbrost, abgerufen werden.

Das Fraunhofer IESE hatte die Konsortialführung des Fraunhofer-Leitprojekts „Cognitive Agriculture (COGNAC)¹²“ inne, ein Forschungsprojekt der Fraunhofer-Gesellschaft (FhG) zum Thema Smart Farming. An dem Projekt waren insgesamt acht Fraunhofer-Institute mit verschiedenen Forschungsschwerpunkten zu intelligenten Ökosystemen, neuartiger Sensorik und innovativen Automatisierungskonzepten beteiligt. Im Kern ging es darum, wie digitale Technologien und Lösungen miteinander integriert und als durchgängige Dienste für Landwirtinnen und Landwirte zur Verfügung gestellt werden können. Dazu wurden Konzepte für ein digitales Ökosystem in der Landwirtschaft entwickelt.

Im Experimentierfeld „EF-Suedwest“ wird das Ziel verfolgt, das Datenmanagement in landwirtschaftlichen Wertschöpfungs-systemen zu verbessern. Standardisierung des Datenmanagements ist entscheidend für landwirtschaftliche Betriebe und deren vor- und nachgelagerten Bereichen. Des Weiteren wird die Integration von landwirtschaftlichen Sensordaten in Entscheidungshilfen gefördert. Die GeoBox-Infrastruktur spielt eine zentrale Rolle bei der Implementierung der Lösungen, zudem wurde ein nachhaltiges Konzept für Wissenstransfer entwickelt. Unter anderem wurde in dem Rahmen zusammen mit dem Experimentierfeld Best-SH „Farmwissen¹³“ entwickelt. Die Plattform bietet landwirtschaftlichen Betrieben u.a. ein FarmWiki, um den Einstieg und das Verständnis von digitalen Lösungen zu verbessern bzw. zu erleichtern. Ein weiteres Angebot ist die Open-Data Farm¹⁴. Dort können in einem virtuellen Rundgang auf dem Hofgut Neumühle digitale Lösungen und die dazugehörigen Informationen abgerufen werden. KI-Pilot¹⁵ ist ein weiteres Projekt, welches sich mit dem Wissenstransfer von KI und IoT Lösungen in der Landwirtschaft und im ländlichen Raum beschäftigt.

Ebenfalls waren Akteure aus Rheinland-Pfalz an dem Experimentierfeld DigiVine¹⁶ beteiligt und adressierten dort Herausforderungen im Weinbau. Die Verwendung digitaler Technologien, von der Pflanzung bis zur Traubenlieferung, wurden dort erprobt, wie zum Beispiel der Einsatz optischer Sensoren zur Reifemessung der Trauben.

Die Themengebiete Datenräume in der Landwirtschaft und damit verbunden die Interoperabilität sind und waren in vielen Forschungsprojekten wichtige Schwerpunktthemen. In letzter Zeit wurden und werden dazu viele Forschungsprojekte auf nationaler und europäischer Ebene gefördert. Das Forschungsprojekt „Nachhaltige Landwirtschaft mit Künstlicher Intelligenz (NaLamKI)¹⁷“ (2020–2024) ist ein Forschungsprojekt mit Beteiligung aus Rheinland-Pfalz. In dem Projekt wurden KI-Dienste entwickelt, Konzepte für einen Agricultural Data Space mit Gaia-X konformen Diensten entworfen und der Austausch zwischen Wissenschaft und Unternehmen gefördert. Das dazugehörige Schwesterprojekt AgriGaia¹⁸ (2020–2024) entwickelte ein KI-Ökosystem für die Agrar- und Ernährungsindustrie basierend auf Gaia-X Komponenten. In diesen Rahmen fügt sich das Projekt „X-KIT“¹⁹

(2022–2025) ein. X-KIT vernetzte 36, vom BMEL geförderte, KI-Projekte in der Landwirtschaft, der gesundheitlichen Ernährung und dem ländlichen Raum und entwickelt außerdem die Domäne Agrar in Gaia-X weiter. Auf europäischer Ebene waren Institutionen aus Rheinland-Pfalz in den beiden Horizon 2020 Projekten ATLAS²⁰ und demeter²¹ vertreten. In beiden Projekten stand die Verbesserung der Interoperabilität in der Landwirtschaft im Fokus.

Im Rahmen der europäischen Innovationspartnerschaft „Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit (EIP-Agri)“ werden Forschungsvorhaben und Innovationen gefördert, in denen Landwirte, Berater, Wissenschaftler, Nichtregierungsorganisationen und andere Akteure zusammenarbeiten. Ziel ist es, die Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit der Landwirtschaft zu stärken. Zwei Beispielprojekte, die aktuell in Rheinland-Pfalz zum Thema Digitalisierung gefördert werden bzw. wurden, sind Nachhaltige Milch (2022–2025) und KI-Rebschnitt (2020–2022). In dem Vorhaben „Nachhaltige Milch“²² wird eine nachhaltigere Milchproduktion über die gesamte Wertschöpfungskette vom Futterbau bis zur Molkerei angestrebt. Ein wichtiger Baustein ist das Datenmanagement, d.h. wie Digitalisierung dabei unterstützen kann, relevante Parameter aus dem Bereich Nachhaltigkeit und Produktivität zu erfassen und die erfassten Daten zwischen unterschiedlichen Systemen einfach auszutauschen. In dem Vorhaben „KI-Rebschnitt – KI unterstützter Rebschnitt am Beispiel des wundarmen Rebschnitts im Steillagenweinbau an der Mosel“²³ ist es u.a. das Ziel, ungelerten Arbeitskräften mithilfe von Datenbrillen und KI-Methoden einen anzubringenden Schnitt zu visualisieren, sodass ein wundarmer Rebschnitt durchgeführt werden kann.

Ein weiteres KI-Projekt im Weinbau ist das vor kurzem beendete Projekt „PINOT“ (2021–2024)²⁴. In dem Projekt wurden Methoden der Künstlichen Intelligenz genutzt, um qualitätsorientierte Kontroll- und Steuermöglichkeiten im Prozess der Weinerzeugung und im Weinhandel zu entwickeln. Es wurde eine KI-gestützte Technologie entwickelt, um Weinaromen zu identifizieren.

¹⁰ <https://www.zepp.info/proj/lp/231-pam-m>, letzter Aufruf am 18.12.2024

¹¹ <https://www.isip.de/isip>, letzter Aufruf am 18.12.2024

¹² <https://www.iese.fraunhofer.de/de/projekt/cognitive-agriculture.html>, letzter Zugriff 18.12.2024

¹³ <https://farmwissen.de/> letzter Aufruf am 18.12.2024

¹⁴ <https://farmwissen.de/assets/demo/> letzter Aufruf am 18.12.2024

¹⁵ <https://www.umwelt-campus.de/forschung/projekte/ki-pilot> letzter Aufruf am 18.12.2024

¹⁶ <https://digivine.org/>, letzter Aufruf 20.01.2025

¹⁷ <https://nalamki.de/> letzter Aufruf am 18.12.2024

¹⁸ <https://www.agri-gaia.de/> letzter Aufruf am 18.12.2024

¹⁹ <https://www.iese.fraunhofer.de/de/projekt/x-kit.html> letzter Aufruf am 18.12.2024

²⁰ <https://www.atlas-h2020.eu/> letzter Aufruf am 18.12.2024

²¹ <https://h2020-demeter.eu/> letzter Aufruf am 18.12.2024

²² <https://www.bv-pfalz.de/milch-nachhaltiger-oduzieren/> letzter Aufruf am 18.12.2024

²³ <https://www.dwm-aktuell.de/foerderbescheid-projekt-ki-rebschnitt> letzter Aufruf am 18.12.2024

²⁴ <https://pinot-ai.com/projekt/> letzter Aufruf am 18.12.2024

Dieser kurze Überblick über abgeschlossene und laufende Forschungsprojekte mit rheinland-pfälzischer Beteiligung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, soll aber verdeutlichen, dass in Rheinland-Pfalz sowohl von Forschungseinrichtungen, öffentlichen Institutionen als auch von Unternehmen innovative Projekte vorangetrieben werden. Das Bundesland Rheinland-Pfalz sieht digitale Technologien als ein Schlüssel zur Steigerung der Effizienz, Nachhaltigkeit und Wettbewerbsfähigkeit in der Landwirtschaft und bietet in diesem Rahmen auch Förderprogramme an, um digitale Lösungen in die Praxis zu bringen. Als Beispiel ist hier die „Förderung für Investitionen in Spezialmaschinen und Umweltinvestitionen (FISU)²⁵“ zu nennen, auf die sich landwirtschaftliche Betriebe bewerben können. Außerdem stellt Rheinland-Pfalz SAPOS-Daten²⁶ für eine geringe Nutzungsgebühr (aktuell 150 €/Jahr) zur Verfügung, um somit den Einstieg in das Precision Farming zu erleichtern.

Ebenfalls als wesentliche Treiber sind in Rheinland-Pfalz die unterschiedlichen Netzwerke, wie die Innovationsagentur Rheinland-Pfalz, Förderverein Digital Farming²⁷, Commercial Vehicle Cluster Südwest (CVC)²⁸ und Kompetenznetzwerk Digitale Landwirtschaft West (K-West)²⁹ zu nennen. Auch themenangrenzende Zusammenschlüsse, wie zum Beispiel KI-Allianz Rheinland-Pfalz³⁰ oder Science and Innovation

Alliance Kaiserslautern (SIAK)³¹ können zu innovativen Entwicklungen und digitaler Transformation in der Landwirtschaft beitragen. Bestehende nachhaltige Wertschöpfungsnetzwerke in Rheinland-Pfalz, wie zum Beispiel der Einsatz von Bitburger Biertreber als Eiweißfutter in der Milchviehhaltung (Bitburger Biertreber GmbH 2025), können Impulse für neue Ansätze liefern. Ein weiteres Beispiel ist der Pfalzmarkt, eine Erzeugergemeinschaft, die Obst und Gemüse für das gesamte Bundesgebiet anbietet. Zusätzlich setzen die Fach-, Berufs- und Interessensverbände wesentliche Schwerpunkte, um die Weiterentwicklung in der Landwirtschaft voranzutreiben und neue Projekte zu initiieren. Im Juni 2024 fand ein Experten-Workshop zum Thema Smart Farming statt, dort wurden unterschiedliche Innovationsfelder erarbeitet. Dazu zählen unter anderem Assistenzsystem für die Planung landwirtschaftlicher Produktionsprozesse, die Erstellung von Anträgen, und die automatisierte Datenerfassung von Wirksamkeitsnachweisen in der Landwirtschaft. Laut den Teilnehmern des Experten-Workshops liegen viele Einzelbausteine in Rheinland-Pfalz vor, aber aufgrund hoher Investitionskosten und fehlender, belastbarer Wirksamkeitsbelege wird die Umsetzung von Innovationen erschwert. Als Lösungsperspektive wurde die Gestaltung und Entwicklung von sicheren und anforderungsgerechten Datenräumen aufgezeigt (Thul 2024).

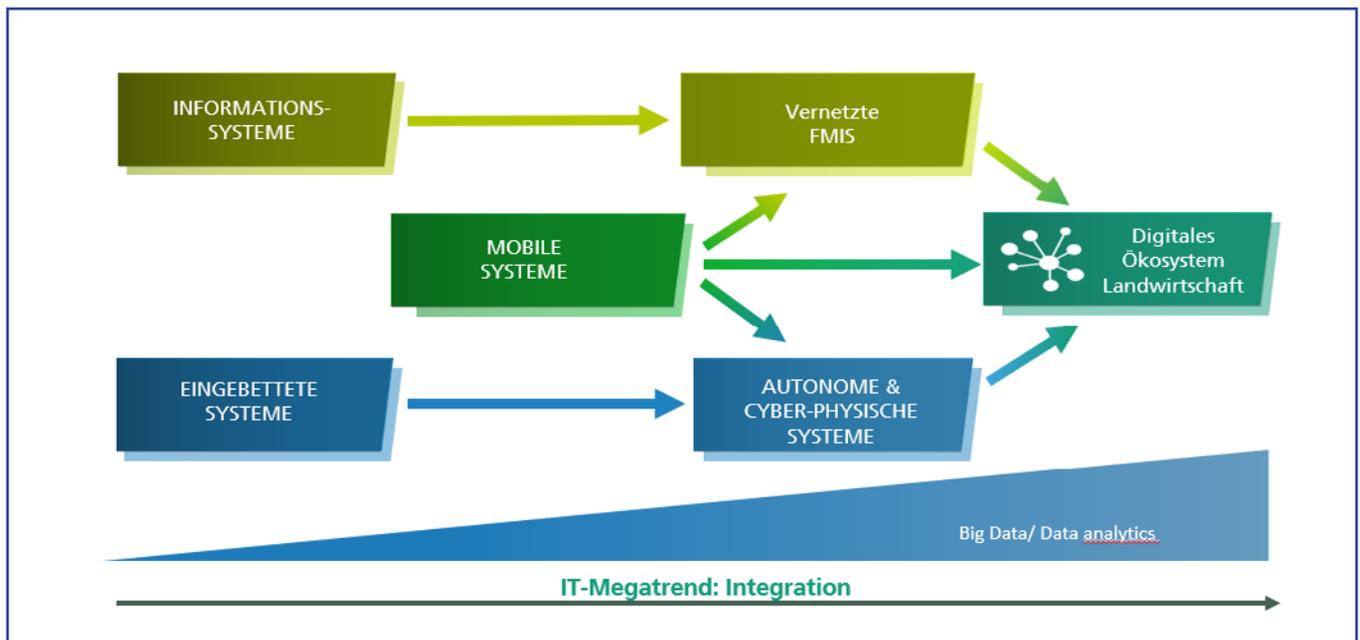


Abbildung 20: Digitale Transformation in der Landwirtschaft als IT-Megatrend

²⁵ <https://www.dlr.rlp.de/Foerderung/Foerderprogramme/Foerderung-Spezialmaschinenund-Umweltinvestitionen-FISU> letzter Aufruf am 18.12.2024

²⁶ <https://lvermgeo.rlp.de/produkte/vermessungstechnischer-raumbezug/saposr-dienste> letzter Aufruf am 18.12.2024

²⁷ <https://friendsofdigitalfarming.org/en/home-2/> letzter Aufruf am 18.12.2024

²⁸ <https://www.cvc-suedwest.com/> letzter Aufruf am 18.12.2024

²⁹ <https://www.k-west.digital/> letzter Aufruf am 18.12.2024

³⁰ <https://www.ki-allianz-rlp.de/> letzter Aufruf am 18.12.2024

³¹ <https://www.siak-kl.com/> letzter Aufruf am 18.12.2024

In den Interviews, Forschungsprojekten und in der Literatur wurde oft auf die mangelnde Interoperabilität hingewiesen. Des Weiteren gab es dazu eine Bekanntmachung vom BMEL mit dem Titel „Förderung der Interoperabilität in der Landwirtschaft bei Anwendungsfällen für die Außen- und Innenwirtschaft und entlang der Wertschöpfungskette im Rahmen von Forschungsvorhaben“, auf die sich unterschiedliche Verbundprojekte beworben haben, die Ende 2024 bzw. Anfang 2025 starten werden. Eine weitere Entwicklung in dem Zusammenhang ist die ISO/TC 347 Data-driven agrifood systems. In dem Technical Committee werden die Standardisierung von Daten und die damit zusammenhängenden Themen im Bereich der Agrar- und Ernährungssystemen vorangetrieben, um Entscheidungsfindungen zu vereinfachen. Insbesondere sollen dabei Interoperabilitätsprobleme gelöst werden (ISO 2023a). Das Thema mangelnde Interoperabilität ist sowohl ein technisches als auch sozio-ökonomisches Problem und wird auch in Zukunft Herausforderungen bereithalten. Das bedeutet, es müssen Konzepte für den reibungslosen Austausch von Daten entwickelt werden. Beispielprojekte mit Beteiligung aus Rheinland-Pfalz sind COGNAC, NaLamKI³² und X-KIT³³, in denen Konzepte für Datenräume entwickelt wurden. Die Entwicklung hin zu digitalen Ökosystemen (Dörr und Nachtmann 2022) ist in Abbildung 20 dargestellt.

In der Landwirtschaft haben sich in den vergangenen Jahren unterschiedliche Systemklassen von digitalen Lösungen entwickelt, wie zum Beispiel Informationssysteme, eingebettete Systeme und mobile Systeme. Zusammen betrachtet bilden diese unterschiedlichen Systeme ein digitales Ökosystem, wobei es an unterschiedlichen Stellen, wie zum Beispiel Interoperabilität, noch Forschungsbedarfe gibt (Dörr und Nachtmann 2022). Das digitale Ökosystem ist die Zielvision, wohin zukünftige Entwicklungen führen könnten.

Die Landwirtschaft entwickelt sich stetig weiter. Neben der stärkeren Auseinandersetzung mit Nachhaltigkeit und Vernetzung von Wertschöpfungsketten wird sich die Landwirtschaft, wie auch in der Studie von (Huang et al. 2020) beschrieben, intensiver mit der Erzeugung von Erneuerbaren Energien beschäftigen. Dieser nächste Entwicklungsschritt ist in Abbildung 21 dargestellt.

In Rheinland-Pfalz wird die Rolle der Erneuerbaren Energie in der Landwirtschaft wahrgenommen. Zum Beispiel soll das Hofgut Neumühle durch den Bau einer Biogasanlage und Errichtung einer Photovoltaikanlage energieautark werden (Bezirksverband Pfalz 2023).

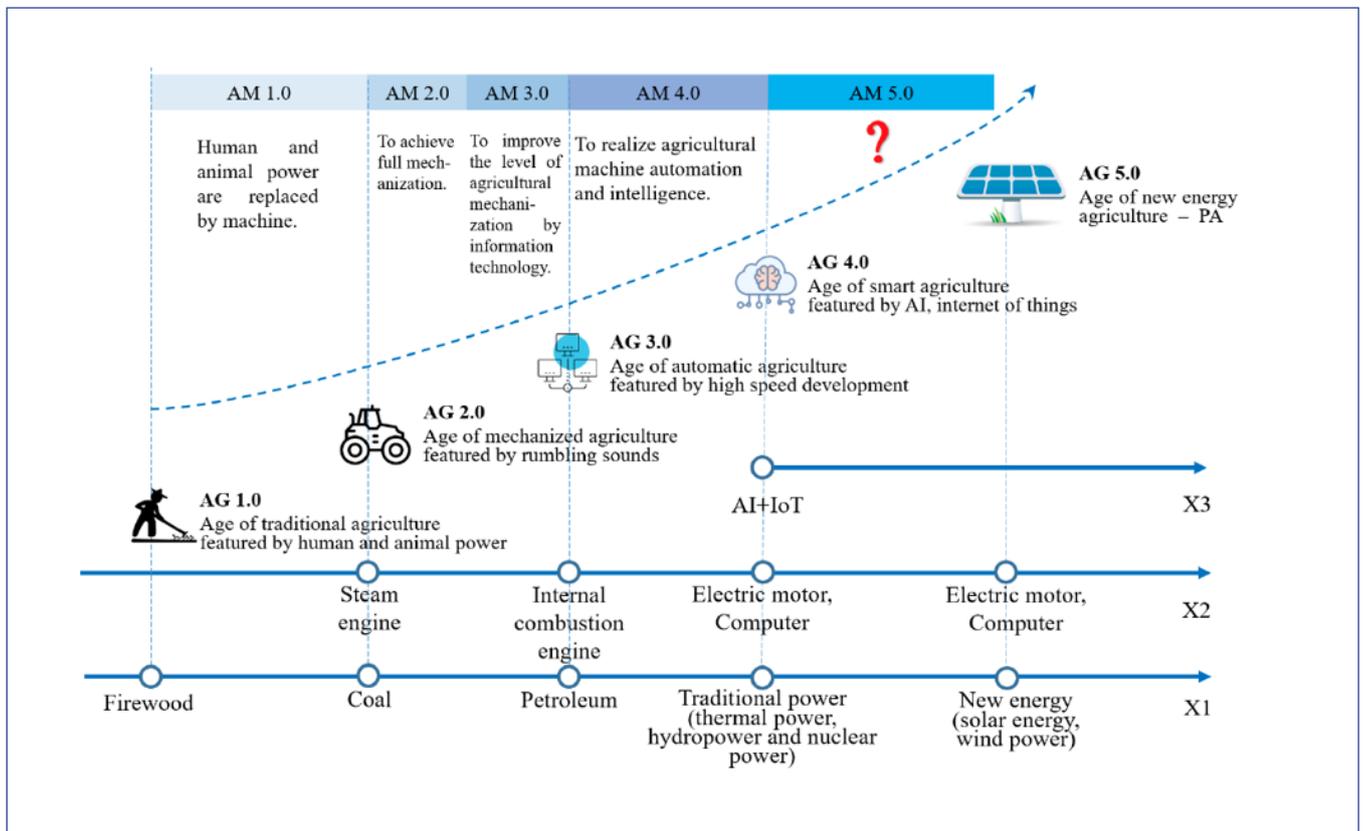


Abbildung 21: Entwicklung der Landwirtschaft

³² <https://nalamki.de/> letzter Zugriff am 10.01.2025

³³ <https://www.iese.fraunhofer.de/de/projekt/x-kit.html> letzter Zugriff am 10.01.2025

7.2 ZUKÜNFTIGE HERAUSFORDERUNGEN UND ENTWICKLUNGEN

Die Landwirtschaft wird nach Einschätzung vieler Experten in Zukunft folgende Herausforderungen meistern müssen, am besten durch den Einsatz von „intelligenter Landwirtschaft“ und „digitaler Landwirtschaft“.

Tabelle 6: Herausforderungen

ZUKÜNFTIGES PROBLEM/HERAUSFORDERUNG	LÖSUNG DURCH INTELLIGENTE/ DIGITALE LANDWIRTSCHAFT	PROGNOSE ÜBER DEN ZEIT-HORIZONT
Ernährungsunsicherheit	Verbesserung der Ernteerträge durch Präzisionslandwirtschaft und Datenanalysen.	5-10 JAHRE
Wasserknappheit	Effiziente Bewässerungssysteme zur Reduzierung des Wasserverbrauchs.	3-5 JAHRE
Klimatische Extreme	Anpassung der Anbaustrategien basierend auf Klimadaten und Prognosen.	5-10 JAHRE
Technologischer Rückstand	Schulungen und Weiterbildung für Landwirte zur Nutzung digitaler Technologien.	3-7 JAHRE
Ressourcenschonung	Implementierung nachhaltiger Praktiken durch datenbasierte Entscheidungen.	5-10 JAHRE
Regulatorische Anforderungen	Unterstützung bei der Einhaltung durch digitale Dokumentation und Monitoring.	2-5 JAHRE
Marktanpassungen	Nutzung von Big Data zur Analyse von Markttrends und Preisprognosen.	3-5 JAHRE
Knappheit landwirtschaftlicher Nutzfläche	Effizienter und nachhaltiger Umgang mit der landwirtschaftlichen Nutzfläche, Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit	10-15 JAHRE

- Kurzfristig (2-5 Jahre): Fokus auf technologische Implementierung und Schulung, Einhaltung von Regulierungsvorschriften.
- Mittelfristig (5-10 Jahre): Anpassung an klimatische Veränderungen und Verbesserung der Ressourcenschonung.
- Langfristig (10+ Jahre): Nachhaltige Lösungen für Ernährungsunsicherheit und extreme klimatische Bedingungen.

- Umweltschutz: Erhalt der natürlichen Ressourcen, Biodiversität und Ökosysteme.
- Soziale Gerechtigkeit: Faire Arbeitsbedingungen und Unterstützung lokaler Gemeinschaften.
- Wirtschaftliche Tragfähigkeit: Sicherstellung der Rentabilität und Wettbewerbsfähigkeit landwirtschaftlicher Betriebe.

Diese Prognosen sind jedoch von verschiedenen Faktoren abhängig, einschließlich technologischem Fortschritt, politischen Rahmenbedingungen und Marktentwicklungen.

Die moderne Verwendung des Begriffs Nachhaltigkeit wurde 1987 durch den sog. Brundtland-Bericht geprägt. Der Begriff Nachhaltigkeit wird auch kritisch gesehen, da:

Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft bedeutet, landwirtschaftliche Praktiken so zu gestalten, dass sie umweltfreundlich, sozial gerecht und wirtschaftlich tragfähig sind. Ziel ist es, die Bedürfnisse der heutigen Generation zu erfüllen, ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zu gefährden. Aspekte umfassen:

- Vage Definition: Oftmals bleibt unklar, was genau unter Nachhaltigkeit verstanden wird.
- Greenwashing: Unternehmen nutzen den Begriff, um sich umweltfreundlicher darzustellen, ohne substanzielle Maßnahmen zu ergreifen.
- Komplexität: Nachhaltigkeit umfasst viele Dimensionen, die schwer zu bewerten und zu messen sind.

Anstatt Nachhaltigkeit gibt es u.a. folgende Alternativen

- Regenerative Landwirtschaft: Fokussiert auf die Wiederherstellung von Böden und Ökosystemen.
- Ökologische Landwirtschaft: Betont den Verzicht auf chemische Düngemittel und Pestizide.
- Kreislaufwirtschaft: Zielt darauf ab, Abfälle zu minimieren und Ressourcen wiederzuverwenden.

In der Landwirtschaft gibt es zahlreiche Verordnungen, Richtlinien und Gesetze, die eingehalten werden müssen. Digitale Systeme, wie PAM3D können die Einhaltung von Vorschriften unterstützen. Für die Landwirtschaft ist insbesondere die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) auf europäischer Ebene zu nennen, die noch bis 2027 gilt. Derzeit wird an der Reform der GAP für die Jahre nach 2027 gearbeitet. In einem aktuellen Positionspapier des BMEL zur GAP nach 2027 wird betont, dass „öffentliches Geld für öffentliche Leistungen“ stärker in den Fokus rücken soll. Darüber hinaus wird im Positionspapier in Übereinstimmung mit den Aussagen aus den Interviews festgehalten, dass regionale Wertschöpfungsketten und regionale Absatzmöglichkeiten sowie deren Resilienz gestärkt werden sollen. Zudem soll die GAP weiter vereinfacht werden, sodass eine Entlastung im Bereich der Dokumentationspflichten angestrebt wird (BMEL 2024).

Der europäische Green Deal sieht vor, dass der europäische Kontinent bis 2050 klimaneutral wirtschaften soll. Bausteine in diesem Rahmen sind nachhaltige Finanzierungsmodelle (sustainable finance) und in diesem Zusammenhang die EU-Taxonomie-Verordnung, die ein Klassifizierungssystem für nachhaltige Wirtschaftsaktivitäten entwickelt. Damit wird über das Finanzsystem eine klima- und umweltschutzorientierte Entwicklung angestrebt, die in Zukunft auch die Landwirtschaft betreffen wird. So wird beispielsweise die Vergabe von Krediten an nachhaltige Rahmenbedingungen geknüpft (Hein et al. 2021). Ein weiterer Aspekt in diesem Zusammenhang ist die EU-Richtlinie zur Unternehmens-Nachhaltigkeitsberichterstattung (Corporate Social Responsibility Directive (CSRD)), die z.B. für große Unternehmen in der Lebensmittelkette zutrifft (Umweltbundesamt 2025). In diesem Kontext leistet das Projekt „Nachhaltige Milch“ einen wissenschaftlichen Beitrag.

Hinsichtlich der technischen Entwicklungen im Bereich der künstlichen Intelligenz ist die Auseinandersetzung mit der europäischen KI-Verordnung (AI-Act) erforderlich. Die KI-Verordnung ist im August 2024 in Kraft getreten und zielt auf die Entwicklung und den Einsatz vertrauenswürdiger

KI ab. Entsprechend wurden potenzielle Risikoklassen festgelegt und Anforderungen und Pflichten für Entwickler und Nutzer beschrieben (Europäische Kommission 2024). Erklärbarkeit, Nachvollziehbarkeit und Vertrauenswürdigkeit sind in diesem Zusammenhang wichtige Begriffe. So ist es zum Beispiel für unterschiedliche Institutionen relevant, wie und auf welcher Basis KI-basierte Empfehlungen getroffen werden, ohne die Neutralität zu missachten. Auf die rasanten technischen Entwicklungen wurde schon in Kapitel 2 und 4 hingewiesen. Nach dem Gartner Hype Cycle 2024 haben wir derzeit den größten Hype um generative KI-Methoden überschritten. Zukünftig werden neue Entwicklungen und Technologien in den Bereichen autonome KI (z.B. KI-Supercomputing), Entwicklerproduktivität (z.B. KI-gestütztes Softwareengineering), Total Experience (z.B. 6G) und menschenzentrierte Sicherheit und Datenschutz (z.B. Desinformationssicherheit) im Vordergrund stehen (Chandrasekaran 2024).

Insbesondere unsere Experteninterviews haben ergeben, dass es für die Zukunft wichtig ist, dass alle Akteure der Land- und Ernährungswirtschaft in Rheinland-Pfalz gemeinsam Lösungen entwickeln. An mehreren Stellen in diesem Bericht wurde klar aufgezeigt, dass der landwirtschaftliche Sektor ein sehr komplexes Netzwerk mit vielen Herausforderungen ist. In dem Maße, wie zum Beispiel die Grenzen zwischen einzelnen Akteuren in der Wertschöpfungskette schwinden, nimmt die Verflechtung der Akteure miteinander aufgrund der Digitalisierung immer weiter zu. Daher ist es notwendig, eine klare und starke Vision zu entwickeln, wohin wir mit der Digitalisierung gehen und was wir damit erreichen wollen. Nicht nur in Rheinland-Pfalz, sondern auch über Ländergrenzen hinaus. In diesem Kontext können z.B. bestehende Netzwerke einen Beitrag leisten, sodass alle Akteure, vom landwirtschaftlichen Betrieb über öffentliche Einrichtungen bis hin zu Unternehmen, die Vision mitgestalten.

Die gewonnenen Erkenntnisse und Zusammenhänge sind in Abbildung 22 schematisch dargestellt. An oberster Stelle steht die Vision, wie sich die Land- und Ernährungswirtschaft im Bereich der Digitalisierung weiterentwickeln soll. Darunter sind drei weitere Kästen entlang der Wertschöpfungskette aufgeführt, die von unten nach oben aufeinander aufbauen. Die Basis unten stößt z.B. über Netzwerke, Interessensverbände o.ä. Innovationen entlang der Wertschöpfungskette an. Unter Berücksichtigung gesetzlicher Rahmenbedingungen und Standardisierungen können übergreifende technische Entwicklungen (z.B. Datenräume) initiiert oder, wie links und rechts in den Kästen dargestellt, Innovationen innerhalb einzelner Stationen, wie zum Beispiel bedarfsorientierte KI-Lösungen, oder Robotik-Lösungen in unterschiedlichsten Anwendungsbereichen, entwickelt werden.

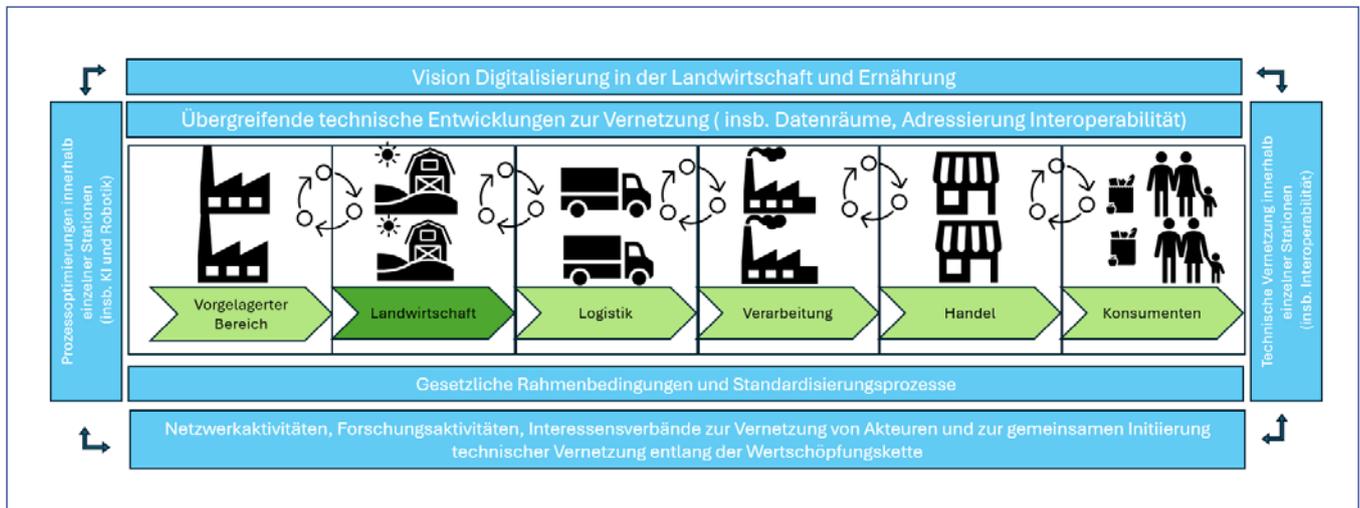


Abbildung 22: Schematische Darstellung der Vernetzung und Zusammenarbeit entlang der Wertschöpfungskette.

7.3 SWOT-ANALYSE FÜR DIE AGRARWIRTSCHAFT IN RHEINLAND-PFALZ

Die SWOT-Analyse, eine Abkürzung für Strengths, Weaknesses, Opportunities und Threats (Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken), ist ein strategisches Instrument, das dazu dient, die aktuelle Lage eines Unternehmens, eines Projekts, einer Region oder einer bestimmten Situation/eines Sachverhalts zu bewerten. In diesem Fall also die Agrarwirtschaft in Rheinland-Pfalz.

Nach unserem Verständnis können durch eine SWOT-Analyse zum einen die endogenen Stärken bzw. Potenzialfaktoren und Schwächen der Agrarwirtschaft in Rheinland-Pfalz erkannt werden, zum anderen können Chancen und Risiken identifiziert werden, die als exogene Faktoren mögliche Entwicklungen in der Agrarwirtschaft positiv treiben oder negativ hemmen. Stärken und Schwächen sind dabei Dimensionen, auf die ein Unternehmen oder eine Region selbst großen Einfluss hat. Chancen und Risiken sind demgegenüber Faktoren, auf die man nur geringen Einfluss hat. Der Zeitbezug für die benannten Stärken und Schwächen ist die Ist-Situation, während die Chancen und Risiken als zukunftsgerichtete Entwicklungstrends bewertet werden. Insgesamt unterstützt eine SWOT-Analyse darin, eine realistische Einschätzung der (eigenen) Situation und Position zu gewinnen und fundierte Entscheidungen für die Zukunft treffen zu können.

Durch die Gegenüberstellung von endogenen und exogenen Faktoren wird ein umfassendes Bild einer Situation geschaffen. Dadurch hilft eine SWOT-Analyse bei der

- Entwicklung von Strategien zur Verbesserung der eigenen Position und zur Nutzung von Chancen.
- Abwägung von Alternativen und der Auswahl der besten Vorgehensweise.
- Identifizierung von Risiken, um dann entsprechende Maßnahmen zur Risikominimierung zu entwickeln.
- Kommunikation mit Stakeholdern, um z.B. auch kritische und umstrittene Situationsanalysen zu erklären.

Bezogen auf die Agrarwirtschaft in Rheinland-Pfalz geht es darum, entlang der vier Dimensionen möglichst konkrete Sachverhalte zu benennen, damit aus dieser SWOT-Analyse Strategien und Maßnahmen abgeleitet werden können, um eigene Stärken zu halten und weiter auszubauen, Defizite zu beheben, positive Entwicklungen als Chancen zu nutzen und Risiken zu minimieren.

In dieser Studie wurde die SWOT-Analyse anhand der Literaturrecherche und der Interviewergebnisse erstellt. Im Folgenden werden die einzelnen Begriffe erklärt:

Stärken

- Rheinland-Pfalz verfügt über eine vielfältige Landwirtschaft mit einer Vielfalt an regionalen Anbauprodukten. Diese Vielfalt trägt zur wirtschaftlichen Stabilität der Landwirtschaft bei.
- Die Landwirtschaft in Rheinland-Pfalz ist innovativ und setzt auf neue Technologien und Verfahren. Dies gilt sowohl für den Bereich der Produktion als auch für die Vermarktung der Produkte.
- Viele Landwirte in Rheinland-Pfalz setzen auf kurze Wege und regionale Wertschöpfungsketten. Sie verkaufen ihre Produkte direkt an Verbraucher oder an regionale Verarbeiter. Dies stärkt die regionale Wirtschaft.
- Die Landwirtschaft hat in Rheinland-Pfalz eine lange Tradition und ist eng mit der Kultur und Identität der Region verbunden.
- Rheinland-Pfalz hat im Bereich der Landwirtschaft starke Forschungsinstitutionen, Unternehmen, landwirtschaftliche Betriebe und öffentliche Einrichtungen, die eng miteinander kooperieren. Dies fördert den Austausch zwischen Wissenschaft und Praxis. Dadurch werden laufend neue Ideen entwickelt, gefördert und umgesetzt.
- Die gute Infrastruktur in Rheinland-Pfalz, insbesondere die flächendeckende Versorgung mit Breitbandinternet, erleichtert den Einsatz digitaler Technologien.
- Die Bündelung von gemeinsamen, öffentlichen Aktivitäten und Entwicklungen, wie der GeoBox Viewer, über föderale Grenzen hinweg, stärkt das Image des Landes als Vorreiter für die Digitalisierung.

Schwächen

- Nicht alle landwirtschaftlichen Betriebe sind gleichermaßen digitalisiert. Kleinere Betriebe oder Betriebe in strukturschwachen Regionen haben oft weniger Ressourcen, um in digitale Technologien zu investieren.
- Der angemessene Digitalisierungsgrad ist für viele Betriebe oft unbekannt.
- Die Anschaffung und der Betrieb digitaler Technologien sind oft mit hohen Kosten verbunden.
- Obwohl die Infrastruktur in Rheinland-Pfalz gut ausgebaut ist, gibt es immer noch Regionen mit schlechter Internetanbindung, was den Einsatz digitaler Technologien erschwert.
- Es besteht ein Mangel an Fachkräften, die über die notwendigen Kenntnisse im Bereich der digitalen Landwirtschaft verfügen.
- Viele Landwirte stehen Smart Farming Technologien skeptisch gegenüber, vor allem aufgrund fehlender betriebswirtschaftlicher Daten und unklarer Wirkzusammenhänge.
- Die Skalierung technischer Innovationen in kleineren Betrieben gestaltet sich schwierig.
- Es mangelt an Interoperabilität zwischen den vielfältigen Systemen in der Landwirtschaft.
- Aufgrund der Vielfalt der Systeme und oft nur einmaligen Nutzung im Jahr ist die Einarbeitungszeit in digitale Systeme hoch.

Chancen

- Der weitere und tiefere Einsatz von digitalen Werkzeugen führt zu einer effizienteren Nutzung von Ressourcen wie Wasser, Dünger und Pflanzenschutzmitteln, und damit zu einer höheren Produktivität und einer geringeren Umweltbelastung.
- Autonome Maschinen (Roboter) werden zunehmend zum Einsatz kommen. Dies entlastet die Landwirte von körperlich anstrengenden Tätigkeiten (insbesondere in Sonderkulturen).
- Durch die Analyse großer Datenmengen können Landwirte bessere Entscheidungen treffen, zum Beispiel hinsichtlich des ressourcen- und umweltschonenden Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln.
- KI-Systeme werden in der Lage sein, komplexe Zusammenhänge in der Landwirtschaft zu erkennen und vorherzusagen. Dies ermöglicht eine noch präzisere Steuerung der Produktionsprozesse.
- Eine noch engere Vernetzung entlang der Wertschöpfungskette wird weitere zahlreiche Innovationspotenziale eröffnen. Dadurch können Vorzeigeprojekte gezielt gefördert werden, die Nachhaltigkeit und Resilienz noch stärker in den Fokus nehmen.
- Für Rheinland-Pfalz besteht die Chance, übergreifende Innovationsstrategien zu entwickeln.
- Digitale Lösungen zur Bewertung von Nachhaltigkeitskriterien und die Etablierung neuartiger digitaler Geschäftsmodelle bieten zusätzliche Chancen.
- Die Digitalisierung eröffnet neue Möglichkeiten für den ländlichen Tourismus, z.B. durch die Schaffung von digitalen Erlebnissen auf den Höfen und Weinbaubetrieben.

Risiken

- Ein zu starker Fokus auf die Digitalisierung kann dazu führen, dass Landwirte von externen Technologieanbietern abhängig werden und ihre Autonomie verlieren.
- Die zunehmende Vernetzung macht landwirtschaftliche Betriebe anfälliger für Cyberangriffe, die zu Datenverlusten oder Betriebsausfällen führen können.
- Die Digitalisierung kann die Kluft zwischen großen und kleinen Betrieben vergrößern, da kleinere Betriebe oft nicht über die finanziellen Mittel verfügen, um in neue Technologien zu investieren.
- Die zunehmende Bebauung und die Ausweisung neuer Gewerbegebiete können zu einem Verlust von landwirtschaftlichen Flächen führen.
- Mehr Kontrollmöglichkeiten durch den Staat oder eingeschränkte Datenhoheit auf Seiten der Landwirte kann die Akzeptanz neuer Technologien bremsen.
- Eine nur schleppende Anpassung der Lehrpläne zur Vermittlung digitaler Grundlagen wird die Wettbewerbsfähigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe schwächen.
- Die Intensivierung der Landwirtschaft führt zu einem Verlust an Artenvielfalt.
- Der Klimawandel und die zunehmende Wasserentnahme für die Landwirtschaft können zu Wassermangel führen.
- Extreme Wetterereignisse wie Dürren, Überschwemmungen und Stürme gefährden die Landwirtschaft.

Für die im Rahmen dieser SWOT-Analyse identifizierten endogenen Stärken und Schwächen sowie den exogenen Chancen und Risiken werden an dieser Stelle keine dedizierten Umsetzungsstrategien und operationalisierbaren Maßnahmen definiert. Diese Aspekte werden in den abschließenden Handlungsempfehlungen adressiert.



8. HANDLUNGS- EMPFEHLUNGEN

Aufbauend auf der vorhergehenden SWOT-Analyse und unter besonderer Berücksichtigung der Ergebnisse der Experteninterviews sind an dieser Stelle zehn Handlungsempfehlungen formuliert, die die digitale Transformation der Landwirtschaft in Rheinland-Pfalz weiter vorantreiben und speziell landwirtschaftliche Betriebe bei diesem Prozess unterstützen sollen.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Adressaten dieser Handlungsempfehlungen sind ausdrücklich alle Akteure des Agrarsektors. Dazu zählen wir:

- **Landwirtschaftliche Betriebe**, die sich aktiv an der Gestaltung und Umsetzung der Digitalisierungsprozesse beteiligen.
- **Lohnunternehmen**, die bei agrartechnischen Fragen und bei der fortwährenden Optimierung der landwirtschaftlichen Prozesse unterstützen.
- **Beratungsstellen**, die Beratungsleistungen und Schulungen entwickeln und bereitstellen.
- **Kammern und Verbände**, die zahlreiche Aktivitäten auf unterschiedlichen Ebenen koordinieren und die Interessen der landwirtschaftlichen Betriebe vertreten.
- **Forschungseinrichtungen**, die neue Technologien und Ansätze oft bis zur Marktreife entwickeln sowie wissenschaftliche Erkenntnisse erarbeiten und verbreiten.
- **Vor- und nachgelagerte Unternehmen**, die Betriebsmittel, Maschinen, Dienste/Anwendungen und Softwarelösungen bereitstellen.
- **Politik und Verwaltung**, die notwendige Rahmenbedingungen für die Förderung der Digitalisierung schaffen.

Durch die Umsetzung dieser Handlungsempfehlungen kann die digitale Transformation der Landwirtschaft in Rheinland-Pfalz verstetigt werden. Dies trägt dazu bei, die Herausforderungen der digitalen Transformation für die einzelnen Betriebe kalkulierbar zu machen, die Wettbewerbsfähigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe zu stärken und die Innovationskraft des Sektors zu erhöhen.

Abbildung 23 stellt die herausgearbeiteten Handlungsempfehlungen in einer Übersicht dar. Die Reihenfolge bzw. Nummerierung beinhaltet keine Gewichtung. Allen Handlungsempfehlungen wird die gleiche Bedeutung und Wichtigkeit beigemessen.

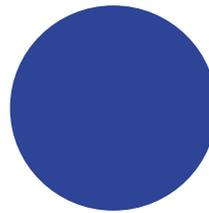
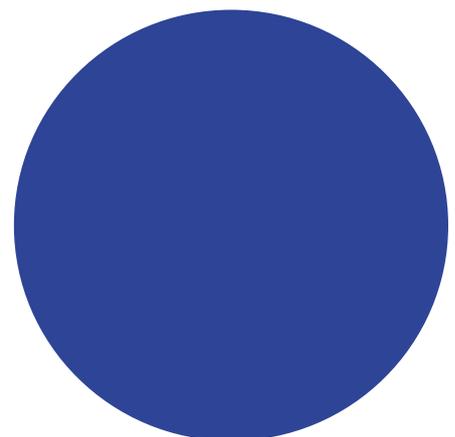


Abbildung 23: Übersicht Handlungsempfehlungen



1. Förderung digitaler Kompetenzen, sowie Netzwerke

- a. **Schulungen und Weiterbildungen:** Regelmäßige Schulungen und Weiterbildungsangebote für Landwirte und landwirtschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, um digitale Werkzeuge effektiv nutzen zu können.
- b. **Digitale Lernplattformen:** Entwicklung und Aufbau von digitalen Lernplattformen sowie Kursinhalten zu digitalen Technologien und Anwendungen, die speziell auf die Bedürfnisse der Landwirte zugeschnitten sind und praxisnahe Lerninhalte bieten.
- c. **Beratungsstellen und Netzwerke:** Einrichtung von digitalen Beratungsstellen, die Landwirten bei der Auswahl und Implementierung geeigneter digitaler Lösungen zur Seite stehen, sowie Aufbau von Netzwerken, in denen sich Landwirte austauschen und voneinander lernen können.

2. Datenmanagement entlang von Wertschöpfungsketten

- a. **Standards:** Entwicklung einheitlicher Standards für die Erhebung, Speicherung und den Austausch von landwirtschaftlichen Daten auf Betrieben und in der Wertschöpfungskette.
- b. **Schaffung offener Schnittstellen:** Bereitstellung von offenen und standardisierten Schnittstellenspezifikationen innerhalb von Wertschöpfungsketten.
- c. **Förderung von Cross-Innovation:** Ansätze und Methoden der Cross-Innovationen bekommen eine stärkere Bedeutung durch die fortschreitende Digitalisierung und sollten gezielt gefördert werden.

3. Datensicherheit und -transparenz, sowie Erklärbarkeit digitaler Systeme

- a. **Datenschutz:** Gewährleistung des Datenschutzes und der Datensicherheit, um das Vertrauen der Landwirte in die digitale Transformation zu stärken.
- b. **Transparenz:** Transparenz und Offenheit im Umgang mit Daten, um das Vertrauen der Landwirte zu erhalten
- c. **Erklärbarkeit:** Bei digitalen Systemen, wie z.B. Entscheidungsunterstützungssystemen, spielen Transparenz und Nachvollziehbarkeit wichtige Rollen. Bei der Nutzung von KI-Methoden bekommen zusätzlich die Erklärbarkeit (XAI) und die Vertrauenswürdigkeit (Dependable AI) eine Relevanz.

4. Kooperationen zwischen Praxis, Wissenschaft und öffentliche Institutionen

- a. **Forschungsprojekte:** Förderung von gemeinsamen Forschungsprojekten zwischen Forschungsinstituten, Unternehmen, öffentlichen Institutionen und Landwirtschaftsbetrieben, um innovative Lösungen zu entwickeln.
- b. **Wissenstransfer:** Intensivierung des Wissenstransfers zwischen Wissenschaft und Praxis, um Forschungsergebnisse schnell in die Anwendung zu bringen.

5. Förderung von digitalen Märkten

- a. **Online-Plattformen:** Schaffung von digitalen Plattformen, auf denen Landwirte ihre Produkte direkt vermarkten können.
- b. **Datenbasierte Märkte:** Entwicklung von datenbasierten Märkten, die eine effizientere Vermarktung landwirtschaftlicher Produkte ermöglichen.
- c. **Anpassung von Produkten und Dienstleistungen:** Anpassung von Produkten und Dienstleistungen an die spezifischen Bedürfnisse der Landwirtschaft.

6. Infrastrukturausbau

- a. **Breitbandversorgung:** Ausbau der Breitbandversorgung in ländlichen Regionen, um eine stabile Internetverbindung für digitale Anwendungen zu gewährleisten.
- b. **Mobilfunknetze:** Verbesserung der Mobilfunknetzabdeckung, um auch in abgelegenen Gebieten eine gute Verbindung zu haben.

7. Sensibilisierung und Öffentlichkeitsarbeit

- a. **Informationskampagnen:** Durchführung von Informationskampagnen, um die Vorteile der digitalen Landwirtschaft aufzuzeigen und Vorbehalte abzubauen (Aufklärung landwirtschaftliche Betriebe und Gesellschaft).
- b. **Best-Practice-Beispiele:** Präsentation erfolgreicher Digitalisierungsprojekte in der Landwirtschaft, um andere Landwirte zu motivieren.

8. Finanzielle Unterstützung und Anreize

- a. **Förderprogramme:** Aufsetzen von gezielten Förderprogrammen, die die Anschaffung von Smart-Farming-Technologien zur Optimierung von Anbauprozessen und Ressourcenmanagement sowie die Umsetzung von Digitalisierungsprojekten in landwirtschaftlichen Betrieben finanziell unterstützen.
- b. **Steuerliche Anreize:** Einführung steuerlicher Anreize für Investitionen in digitale Technologien.

9. Gesetzliche Rahmenbedingungen

- a. **Regulierung:** Schaffung klarer gesetzlicher Rahmenbedingungen für die Nutzung digitaler Technologien in der Landwirtschaft.
- b. **Flexibilität:** Gewährleistung von ausreichend Flexibilität, um auf neue Entwicklungen schnell reagieren zu können (z.B. generative KI).

10. Strategie und Vision

- a. **Strategie:** Erarbeitung einer gemeinsamen Strategie, die von allen Akteuren getragen wird, unter Berücksichtigung der schnellen technischen Entwicklungen mit einem klaren Fokus und Ziel.
- b. **Vision:** Erarbeitung einer gemeinsamen Vision, welchen Digitalisierungsgrad die Landwirtschaft in RLP erreichen soll. Länderübergreifende Zusammenarbeit (national und EU-weit) muss hierbei integraler Bestandteil sein.





9. AUSBLICK

Basierend auf den zuvor genannten Handlungsempfehlungen lassen sich folgende konkrete Schritte und ein Zeitplan für die weitere Umsetzung der digitalen Transformation in der Landwirtschaft in Rheinland-Pfalz formulieren:

Phase 1: Aufbau der Grundlagen (Jahre 1-2)

- Bedarfs- und Anforderungsanalyse: Umfassende Erhebung der digitalen Kompetenzen und Bedürfnisse landwirtschaftlicher Betriebe in Rheinland-Pfalz.
- Bildungsoffensive: Entwicklung und Implementierung von maßgeschneiderten Schulungsangeboten für Landwirte und Berater.
- Förderprogrammgestaltung: Ausarbeitung detaillierter Förderrichtlinien für die Anschaffung digitaler Technologien und die Umsetzung von Digitalisierungsprojekten.
- Aufbau von Netzwerken: Entwicklung und Aufbau von Plattformen für den Austausch zwischen Landwirten, Beratern, Wissenschaftlern und Industrie.

Phase 2: Implementierung und Skalierung (Jahre 3-4)

- Pilotprojekte: Durchführung von Pilotprojekten zur Erprobung innovativer digitaler Lösungen in verschiedenen landwirtschaftlichen Bereichen.
- Dateninfrastruktur: Aufbau einer robusten Dateninfrastruktur, die den sicheren Austausch und die Nutzung von landwirtschaftlichen Daten ermöglicht.
- Beratungsstellen: Ausbau und Stärkung des Netzwerks von Beratungsstellen, um eine flächendeckende und kompetente Unterstützung für Landwirte zu gewährleisten.
- Marketing und Kommunikation: Intensivierung der Öffentlichkeitsarbeit, um die Vorteile der digitalen Landwirtschaft darzustellen.

Phase 3: Vertiefung und Nachhaltigkeit (Jahre 5-7)

- Evaluierung und Anpassung: Regelmäßige Evaluation der durchgeführten Maßnahmen und Anpassung der Förderprogramme und Schulungsangebote.
- Internationalisierung: Vernetzung mit anderen Regionen und Ländern, um von internationalen Erfahrungen zu profitieren und neue Impulse zu setzen.
- Nachhaltigkeit: Integration von Aspekten der Nachhaltigkeit in alle digitalen Lösungen, um eine zukunftsfähige Landwirtschaft zu gewährleisten.
- Forschung und Entwicklung: Förderung von langfristigen Forschungsprojekten, um die digitale Landwirtschaft kontinuierlich weiterzuentwickeln.

Erfolgskontrolle:

Der Erfolg der digitalen Transformation in der rheinland-pfälzischen Landwirtschaft sollte durch neutrale und geeignete Instanzen regelmäßig anhand folgender Kriterien und Metriken bewertet werden:

- Akzeptanz der digitalen Technologien bei den Landwirten.
- Steigerung der Effizienz und Produktivität in der Landwirtschaft.
- Verbesserung der Nachhaltigkeit (z.B. Klimaschutz, Biodiversität, Kreislaufwirtschaft).
- Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe.



10. LITERATURVERZEICHNIS

- Ahrens, Sandra (2024): Anteil der Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei an der gesamtwirtschaftlichen Bruttowertschöpfung in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2023. Statista. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/242847/umfrage/anteil-der-landwirtschaft-an-der-bruttowertschoepfung-in-deutschland/>.
- Arndt, Olaf; Eberle, Jonathan (2021): Fortschreibung der Regionalen Innovationsstrategie Rheinland-Pfalz. Abschlussbericht. Der rheinland-pfälzische Ministerrat hat die fortgeschriebene Innovationsstrategie Rheinland-Pfalz am 25. Mai 2021 beschlossen. Hg. v. Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau (Federführung). Mainz. Online verfügbar unter https://innovationsagentur.rlp.de/fileadmin/Innovationsagentur/Fortschreibung_der_Regionalen_Innovationsstrategie.pdf, zuletzt geprüft am 05.12.2024.
- Baldenhofer, Kurt G. (2024): Wertschöpfungskette (WSK) - Lexikon des Agrarraums. Online verfügbar unter <https://www.agrarraum.info/lexikon/wertschoepfungskette>, zuletzt geprüft am 10.10.2024.
- Bartels, Nedo; Doerr, Joerg; Fehrmann, Jens; Gennen, Klaus; Groen, Eduard C.; Härtel, Ines et al. (2020): Machbarkeitsstudie zu staatlichen digitalen Datenplattformen für die Landwirtschaft. Online verfügbar unter https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Digitalisierung/machbarkeitsstudie-agrar-datenplattform.html.
- Bezirksverband Pfalz (2023): Milch nachhaltiger produzieren. 2,2 Millionen Euro für Projekt des Hofguts Neumühle mit Kooperationspartnern. Bezirksverband Pfalz. Online verfügbar unter <https://www.bv-pfalz.de/milch-nachhaltiger-produzieren/>.
- Bitburger Biertreber GmbH (2025): Nachhaltigkeit ist bei uns gelebte Tradition. Bitburger Biertreber GmbH. Online verfügbar unter <http://bitburger-biertreber.de/Ueber-Bitburger-Biertreber/Nachhaltigkeit>.
- BMEL (2024): Positionspapier der Bundesregierung Deutschland zur GAP nach 2027. effektiver, nachhaltiger, resilienter und einfacher. Online verfügbar unter https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/EU-Agrarpolitik-Foerderung/positionspapier-gap-2027.html.
- Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (Hg.) (2024): Wie funktionieren regionale Wertschöpfungsketten? Online verfügbar unter <https://www.landwirtschaft.de/wirtschaft/agrarmaerkte/markt-und-versorgung/wie-funktionieren-regionale-wertschoepfungsketten>, zuletzt aktualisiert am 06.05.2024, zuletzt geprüft am 10.10.2024.
- Chandrasekaran, Arun (2024): Fokus auf 2024 Gartner Hype Cycle™ für neue Technologien. Gartner. Online verfügbar unter <https://www.gartner.de/de/artikel/hype-cycle-fuer-neue-technologien>.
- Deutscher Bauernverband e.V. (Hg.) (2024): Situationsbericht 2024/25. Trends und Fakten zur Landwirtschaft. 1. Auflage. Unter Mitarbeit von Peter Pascher und Joachim Rukwied. Berlin. Online verfügbar unter www.situationsbericht.de.
- Deutscher Wetterdienst/ Extremwetterkongress (2021): Was wir heute über das Extremwetter in Deutschland wissen. Stand der Wissenschaft zu extremen Wetterphänomenen im Klimawandel in Deutschland. Hg. v. Deutscher Wetterdienst und Extremwetterkongress Hamburg. Offenbach am Main. Online verfügbar unter https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/aktuelle_meldungen/210922/Faktenpapier-Extremwetterkongress.html.
- DLR (2024): Digitale Agrarportal Rheinland-Pfalz. DLR. Online verfügbar unter <https://www.dap.rlp.de/>.
- DLR R-N-H (2021): Task Force „Digitalisierung in der Landwirtschaft“. Dienstleistungszentrum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück. Online verfügbar unter [https://www.dap.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/0/bc1e2f0500a-f4a69c125833f0026d025/\\$FILE/Digitalisierung_der_Landwirtschaft.pdf](https://www.dap.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/0/bc1e2f0500a-f4a69c125833f0026d025/$FILE/Digitalisierung_der_Landwirtschaft.pdf).
- Dörr, Jörg; Nachtmann, Matthias (Hg.) (2022): Handbook digital farming. Digital transformation for sustainable agriculture. Springer-Verlag GmbH. Berlin, Germany: Springer.
- Europäische Kommission (2024): KI-Verordnung tritt in Kraft. Europäische Kommission. Online verfügbar unter https://commission.europa.eu/news/ai-act-enters-force-2024-08-01_de.
- Friesike, Sascha; Sprondel, Johanna (2022): Träge Transformation. Welche Denkfehler den digitalen Wandel blockieren. Ditzingen: Reclam ((Was bedeutet das alles?), Nr. 14188).
- Fuglie, Keith O.; Morgan, Stephen; Jelliffe, Jeremy (2024): World Agricultural Production, Resource Use, and Productivity, 1961–2020. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service (EIB, 268). Online verfügbar unter <https://ageconsearch.umn.edu/record/341638/>, zuletzt geprüft am 10.10.2024.
- Hein, Gerald; Hollenberg, Klaus; Braun, Christopher (2021): Sustainable Finance - Was kommt auf das Agrarbanking und die Landwirtschaft zu? Hg. v. DLG. Online verfügbar unter <https://www.dlg.org/mediacenter/dlg-merkblaetter/dlg-kompakt-05-2021-sustainable-finance-was-kommt-auf-das-agrarbanking-und-die-landwirtschaft-zu>.
- Henningsen, Jens; Herlitzius, Thomas; Jeswein, Thomas; Martini, Daniel; Neuschwander, Philipp; Rauch, Bernd et al. (2022): Machbarkeitsstudie für Betriebliches Datenmanagement und Farm Management Information System in der Landwirtschaft; Schriftenreihe des LfULG, Heft 4/2022.
- Henningsen, Jens; Jeswein, Thomas (2023): Dynamisch und vernetzt: Wie digital wird der Pflanzenschutz in Zukunft sein? Online verfügbar unter <https://dynasos.de/2022/09/30/dynamisch-und-vernetzt-wie-digital-wird-der-pflanzenschutz-in-zukunft-sein/>.
- Huang, Kai; Shu, Lei; Li, Kailiang; Yang, Fan; Han, Guangjie; Wang, Xiaochan; Pearson, Simon (2020): Photovoltaic Agricultural Internet of Things Towards Realizing the Next Generation of Smart Farming. In: IEEE Access 8, S. 76300–76312. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2988663.
- IEEE (1990): IEEE standard glossary of software engineering terminology - IEEE Std 610.12-1990. Online verfügbar unter <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://ieeexplore.ieee.org/iel1/2267/4683/00182763.pdf&ved=2ahUKEwioa9aZsoKLAXXOOQIHhc9I-D5EQFnoECBMQAQ&usq=AOvVaw1v-HkdHPVlultxPNk7AdLY>.
- ISO (2023a): ISO/TC 347 Data-driven agrifood systems. Hg. v. DIN. ISO. Online verfügbar unter <https://www.iso.org/committee/9983782.html>.
- ISO (2023b): STRATEGIC ADVISORY GROUP REPORT ON SMART FARMING. FINAL REPORT WITH RECOMMENDATIONS.

- Jelliffe, Jeremy; Fuglie, Keith O.; Morgan, Stephen (2021): Slowing Productivity Reduces Growth in Global Agricultural Output. USDA Economic Research Service. Online verfügbar unter <https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2021/december/slowing-productivity-reduces-growth-in-global-agricultural-output>.
- Keeding, Susanne (2018): Becht: Landwirtschaft ist Treiber der Digitalisierung. Rheinland Pfalz Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau. Online verfügbar unter <https://mwvlw.rlp.de/presse/detail/becht-landwirtschaft-ist-treiber-der-digitalisierung>.
- Ministerium für Arbeit; Soziales; Transformation und Digitalisierung des Landes Rheinland-Pfalz (Hg.) (2023): Wir vernetzen Land und Leute. Digitalstrategie für das Land Rheinland-Pfalz. Mainz. Online verfügbar unter https://digital.rlp.de/fileadmin/digital-rlp/Digitalstrategie/Dokumente/RLP_digital_2023.pdf, zuletzt geprüft am 18.12.2024.
- Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau des Landes Rheinland-Pfalz (Hg.) (2024): Landwirtschaft. Online verfügbar unter <https://mwvlw.rlp.de/themen/landwirtschaft>, zuletzt geprüft am 10.12.2024.
- Mumme, Thorsten (2021): Wirtschaft im Schnell-Check: Was kann Rheinland-Pfalz außer Wein? Tagesspiegel. Online verfügbar unter <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/was-kann-rheinland-pfalz-ausser-wein-7760803.html>.
- Piepenbrock, Eva (2024): Erkennen Sie Ihre Region? So bunt sehen deutsche Agrarlandschaften von oben aus. In: top agrar online, 25.12.2024. Online verfügbar unter <https://www.topagrar.com/perspektiven/news/bildergalerie-so-schon-bunt-sehen-deutsche-agrarlandschaften-von-oben-aus-1-20010043.html>, zuletzt geprüft am 22.01.2025.
- Porter, Michael E. (1998): Competitive advantage. Creating and sustaining superior performance ; with a new introduction. New York: Free Press. Online verfügbar unter <http://www.loc.gov/catdir/bios/simon051/98009581.html>.
- Rheinland-Pfalz, Staatskanzlei (10.10.2023): Neue Digitalstrategie des Landes vorgestellt: Digitalisierung in Rheinland-Pfalz stellt die Menschen in den Mittelpunkt. Mainz. Online verfügbar unter <https://www.rlp.de/service/pressemitteilungen/detail/neue-digitalstrategie-des-landes-vorgestellt-ministerpraesidentin-malu-dreyer-digitalisierung-in-rheinland-pfalz-stellt-die-menschen-in-den-mittelpunkt>, zuletzt geprüft am 18.12.2024.
- Rohleder, Bernhard; Meinel, Till (2024): So digital ist die Landwirtschaft. Bitkom e.V. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2024-06/Bitkom-Charts-Pressekonferenz-Digitalisierung-der-Landwirtschaft.pdf>.
- Schmitt, Daniela (2022): Sitzung des Ausschusses für Landwirtschaft und Weinbau am 10. März 2022. Sprechvermerk. Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau. Online verfügbar unter https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://dokumente.landtag.rlp.de/landtag/vorlagen/1672-V-18.pdf&ved=2ahUKewih5fuBo_yKAXUA1QIHYY7DBmcQFnoECBgQAQ&usq=AOvVaw3yJRpnxgMstj7swq1m1l3D.
- Scholz, Roland W.; Beckedahl, Markus; Noller, Stephan; Renn, Ortwin (Hg.) (2021): DiDaT Weißbuch. Verantwortungsvoller Umgang mit digitalen Daten – Orientierungen eines transdisziplinären Prozesses. Nomos Verlagsgesellschaft. 1. Auflage. Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.
- Schönen, Carolin; Bonse, Sandra; Petersen, Brigitte (Hg.) (2022): Bedeutung von agrarbezogenen Netzwerken aus NRW für die Umsetzung von europäischen Zukunftsstrategien. Education and Qualification Alliance SCE. Bonn. Online verfügbar unter <https://eqasce.de/wp-content/uploads/2022/11/Wissen-kompakt-5-Bedeutung-von-agrarbezogenen-Netzwerke.pdf>.
- Schrage, Jan-Felix (2021): Digitale Transformation. Bielefeld: transcript Verlag (Einsichten. Themen der Soziologie, 5580). Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/profile/jan-felix-schrage/publication/351522220_digitale_transformation_reihe_einsichten_themen_der_soziologie.
- Seyda, Laslo (2023): Wie Cross Innovationen den Spielraum für neue Lösungen erweitern. Hg. v. Hamburg Kreativ Gesellschaft. Online verfügbar unter <https://kreativgesellschaft.org/magazin/posts/wie-cross-innovationen-den-spielraum-fuer-neue-loesungen-erweitern/>, zuletzt aktualisiert am 24.07.2023, zuletzt geprüft am 10.12.2024.
- Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz (2022): Statistisches Jahrbuch Rheinland-Pfalz 2022.
- Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz (2024a): Bodennutzung landwirtschaftlicher Betriebe 2024.
- Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz (2024b): Die Wirtschaft in Rheinland-Pfalz 2023.
- Thul, Martin J. (2024): Protokoll zum Experten-Workshop „Smart Farming“ vom 28.06.2024 in Bad Kreuznach. (nicht öffentliches Protokoll).
- Trauth, Daniel; Mayer, Johannes (2022): Grenzkostenfreie IoT-Services in den Datenmarktplätzen der Zukunft. In: Marieke Rohde, Matthias Bürger, Kristina Peneva und Johannes Mock (Hg.): Datenwirtschaft und Datentechnologie. Wie aus Daten Wert entsteht. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 11–29.
- Umweltbundesamt (2025): CSR Richtlinie. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/umweltberichterstattung-csr-richtlinie>, zuletzt geprüft am 22.01.2025.
- Wang, Wenguang; Tolk, Andreas; Wang Weiping (2009): The Levels of Conceptual Interoperability Model: Applying Systems Engineering Principles to M&S. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/45865543_The_Levels_of_Conceptual_Interoperability_Model_Applying_Systems_Engineering_Principles_to_MS.
- Zukunftskommission Landwirtschaft (2021): Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Empfehlungen der Zukunftskommission Landwirtschaft. Online verfügbar unter https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Bodenschutz/zkl_abschlussbericht_bf.pdf.
- Zurowski, Lea; Römer, Helen; Ruf, Marco; Scheidt, Dirk; Schwabe, Matthias (2024): Regional- und Branchenanalyse für die Bundesländer Rheinland-Pfalz und Saarland sowie die Branchen Automotive und Medizin (-Technik). Eine Übersicht zum Status Quo, aktuellen Herausforderungen und Transformations-treibern in den Regionen und Branchen. Hg. v. Komatra Kompetenzzentrum Arbeitsforschung. Kaiserslautern. Online verfügbar unter <https://komatra.de/wp-content/uploads/2024/06/regional-und-branchenanalyse.pdf>, zuletzt geprüft am 10.10.2024.

