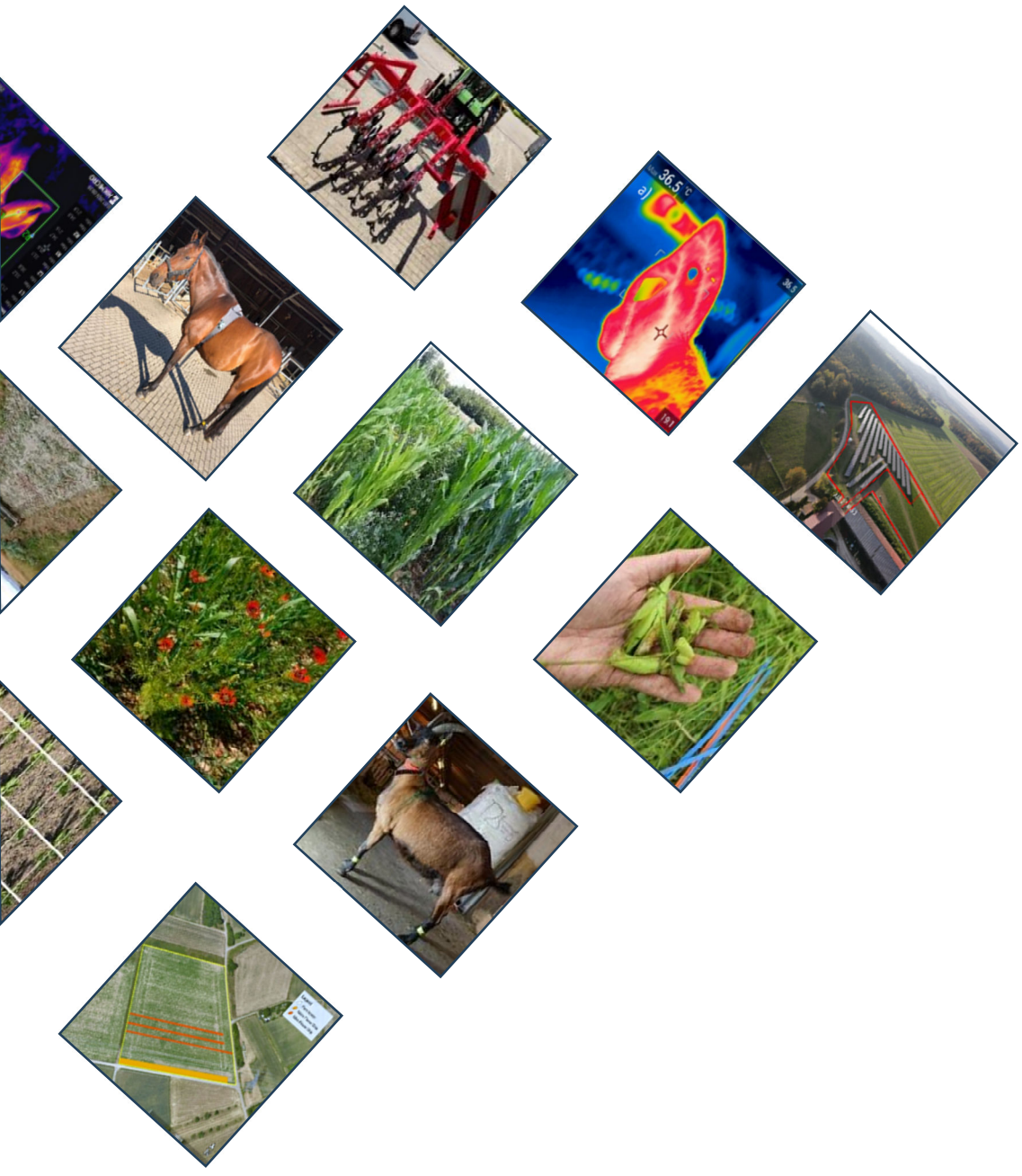
Hochschule
für Wirtschaft und Umwelt
Nürtingen-Geislingen

Jahresbericht 2024

Institut für angewandte Agrarforschung (IAAF)



Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1

2 Pflanzenbau und Agrarökologie 2

2.1 BioDivAcker: Sonderprogramm Biologische Vielfalt: Entwicklung von Bewertungsverfahren für Biodiversitäts-Maßnahmen im Ackerbau BiodivNetz BW 2

2.2 Einsatz von im Ökolandbau zugelassenen Gesteinsmehlen und Pflanzenkohlen zur CO_2-Bindung und Bodenverbesserung 5

2.3 PHASE 3: BonaRes Modul A: INPLAMINT - Erhöhung der landwirtschaftlichen Nährstoffnutzungseffizienz durch Optimierung von Pflanze-Boden-Mikroorganismen-Wechselwirkungen, Teilprojekt E 8

2.4 LTZ Silomais: Diversifizierung des Silo- und Energiemaisanbaus im konventionellen und ökologischen Landbau 12

2.4.1 Phase 3: Praxisversuche zur Biodiversitätswirkung blühender Untersaaten und Blühstreifen im Mais Laufzeit: April 2022 – Dezember 2025 12

2.4.2 Phase 4: Biodiversitätsmehrwert verschiedener Blühmischungen als Untersaat in Mais bei Aussaat im März 15

2.5 Promotionskolleg "Hebel für eine Transformation von Agrarlandschaften: vom Biodiversitätsverlust zur Biodiversitätssteigerung" (HABIT) 19

2.5.1 Einfluss von landwirtschaftlichen Produktionsweisen und Agrarumweltmaßnahmen auf gefährdete bzw. landwirtschaftlich unerwünschte Ackerwildkräuter 19

2.6 Erforschung von Konzepten zur Inwertsetzung von Lebensmitteln aus biodiversitätsfördernder, regionaler Landwirtschaft (BiodivRegio) 24

2.6.1 Biodiversitätsfördernder Maisanbau für Futter- und Lebensmittel 24

2.7 Virtueller Informations- und Lehrpfad für die optimale Bewässerung in der Landwirtschaft (VIOLA) 28

2.8 Pflanzenbau mit reduzierter Düngungs- (30 %) und Pflanzenschutzintensität (50 %) 32

3 Tierhaltung/Nutztierwissenschaften 36

3.1 Klima-Milchfarm 36

3.2 GesundeZiegen - Zucht auf Gesundheit und Robustheit bei Milchziegen ausbauen 38

3.3 Modellregion Agri-PV BW - Kombination der Freilandhaltung von Legehennen mit einer Freiflächen-PV-Anlage – Begleitforschung 40

3.4 Mehr Nachhaltigkeit in der Wertschöpfungskette Schweinefleisch durch stabile regionale Lieferketten (EIP WertSchwein) 45

3.5 EIPagri-Projekt: „Zucht für unkupierte Schweine und ein vermindertes Risiko gegen Schwanzverletzungen (GenEthisch)“ 48

3.6 LowCarbonDairy Farm 52

3.7 Nachhaltige Nutzung von Pferdemist 53

3.8 Hygienisierung von Raufutter und Einstreu in der Pferdewirtschaft 57

3.9 Ermittlung von Tierwohlfaktoren mit Hilfe digitaler Technik in der Pferdehaltung 59

3.10 CHIO Aachen Scientist Circle 63

3.10.1 Analysen der Stress Hormon, Herzfrequenzvariabilität und Lateralität (Einseitigkeit) für die Darstellung des Befindens von Pferden an einer internationalen Pferdesportveranstaltung, CHIO Aachen 63

3.10.2 Entwicklung und Überprüfung von Tierwohlparametern beim Pferd in Turniersituationen am Beispiel des CHIO Aachens 66

4 Landtechnik 69

4.1 Spoteejet: Water Jet Spot Weeding – Unkrautbekämpfung mit Hochdruckwasserstrahlen 69

4.2 SELBEWAG - Selektive Bekämpfung von Grünlandunkräutern mit Wasserstrahlen..... 73

5 Digitalisierung..... 78

5.1 Sonderprogramm Biologische Vielfalt: Digital-unterstützte Messung und Bewertung der Biodiversitätsleistungen in der Landwirtschaft (DiMeBiLa)..... 78

5.2 Digitale Experimentierfelder zur Vernetzung in Technik und Wissen für eine digitale Landwirtschaft auf Zukunftsbetrieben in BW (TechKnowNet)..... 83

5.3 DiWenkLa-Fortsetzung..... 89

5.3.1 Teilprojekt Ackerbau 89

5.3.2 Teilprojekt: Digitalisierung in der Pferdewirtschaft 92

6 Interdisziplinäre Projekte 103

6.1 RegiopAKT: Regionale Wertschöpfungsketten der Zukunft für pflanzliche Lebensmittel mit Arten- und Klimaschutzleistung durch digitale Technologien.....103

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Logo Sonderprogramm 4

Abbildung 2: Ausbringung von Gesteinsmehl in Tachenhausen (Nils Nägele) 5

Abbildung 3: Änderung der Direkt- und Arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAKfL) durch die Stroh- verlagerung in Abhängigkeit vom Standort (SQR-Klasse) und Betriebsgröße (absolut und relativ dargestellt) 10

Abbildung 4: Mais mit blühender Untersasat (links), Mais mit reduziertem mechanischem Pflanzenschutz (Mitte), betriebsüblicher Maisanbau (rechts) 12

Abbildung 5: Teilflächen mit reinem Mais, Mais mit reduziertem mechanischem Pflanzenschutz sowie Mais mit reduziertem mechanischem Pflanzenschutz und blühender Untersaat ... 13

Abbildung 6: Logo Sonderprogramm 14

Abbildung 7: Mais mit artenreicher, blühender Untersasat (links) und praxisüblicher Maisanbau (rechts) 15

Abbildung 8: Feldrittersporn (links), Adonisröschen (Mitte) und Ackerhahnenfuß (rechts) sind typische Vertreter gefährdeter Ackerwildkrautarten. Aufgenommen von Freya Zettl auf ökologisch bewirtschafteten Untersuchungsflächen auf der Schwäbischen Alb in der Erfassungssaison 2024 20

Abbildung 9: Schematische Darstellung der Erfassungstransekte. R60 = Randtransekt, beginnend ab der ersten Getreidereihe. R1-R3 = Quadratmetererfassungen im Randtransekt in je 20 m Abstand zueinander. Z60 = Zentrumstransekt in 20 m Abstand zum Feldrand mit ebenfalls drei integrierten Quadratmetererfassungen Z1-Z3 21

Abbildung 10: Einfluss der Standlänge im Futtergrasanbau auf Artenvielfalt (links) und Deckung (rechts) gefährdeter Ackerwildkrautarten 22

Abbildung 11: Viola Startseite mit Logo und Punktwolke der BW Stiftung 29

Abbildung 12: Viola Icon neben Icons von WhatsApp und HfWU 30

Abbildung 13: Viola Menü mit Übersicht und Zugriff zu den einzelnen Funktionen 30

Abbildung 14: Logo VIOLA 31

Abbildung 15: Die Abbildung hat folgende BU: Randomisationsplan im Dauerversuch 2021-2024 am Standort Tachenhausen. Variante 1=Standard, Variante 2=Grundabsicherung, Variante 3=IP+ 33

Abbildung 16: Kornerträge der Wintergerste Royce am Standort Tachenhausen im Systemversuch 2024 34

Abbildung 17: N-Düngemengen (%), Behandlungsindex (%), Ertäge (%), N-use-efficiency (%), N-Überschüsse (%) und PSM-und N-Kosten-freie Erlöse (%) jeweils in Bezug auf die Variante „Standard“. Daten aus vier Jahren und aus 5 Standorten, dreifeldrige Fruchtfolge aus Winterweizen, Wintergerste, Zwischenfrucht und Silomais. Folie Kurt Möller 35

Abbildung 18: Ergebnis der Cool farm tool-Modellierung der Treibhausgasemissionen und Verteilung auf die einzelnen Emissionskategorien, Betrieb Frese (Nullpunktbestimmung: WJ 2020/2021, Erstpunktbestimmung: WJ 2021/2022, Zweitpunktbestimmung: WJ 2022/2023) 37

Abbildung 19: Darstellung der drei verwendeten Ziegenrassen in verschiedenen Positionen bei der Datenerhebung 38

Abbildung 20: Webseite GesundeZiegen, HfWU 39

Abbildung 21: Aufteilung der Grünausläufe auf dem Betrieb Keppler (links) und Betrieb Möhler (rechts) 41

Abbildung 22: Zeitlicher Verlauf der Bodenfeuchte zwischen und unter den Modulreihen 43

Abbildung 23: Übersicht thermographischer Messpunkte mit Fokus auf das Setzen der Ohrlinie: a) heißester Punkt des Bildes auf dem rechten Ohr liegend und Einsatz eines Rechtecks zur Ermittlung des heißesten Punktes am linken Ohr; b) rechte Ohrlinie aufgrund der Ohrmarke verkürzt 50

Abbildung 24: Darstellung des linken Ohres am 05.10.2024 der Sau 4944 mit den drei verschiedenen (a) Thermografiekamera Flir TK 1020 (b) Thermographiekamera HikMicro M30 (c) Thermographiekamera Vario Cam 51

Abbildung 25: Wertstoff-Pferdemist. Das Projekt “Wertstoff-Pferdemist“ setzt sich mit Optimierungschancen von Lagerungs- und vor allem Nutzungsmöglichkeiten von Pferdemist auseinander 54

Abbildung 26 Druckdichter Stahlcontainer mit Edelstaldampflanze der Firma Gebhardt Anlagentechnik GmbH & Co. KB 58

Abbildung 27: Dampferzeuger, Firma Gebhardt Anlagentechnik GmbH & Co. KG 58

Abbildung 28: Skizze der Sensoren und Messdiagnostik zur Luftqualität. Drei Feinstaubsensoren messen simultan die Feinstaubkonzentration in Nähe der Pferdenüstern, im Außenbereich und im Stall. Gleichzeitig wird die Luftqualität mit Anemo- und Hygrometern gemessen 60

Abbildung 29: Darstellung der Unseld-Kiste. In der luftdicht verschlossen Unseld-Kiste können Feinstaubexpositionen durch Drehung der Kurbel durch einen Feinstaubsensor in nahezu allen Futtermitteln und Einstreu unter Laborbedingungen untersucht werden ... 60

Abbildung 30: Screenshot aus einem Dokumentationsvideo zur Beurteilung der Lateralität (Einseitigkeit) 65

Abbildung 31: Logo CHIO Aachen scientist circle 65

Abbildung 32: Konzentration der Glukokortikoidmetaboliten (Cortisol) im Kot der vier Vielseitigkeitspferde (1-4)., bezogen auf den Zeitraum der vergangenen 24 Stunden 67

Abbildung 33: Durchschnittlich in der Box verbrachte Zeit pro Tag 67

Abbildung 34: Zeitbudget der Pferde im Heimatstall und in Aachen, bezogen auf den prozentualen Anteil der in der Box verbrachten Zeit 68

Abbildung 35: Der SpoteeJet Prototyp zum Projektende im Dezember 2024 69

Abbildung 36: Ablagemuster der Präzisionssämaschine im Rechteckverband 70

Abbildung 37: Baufortschritt der selbst konstruierten und gebauten Frontplattform 70
Abbildung 38: Umbaufortschritt der Reihenhacke 71
Abbildung 39: Bestimmung des Fehlers zwischen den berechneten und tatsächlichen Pflanzenpositionen im Feld 71
Abbildung 40: Schaltvorgang der Wasserdüse beim Feldeinsatz mit Applikationskarte 72
Abbildung 43: Neues Wasserstrahlgerät mit 6 Metern Arbeitsbreite und 24 Hochdruckdüsen sowie 4 Kameras zur Pflanzendetektion (Foto: Mattheis/MartinEnergietechnik) 74
Abbildung 44: Bestandsveränderung nach dem ersten Versuchsjahr 2023 relativ zum Ausgangsbestand vor der ersten Maßnahme im Jahr 2024 76
Abbildung 45: Zerkleinerte Fragmente von Herbstzeitlosenpflanzen wie sie nach der Behandlung auf der Fläche verbleiben und dort bis zur Heuernte Mitte Juni zersetzt werden 77
Abbildung 46: Meilensteinplanung 81
Abbildung 47: Spot Spraying-Versuch Projektbetrieb TechKnowNet 2024 85
Abbildung 48: EM 38 Messung 2024 Betrieb Tachenhausen 86
Abbildung 49: Bodenprobe pH-Wert 2024 Betrieb Tachenhausen 86
Abbildung 50: Logo TechKnowNet 88
Abbildung 51: Logos der Fördermittelgeber Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (rechts); Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (links) 88
Abbildung 52: Durchschnittlicher carbon footprint aller durchgeführten Versuche zur teilflächenspezifischen und homogenen Düngung 90
Abbildung 53: Normalisierter Unkraut-/Ungrasbesatz (Bedeckungsgrad) an den angegebene Boniturtagen für alle Versuchsvarianten 91
Abbildung 54: Horse Protector der Firma ACARiS GmbH, Quelle: ACARiS GmbH 93
Abbildung 55: System PIAVET der Firma PIAVITA AG; Quelle: Meyer 2022 (unveröffentlicht) 95
Abbildung 56: Ökologisierung des Maisanbaus durch Integration von blühenden Pflanzen als Untersaat oder in Form von Streifen im Feld 25
Abbildung 57: A. Parzellenplan für Blühstreifen in Jungborn B. Parzellenplan für Blühstreifen in Fellbach C. Farbschalen zur Insektenerfassung in Blühstreifen neben dem Mais 26
Abbildung 58: A. Parzellenplan für verschiedener blühender Untersaaten im Mais in Tachenhausen (K: Kontrolle (Sole Mais), T1: Klee (2 Arten), T2: Klee und Blütenpflanzen (5 Arten), and T3: Blütenpflanzen (18 Arten)). B. Untersaatvariante und Kontrolle 26
Abbildung 59: A. Parzellenplan des Mais-Feuerbohnen Versuches in Tachenhausen B. Bohne blüht neben dem Mais 26
Abbildung 60: Lage der Zukunftsregion Franken-Hohenlohe 104
Abbildung 61: Logo regiopakt 105
Abbildung 62: Logos der Fördermittelgeber Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (rechts); Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (links) 106

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Maßnahmen und Parameter, die zu deren Bewertung herangezogen werden 3

Tabelle 2: Zur Bewertung der biodiversitätsfördermaßnahmen herangezogene Parameter, die Erfassungsmethode und der Erfassungsgrund 3

Tabelle 3: Zusammensetzung der Untersaaten im Parzellenversuch Märzaussaat 2024 16

Tabelle 4: Ergebnisse der generalisierten gemischten Modelle zum Einfluss verschiedener Bewirtschaftungsfaktoren auf Artenvielfalt und Deckung verschiedener Ackerwildkraut-Artengruppen. 22

Tabelle 5: Unterschiede der drei Varianten Standard, Grundabsicherung und IP+ bezgl. Düngung und Pflanzenschutz im Systemversuch 2021-2024, Standort Tachenhausen. 33

Tabelle 6: Beschreibung der Varianten im Systemversuch ab Saison 2022 34

Tabelle 7: Eigenschaften der Grünausläufe und der PV-Anlagen auf den Betrieben Möhler und Keppler 42

Tabelle 8: Übersicht der verwendeten Sensoren, Geräte und erhobenen Parametern 61

Tabelle 9: Ergebnisse der Aussaatversuche 71

Tabelle 10: Bezeichnung und Beschreibung der Versuchsvarianten 75

Tabelle 11: Mittlere relative Reduktion des Herbstzeitlosenbestandes über zwei Behandlungen mit 6 bzw. 5 Wiederholungen, Versuchsjahre 2023 & 2024. Der Versuch Neuffen wurde um die Varianten 200 & 200s reduziert 75

1 Einleitung

Der vorliegende Jahresbericht gibt einen Einblick in die Forschungsaktivitäten des Instituts für Angewandte Agrarforschung (IAAF) der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt (HfWU) im Jahr 2024. Das IAAF bündelt die Forschungsaktivitäten im Bereich Agrar- und Pferdewirtschaft an der HfWU. Mitglied im IAAF sind aktuell 13 Professorinnen und Professoren der Agrar- und Pferdewirtschaft. In den letzten Jahren konnte das IAAF seine Forschungstätigkeit stetig ausbauen. Im Jahr 2024 wurden vom IAAF insgesamt 24 Forschungsprojekte betreut, mit einem Drittmittelvolumen von mehr als 2.645.467 €. 49 Personen waren mit unterschiedlichen Stellenprozenten als wissenschaftliche und technische Mitarbeiter:innen beschäftigt, dazu kamen zahlreiche studentische Hilfskräfte. Insgesamt wurden 13 wissenschaftliche Publikationen mit peer review und 18 weitere wissenschaftliche Publikationen veröffentlich.

Der vorliegende Bericht stellt nur Forschungsvorhaben dar, die durch das IAAF administrativ betreut wurden. Weitere Forschung – insbesondere in Form von Abschlussarbeiten oder Promotionsstipendien – ist nicht aufgeführt. Sofern diese auf dem Lehr- und Versuchsbetrieb Tachenhausen (inkl. Vorwerk Jungborn) stattfanden, verweisen wir dazu auf den entsprechenden Jahresbericht des LVB.

Der vorliegende Bericht zeigt die große thematische Vielfalt der Forschung an der HfWU. Zugleich gibt er jedoch auch ein verbindendes Thema: Viele Projekte haben einen starken Bezug zum Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung, dem sich die HfWU verpflichtet hat. Wir wollen durch unsere Forschung dazu beitragen, die Agrar- und Pferdewirtschaft in Deutschland wirtschaftlich zukunftsfähig, umweltgerecht und sozial aufzustellen.

2 Pflanzenbau und Agrarökologie

2.1 BioDivAcker: Sonderprogramm Biologische Vielfalt: Entwicklung von Bewertungsverfahren für Biodiversitäts-Maßnahmen im Ackerbau BiodivNetz BW

Standort: On-Farm
Projekt-Titel: Entwicklung von Bewertungsverfahren für Biodiversitäts-Maßnahmen im Ackerbau im BiodivNetz BW (BWBiodivAcker)
Teilprojekt: /
Laufzeit: 01.12.2022 – 30.06.2025
Fördermittelgeber: Ministerium für Ernährung, ländlicher Raum und Verbraucherschutz
Projektleitung: Prof. Dr. Maria Müller-Lindenlauf, Prof. Dr. Jürgen Braun
Projektbearbeiter/innen: Jutta Will, Nicolas Lidy, Katharina Muschialik
Projektpartner: /

Hintergrund und Problemstellung

Es gibt zahlreiche Möglichkeiten, die Biodiversität im Ackerbau zu erhöhen. Die Umsetzung solcher Maßnahmen ist für Landwirt/innen häufig mit Unsicherheiten verbunden. Umfassende Daten zu den tatsächlichen Kosten der Maßnahmen in der Praxis sowie zu den pflanzenbaulichen Effekten liegen für baden-württembergische Betriebe bisher nicht vor.
Ziel des Vorhabens im Rahmen des Sonderprogramms zur Stärkung der biologischen Vielfalt ist es, Methoden zu entwickeln, die ein Monitoring der ökonomischen und pflanzenbaulichen Effekte ermöglichen. Mit der Entwicklung eines Leitfadens zur pflanzenbaulichen und ökonomischen Bewertung von Biodiversitätsmaßnahmen im Ackerbau soll eine leicht umsetzbare Möglichkeit geschaffen werden, in ganz Baden-Württemberg einheitlich Daten zu erheben, die langfristig zu aussagekräftigen Ergebnissen zur Wirtschaftlichkeit und der pflanzenbaulichen Wirkungen führen.
Auf 10 konventionell und ökologisch wirtschaftenden Betrieben aus dem DemoNetz BW werden die Wirkungen der dort umgesetzten Maßnahmen evaluiert und auf Basis der dort gewonnenen Erkenntnisse ein Leitfaden für die Umsetzung eines landesweiten Monitorings biodiversitätsfördernder Maßnahmen erstellt. Dabei wird zum einen evaluiert, welche Parameter für ein aussagekräftiges Monitoring von Biodiversitätsmaßnahmen erhoben werden müssen, zum anderen wird die Methodik zur Erfassung dieser Parameter entwickelt und erprobt.

Versuchsfragen

1. Welche Parameter sind für ein ökonomisches und pflanzenbauliches Monitoring von Biodiversitätsstärkungsmaßnahmen zu erheben?
2. Wie sollen die Monitoringparameter erhoben werden?

Versuchsanlage und erhobene Parameter

Für jede zu bewertende biodiversitätsfördernde Maßnahme sind verschiedene Parameter zu erfassen. Die Auswahl der Parameter richtet sich nach den zu erwartenden ökonomischen und pflanzenbaulichen Wirkungen der Maßnahmenumsetzung. Tabelle 1 zeigt die bewerteten Maßnahmen und die zu erfassenden Parameter.

Tabelle 1: Maßnahmen und Parameter, die zu deren Bewertung herangezogen werden

Maßnahme	**Bewertungsparameter**
Gemenge und Mischkulturen	- Ertrag während Maßnahme und im Folgejahr - Folgeverunkrautung - Eiweißgehalt Erntegut - variable Kosten während Maßnahme und im Folgejahr - Opportunitätskosten - Deckungsbeiträge
Ein- und mehrjährige Blühflächen	- Ertrag im Folgejahr - Folgeverunkrautung - variable Kosten während Maßnahme und im Folgejahr - Opportunitätskosten - Deckungsbeiträge
Weite Reihe Getreide mit und ohne Untersaat	- Ertrag während Maßnahme und im Folgejahr - Folgeverunkrautung - ggf. Eiweißgehalte (insb. Brotweizen, Braugerste) - variable Kosten während Maßnahme und im Folgejahr - Opportunitätskosten - Deckungsbeiträge
Lerchenfenster	- Folgeverunkrautung - variable Kosten während Maßnahme und im Folgejahr - Opportunitätskosten - Deckungsbeiträge
Kleegras	- variable Kosten während Maßnahme und im Folgejahr - Opportunitätskosten

In**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** sind die für das ökonomische und pflanzenbauliche Monitoring zu erfassenden Parameter, die Erfassungsmethode und das Ziel der Erfassung aufgeführt.

Tabelle 2: Zur Bewertung der biodiversitätsfördermaßnahmen herangezogene Parameter, die Erfassungsmethode und der Erfassungsgrund

Parameter	**Erfassungsmethode**	**Ziel der Erfassung**
Ertrag	Quadratmeterschnitte, Ertragskartierung oder Kerndrusch	Ertragsänderungen während Maßnahme und in Folgekultur
Folgeverunkrautung	Unkrautbonitur mit Schätzrahmen	Verunkrautung nach Maßnahme
Eiweißgehalt	Laboranalyse	Qualitätsänderungen des Ernteguts durch Maßnahmen
variable Kosten (Saatgut, Maschinenkosten, zusätzliche Maschinen, Düngung, PSM)	Erhebungstabelle, Schlagkartei, Betriebsspiegel, KTBL	Erfassung betriebsüblicher Kosten und Veränderung der Kosten aufgrund durchgeführter Maßnahme
Opportunitätskosten	Auswertung variabler Kosten und Erlöse, Betriebsspiegel	Berechnung von Ertragseinbußen, Bemessung von Fördergeldhöhe
Deckungsbeiträge	Auswertung variabler Kosten, Betriebsspiegel, Deckungsbeitragsrechner (LfL)	Berechnung von Ertragseinbußen, Bemessung von Fördergeldhöhe

Zusätzlich zu den in Tabelle 2 aufgeführten Erhebungen wurden auf jedem Betrieb für jede biodiversitätsfördernde Maßnahme ein Interview geführt, die Flächen besichtigt, fotografisch dokumentiert und

die Koordinaten der Maßnahmenflächen erfasst. In den Interviews wurden unter anderem Fragen zur persönlichen Einschätzung der Maßnahme, zu Unkrautproblemen, Düngung und Pflanzenschutz gestellt.

Zentrale Ergebnisse

Für die Befragung der Betriebsleiter wurde ein Interviewleitfaden entwickelt. Mit Hilfe dieser Interviews werden quantitative und qualitative Daten erhoben, die einen Überblick über die umgesetzten Maßnahmen geben.

Für den Fall, dass bezüglich der Ertragserfassung keine variantengenauen Ertragsdaten vorliegen, erfolgt die Ertragserfassung im Getreide über Probeschnitte auf der Maßnahmen- und Referenzfläche. Hierfür wurde eine Arbeitsanleitung mit Quadratmeterschnitten erstellt und getestet.

Für das ökonomische Monitoring wurde ein präzises Erfassungs- und Bewertungsverfahren für Kosten und Nutzen entwickelt. Dieses standardisierte Verfahren umfasst eine Erhebungstabelle, die in Zusammenarbeit mit landwirtschaftlichen Betrieben getestet wurde. Durch die Auswertung der variablen Kosten und Erträge (Erlöse) können Opportunitätskosten und Deckungsbeiträge der Biodiversitätsmaßnahmen berechnet werden.

Zusätzlich wurde die Methode zur Erfassung der Folgeverunkrautung entwickelt und erprobt. Im Fokus standen dabei Flächen, auf denen im Vorjahr Blühstreifen und weite Reihe mit Untersaat angelegt wurden. Für sämtliche Betriebe wurde überprüft, ob es im Folgejahr zu einer Veränderung der mit der Durchführung der Biodiversitätsmaßnahmen verbundenen variablen Kosten und Erträge (Erlöse) kommt.

Für alle zu bewertenden Maßnahmen wurden entsprechende Monitoring-Leitfäden erstellt mit detaillierten Arbeitsanleitungen. Dieser praxisorientierte Leitfaden, basierend auf Erfahrungen und Daten ermöglicht Biodiversitätsbetreuenden eine pflanzenbauliche und ökonomische Bewertung der Maßnahmen.

Ausblick

In den folgenden Monaten sollen die Monitoring-Leitfäden final fertiggestellt werden. Zusätzlich soll für jeden der Projekt-Betriebe ein individueller Bericht erstellt werden, in dem die erfassten pflanzenbaulichen und ökonomischen Veränderungen der umgesetzten Biodiversitätsmaßnahmen dargestellt werden. Außerdem sind weitere Transferveranstaltungen geplant.

Abbildung 1: Logo Sonderprogramm

2.2 Einsatz von im Ökolandbau zugelassenen Gesteinsmehlen und Pflanzenkohlen zur CO_2-Bindung und Bodenverbesserung

Standort: Desktop-Studie
Projekt-Titel: Einsatz von im Ökolandbau zugelassenen Gesteinsmehlen und Pflanzenkohlen zur CO_2-Bindung und Bodenverbesserung: Machbarkeitsstudie
Teilprojekt: /
Laufzeit: 1.1.2024 – 31.12.2024
Fördermittelgeber: Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg im Rahmen der Förderlinie „Ökolandbau für Klimaschutz und Biodiversität“
Projektleitung: Prof. Dr. Maria Müller-Lindenlauf
Projektbearbeiter/innen: Prof. Dr. Maria Müller-Lindenlauf
Projektpartner: Universität Hohenheim, LTZ Augustenberg

Hintergrund und Problemstellung

Im Rahmen des Klimaschutzabkommens von Paris wurde eine Begrenzung des Temperaturanstiegs auf unter 2 °C, möglichst 1,5 °C vereinbart (United Nations 2016). Aufgrund des begrenzten verbleibenden globalen Kohlenstoffbudgets werden Negativ-Emissions-Technologien (NETs), die CO2 aus der Atmosphäre entfernen, als unverzichtbarer Bestandteil der Strategien zur Erreichung der festgelegten internationalen Klimaziele angesehen. Durch den großen Flächenanteil und die Möglichkeit des Bodenmanagements haben Ackerböden ein großes Potential zur Sequestrierung von atmosphärischem CO_2.

Sowohl silikatische Gesteinsmehle als auch Pflanzenkohle sind grundsätzlich als Negativ-Emissionstechnologie geeignet. Silikatische Gesteinsmehle weisen hohe Gehalte an Calcium (Ca) und Magnesium (Mg) auf und wirken reaktiv gegenüber CO_2. In fein gemahlener Form besitzen sie zudem eine hohe spezifische Oberfläche, was einer beschleunigten Verwitterung entspricht. Es kommt zur Bindung und Umwandlung von CO_2 in gelösten anorganischen Kohlenstoff. Das gebundene CO_2 geht als Hydrogenkarbonat (HCO_3^-) oder Karbonat (CO_3^{2-}) in der Bodenlösung über, wird ausgewaschen und final in den Ozeanen ablagert. Für den ökologischen Landbau sind diese Techniken auf Grund des besonderen Fokus des ökologischen Landbaus auf Bodenfruchtbarkeit besonders interessant. Die Ausbringung von Gesteinsmehlen zur Remineralisierung des Bodens hat zudem im Ökolandbau Tradition.

Abbildung 2: Ausbringung von Gesteinsmehl in Tachenhausen (Nils Nägele)

Versuchsfragen

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wurden folgende Fragen untersucht:

1. Welche Voraussetzungen müssen die Pflanzenkohlen und Gesteinsmehle erfüllen, um in der ökologischen Landwirtschaft eingesetzt zu werden?
2. Wie hoch ist das Potential von Gesteinsmehl und Pflanzenkohlen zur Speicherung von CO_2?
3. Wie verfügbar sind Pflanzenkohlen und Gesteinsmehl und wie hoch sind die Kosten zur Speicherung von CO_2?
4. Welche Energie- und Treibhausgasbilanz hat der Einsatz von Gesteinsmehlen und Pflanzenkohlen?
5. Welche positiven (oder negativen) Nebeneffekte sind beim Einsatz von Gesteinsmehlen und Pflanzenkohlen im Ackerbau zu erwarten?
6. Wie kann die Ausbringung erfolgen?

Zentrale Ergebnisse

Gesteinsmehle können im ökologischen Landbau eingesetzt werden, sofern die Grenzwerte der Düngeproduktverordnung der EU und die Vorgaben der BBodSchV eingehalten werden. Dies betrifft insbesondere die Schwermetallgehalte. Bezüglich des Speicherpotentials gibt es erhebliche Unsicherheiten. In der Literatur finden sich Werte von unter 1 g bis über 1 kg je kg Silikat. Im Umkreis von ca. 300 km um Nürtingen sind mehrere Steinbrüche mit geeignetem Gestein vorhanden. Allerdings begrenzen die Nickelgehalte dieser Gesteine die zulässige Ausbringungsmenge z.T. auf unter 2 t je Hektar und Jahr. Gesteinsmehl fällt dort als Nebenprodukt an, die verfügbare Menge könnte durch Vermahlung deutlich ausgeweitet werden. Schon ab einem Speicherpotentials von 50 g (bei Gesteinsmehl als Nebenprodukt) bzw. 100 g (bei Gesteinsmehl als Hauptprodukt) ergibt sich eine ausgeglichene Treibhausgasbilanz. Feldversuche mit ähnlichen Gesteinen aus den gemäßigten Breiten zeigten ein Speicherpotential von ca. 200 g, so dass eine deutliche Netto-CO_2-Speicher-Leistung erwartet werden kann. Die Kosten der Gesteinsmehle sind unklar, da kein etablierter Markt für diesen Anwendungszweck besteht. CO_2-Zertifikate könnten die Wirtschaftlichkeit deutlich steigern. Negative Effekte auf den Boden wurden bei Einhaltung der Schwermetallgrenzwerte in der Literatur nicht beobachtet. Positive Effekte sind eine Anhebung der pH-Wertes (Alternative zur Kalkung, die CO_2 freisetzt!), eine Remineralisierung des Bodens sowie - bei Anreicherung über die Zeit – eine Erhöhung der Wasserhaltekapazität auf sandigen Böden. Die Ausbringung ist mit praxisüblicher Technik möglich, wobei Scheibenstreuer eine hohe Staubemissionen und eine geringe Ablagegenauigkeit mit sich bringen. Schneckenstreuer sind dem gegenüber deutlich präziser. Zusammenfassend kann festgestellt werden, das basaltische Gesteinsmehle im Zuge des Klimaschutzes und der Klimawandelanpassung eine interessante Option für die Landwirtschaft darstellen, aber noch erheblicher Forschungsbedarf besteht.

Pflanzenkohlen sind für den ökologische Landwirtschaft rechtlich ebenfalls zugelassen, sofern die allgemeinen rechtlichen Vorgaben eingehalten werden. Diese umfassen, dass bei Pflanzenkohle die Vorgaben nach EU 2021/1165, die einen Nachweis über PAK-Gehalte unter 6 mg/kg TM vorschreibt, eingehalten werden. Demeter verlangt zudem strengere Grenzwerte an Schwermetallgehalten nach dem EBC-Standard EBC-AgroBio. Pflanzenkohlen sind als CO_2-Speichertechnologie in der Landwirtschaft bereits deutlich besser erforscht als Gesteinsmehle. Das langfristige Speicherpotential (=ca. 100 Jahre) liegt bei ca. 2,2 t CO_2 / t Pflanzenkohle für Pyrolysekohle aus Holz, wobei ca. 0,3 t Pflanzenkohle aus einer Tonne Holz erzeugt werden können.

Der Einsatz von Pflanzenkohlen ist vor allem begrenzt durch die sehr hohen Preise, die aktuell bei typischer Weise etwa 900 € / t liegen. Damit ergibt sich ein Preis von ca. 400 € / t gespeichertem CO_2, was weit über dem aktuellen CO_2-Preis liegt. Die Verfügbarkeit ist vor allem begrenzt durch die Verfügbarkeit von Holz. Es bestehen Nutzungskonkurrenzen zur Nutzung von Holz für die vollständige Verbrennung sowie als Baumaterial. Andere Substrate sind grundsätzlich ebenfalls einsetzbar, allerdings können sich im Herstellungsprozess Schwierigkeiten durch Verschlackungen der Anlagen oder geringere Stabilität der Kohlen ergeben.

Positive Auswirkungen von Pflanzenkohlen auf den Boden und das Pflanzenwachstum in gemäßigten Breiten sind umstritten. Neue Untersuchungen belegen jedoch deutlich positive Effekte beim kombinierten Einsatz von Pflanzenkohle und Stickstoffdüngern. Auch positive Auswirkungen unter Wasserstress sind gut belegt, was Pflanzenkohle vor allem bei trockenheitsgefährdeten Standorten und unter den Bedingungen des Klimawandels interessant macht. Allerdings gilt dies erst bei hohen Aufwandmengen bzw. Anreicherung über die Zeit. Im Ackerbau wird ausschließlich die Anwendung von so genannten „beladenen Kohlen“ empfohlen, bei denen die Kationen-Bindungsplätze durch Ammonium-Zusatz belegt sind (im Ökolandbau z.B. durch Vermischung mit Gülle). Unbeladene Kohlen können durch N-Immobilisierung ertragsreduzierend wirken. Eine negative Treibhausgasbilanz setzt eine moderne, emissionsarme Pyrolyseanlage voraus. Mit solchen Anlagen können dann Nettospeicherpotentiale in der Größenordnung von 1 kg CO_2/kg Pflanzenkohle erreicht werden. Zusammenfassend sind auch Pflanzenkohlen eine interessante Negativemissionstechnologie mit positiven Synergien für den Ackerbau, deren flächendeckendem Einsatz aber aktuell die sehr hohen Kohlepreise entgegenstehen.

Ausblick

Leider wurde die Förderung einer vertieften Untersuchung abgelehnt. Die Hochschule strebt eine anderweitige Finanzierung weiterer Forschung an.

Veröffentlichungen

Bei Redaktionsschluss des Jahresberichts lagen noch keine Veröffentlichungen vor. Ein Projektbericht kann auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden.

2.3 PHASE 3: BonaRes Modul A: INPLAMINT - Erhöhung der landwirtschaftlichen Nährstoffnutzungseffizienz durch Optimierung von Pflanze-Boden-Mikroorganismen-Wechselwirkungen, Teilprojekt E

Standort: /
Projekt-Titel: INPLAMINT - Erhöhung der landwirtschaftlichen Nährstoffnutzungseffizienz durch Optimierung der Pflanze-Boden-Mikroorganismen-Wechselwirkung
Teilprojekt: Teilprojekt G: Sozioökonomische Bewertung
Laufzeit: Phase III: 01.06.2021 – 31.05.2024 (kostenneutrale Verlängerung bis 31.08.2024)
Fördermittelgeber: Bundesministerium für Bildung und Forschung
Projektleitung: Phase III: Prof. Dr. Jürgen Braun
Projektbearbeiter/innen: Dr. Susanne Ufer und Jutta Will
Projektpartner: Forschungszentrum Jülich GmbH, Freie Universität Berlin, Helmholtz Zentrum München, Universität zu Köln, Universität Kiel, Leuphana Universität Lüneburg

Hintergrund und Problemstellung

Die Monitoringergebnisse und die agrarpolitische Diskussion zeigen nach wie vor die Relevanz und Notwendigkeit einer Reduzierung der Nitrat- und Phosphatbelastung des Grundwassers sowie der Oberflächen- und Küstengewässer. Neben den Stickstoffeinträgen in die Gewässer und der daraus resultierenden Eutrophierung stellen auch die gasförmigen Stickstoffverluste aus Düngemitteln in Form von klimarelevantem Lachgas sowie anderen Stickoxiden und Ammoniak ein Umweltproblem dar. Ein Ansatz zur Verringerung der Nährstoffausträge ist die Verbesserung der Nährstoffnutzungseffizienz. Das übergeordnete Ziel des Projektes INPLAMINT ist es, ein vertieftes Verständnis der Interaktionen von Pflanzen und Bodenmikroorganismen im Nährstoffkreislauf zu erlangen. Darauf aufbauend sollen Maßnahmen entwickelt werden, die zur Steigerung der Nährstoffnutzungseffizienz in der Landwirtschaft beitragen. Ein Ansatz zur Verbesserung der Nährstoffausnutzung ist die Ausbringung von Substraten mit einem weiten C/N-Verhältnis (z.B. Stroh, Sägespäne). Diesem Ansatz liegt die Annahme zugrunde, dass entsprechende Substrate aufgrund des spezifischen C/N-Verhältnisses der am Abbau beteiligten Mikroorganismen zu einer temporären Immobilisierung auswaschungsgefährdeter Nährstoffe durch mikrobielle Fixierung führen können.

Aufgabe der HfWU Nürtingen insgesamt ist die sozioökonomische und ökologische Bewertung von effizienzsteigernden Maßnahmen auf der Basis einer Ökobilanzierung und die Entwicklung und Anwendung eines sozioökonomischen und ökologischen Modellierungsansatzes.

Versuchsfragen

Die Untersuchungen in Phase II ergaben, dass die betrachteten Managementoptionen zwar geeignet sind, den Nährstoffeintrag in Gewässer zu senken, dadurch allerdings meist höhere klimarelevante Emissionen und erheblich höhere betriebliche Kosten resultieren. Die Maßnahmen lohnen sich betriebswirtschaftlich somit kaum. In Phase III wird daher der Fokus auf eine vertiefte ökonomische Betrachtung auf betrieblicher Ebene unter Berücksichtigung alternativer Fruchtfolgen gelegt. So können die bisherigen Ergebnisse in einen weiteren Kontext gestellt und die Managementoptionen in Abhängigkeit betrieblicher Verhältnisse der Faktorausstattung und des Standorts sowohl ökonomisch als auch bezogen auf die ökologische Relevanz verglichen werden. Dies erfolgt durch die simultane

Analyse und Bewertung mittels Linearer Programmierung unter Nutzung eines dafür erweiterten Modell-ansatzes.

Dadurch werden Trade-offs zwischen betrieblichen Kosten und Kosten/Nutzen der Umweltnutzung ermittelt, woraus insgesamt geeignete Optionen der Steigerung der Nährstoffnutzungseffizienz identifiziert werden können.

Versuchsanlage und erhobene Parameter

Die für den Modellansatz benötigten pflanzenbaulichen, produktionstechnischen, betriebswirtschaftlichen und ökologischen Daten (C-Sequestrierung, THG-Emissionen, N-Immobilisationspotential) wurden erweitert und vervollständigt. Sie wurden differenziert nach angebauter Kultur, Standort und Betriebsgröße erfasst und berechnet. Anhand dieser Daten konnte eine Bewertung und Quantifizierung relativer Vorteile und Trade-Offs in Bezug auf C-Sequestrierung, N-Immobilisierung, THG-Emissionen und betriebswirtschaftlich relevanter Kennwerte auf Prozessebene für drei Standorte erfolgen.

Neben der standortspezifischen Berechnung auf Prozessebene wurden die pflanzenbaulichen, produktionstechnischen, betriebswirtschaftlichen und ökologischen Daten für die Entwicklung eines adäquaten Modellansatzes für die lineare Programmierung (LP) verwendet. Mit Hilfe der LP erfolgten Berechnungen zur Umweltleistung (N-Immobilisierung, C-Sequestrierung, THG-Emissionen) und den ökonomischen Effekten (Deckungsbeitrag, Betriebsmittel- und Arbeitseinsatz) der Weizenstrohverlagerung in den beiden Fruchtfolgen Winterraps-Winterweizen-Wintergerste bzw. Ackerbohne-Winterweizen-Wintergerste auf betrieblicher Ebene für insgesamt 15 Modellbetriebe, differenziert in drei Standortklassen und 5 Betriebsgrößen.

Das LP-Modell wurde darüber hinaus erweitert, um die Umweltleistungen und ökonomischen Ergebnisse der Winterweizenstrohverlagerung in den Fruchtfolgen Winterraps (bzw. Ackerbohne) - Winterweizen-Wintergerste mit den Umweltleistungen und betriebswirtschaftlichen Ergebnissen von alternativen Fruchtfolgen zu vergleichen. Diese Fruchtfolgen wurden nach deren Umweltleistungen im Bereich C-Sequestrierung, THG-Emissionen, Stickstoffbedarf optimiert und vergleichend ausgewertet.

Zentrale Ergebnisse

Es lässt sich festhalten, dass die Kombination aus Ackerbohnenfruchtfolge, niedriger Ertragserwartung und Strohverlagerung aus betriebswirtschaftlicher Perspektive am wenigsten empfehlenswert ist. Dagegen ist eine Fruchtfolge mit Raps ohne jegliche Maßnahmen zur N-Immobilisierung bei hoher Ertragserwartung ökonomisch am sinnvollsten.

Bei der ökologischen Betrachtung an den verschiedenen Standorten zeigen sich nur geringe Unterschiede zwischen den Maßnahmen. Die größten Unterschiede zwischen den beiden Fruchtfolgen ergeben sich bei den THG-Emissionen. Die Ackerbohnenfruchtfolge weist aufgrund der geringeren N-Düngung bei allen Maßnahmen an allen Standorten geringere THG-Emissionen auf. Das N-Immobilisationspotenzial ist hingegen in der Rapsfruchtfolge an allen Standorten und bei allen Maßnahmen geringer als in der Ackerbohnenfruchtfolge. Bei der C-Sequestrierung sind die Unterschiede zwischen den Standorten am größten: Am ertragsstarken Standort ist sie am höchsten, am Standort mit mittlerem Ertragspotenzial am niedrigsten.

Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse auf betrieblicher Ebene: die Kosten der Weizenstrohverlagerung sind bei großen Betrieben (500-700 ha) auf schwächeren Standorten am geringsten (119 €/ha Raps; 129 €/ha Ackerbohne) und am höchsten für kleine Betriebe (30-130 ha) auf guten Standorten (153 €/ha Raps, 162 €/ha Ackerbohne). Die Vermeidungskosten für 1 kg Stickstoff liegen zwischen 24,00-25,80 €/kg N (22,60-24,20 €/kg N) und je nach Betriebsgröße zwischen 22,00-26,70 €/kg N (20,80-24,90 €/kg N) in der Raps- (Ackerbohnen-) Fruchtfolge. Auf besseren Standorten und in größeren Betrieben sind sie jeweils leicht niedriger.

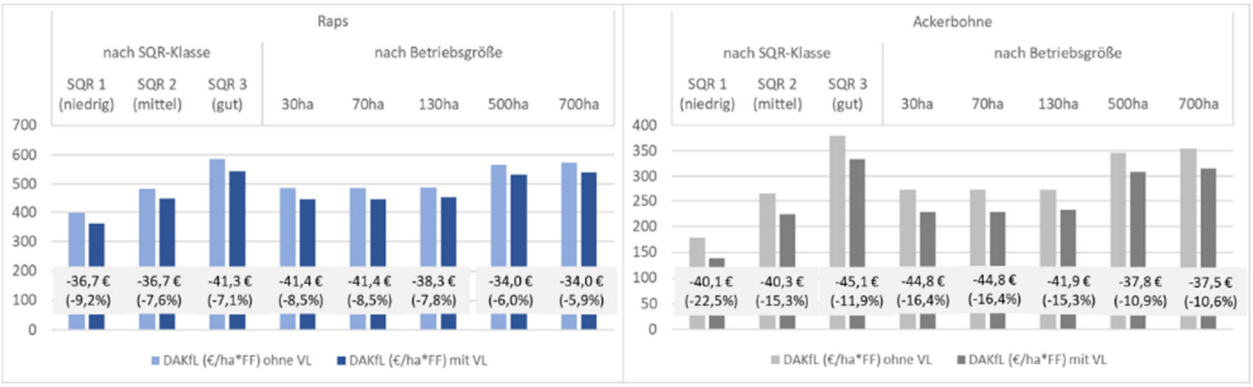


Abbildung 3: Änderung der Direkt- und Arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAKfL) durch die Strohverlagerung in Abhängigkeit vom Standort (SQR-Klasse) und Betriebsgröße (absolut und relativ dargestellt)

*Anmerkungen: FF – Fruchtfolge, VL – ohne/mit Strohverlagerung, die Säulendiagramme stellen die absoluten Werte der DAKfL pro ha (€/ha*FF) jeweils ohne Strohverlagerung (hellblaue, hellgraue Säulen) und mit Strohverlagerung (dunkelblaue, dunkelgraue Säulen) dar, die 1. Zeile der Beschriftung (z.B. -36,7€) die absolute Änderung der DAKfL pro ha (€/ha*FF), die 2. Zeile der Beschriftung die relative Änderung der DAKfL in Prozent (%/ha*FF)*
Quelle: Eigene Berechnung

Eine standortorientierte Anpassung der Fruchtfolge zur Minimierung des N-Einsatzes oder der THG-Emissionen kann je nach Standort zur Einsparung von bis zu 55 % THG-Emissionen bzw. 56 % Stickstoff führen. Die Reduktion ist an stärkeren Standorten höher als an schwächeren Standorten. Allerdings ist dies mit starken Ertrags- und Einkommensverlusten verbunden, die bei bis zu 58 % bei der Produktionsleistung und über 90 % beim wirtschaftlichen Ergebnis betragen können. Bessere Standorte sind hier relativ stärker betroffen als schwächere.

Durch Preisveränderungen bei Produkten und Betriebsmitteln wird die Vorzüglichkeit der Weizenstrohverlagerung in der Rapsfruchtfolge kaum beeinflusst. In der Ackerbohnenfruchtfolge verstärken sich jedoch die Effekte aufgrund des niedrigeren Ertrags- und Einkommensniveaus der Fruchtfolge. Bei der Fruchtfolgegestaltung verringern sinkende Produktpreise die relative Einbuße des wirtschaftlichen Ergebnisses, steigende Produktpreise sowie sich ändernde Düngemittelpreise (N) wirken sich weniger stark aus.

Die Stärken der Weizenstrohverlagerung liegen vor allem in ihren geringen Ertragswirkungen und Kosten, ihrer einfachen Umsetzbarkeit und vglw. geringen Preissensibilität. Allerdings zeigen sich auch

gegenüber anderen Maßnahmen „Schwächen“, die vor allem in den geringen Umweltleistungen (N-Bindung) und deren starken Standort- und Witterungsabhängigkeit begründet sind. Auch aus volkswirtschaftlicher Sicht ist sie nicht besonders vorzüglich bzw. effizient. Deswegen wäre es am ehesten adäquat, sie vorrangig auf den Standorten anzubieten, die durch hohe Stickstoffüberschüsse gekennzeichnet sind, wie z.B. „rote Gebiete“, um dort ihr Potenzial bzgl. der Ertragssicherung voll ausschöpfen zu können.

Da die modellierten Anpassungen der Fruchtfolgen mit sehr hohen Ertrags- und Einkommenseinbußen verbunden sind, wird empfohlen, fokussiert Fruchtfolgeanpassungen zu erforschen, die die Trade-offs zwischen Umweltleistungen und betrieblichen Kosten minimieren können.

Ausblick

Das Projekt wurde am 31.08.2024 abgeschlossen. Die Ergebnisse aus den LP-Modellierungen wurden auf der Abschluß-Konferenz des Projektes (Bonares Final Status Meeting, 28.-29.Mai 2024) und auf den DLG-Feldtagen (11.-13. Juni 2024) in Erwitte als Poster präsentiert. Eine peer-reviewed Publikation ist in Bearbeitung, deren Veröffentlichung für 2025 geplant.

Veröffentlichungen

- Will, J.; Braun, J.; Ortmaier, J. (2023): INPLAMINT Meilenstein 13: Zwischenstand „Model approach“

2.4 LTZ Silomais: Diversifizierung des Silo- und Energiemaisanbaus im konventionellen und ökologischen Landbau

2.4.1 Phase 3: Praxisversuche zur Biodiversitätswirkung blühender Untersaaten und Blühstreifen im Mais
Laufzeit: April 2022 – Dezember 2025

Standort: On-Farm-Versuche auf 5 Standorten in Baden-Württemberg (Denkendorf, Dettenheim, Gerstetten, Jungborn, Wertheim)
Projekt-Titel: Diversifizierung des Silo- und Energiemaisanbaus im konventionellen und ökologischen Landbau
Teilprojekt: Praxisversuche zur Biodiversitätswirkung blühender Untersaaten und Blühstreifen im Mais
Laufzeit: April 2022 – Dezember 2025 (Projektphase 3)
Fördermittelgeber: Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (MLR) im Rahmen des Sonderprogrammes zu Stärkung der biologischen Vielfalt
Projektleitung: Prof. Dr. Maria Müller-Lindenlauf
Projektbearbeiter/innen: Freya Zettl, Clemens Baier, Sabine Kurz, Hannah Weinläder, Daniel Villwock
Projektpartner: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg Aulendorf (LAZBW)

Hintergrund und Problemstellung

Erkenntnisse aus den Versuchen 2022 und 2023 haben gezeigt, dass blühende Untersaaten in Mais etabliert werden können und einen positiven Effekt auf Wildbienen haben. Im Vergleich zu Blühstreifen ist der Effekt auf Wildbienen zwar geringer, durch die flächige Anwendung der Untersaaten jedoch auf einer großen Fläche vorhanden gegenüber der räumlich begrenzten Blühstreifen. Die Umsetzung der blühenden Untersaat unter Verwendung einer Reihenbandspritze ist jedoch nur bedingt praxistauglich und technisch herausfordernd. Daher wurde 2024 die Verwendung der Hacke zur Kontrolle der Untersaat erprobt.

Weiterhin wurde der Effekt einer reduzierten mechanischen Beikrautkontrolle durch die Hacke, ohne eine blühende Untersaat, erfasst. Als Indikatororganismen zur Erfassung des Effektes auf die Biodiversität wurden Wildbienen und Schwebfliegen gewählt. In den Versuchen der Jahre 2022 und 2023 zeigte sich nur ein geringer Effekt auf epigäische Insekten wie Lauf- und Kurzflügelkäfer, während Wildbienen stark positiv von der blühenden Untersaat beeinflusst wurden. Die Lauf- und Kurzflügelkäfer wurden daher in der Versuchssaison 2024 nicht erneut erfasst.

Abbildung 4: Mais mit blühender Untersasat (links), Mais mit reduziertem mechanischem Pflanzenschutz (Mitte), betriebsüblicher Maisanbau (rechts)

Versuchsfragen

1. Hat reduzierter Mechanischer Pflanzenschutz einen positiven Effekt auf bestäubende Insekten in Maisfeldern?
2. Wie groß ist der Effekt der natürlich vorkommenden Beikrautflora im Vergleich zu einer angesäten blühenden Untersaat auf bestäubende Insekten?

Versuchsanlage und erhobene Parameter

Auf fünf Praxisbetrieben in Baden-Württemberg wurde auf Teilflächen von Praxisflächen drei Maisanbauvarianten angelegt (Abb. ***Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.****5*). Variante 1 ist der betriebsübliche Maisanbau. In Variante 2 und 3 wurde reduzierter mechanischer Pflanzenschutz durchgeführt. In Variante 3 wurde zusätzlich zur Aussaat des Maises eine blühende Untersaat ausgebracht.

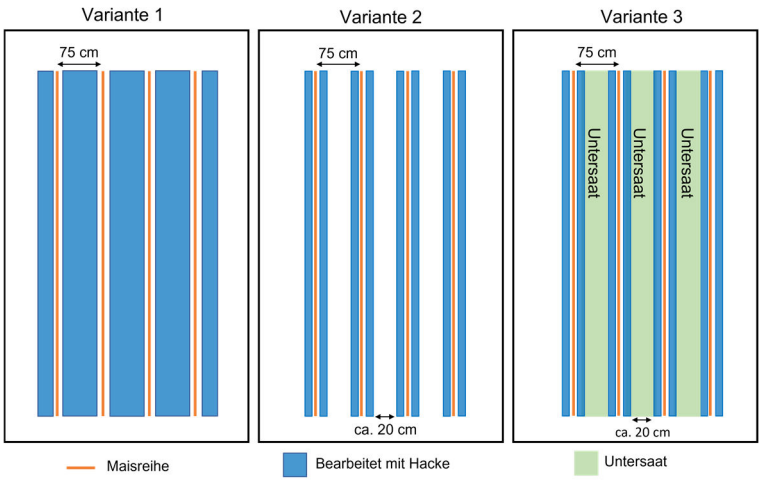


Abbildung 5: Teilflächen mit reinem Mais, Mais mit reduziertem mechanischem Pflanzenschutz sowie Mais mit reduziertem mechanischem Pflanzenschutz und blühender Untersaat

Der Mais wurde mit einem Reihenabstand von 75 cm gesät, die Blühmischung (10 kg/ha) wurde unmittelbar danach in einem zweiten Arbeitsgang flächig ausgebracht. In Variante 1 wurde betriebsüblicher Pflanzenschutz angewandt. In Variante 2 und 3 wurde mechanischer Pflanzenschutz durchgeführt, wobei ein 20 - 40 cm breiter Bereich zwischen den Maisreihen unbearbeitet blieb.

Pro Versuchsstandort erfolgten jeweils vier Wildbienen- und Schwebfliegenerfassungen die von Pflanzenbonituren der Untersaat und Beikrautflora begleitet wurden. Zur Bestimmung des Biomasse-Ertrags (TM-Ertrag) wurden je Teilfläche drei Quadratmeterschnitte durchgeführt. Zur Ermittlung der Ertragsanteile wurden Biomasseanteile nach Mais, Beikräutern und Untersaat aufgeteilt. Zur Ermittlung des Kornertrags auf Körnermaisflächen wurde auf je fünf Quadratmetern pro Variante alle Kolben von den Maispflanzen entfernt. Von diesen wurden die Körner mechanisch entfernt und die Trockenmasse bestimmt.

Zentrale Ergebnisse

Die Untersaat entwickelte sich an allen Praxisstandorten sehr stark, was auf die feucht-warme Witterung des Frühjahres 2024 zurückgeführt werden kann. Bis auf den Saat-Lein (*Linum usitatissimum*) konnten sich alle Arten der Untersaatmischung an allen Standorten etablieren. Durch die

Untersaat konnten Beikräuter erfolgreich unterdrückt werden. Die Beikrautdeckung in dieser Variante war ähnlich zu der Beikrautdeckung im reinen Mais.

In Variante 2 des Versuches kam es wie erwartet zu einer starken Entwicklung der Beikrautflora. Die reinen Mais-Bestände wiesen allgemein niedrige Pflanzen- und Blütendeckungen auf.

Die Insektenerfassungen zeigten die höchsten Individuen- und Artenzahlen von Wildbienen in der blühenden Untersaat. Variante 2 mit reduziertem Pflanzenschutz zeigte auch erhöhte Zahlen an Wildbienen, jedoch in geringerem Maß als die blühende Untersaat. Schwebfliegen profitierten auch am meisten von der Untersaat, Variante 2 führte jedoch auch zu erhöhten Arten und Individuenzahlen. Schwebfliegen sind weiterhin auch in reinen Maisbeständen zu finden.

Die Erträge in den Flächen mit reduziertem Pflanzenschutz lagen unter denen des reinen Maises. Die Biomasse des Maises lag in den Flächen ohne blühende Untersaat im Mittel 23 % unter der des reinen Maises, in den Flächen mit blühender Untersaat 39 % darunter. Auch der Kornertrag auf den vier Standorten mit Körnermais lag für die Versuchsflächen unter denen der Mais-Reinkultur. Die Flächen ohne Untersaat hatten im Mittel 8 % weniger Ertrag, während die Flächen mit Untersaat 28 % weniger Kornertrag aufwiesen. Es gab auf den verschiedenen Flächen auch starke Schwankungen des Ertragsrückganges, was vor allem auf die Stärke des Hackens und das Unkrautpotential der Flächen zurückgeführt wird.

Ausblick

Der Effekt des reduzierten Pflanzenschutzes ohne und mit Untersaat soll in einer weiteren Versuchssaison weiter erfasst werden. Hierdurch sollen verlässliche Daten zum Einfluss des reduzierten Pflanzenschutzes auf die Biodiversität gesammelt werden um eine wissenschaftliche Publikation der Daten zu ermöglichen. Zur Reduzierung des Ertragsverlustes soll die Hackbreite vergrößert werden, um so eine bessere Kontrolle der Untersaat zu erreichen.

Veröffentlichungen

Ergebnisse des Versuches wurden in der Fachzeitschrift DLG Saatgutmagazin veröffentlicht. Eine wissenschaftliche Publikation ist in Bearbeitung.

Abbildung 6: Logo Sonderprogramm

2.4.2 Phase 4: Biodiversitätsmehrwert verschiedener Blühmischungen als Untersaat in Mais bei Aussaat im März

Standort: Tachenhausen
Projekt-Titel: Diversifizierung des Silo- und Energiemaisanbaus im konventionellen und ökologischen Landbau
Teilprojekt: Biodiversitätsmehrwert verschiedener Blühmischungen als Untersaat in Mais bei Aussaat im März
Laufzeit: April 2024 – Dezember 2025 (Projektphase 4)
Fördermittelgeber: Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (MLR) im Rahmen des Sonderprogrammes zu Stärkung der biologischen Vielfalt
Projektleitung: Prof. Dr. Maria Müller-Lindenlauf
Projektbearbeiter/innen: Hannah Weinläder, Daniel Villwock, Freya Zettl, Clemens Baier, Mohamad Ismail, Sabine Kurz
Projektpartner: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ)

Hintergrund und Problemstellung

Mais ist mit einem Flächenanteil von etwa 20 % eine der am häufigsten angebauten Ackerkulturen in Deutschland. Aufgrund seiner ungünstigen Wirkung auf die Biodiversität und dem hohen Erosionsrisiko steht er jedoch häufig in der Kritik. Der Anbau von Mais mit blühenden Untersaaten bietet das Potential, die Artenvielfalt im Maisfeld zu erhöhen und den Erosionsschutz zu verbessern. Bei gleichzeitiger Aussaat der Untersaaten mit dem Mais konnten in der vergangenen Projektphase positive Effekte auf blütenbesuchende Insekten nachgewiesen werden. Allerdings waren diese durch die zunehmende Beschattung nach Reihenschluss des Maises zeitlich eingeschränkt. Zur Verlängerung des Blühzeitraums und zur Verbesserung des Erosionsschutzes wurden deshalb 2024 erstmals März-Aussaaten der Blühmischungen durchgeführt.

Abbildung 7: Mais mit artenreicher, blühender Untersasat (links) und praxisüblicher Maisanbau (rechts)

Versuchsfragen

1. Führt die frühe Aussaat der Untersaat zu einem früheren und langanhaltenderen Blühangebot sowie zu einem erhöhten Vorkommen blütenbesuchender Insekten im Vergleich zur Kontrolle und zur gleichzeitigen Aussaat von Mais und Untersaat (Versuch aus Projektphase III)?

2. Wird der Feldaufgang und die Pflanzenentwicklung des Mais durch die Direktsaat im Vergleich zur praxisüblich gesäten Kontrolle beeinträchtigt?
3. Wird die Verunkrautung durch die frühe Aussaat und die damit einhergehende Bodendeckung im Vergleich zur gleichzeitigen Aussaat von Mais und Untersaat (Projektphase III) reduziert?
4. Wie wirkt sich die frühe Untersaat auf Ertrag und Qualität des Maises aus?

Versuchsanlage und erhobene Parameter

Der Parzellenversuch wurde als randomisierte, vollständige Blockanlage mit drei Varianten und vier Wiederholungen angelegt. Die Brutto-Parzellengröße betrug 12 m x 6 m. Es gab eine Kontrolle (K) mit reinem Mais und zwei verschiedene Varianten (V2 und E13.2) mit Untersaaten. Die Varianten V2 und E13.2 unterschieden sich in Anzahl und Zusammensetzung der einzelnen Blühmischungsarten (Tab. 3). V2 ist eine selbst zusammengestellte Blühmischung, die bereits in den vorherigen Versuchen 2022 und 2023 untersucht wurde. E13.2 ist eine Blühmischung aus dem Agrarumweltprogramm Baden-Württembergs (FAKT), die als Untersaat für Getreide konzipiert wurde.

Tabelle 3: Zusammensetzung der Untersaaten im Parzellenversuch Märzaussaat 2024

Botanischer Name	Deutscher Name	V2	E13.2
Achillea millefolium	Schafgarbe		0.2%
Anthemis tinctoria	Färberkamille	6%	
Borago officinalis	Borretsch	5%	
Brassica napus	Raps	5%	
Calendula officinalis	Ringelblume	10%	4.0%
Camelina sativa	Leindotter	7%	1.0%
Coriandrum sativum	Koriander	15%	5.0%
Crepis capillaris	Kleinköpfiger Pippau	4%	
Lepidium sativum	Gartenkresse	10%	5.0%
Linum usitatissimum	Saat-Lein	13%	8.0%
Lotus corniculatus	Hornklee		9.0%
Medicago lupulina	Hopfenklee		12.0%
Ornithopus sativus	Seradella	15%	12.0%
Plantago lanceolata	Spitzwegerich		2.5%
Salvia hispanica	Chia	3%	
Trifolium hybridum	Schwedenklee	5%	3.5%
Trifolium incarnatum	Inkarnatklee	5%	24.8%
Trifolium pratense	Rotklee		6.0%
Trifolium repens	Weißklee		4.0%
Trifolium subterraneum	Erdklee		2.0%
Trigonella caerula	Schabzigerklee		1.0%
Artenzahl		13	16

Die Aussaat der Untersaaten erfolgte im März nach vorheriger Bodenbearbeitung durch oberflächiges Ausstreuen (10 kg/ha). Vor Aussaat des Maises im Mai wurde eine zweite Bodenbearbeitung

ausschließlich für die Kontroll-Parzellen durchgeführt. Als Maissorte wurde die Sorte DKC 3414 (S 250) gewählt. Die Aussaat (10 Körner/m²) erfolgte mittels Einzelkornsaat und in einem Reihenabstand von 75 cm. Nach dem Auflaufen des Maises wurde in den Untersaaten-Varianten eine Reihenbandspritzung mit Herbizid auf 25 cm Breite zur Freistellung der Maisreihe durchgeführt. In der Kontrolle erfolgte die Herbizidanwendung flächig auf der gesamten Parzellenbreite. Aufgrund der hohen Biomasse der Untersaaten wurde zusätzlich per Hand 10 cm rechts und links der Maisreihe gehackt. Die Ernte wurde im September mit Hilfe eines Parzellenhäckslers durchgeführt (2 Erntereihen). Die Erfassungen wurden zu verschiedenen Zeitpunkten (A-E) mit einem Abstand von etwa 4 Wochen durchgeführt. Erhoben wurde jeweils die Pflanzen- und Blütendeckung der Untersaaten, die Anzahl der blütenbesuchenden Insekten, sowie die Höhe, BBCH und Trockenmasse-Erträge der Hauptkultur. Der Versuch wurde parallel auch vom Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) am Standort Forchheim durchgeführt.

Zentrale Ergebnisse aus dem Versuchsjahr 2024 am Standort Tachenhausen

Ziel des Parzellenversuchs war es, durch eine frühzeitige Etablierung der Untersaaten einen längeren Blühzeitraum und ein höheres Blühangebot zu erreichen. Die Ergebnisse zeigen, dass dieses Ziel verwirklicht werden konnte: Bereits Anfang Juni war ein erstes Blühangebot zu beobachten, insbesondere durch früh blühende Arten wie Leindotter (*Camelina sativa*) und Kresse (*Lepidium sativum*). Dieses Angebot war um knapp einen Monat im Vergleich zur gleichzeitigen Aussaat nach vorne verschoben. Der zeitliche Vorsprung und die später einsetzende Beschattung durch den Mais führten zu einer besonders starken Entwicklung der Untersaaten, die durch die feucht-warmen Witterungsbedingungen 2024 zusätzlich begünstigt wurde. Ende Juni war nahezu der ganze Boden bedeckt. Besonders wüchsig war die Mischung V2, in der Färberkamille (*Anthemis tinctoria*) dominierte. Neben der Färberkamille blühten auch die für Wildbienen und Schwebfliegen attraktiven Arten Kleinköpfiger Pippau (*Crepis capillaris*), Ringelblume (*Calendula officinalis*) und Koriander (*Coriandrum sativum*) üppiger als bei der gleichzeitigen Aussaat in den Vorjahren.

Für blütenbesuchende Insekten ergaben sich durch das verbesserte Blühangebot deutlich positive Effekte. Das frühere Auftreten blühender Pflanzen zog auch ein früheres Auftreten der Blütenbesucher nach sich. Zudem war die absolute Anzahl der Blütenbesuche höher als bei der gleichzeitigen Aussaat. Besonders attraktiv war Variante V2, bei der mehr Blütenbesucher als bei E13.2 beobachtet wurden.
Die eindeutigen Vorteile der frühen Untersaaten für die Biodiversität gingen jedoch mit signifikanten Ertragsminderungen (etwa -32-34 %) im Vergleich zur Kontrolle einher. Auch Auswirkungen auf die Qualität des Ernteguts sind zu erwarten, da die Untersaaten zu einem höheren Anteil an Nicht-Mais-Biomasse führten. Die Ergebnisse dazu stehen jedoch noch aus.

Die größte Herausforderung war die starke Konkurrenzkraft der Untersaaten, die durch die frühzeitige Aussaat im März und den daraus resultierenden Vorsprung gegenüber dem Mais noch verstärkt wurde. Diese wurde bereits während der Saison anhand der signifikanten Unterschiede in der Pflanzenhöhe und Grünfärbung deutlich. Trotz der Herausforderungen gab es auch positive Ergebnisse. So konnte die Untersaat Beikräuter stärker unterdrücken. Zudem verlief die Etablierung des Maises in bestehende Untersaaten ohne Bodenbearbeitung erfolgreich, auch ohne den Einsatz einer Direktsaatmaschine.

Ausblick

Die frühen Untersaaten erwiesen sich im Vergleich zu gleichzeitig mit dem Mais gesäten Untersaaten als deutlich vorteilhaft zur Förderung der Biodiversität. Diese Vorteile gingen jedoch mit erheblichen Ertragseinbußen einher, die aus landwirtschaftlicher Sicht nicht tragbar sind. Verstärkt wurde dieser Effekt jedoch durch die feucht-warmen Witterungsbedingungen, die das Wachstum der Untersaaten zusätzlich begünstigten. Um eine abschließende Bewertung zu ermöglichen, ist daher ein weiteres Versuchsjahr unter möglicherweise trockeneren Bedingungen geplant. Dennoch soll bereits in der Versuchssaison 2025 angestrebt werden, die Konkurrenzwirkung der frühen Untersaaten zu reduzieren. Hierfür werden zusätzliche Varianten mit technischen Anpassungen untersucht, wie die Saat in schmalen Streifen sowie ein breiterer Herbizidapplikationsstreifen.

Veröffentlichungen

Die Vermittlung von Erkenntnissen an die landwirtschaftliche Praxis wurde in Form von Feldtagen/Feldbesichtigungen, Vorträgen (online und Präsenz) und durch die Veröffentlichungen von Fachartikeln in BWagrar und im DLG Saatgutmagazin sichergestellt. Eine wissenschaftliche Publikation wird angestrebt.

2.5 Promotionskolleg "Hebel für eine Transformation von Agrarlandschaften: vom Biodiversitätsverlust zur Biodiversitätssteigerung" (HABIT)

Das Promotionskolleg „Hebel für eine Biodiversitätssteigerung in Agrarlandschaften (HABIT)“ ist ein Gemeinschaftsvorhaben der Universität Hohenheim (UHOH) und der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU). Ziel ist es, wissenschaftlich fundierte und praktisch anwendbare Einsichten zu gewinnen, wie eine Trendwende für den fortschreitenden Biodiversitätsverlust in Agrarlandschaften erreicht werden kann. Das Kolleg umfasst zwölf Promotionsvorhaben, die eine sozial-ökologische Systemperspektive verbindet und die sich in einen innovativen konzeptionellen Rahmen zu Transformationshebeln einordnen. In einem interdisziplinären Zuschnitt werden die drei Nachhaltigkeits-Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft berücksichtigt. Mit einem empirischen Fokus auf Baden-Württemberg betrachtet das Kolleg verschiedene räumliche und zeitliche Skalen und zielt dabei auf (inter-)national übertragbare Erkenntnisse ab. Am IAAF war 2024 ein Promotionsprojekt angesiedelt.

2.5.1 Einfluss von landwirtschaftlichen Produktionsweisen und Agrarumweltmaßnahmen auf gefährdete bzw. landwirtschaftlich unerwünschte Ackerwildkräuter

Standort: On-Farm, 13 ökologisch wirtschaftende Betriebe auf der Schwäbischen Alb
Projekt-Titel: Promotionskolleg HABIT „Hebel für eine Biodiversitätssteigerung in Agrarlandschaften“
Teilprojekt: Einfluss von landwirtschaftlichen Produktionsweisen und Agrarumweltmaßnahmen auf gefährdete bzw. landwirtschaftlich unerwünschte Ackerwildkräuter (HABIT-Teilprojekt II)
Laufzeit: März 2023 – Februar 2026
Fördermittelgeber: Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst
Projektleitung: Prof. Dr. Maria Müller-Lindenlauf, Prof. Dr. Frank Schurr (Uni Hohenheim)
Projektbearbeiter/innen: Freya Zettl
Projektpartner: Universität Hohenheim

Hintergrund und Problemstellung

Die letzten Jahrzehnte waren durch einen alarmierenden Rückgang der biologischen Vielfalt gekennzeichnet (Butchart et al. 2010). Signifikante Verluste wurden insbesondere für Pflanzenarten auf Ackerflächen festgestellt. So zeigten Meyer et al. (2013) einen Rückgang des regionalen Artenpools von Ackerwildkräutern in Mitteldeutschland um 23 %. Auch die aktuelle Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs verweist auf die deutlich verschlechterte Gefährdungssituation vieler Ackerwildkrautarten (Breunig und Demuth 2023).

Im Vergleich zum konventionellen Anbau weisen ökologisch bewirtschaftete Flächen eine verhältnismäßig hohe Ackerwildkraut-Artenvielfalt auf (Sanders und Heß 2019; Matthias Schumacher et al.; van Elsen 2000). Häufig handelt es sich bei den vorkommenden Arten jedoch in erster Linie um häufige Arten, die sich optimal an die zunehmend intensive Bewirtschaftung angepasst haben. Ziel der Untersuchung auf Betriebsebene ist es verschiedene Bewirtschaftungsmethoden innerhalb des Ökolandbaus hinsichtlich ihrer Fähigkeit zu bewerten gefährdete und wertgebende Ackerwildkräuter zu erhalten sowie Problemarten zu kontrollieren.

Abbildung 8: Feldrittersporn (links), Adonisröschen (Mitte) und Ackerhahnenfuß (rechts) sind typische Vertreter gefährdeter Ackerwildkrautarten. Aufgenommen von Freya Zettl auf ökologisch bewirtschafteten Untersuchungsflächen auf der Schwäbischen Alb in der Erfassungssaison 2024

Versuchsfragen

1. Welche Auswirkungen haben verschiedene Bewirtschaftungsmethoden des ökologischen Landbaus, wie Fruchtfolge und Beikrautkontrolle, auf die Vielfalt und den Bestand gefährdeter Ackerwildkrautarten?
2. Wie wirkt sich die Standlänge von Futtergraskulturen (Kleegras und mehrjähriger Waldstaudenroggen) auf gefährdete Ackerwildkrautarten und konkurrenzstarke Problemunkräuter aus?

Versuchsanlage und erhobene Parameter

In der Vegetationsperiode 2023 und 2024 wurden Ackerwildkrauterhebungen auf insgesamt 77 ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen von 13 Betrieben auf der Schwäbischen Alb durchgeführt. In den jeweiligen Untersuchungsjahren wurde auf allen Flächen Wintergetreide angebaut.

Die Methode zur Ackerwildkrauterfassung orientiert sich an dem Konzept des MonVia-Projektes für ein nationales Unkrautmonitoring (Ulber und Redwitz 2023). Aufgrund der geringen Größe der Versuchsflächen wurde die Transektgröße von ursprünglich 100 m^2 auf 60 m^2 reduziert (Abbildung 99). Um Randeffekte zu reduzieren, wurden nur Daten ausgewertet, die im Feldinneren, mit einem Mindestabstand von 20 m zu den Feldrändern, erfasst wurden. Die Deckung pro Pflanzenart, die Gesamt-Unkrautdeckung sowie die geschätzte Kulturdeckung nach Londo (1976) wurde auf je drei 1- m^2-Teiltransekten innerhalb der 60 m^2-Transekte erfasst.

Daten zur Bewirtschaftung der Flächen wurden durch Befragungen der Landwirte mithilfe von standardisierten Fragebögen akquiriert. Die Haupteinflussvariablen auf die Vielfalt und Deckung gefährdeter Ackerwildkrautarten sowie die Gesamtverunkrautung der Flächen wurden mithilfe einer multiplen Regressionsanalyse in R identifiziert. Für die Modellanpassung wurden generalisierte

gemischte Modelle aus den R-Paketen „lme4“ und „glmmTMB“ verwendet. Der Landwirt ging jeweils als Zufallseffekt in die Modelle ein.

Als „gefährdete Ackerwildkrautarten“ wurden Arten definiert, die auf der aktuellen Roten Liste für Gefäßpflanzen in Deutschland oder Baden-Württemberg mit einem Gefährdungsstatus von V, 3, 2 oder 1 gelistet werden (Breunig und Demuth 2023).

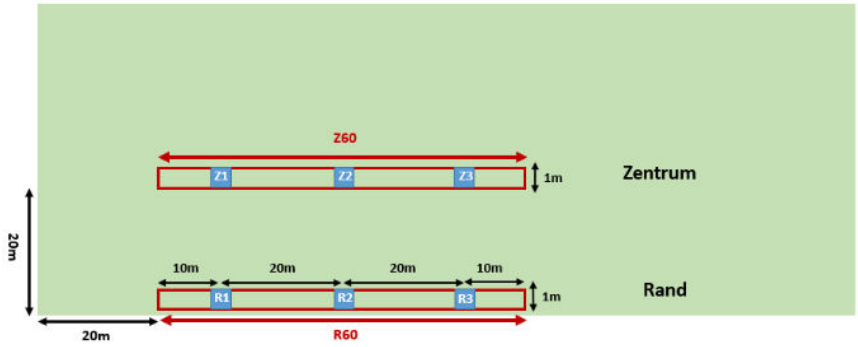


Abbildung 9: Schematische Darstellung der Erfassungstransekte. R60 = Randtransekt, beginnend ab der ersten Getreidereihe. R1-R3 = Quadratmetererfassungen im Randtransekt in je 20 m Abstand zueinander. Z60 = Zentrumstransekt in 20 m Abstand zum Feldrand mit ebenfalls drei integrierten Quadratmetererfassungen Z1-Z3

Zentrale Ergebnisse

Innerhalb der erfassten Bewirtschaftungsfaktoren zeigten die Zeit seit Umstellung einer Fläche auf ökologischen Landbau und der Anteil an Winterungen in der Fruchtfolge den stärksten Einfluss auf die Vielfalt und Deckung gefährdeter Ackerwildkrautarten. Dabei war eine langjährige ökologische Bewirtschaftung und ein hoher Prozentsatz an Winterungen positiv mit dem Vorkommen gefährdeter Ackerwildkrautarten assoziiert.

Die Bodenfruchtbarkeit (Ackerzahl) und Durchführung einer mechanischen Unkrautkontrolle zeigten jeweils eine negative Assoziation mit dem Vorkommen gefährdeter Ackerwildkräuter. In Interaktion wirkten sich die zwei Faktoren allerdings positiv auf die Deckung der gefährdeten Arten aus. Konkurrenzstarke Problemarten waren positiv mit der Bodenfruchtbarkeit assoziiert. Das Ergebnis weist darauf hin, dass eine mechanische Unkrautkontrolle auf fruchtbaren Böden helfen kann gefährdete Ackerwildkrautarten zu fördern, indem der Konkurrenzdruck durch die hier vermehrt auftretenden Problemarten reduziert wird.

Einen weiteren wichtigen Einfluss stellte die Standlänge des Futtergrasanbaus dar. So war der mehrjährige Futtergrasanbau negativ mit der Vielfalt und Deckung sowohl gefährdeter als auch problematischer Ackerwildkräuter assoziiert (Tab. 4, Abb. Abbildung 910).

Tabelle 4: Ergebnisse der generalisierten gemischten Modelle zum Einfluss verschiedener Bewirtschaftungsfaktoren auf Artenvielfalt und Deckung verschiedener Ackerwildkraut-Artengruppen.

	Artenzahl RL-Arten[1]		**Deckung RL-Arten[1]**		**Deckung Problem-Arten[2]**	
Prädiktor	*Richtung des Effektes*	*p-Wert*	*Richtung des Effektes*	*p-Wert*	*Richtung des Effektes*	*p-Wert*
Zeit seit Umstellung	positiv	**< 0.001**	positiv	**< 0.001**	-	-
Winterungen in Fruchtfolge[3]	positiv	**0,012**	positiv	**0,004**	-	-
Beikrautkontrolle	negativ	0,096	negativ	**0,004**	negativ	0,054
Ackerzahl	negativ	**0,023**	negativ	**0,002**	positiv	**0,002**
Beikrautkontrolle x Ackerzahl	positiv	0,153	positiv	**0,040**	-	-
Mehrjähriger Futtergrasanbau	-	-	-	**-**	negativ	**< 0,001**

[1] *Arten die auf der Roten Liste in Deutschland oder Baden-Württemberg als gefährdet (V, 3, 2, 1) gelistet sind*
[2] *Konkurrenzstarke Ackerwildkrautarten mit einer Konkurrenzkraft > 3 auf einer Skala von 1-5 nach Holzner und Glauninger (2005)*
[3] *Summe der Jahre die Wintergetreide, innerhalb der sechs-jährigen Fruchtfolge (FF), angebaut wird*

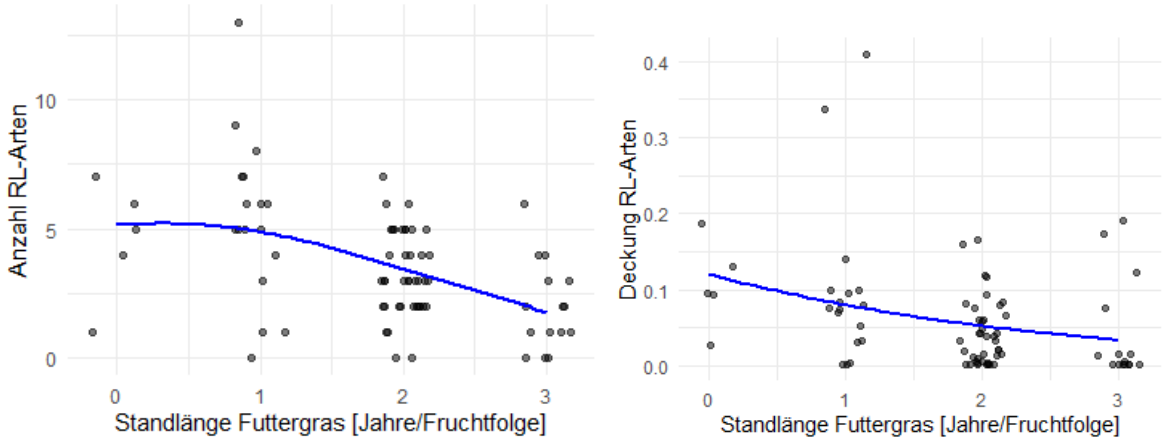


Abbildung 10: Einfluss der Standlänge im Futtergrasanbau auf Artenvielfalt (links) und Deckung (rechts) gefährdeter Ackerwildkrautarten

Ausblick

Die Studie wird aktuell verschriftlicht, mit dem Ziel sie anschließend in einer wissenschaftlichen Zeitschrift zu veröffentlichen. Die Erkenntnisse aus dieser Teilarbeit sollen am Ende der Doktorarbeit, zusammen mit den Erkenntnissen aus weiteren Teilstudien in diesem Bereich, dazu beitragen Handlungsempfehlungen zur Optimierung aktueller Ackerwildkrautschutzmaßnahmen zu formulieren.

Veröffentlichungen

Eine wissenschaftliche Publikation in einem englischsprachigen Journal ist in Arbeit.

Literaturverzeichnis

- Breunig, Thomas; Demuth, Siegfried (2023): Rote Liste der Farn- und Samenpflanzen Baden-Württembergs. - 4. Fassung, Stand 15.06.2021. Hg. v. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. Karlsruhe (Naturschutz-Praxis Artenschutz 2).
- Butchart, Stuart H. M.; Walpole, Matt; Collen, Ben; van Strien, Arco; Scharlemann, Jörn P. W.; Almond, Rosamunde E. A. et al. (2010): Global biodiversity: indicators of recent declines. In: *Science (New York, N.Y.)* 328 (5982), S. 1164–1168. DOI: 10.1126/science.1187512.
- Holzner, Wolfgang, Glauninger, Johann (2005): Ackerunkräuter: Bestimmung, Biologie, Landwirtschaftliche Bedeutung. Graz, Stuttgart: Leopold Stocker Verlag.
- Londo, G. (1976): The decimal scale for releves of permanent quadrats. In: *Vegetatio* (33, 1), S. 61–64.
- Matthias Schumacher; Simon Ohnmacht; Ronja Rosenstein and Roland Gerhards: How Management Factors Influence Weed Communities of Cereals, Their Diversity and Endangered Weed Species in Central Europe.
- Meyer, Stefan; Wesche, Karsten; Krause, Benjamin; Leuschner, Christoph (2013): Dramatic losses of specialist arable plants in Central Germany since the 1950s/60s - a cross-regional analysis. In: *Diversity Distrib.* 19 (9), S. 1175–1187. DOI: 10.1111/ddi.12102.
- Sanders, Jürn; Heß, Jürgen (Hg.) (2019): Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage. Braunschweig, Germany: Johann Heinrich von Thünen-Institut (Thünen Report, 65). Online verfügbar unter http://d-nb.info/1201686113/.
- Ulber, Lena; Redwitz, Christoph von (2023): Ackerunkräuter. Hg. v. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. JKI. Online verfügbar unter https://www.agrarmonitoring-monvia.de/monitoring-boden/ackerunkraeuter#c7961, zuletzt geprüft am 10.03.2023.
- van Elsen, Thomas (2000): Species diversity as a task for organic agriculture in Europe. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* (77), S. 101–109.

2.6 Erforschung von Konzepten zur Inwertsetzung von Lebensmitteln aus biodiversitätsfördernder, regionaler Landwirtschaft (BiodivRegio)

Ziel des Projektes BiodivRegio ist die Entwicklung und pilothafte Erprobung von innovativen Konzepten entlang der gesamten Wertschöpfungskette, welche Biodiversität aus regionaler landwirtschaftlicher Produktion in Wert setzen und einen Beitrag zur Stärkung der regionalen Wirtschaft leisten.
Das Projekt berücksichtigt die gesamte Kette von der landwirtschaftlichen Produktion, dem Handel und Vertrieb bis hin zu den Endkund:innen, um gemeinsam Konzepte zu entwickeln, die einerseits die Artenvielfalt erhöhen und andererseits den Konsument:innen bezahlbare landwirtschaftliche, regionale Produkte liefern. Es werden hierzu Produktions- und Vermarktungsketten entwickelt und erprobt, welche Biodiversität über das Produkt Fleisch bzw. vegetarische Alternativen bei den Endkund:innen in Wert setzen. Neben dem regionalen Lebensmitteleinzelhandel steht auch die Gemeinschaftsverpflegung im Blickpunkt.
In dem Projekt sind mehrere Arbeitsgruppen der HfWU, der Universität Hohenheim und der Dualen Hochschule Baden-Württemberg beschäftigt. Mit Partnern aus Landwirtschaft, Naturschutz, Handel und Ernährungswirtschaft, inklusive der Außer-Haus-Verpflegung werden praxisnahe Konzepte erarbeitet, um perspektivisch einen Beitrag zur Steigerung der biologischen Vielfalt leisten zu können.
Beim IAAF liegt die Gesamtkoordination des Projektes sowie
Das Projekt wird vom Land Baden-Württemberg und der Europäischen Union finanziert.

Weitere Informationen finden sich auch der Projekthomepage:
https://www.hfwu.de/biodivregio

2.6.1 Biodiversitätsfördernder Maisanbau für Futter- und Lebensmittel

Standort: On-Farm Versuche an 2 Standorten (Jungborn und Fellbach), Exaktversuche in Tachenhausen
Projekt-Titel: BiodivRegio - Erforschung von Konzepten zur Inwertsetzung von Lebensmitteln aus biodiversitätsfördernder, regionaler Landwirtschaft
Teilprojekt: TV2: Biodiv-Mais als Futter- und Lebensmittel
Laufzeit: 01.03.2024 – 01.03.2027
Fördermittelgeber: Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst; Europäische Union, L-Bank
Projektpartner: Universität Hohenheim, Duale Hochschule Baden-Württemberg (DHBW), Landesbauernverband, Nabu, Ernährungsrat Tübingen-Rottenburg
Doktorandin: Maria Camila Meneses Benavides
Promotionsbetreuerin: Prof. Dr. Carola Pekrun

Hintergrund und Problemstellung

Mais ist eine wichtige Kulturpflanze Deutschland, die besonders als Futtermittel weit verbreitet ist. In jüngster Zeit hat auch die Produktion für den menschlichen Verzehr zugenommen, was einen wachsenden Markt darstellt. Dennoch wird der reine Maisanbau kritisch betrachtet, da er negative Umweltauswirkungen haben kann. Eine Ausweitung der Anbauflächen oder ein hoher Maisanteil in Fruchtfolgen erhöht das Risiko von Bodenerosion. Mais hat allerdings den Vorteil, dass der späte Reihenschluss und der weite Reihenabstand Raum für weitere Pflanzen lassen, z.B. blühende Untersaaten. Die HfWU hat umfangreiche Forschungsarbeiten zu Maisanbausystemen durchgeführt, die

darauf abzielen, die biologische Vielfalt zu fördern und gleichzeitig wettbewerbsfähige Erträge zu erzielen (siehe z.B. LTZ-Silomais und weitere Projekte). Im Laufe der Jahre wurde unter anderem der Anbau von Silomais in Kombination mit Stangenbohnen erprobt, um Leguminosen in das System einzubringen, sowie der Einsatz blühender Untersaaten zur Förderung von Bestäubern und anderen Nützlingen. Im Rahmen des Teilvorhabens „Biodiv-Mais als Futter- und Lebensmittel“ werden drei Anbausysteme entwickelt, um die biologische Vielfalt zu fördern und gleichzeitig wettbewerbsfähige Erträge sowohl bei Silo- als auch bei Körnermais zu gewährleisten, insbesondere für lokale landwirtschaftliche Systeme.

Diese Systeme umfassen: Untersaat mit Blühmischungen, Blühstreifen im Mais und Gemengeanbau mit Bohnen. Neben der Bewertung des ökologischen Nutzens werden im Rahmen des Projekts auch wichtige Daten für die wirtschaftliche Bewertung gesammelt. Diese Informationen werden in das Gesamtvorhaben BiodivRegio eingespeist, um Maislieferketten zu entwickeln,die dem Projektziel von BiodivRegio-
entsprechen: die Förderung biodiversitätsfreundlicher, regionaler landwirtschaftlicher Produktion.

Abbildung 11: Ökologisierung des Maisanbaus durch Integration von blühenden Pflanzen als Untersaat oder in Form von Streifen im Feld

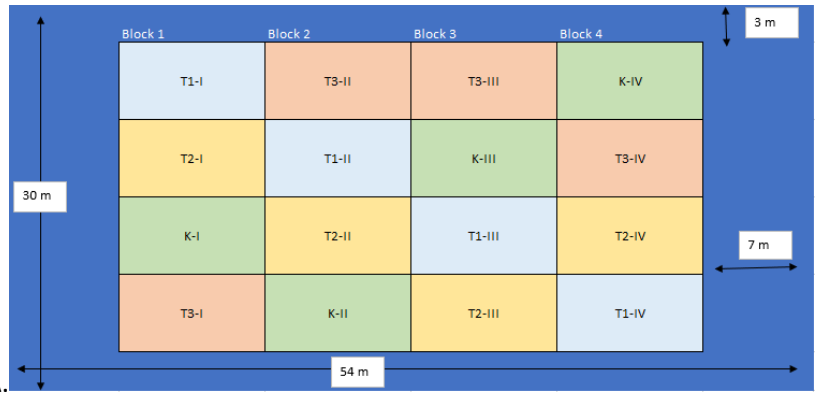
Versuchsfragen

1. Wie unterstützen Blühstreifen innerhalb des Maisfeldes die Biodiversität und wie beeinflussen sie den Maisertrag?
2. Vergleich des Anbaus verschiedener blühender Untersaaten im Mais sowie deren Auswirkungen auf Ertrag und Biodiversität.
3. Anbau verschiedener Maissorten für die Lebensmittelgewinnung mit Feuerbohnen.

Versuchsanlage und erhobene Parameter

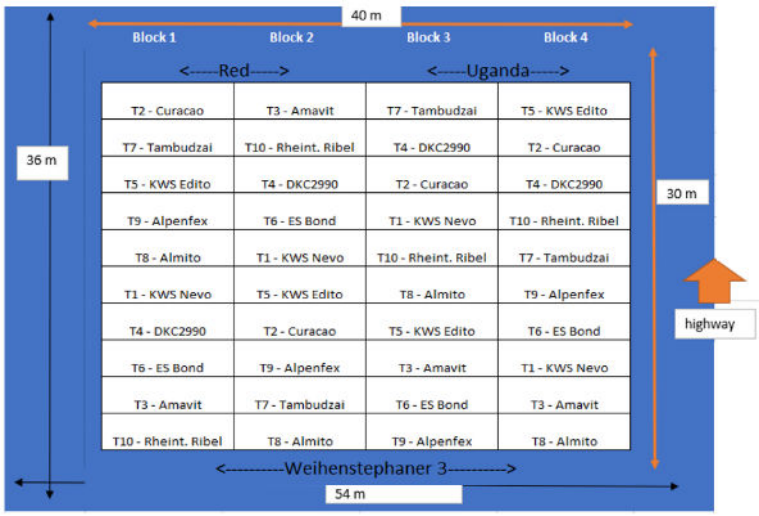
A. B. C.

Abbildung 12: A. Parzellenplan für Blühstreifen in Jungborn
B. Parzellenplan für Blühstreifen in Fellbach
C. Farbschalen zur Insektenerfassung in Blühstreifen neben dem Mais

A. 

B.

Abbildung 13: A. Parzellenplan für verschiedener blühender Untersaaten im Mais in Tachenhausen (K: Kontrolle (Sole Mais), T1: Klee (2 Arten), T2: Klee und Blütenpflanzen (5 Arten), and T3: Blütenpflanzen (18 Arten)).
B. Untersaatvariante und Kontrolle

A. 

B.

Abbildung 14: A. Parzellenplan des Mais-Feuerbohnen Versuches in Tachenhausen
B. Bohne blüht neben dem Mais

Zentrale Ergebnisse

Forschungsfrage 1:

In den Blühstreifen wurde eine höhere Anzahl von Insekten beobachtet als in den Maisfeldern. Der Unterschied zwischen den Makro- und Mikroblühstreifen muss noch analysiert werden. Was den Ertrag betrifft, so gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Mais in der Mitte der Blühstreifen und der Kontrollgruppe (Kornertrag in Jungborn rund 120 dt/ha Trockenmasse und Biomasse in Fellbach rund 250 dt/ha Trockenmasse). Ebenso wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Pflanzen am Rande des Feldes oder der Blühstreifen festgestellt. Etwaige Ertragseinbußen, die ein Landwirt erwarten könnte, stünden also in direktem Zusammenhang mit der Fläche, die mit blühenden Pflanzen anstelle von Mais bepflanzt ist.

Forschugnsfrage 2:

Varianten mit blühenden Untersaaten reduzierten die Höhe und die Gesamtentwicklung der Maispflanzen; es wurden jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Varianten festgestellt. Hinsichtlich der Insektenbesuche wurde bei allen Varianten mit Untersaaten eine höhere Anzahl von Besuchen im Vergleich zu Mais allein verzeichnet, wobei die Behandlung „T2-Klee-Blumen“ die höchste Anzahl von Besuchen verzeichnete, was hauptsächlich auf das Vorhandensein von *Salvia hispanica* und *Coriandrum sativum* zurückzuführen war. Was den Ertrag anbelangt, so zeigte sich, dass der Mais in der Kontrolle durchweg den höchsten Ertrag erzielte, gefolgt von den Untersaatbehandlungen. Die Gesamtbiomasse wurde um 22 % bis 25 % reduziert, während der Kornertrag um 16 % bis 28 % zurückging.

Forschungsfrage 3:

Hinsichtlich der Entwicklung der Maissorten wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Es wurde jedoch festgestellt, dass Hybridsorten und Maispopulationen vor der Ernte die größten Höhen erreichten, die zwischen 250-300 cm lagen. Die Landrassen blieben dagegen bei 150-200 cm. Die Bohnenpflanzen ihrerseits entwickelten sich ähnlich wie die Maispflanzen und erreichten bei den Hybridmaissorten eine Höhe von etwa 250 cm und bei den Populations- und Landrassenmaissorten eine Höhe von 150 cm. Bei den Qualitätsparametern lagen die Ergebnisse für die Mykotoxine Aflatoxin und Zearalenon bei allen Sorten über den vorgeschriebenen Grenzwerten (100 ppb für ZEA und 10 ppb für AFLO), während bei DON (Grenzwert 750 ppb) nur die Sorten KWS Nevo, KWS Curacao und KWS Editio - alles Hybridsorten - unter dem Grenzwert blieben. Die Populationssorte Tambudzei wies im Vergleich zu den anderen Populations- und Landsorten die niedrigsten Mykotoxingehalte auf; ihre Werte lagen jedoch immer noch über den gesetzlichen Grenzwerten. Beim Rohproteingehalt unterschieden sich die Populations- und Landrassen-Sorten deutlich von den Hybriden, indem sie die höchsten Werte von rund 10 % Rohprotein in 100 % TM erreichten. Die Bestände konnten maschinell nicht beerntet werden, da die Bohnen zum Zeitpunkt des Maisdruschs noch nicht reif waren.

Ausblick

Zum Thema Blühstreifen soll im Jahr 2025 erneut eine On-Farm Versuchsreihe angelegt werden. Hierbei werden auf Maisfeldern 2 Blühstreifen von 6m Breite in einem Abstand von 30 – 40 m voneinander angelegt, mit einem Streifen am Ackerrand und einem innerhalb des Schlages. Hierbei soll der Effekt der Blühstreifen auf die Anzahl von Insekten und den Artenreichtum mittels Farbschalen untersucht werden. Weiterhin soll der Einfluss der Blühstreifen auf den Maisertrag im Bereich der Blühstreifen untersucht werden.

Zum Thema der Untersaaten im Maisanbau soll der Versuchsaufbau des Jahres 2024 in Tachenhausen wiederholt werden. Durch mehrjährige Daten sind fundierte Aussagen zu den Effekten der verschiedenen Untersaatmischungen auf den Mais-Ertrag sowie die Biodiversität möglich.

Die Versuche zum Anbau von Feuerbohnen und Mais sollen in reduzierter Form fortgesetzt werden. Hierzu sollen in Tachenhausen Exaktversuche mit 2 Maissorten sowie je einer Sorte der Feuerbohne und der Gartenbohne angelegt werden. Besonders die Ernte und Trennung des Erntegutes sind hier von besonderem Interesse.

2.7 Virtueller Informations- und Lehrpfad für die optimale Bewässerung in der Landwirtschaft (VIOLA)

Standort: Nürtingen, Tachenhausen (Studentisches Praxisprojekt in 2025)
Projekt-Titel: Virtueller Informations- und Lehrpfad für die optimale Bewässerung in der Landwirtschaft, VIOLA
Teilprojekt: /
Laufzeit: 04/2024 – 03/2026
Fördermittelgeber: Baden-Württemberg Stiftung
Projektleitung: Carola Pekrun, Lukas Kiefer
Projektbearbeiter/innen: Florian Burkard, Dr. Klaus Spohrer
Projektpartner: Unterauftrag Programmierung: automation & software PiKT

Hintergrund und Problemstellung

In Deutschland werden aufgrund des Klimawandels zukünftig immer mehr Flächen bewässert werden müssen, die vormals ohne Zusatzwasser ausgekommen sind. Dies gilt auch für Baden-Württemberg, wo der Gesamtwasserverbrauch in der Bewässerung zukünftig deutlich steigen wird. Da gleichzeitigt infolge des Klimawandels die zur Verfügung stehenden Wasserressourcen zurückgehen, muss zur Erhaltung und Stärkung der Klimaresilienz in der Landwirtschaft der Wasserverbrauch bei der Bewässerung optimiert werden. Unter optimaler Bewässerung wird dabei die pflanzenspezifische Minimierung des Wasser- und Energieverbrauchs bei gleichzeitiger Vermeidung von Versickerung und damit von Stoffeinträgen (Dünger, Pflanzenschutzmittel) ins Grundwasser verstanden. Dies bedeutet, dass die Optimierung des Wasserverbrauchs durch eine standortsangepasste effiziente Bewässerung und durch eine angepasste Pflanzenwahl erreicht werden kann.

Projektziel

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines virtuellen Informations- und Lehrpfads für die optimale Bewässerung in der Landwirtschaft (VIOLA). VIOLA soll als klassisches Decision Support System spezifisches Basis- und Expertenwissen aus unterschiedlichen Quellen bündeln, verarbeiten und bereitstellen. Dadurch können Anwender/innen in Landwirtschaft, Beratung und Lehre auf Basis einer interaktiven webbasierten Applikation (App) für Endgeräte (Smartphone, Tablet, PC) entlang eines individuellen und standortsspezifischen Pfads an mehreren Stationen die nötige Unterstützung für eine optimale Bewässerung finden.

Zur Bearbeitung des Projekts mit einer Laufzeit von 24 Monaten wurden 5 Arbeitspakete (AP) mit insgesamt 14 Unter-APs definiert. Diese umfassen das Projektmanagement (AP1) und die APP-Entwicklung (AP2 Simulationsumgebung, AP4 App-Entwicklung). Ein zentraler Schwerpunkt liegt auf der partizipativen Mitwirkung von Praxisexperten aus Landwirtschaft, Beratung und Lehre (Lehrer und Lernende) (AP3 Partizipative App-Gestaltung, AP5 Partizipative App-Optimierung).

Erste Ergebnisse

Als wesentliche Ergebnisse in 2024 sind zu nennen:

- Praxisexpert/innen wurden identifiziert
- Der Unterauftragnehmer für die App-Programmierung wurde bestimmt
- Erste Arbeiten zur App-Oberfläche und App-Programmierung wurden durchgeführt

1. Praxisexpert/innen

Die Praxisexpert/innen unterstützen bei der primären App-Planung wie auch bei der App-Optimierung. Zum gewonnenen Expert/innen-Team zählen Bioland (Beratung), die Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau in Heidelberg, die Staatsschule für Gartenbau in Stuttgart-Hohenheim, das Landratsamt Ludwigsburg (Landwirtschaftsamt) und mehrere Landwirt/innen. Zudem ist das Landwirtschaftliche Technologiezentrum Augustenberg als „Experte“ beteiligt. Darüber hinaus wird die VIOLA-Bearbeitung im Rahmen von studentischen Praxisprojekten an der HfWU begleitet.

2. App-Programmierung

Für die App-Programmierung wurde im Rahmen einer Ausschreibung das Unternehmen automation und software PiKT gewonnen. Insgesamt hatten sich drei Unternehmen für den Unterauftrag beworben. Da sie alle sehr gut in das Anforderungsprofil passten, musste schlussendlich durch Losentscheid die finale Auswahl getroffen werden.

3. App-Oberfläche und App-Programmierung

In Zusammenarbeit mit den Praxisexpert/innen wurden die App-Oberfläche spezifiziert und die App-Funktionen detailliert bestimmt. Diese Arbeiten sind noch nicht abgeschlossen. Die bisherigen Ergebnisse erlaubten jedoch einen sinnvollen Start der Programmiertätigkeiten.

Im Vorfeld wurde bereits das VIOLA Icon definiert, das dem „O“ aus dem Viola-Logo entspricht. Als Hintergrundfarbe für die App wurde der Blauton aus dem Internet-Auftritt der BW Stiftung gewählt (Abb. 11, 12).

Abbildung 15: Viola Startseite mit Logo und Punktwolke der BW Stiftung

Abbildung 16: Aktuelles Viola Icon neben Icons von WhatsApp und HfWU

Viola soll sowohl Hintergrundwissen zur optimalen Bewässerung als auch spezifische Hilfestellung für Planung, Installation und Betrieb einer Bewässerung für die eigenen Flächen bieten. Ein erster Menü-Entwurf, der die Funktionen anzeigt und Zugriff ermöglicht, wurde mit den Praxisexpert/innen weiterentwickelt.

Der aktuelle Stand des Menüs ist in Abbildung 13 zu sehen. Die drei Menü-Unterpunkte umfassen einen *Schnellcheck*, spezifisches *Wissen* für die eigene Bewässerung sowie eine ausführliche *Simulation* der Bewässerung. Während der Schnellcheck für 10 wählbare Standorte und eine Beispielfrucht die Zusatz-Wasserbedarfe in den letzten 25 Jahren ermittelt, kann über eine tagesaufgelöste Simulation der Bodenwasserhaushalt verfolgt, die Dynamik der einzelnen Teilprozesse des Wasserhaushalts (Evaporation, Transpiration, Bewässerung, Regen, Infiltration, Verluste durch Abfluss und Versickerung) beobachtet und somit ein Verständnis für die Wirkzusammenhänge zwischen Bewässerungsverfahren (Technik), Boden, Pflanze und Wetter erleichtert werden..

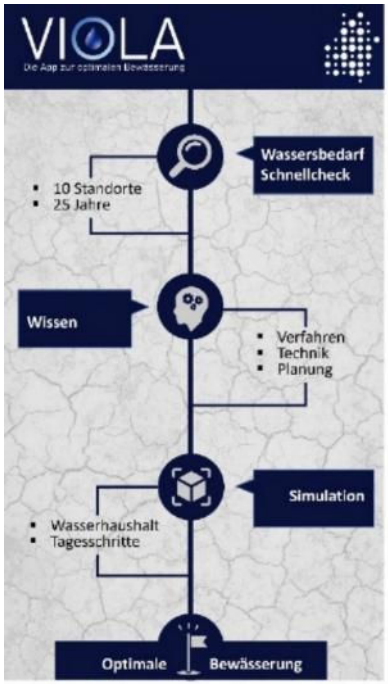


Abbildung 17: Viola Menü mit Übersicht und Zugriff zu den einzelnen Funktionen. Stand 30.03.2025

Mit der Funktion *Wissen* werden schließlich orts-, pflanzen- und technikangepasstes Wissen für die eigene Bewässerung und insbesondere für die ortsspezifische Bewässerungsplanung bereitgestellt. Um den Anwendernutzen von Viola zu vergrößern, wurde durch die Praxisexpert/innen eine abschließende betriebswirtschaftliche Bewertung der möglichen Bewässerung vorgeschlagen. Um diesem Vor-

schlag Rechnung zu tragen, sollen beispielhafte Berechnung für Referenzpflanzen im Rahmen von studentischen Arbeiten in praxisorientierten Modulen an der HfWU durchgeführt werden. Die anschließende Implementierung in Viola ist noch Gegenstand der Diskussionen.

Ausblick

Gegenwärtig werden die Arbeiten von Viola auf zwei Ebenen durchgeführt. Zum einen finden regelmäßige Treffen mit den Praxisexpert/innen statt, um Darstellung und Inhalte zu optimieren. Zum anderen wurden die Programmierarbeiten begonnen. Ausgehend von der Implementierung der Klimatischen Wasserbilanz sollen eine Pflanzenbibliothek realisiert und die Simulationsrechnungen umgesetzt werden. Hierzu werden durch die HfWU die entsprechenden Algorithmen vorgegeben. Ab April 2025 wird sich zusätzlich ein weiteres studentisches Praxisprojekt an der HfWU mit Viola beschäftigen. Dabei wird auf Basis von begleitenden Anbau- und Bewässerungsversuchen mit Weizen und Salat die Viola App getestet, kritisch bewertet und schließlich auch Optimierungsvorschläge erarbeitet. Die Arbeiten laufen insgesamt plangemäß, weshalb mit einem erfolgreichen Projektabschluss zum geplanten Projektende gerechnet wird.

Weitere Informationen werden auf der Projekthomepage veröffentlicht:
https://www.hfwu.de/forschung-und-transfer/institute-und-einrichtungen/institut-fuer-angewandte-agrarforschung-iaaf/laufende-forschungsprojekte/virtueller-informations-und-lehrpfad-fuer-die-optimale-bewaesserung-in-der-landwirtschaft/

VIOLA
Die App zur optimalen Bewässerung

Abbildung 18: Logo VIOLA

2.8 Pflanzenbau mit reduzierter Düngungs- (30 %) und Pflanzenschutzintensität (50 %)

Standort: Tachenhausen, Schlag 1
Projekt-Titel: Pflanzenbau mit reduzierter Düngungs- (30 %) und Pflanzenschutzintensität (50 %)
Teilprojekt: Tachenhausen ist einer von 5 Standorten in BW (Ettlingen (LTZ), Ladenburg (RPK), Tachenhausen (HfWU), Boxberg (RPS) und Gäufelden-Taiflingen (RPS))
Laufzeit: Seit 2021 (Dauerversuch)
Fördermittelgeber: BLE
Projektleitung: Prof. Dr. Markus Frank
Projektbearbeiter: Sabine Kurz
Leadpartner: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Außenstelle Forchheim

Hintergrund und Problemstellung

Im Rahmen der Prognosen zum Klimawandel ist mit stärker wechselnden Wachstumsbedingungen zwischen den Jahren zu rechnen, sodass die Landwirtschaft vor der Herausforderung steht, im Rahmen der Klimaanpassung sich auf stärker variierende Anbaubedingungen einzustellen, auch regional. Die Verwendung von Modellen, ggf. unter Zuhilfenahme von aktuellen Wetterdaten und Wetterprognosen ermöglicht es der Landwirtschaft Betriebsmittel viel gezielter angepasst an die erwarteten Wachstumsbedingungen einzusetzen. Dafür bedarf es konkreter Tools, die es erlauben, während der Vegetationsperiode angepasste Entscheidungen mit Einsparungspotentialen zu treffen.

Das vorliegende Projekt soll Wege aufzeigen, wie ökonomischer Pflanzenbau mit Umweltzielen unter Verwendung von geeigneten Modellen verbunden werden kann, die Witterung und Standortbedingungen bei ihren Empfehlungen berücksichtigen. Plakativ sollen im mehrjährigen Durchschnitt mit etwa 50 % des Pflanzenschutzes und etwa 70 % der N-Düngung etwa 90 % des Ertrages, und (über die realisierten Einsparungen) nahezu 100 % des Deckungsbeitrags erzielt werden. Die als System angelegten ortsfesten Versuche in diesem Projekt sollen dabei als Schaufenster des Machbaren hinsichtlich praxisrelevanter Reduktionsstrategien dienen und eine entsprechende Datengrundlage über fünf verschiedene Umwelten bereitstellen.

Versuchsfragen

1. Kann mit reduziertem PSM Aufwand (50%) und reduzierter Düngung (70%) 90% des Ertrags erwirtschaftet werden?
2. Welche Rolle spielen Prognosemodelle bei der Zielerreichung?

Versuchsbeschreibung

Der Versuch umfasste drei Versuchsvarianten (*Standard*, *Grundabsicherung* und *IP+*), die an fünf Standorten (Ettlingen, Boxberg, Ladenburg, Tailfingen, Tachenhausen) mit jeweils vier Wiederholungen angelegt wurden. Die Versuchsflächen wurden in eine dreifeldrige Fruchtfolge integriert, bestehend aus Winterweizen, Wintergerste mit Zwischenfrucht bzw. Körnermais.

Tabelle 5: Unterschiede der drei Varianten Standard, Grundabsicherung und IP+ bezgl. Düngung und Pflanzenschutz im Systemversuch 2021-2024, Standort Tachenhausen.

Systeme/Variante	Standard	Grundabsicherung ≈ Farm to Fork	IP+
Düngung	Nach DüV	NID: 100% der Ertragserwartung	NID: 90% der Ertragserwartung
Pflanzenschutz	Standard: erlaubt nach guter fachlicher Praxis: Absicherung mit Insektiziden, 2-3 Fungiziden, 1-2 Unkrautregulierung, WR	Grundabsicherung: z.B. Getreide: - 1 x Fungizid kurz vor Blüte (Fusarien) - 1 x Herbizid - Im Grundsatz keine WR, kein chem.-synth. Insektizide	

Versuchsanlage und erhobene Parameter

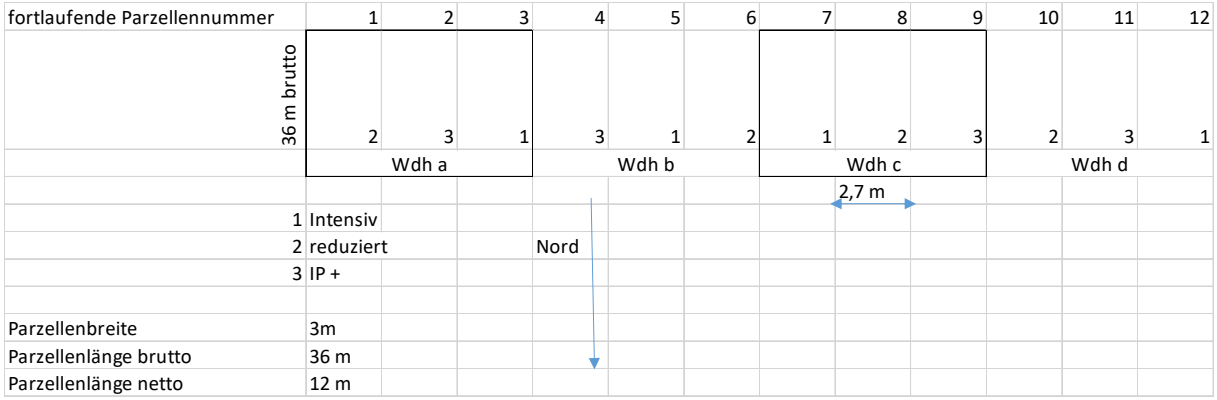


Abbildung 19: Die Abbildung hat folgende BU: Randomisationsplan im Dauerversuch 2021-2024 am Standort Tachenhausen. Variante 1=Standard, Variante 2=Grundabsicherung, Variante 3=IP+

Erhobene Parameter

Im Bestand: Feldaufgang, Bestandesdichte vor Ernte (bei WW & WG: ährentragende Halme/m², bei Silomais: Pflanzen/m²), Grünwert zum Beginn Kornfüllung (N-Gehalt Blatt), Bonitur Krankheiten und Schädlinge sowie Verunkrautung, Unkrautdeckungsgrad

Im Korn: Ertrag, Hektolitermasse, Fallzahl, TKM, N-Gehalt bzw. Rohprotein, Vollgerstenanteil

Silomais: Ertrag, TM-Gehalt, Stärkegehalt, N-Gehalt, Rohfasergehalt, DON-Gehalte.

Im Boden: Grundnährstoffuntersuchung (Beginn Versuchsreihe), Nitrat bzw. N_{min} zu Vegetationsbeginn und Vegetationsende (sog. SchALVO-Herbst-Termin).

Tabelle 6: Beschreibung der Varianten im Systemversuch ab Saison 2022

Varianten	Beschreibung
1: System „Standard“	Intensivere Bewirtschaftung. Der Düngebedarf wird anhand der DüV-Vorgaben bemessen. Der Pflanzenschutz erfolgt nach nötiger Prämisse und durchaus unter Einbeziehung von vorbeugenden Behandlungen, wobei diese nicht schematisch durchgeführt, sondern an Gegebenheiten des Vegetationsjahres angepasst werden sollen. Prognose- bzw. Entscheidungsmodelle werden nicht verwendet.
2: „Grund-Absicherung“	Bestandsführung zur Grundabsicherung des Ertrages, es werden also nur unbedingt notw. Maßnahmen durchgeführt. Das System „Grundabsicherung“ soll eine Bewirtschaftung mit etwas geringerer Intensität widerspiegeln, allerdings mit dem Ziel, die gleichen Erträge wie im Standard-System zu erreichen. Der Düngebedarf wird anhand der Landesempfehlung (NID-Vorgaben in „Düngung BW“) bemessen. Die Ertragserwartung wird gleich hoch angesetzt wie in der Standardvariante. Der Pflanzenschutz dient der Grundabsicherung nach dem Schadschwellen-Prinzip. Die Reduktion wird durch eine schematische Vorgabe der Anzahl und eines möglichen Zeitpunkts der Applikationen realisiert (z. B. im Getreidebau kein Wachstumsregler, kein Fungizid vor EC 39).
3: „IP+“	Bestandsführung nach integriertem Pflanzenschutz, gestützt durch Prognosemodelle Das System IP+ spiegelt die Maßnahmen des integrierten Pflanzenbaus wieder (vergleichbar System 2), zusätzlich wird die Düngung nochmals reduziert. Der Düngebedarf wird auf Basis der NID-Vorgaben ermittelt, wobei ein Ertragsniveau von 90 % von „Standard“ angenommen wird. Der Pflanzenschutz dient der Grundabsicherung nach dem Schadschwellen-Prinzip. Die Reduktion wird einerseits durch eine schematische Vorgabe der Anzahl und eines möglichen Zeitpunkts der Applikationen realisiert (z. B. im Getreidebau kein Wachstumsregler, kein Fungizid vor EC 39), danach anstehende Pflanzenschutzmaßnahmen basieren strikt auf Befallsrichtwerten. Zur Abschätzung des allgemeinen Risikos werden Modelle (hier: ISIP) verwendet, die aber durch Bestandesbonituren ergänzt werden. Die Behandlung erfolgt anhand der tatsächlichen Situation des Bestandes.

Zentrale Ergebnisse Anbau Wintergerste Royce, Erntejahr 2024

Der Versuch stand im 4. Jahr. Die Wintergerste entwickelte sich sehr gut, litt aber im Verlauf der Vegetation stark unter den üppigen Niederschlägen. Die Fungizidbehandlung war in dieser speziellen Saison sehr stark ertragswirksam (Abb. Abbildung 2016).

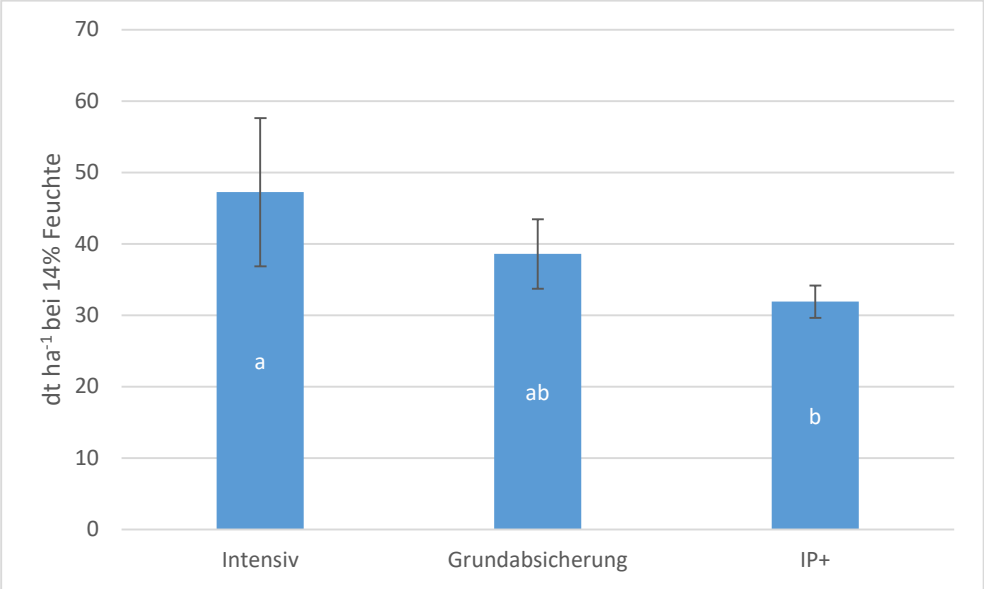


Abbildung 20: Kornerträge der Wintergerste Royce am Standort Tachenhausen im Systemversuch 2024

Im vierten Durchführungsjahr wurden alle Standorte und Jahre von Dr. Kurt Möller ausgewertet. Es zeigt sich, dass die N-Überschüsse durch die reduzierte Düngung in der Variante „IP+“ sehr stark reduziert wurde bei gleichbleibend hohen Pflanzenschutzmittel- und N-Kosen-freien Erlösen *Abbildung 21*

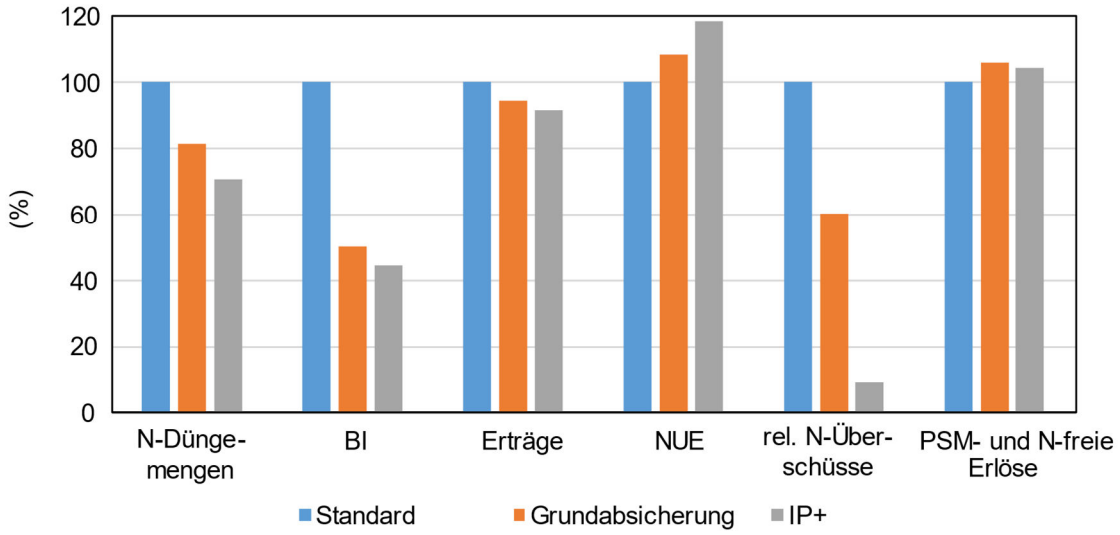


Abbildung 21: N-Düngemengen (%), Behandlungsindex (%), Ertäge (%), N-use-efficiency (%), N-Überschüsse (%) und PSM-und N-Kosten-freie Erlöse (%) jeweils in Bezug auf die Variante „Standard“. Daten aus vier Jahren und aus 5 Standorten, dreifeldrige Fruchtfolge aus Winterweizen, Wintergerste, Zwischenfrucht und Silomais. Folie Kurt Möller

Ausblick

Betriebswirtschaftliche Analyse und Gesamtauswertung durch das LTZ Augustenberg unter Leitung von Dr. Kurt Möller

Veröffentlichungen

Der Wissenstransfer findet in enger Abstimmung mit den Beteiligten und anderen unteren Landwirtschaftsbehörden statt. Die Ergebnisse sollen auf verschiedenen Ebenen zugänglich gemacht werden. Besondere Bedeutung hat hierbei die Einbindung praxisbezogener Medien, um interessierten Landwirten und Züchtern eine Orientierung über das Thema zu verschaffen. Darüber hinaus findet Wissenstransfer durch Erstellung von Beratungsunterlagen, von Unterrichtsmaterialien, und durch Publikationen in Fachjournalen, sowohl in Praxis-Zeitschriften als auch in wissenschaftlichen Zeitschriften statt. Darüber hinaus werden Vorträge auf wissenschaftlichen Tagungen (z. B. Pflanzenbautagung, Pflanzenschutztagung, VDLUFA-Kongress) sowie auf Wintertagungen der Verbände und anderen Veranstaltungen mit Teilnahme interessierter Landwirte gehalten. Ein wichtiger Schritt zur Verwertung der Daten ist die Integration der Ergebnisse in Lehrveranstaltungen und die Durchführung von studentischen Abschlussarbeiten sowohl an der HfWU als auch an der Universität Hohenheim.

3 Tierhaltung/Nutztierwissenschaften

3.1 Klima-Milchfarm

Standort: On-Farm Research Betrieb Frese, 34576 Mörshausen
Projekt-Titel: ursprünglicher Titel „Net Zero Farm“, aktuell „Klima-Milchfarm“
Laufzeit: 01.10.2021 – 30.04.2026
Fördermittelgeber: Hochwald Foods GmbH und Original Wagner Pizza GmbH
Projektleitung: Prof. Dr. Markus Frank, Prof. Dr. Stephan Schneider
Projektbearbeiter: Prof. Dr. Markus Frank, Prof. Dr. Stephan Schneider, Veronika Leberle
Projektpartner: Hochwald Foods GmbH, Original Wagner Pizza GmbH, Johann Heinrich von Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, Bodensee-Stiftung

Hintergrund und Problemstellung

Deutschland verpflichtete sich auf internationaler Ebene zur Minderung von Emissionen (z.B. NH_3) und Treibhausgasen (THG (CO_2, N_2O, CH_4)). Bis 2045 will Deutschland klimaneutral werden. Die deutsche Landwirtschaft war 2023 für 8,15% der gesamten THG-Emissionen Deutschlands verantwortlich. Wesentliche Quellen sind Methanemissionen aus der tierischen Verdauung (47,8%) und Lachgasemissionen aus Böden (27,7%).

Forschungsfragen

1. Wie weit lassen sich die THG-Emissionen eines Milchviehbetriebs innerhalb der Projektlaufzeit reduzieren?
2. Was sind die großen Hebel auf einem Milchviehbetrieb zur Reduzierung der Emissionen („reduction“) und Speicherung von Kohlenstoff im Boden („removal“) und wie sind diese ökonomisch zu bewerten?

Versuchsanlage und erhobene Parameter

Die THG-Emissionen des Pilotbetriebes werden mit dem Programm „Cool Farm Tool (CFT)“ zu Projektstart („Nullpunktbestimmung“, Wirtschaftsjahr 2020/2021) sowie nach jedem weiteren Projektjahr („Erstpunktbestimmung“ bis „Viertpunktbestimmung“) berechnet. Durch Umsetzung von Maßnahmen zur Emissionsminderung im Stall und im Pflanzenbau wird versucht die THG-Emissionen sukzessive zu reduzieren.

Im Stall und Pflanzenbau wurden im Jahr Wirtschaftsjahr 2023/2024 unter anderem folgende Maßnahmen umgesetzt:

Stallbau und Tierhaltung: Einsatz eines Güllezusatzstoffes zur Verringerung der Methan- und Lachgasemissionen, Installation eines emissionsmindernden Gummibodens im Laufgang, Einsatz eines Güllesammelroboters, weitere Intensivierung und Optimierung der Jungviehaufzucht, Einsatz eines Futterzusatzstoffes zur Reduktion der Methanemissionen, Installation von zusätzlichen Lüftern zur Vermeidung von Hitzestress bei den laktierenden und trockenstehenden Kühen

Pflanzenbau: Erhöhter Anteil von Leguminosen in der Fruchtfolge, Umsetzung einer optimierten Grünlandstrategie mit abgestufter Grünlandnutzung, Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren im Mineraldünger, Wiesennachsaat mit Kleegrasmischung

Zentrale Ergebnisse

In der Nullpunktbestimmung zu Beginn des Projektes mussten zahlreiche Annahmen in der Bilanzierung getroffen werden, da notwendige Input-Daten teilweise nicht bekannt waren (beispielsweise Erträge, Tiergewichte) und die entsprechende Messtechnik noch nicht auf dem Betrieb installiert war. Darüber hinaus wurde keine Kohlenstoff-Sequestrierung als Negativemission vom Bilanzierungsergebnis abgezogen.

Für jedes Bewertungsjahr wurde der Fußabdruck des Produktionssystems Milch bilanziert. Die Systemgrenze der Bewertung endete am Hof des Landwirts („cradle to gate“). Als Bilanzierungszeitraum wurde das Wirtschaftsjahr, welches vom 01.07. bis 30.06. dauert, herangezogen. Die Ergebnisse der verschiedenen Emissionskategorien sind in Abbildung 18 dargestellt.

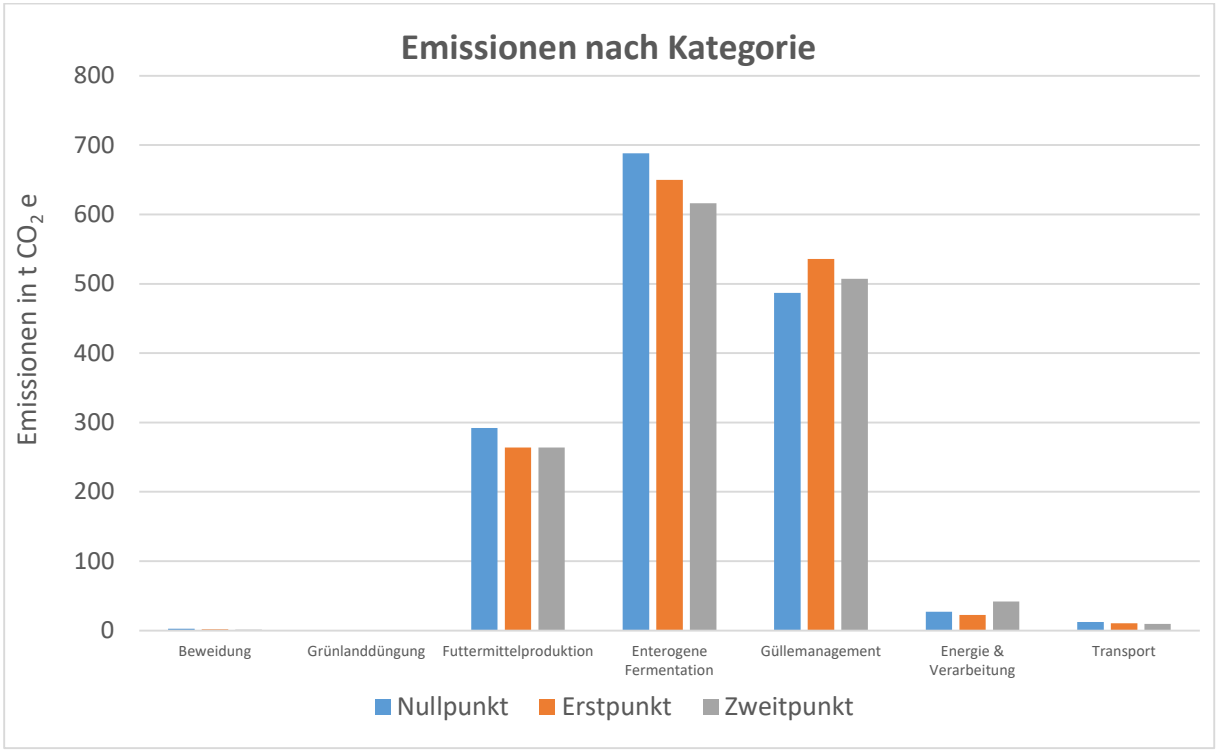


Abbildung 22: Ergebnis der Cool farm tool-Modellierung der Treibhausgasemissionen und Verteilung auf die einzelnen Emissionskategorien, Betrieb Frese (Nullpunktbestimmung: WJ 2020/2021, Erstpunktbestimmung: WJ 2021/2022, Zweitpunktbestimmung: WJ 2022/2023)

Insbesondere die Treibhausgasemissionen aus der enterischen Fermentation tragen mit über 40% zur Gesamtemission des Betriebes bei. Durch den Anbau von Leguminosen, Zwischenfrüchten und Blühflächen sowie Nutzung einer Streuobstwiese und die Neuanlage von Hecken und Bäumen wird Kohlenstoff sequestriert, was gegengerechnet wird.

Ausblick

In der restlichen Projektlaufzeit sind – bis auf den Neubau des Jungvieh-, Trockensteher und Special-needs-Stalls - keine weiteren Maßnahmen zur THG-Minderung geplant. Die schon implementierten Maßnahmen werden mindestens bis zum 30.06.2025 weitergeführt, und anschließend ökonomisch, ökologisch und sozial bewertet.

3.2 GesundeZiegen - Zucht auf Gesundheit und Robustheit bei Milchziegen ausbauen

Standort: On-Farm auf Milchziegenbetrieben in Deutschland (Baden-Württemberg, Bayern, Rheinland-Pfalz, Thüringen, Sachsen & Hessen)
Projekt-Titel: GesundeZiegen – Zucht auf Gesundheit und Robustheit bei Milchziegen ausbauen
Teilprojekt: AP 2: Untersuchungen zu neuen Merkmalen der Gesundheit und Robustheit bei Ziegen
Laufzeit: 01.10.2021 – 31.10.2025
Fördermittelgeber: BLE Programm Nutztier
Projektleitung: Prof. Dr. Maren Bernau
Projektbearbeiter/innen: Franziska Handke (01.01.2022 – 31.08.2022), Sara Alexandra Goth (01.10.2022 – 31.08.2024), Heiko Eßlinger (seit 01.01.2023 – 31.01.2025)
Projektpartner: Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, Abteilung 3 - Geodatenzentrum Referat 35 (PD Dr. Pera Herold, Gero Seyfang); Universität Hohenheim, Fg. Infektions- und Umwelthygiene bei Nutztieren (Prof. Dr. Ludwig Hölzl, Dr. Thorben Schilling)

Hintergrund und Problemstellung

Zuchtziel Gesundheit & Robustheit

- bislang nicht hinreichend definiert
- Merkmalserhebung aufgrund fehlender Definition nicht möglich
- züchterische Bearbeitung nicht möglich

Abbildung 23: Darstellung der drei verwendeten Ziegenrassen in verschiedenen Positionen bei der Datenerhebung

Versuchsfragen

1. Merkmalskandidaten definieren, die im Zusammenhang mit Gesundheit und/oder Robustheit von Milchziegen stehen können
2. Erkennen von relevanten Exterieurmerkmalen für die Zuchtselektion und **Tierwohl in Milchziegen haltenden Betrieben züchterisch verbessern**

Versuchsanlage und erhobene Parameter

- Datenerhebung erfolgt auf 12 Milchziegenbetrieben in Deutschland
- vertretene Rassen: Weiße Deutsche Edelziege, Bunte Deutsche Edelziege und Thüringer Waldziege
- Datenerhebung erfolgt 3x pro Laktation
- Stichprobe besteht dabei jeweils aus 4 Mutter-Tochterkombinationen aus jeder Leistungsgruppe (oberes, mittleres & unteres Leistungsdrittel)

Erhebung der folgenden Merkmale:

- Tierwohlindikatoren (mod. nach Sporkmann & Georg, 2018)
- Erfassung verschiedenster Körpermaße anhand
    - Fotographischer Aufnahmen
    - Thermographischer Aufnahmen
    - Ultraschallmessungen
- Erfassung diverser Hygieneparameter inklusive Parasitenbefall mittels FAMACHA-Score und McMaster-Verfahren

Ergebnisse

- Auswertung der Projektdaten ist abgeschlossen, die Auswertungen und Veröffentlichungen der Daten dauern noch in 2025 an
- Erste Veröffentlichungen sind zu finden unter:
    - Bernau, M., S.A. Goth, H. Eßlinger, L.E. Hölzle, T. Schilling (2024): Health traits as a way to estimate faecal egg count in dairy goats? – preliminary results. 75th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 01.-05.09.2024, Florence, Italy. ISBN: 979-12-210-6769-9. Abstract book page 763
    - Goth, S.A. and M. Bernau (2024): Infrared thermography in dairy goats to define health traits – preliminary results. 75th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 01.-05.09.2024, Florence, Italy. ISBN: 979-12-210-6769-9. Abstract book page 943

Ausblick

- weitere Veröffentlichungen sind für 2025 geplant

Abbildung 24: Webseite GesundeZiegen, HfWU

3.3 Modellregion Agri-PV BW - Kombination der Freilandhaltung von Legehennen mit einer Freiflächen-PV-Anlage – Begleitforschung

Standorte: Schöntal und Uttenweiler
Projekt-Titel: Modellregion Agri-Photovoltaik für Baden-Württemberg
Teilprojekt: Kombination von Photovoltaik und Freilandhaltung Legehennen
Laufzeit: 21.12.2022 – 31.12.2024
Fördermittelgeber: Ministerium für Ernährung, Ländlicher Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg
Projektleitung: Prof. Dr. Barbara Benz
Projektbearbeiter/innen: Sarah Kimmich

Hintergrund und Problemstellung
Um den Klimawandel zu bekämpfen, ist der Ausbau erneuerbarer Energien essenziell. Ihr Anteil am Primärenergieverbrauch stieg von 7 % (2005) auf 17 % (2022), an der Stromerzeugung auf 36 %, wobei Photovoltaik mit 11 % die wichtigste Quelle war (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2023). Das EEG 2023 fördert Freiflächenanlagen auf Konversionsflächen sowie entlang von Verkehrswegen. In Baden-Württemberg erlaubt die Freiflächenöffnungsverordnung (FFÖ-VO) seit 2017 Photovoltaik auf benachteiligten Flächen. Das Projekt „Modellregion Agri-PV Baden-Württemberg“ untersucht die Kombination von Photovoltaik mit Freilandhaltung von Legehennen.

Der Anteil der Freilandhaltung stieg stark: 2000 waren es 4 %, 2023 bereits 37 % aller Haltungsplätze. Die Zahl der Betriebe verdreifachte sich seit 2011 auf 102 (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2024).

Freilandhaltung verbessert Federkleid und Knochengesundheit, birgt aber Risiken wie Parasitenbefall (Knierim, 2006). Gesetzlich sind 4 m² Auslauf pro Huhn vorgeschrieben (Verordnung (EG) Nr. 589/2008, 2008), doch die Nutzung ist ungleichmäßig: 45 % der Hennen bleiben in den ersten sechs Metern um den Stall, nur 31 % nutzen entfernte Bereiche (Elbe et al., 2005). In großen Ställen werden oft deutlich weniger als die geforderten vier Quadratmeter Auslauffläche pro Tier genutzt (Keppler, 2024).

Die intensive Nutzung stallnaher Flächen führt zu Grasnarbenschäden und hohen Nährstoffkonzentrationen. Kotanfall im Auslauf beträgt 5–30 % des Gesamtanfalls (Keppler, 2024). In 2 m Entfernung vom Stall wurden bis zu 2086 kg N/ha gemessen (Elbe et al., 2005) – eine Herausforderung für nachhaltige Freilandhaltung.

Versuchsfragen
Ziel des Projektes ist es, Wechselwirkungen zwischen den PV-Modulen und der Tierhaltung zu erfassen und Empfehlungen sowohl für zukünftige Praxisanlagen als auch für rechtliche Vorgaben zu entwickeln. Der Fokus liegt auf:

1. Optimierung der baulich-technischen Anforderungen zur Vereinbarkeit von PV-Anlagen und Tierhaltung
2. Analyse der Auswirkungen auf Auslaufnutzung, Nährstoffeintrag und Umwelt
3. Entwicklung praxisnaher Empfehlungen für Landwirte und Gesetzgeber

Versuchsanlage und erhobene Parameter

Die beiden Untersuchungsbetriebe bieten Legehennenausläufe quer bzw. längs zum Stall (Abb. 21). Der Betrieb Möhler hält ca. 5000 Freilandhühner auf 2,1 ha. Die Agri-PV-Anlage (1 ha) ermöglicht eine Auslaufaufteilung: eine Herde komplett unter der Anlage, eine teils unter und teils auf Freifläche, eine nur auf Freifläche.

Beim Betrieb Keppler (5000 Hühner in zwei Herden) gibt es eine Braun- und eine Weißlegerherde. Die PV-Anlage (2,19 ha) teilt den Auslauf: Eine Herde nutzt den Bereich unter der Anlage, die andere die Freifläche.

Abbildung 25: *Aufteilung der Grünausläufe auf dem Betrieb Keppler (links) und Betrieb Möhler (rechts)*

Anhand eines Luftbildes wurden Radien von 10 m, 20 m, 40 m, 80 m und 100 m um die Auslauföffnungen festgelegt. Darüber hinaus wurden Entfernungen bis 40 m zum Stall als stallnaher Bereich, Entfernungen zwischen 40 m und 80 m als mittlerer Abstand zum Stall und Entfernungen über 80 m als stallferner Bereich definiert. Alle durchgeführten Untersuchungen orientieren sich an diesen Entfernungen, um eine Vergleichbarkeit darzustellen.

Wesentliche Unterschiede der PV-Anlagen auf den beiden Untersuchungsbetrieben sind die Ausrichtung der Stallgebäude sowie die Abstände und Breite der Modultische (Tab. 8).

Tabelle 7: Eigenschaften der Grünausläufe und der PV-Anlagen auf den Betrieben Möhler und Keppler

Anlageneigenschaften	PV Möhler	PV Keppler
Stallausrichtung	O/W	NO/SW
Ausrichtung PV-Anlage	S	S
Ausrichtung zum Stall	parallel	90° Winkel
Abstand zum Stall	8 m	13 m
Grünauslauf	2,1 ha	2,19 ha
Modulfläche	0,55 ha	0,47 ha (erster Abschnitt)
Abstand der Reihen	2,1 m	4,5 m
Höhe 1	1,2 m	1,3 m
Höhe 2	3,0 m	2,6 m
Breite der Modultische	6,8 m	4,5 m
Modultyp	bifazial	einseitig
Ausrichtung der Module	hochkant	hochkant
Anzahl Abtropfkanten	3	2

Erste vorläufige Ergebnisse

Tierverhalten nach Anlagenbau

Eine einfache Auswertung zufällig ausgewählter Tage (drei Tage pro Woche von März bis Juli 2024) ohne Berücksichtigung von Wetterdaten und Störfaktoren zeigt, dass sich eine große Anzahl von Tieren im stallnahen Bereich direkt vor den Auslauföffnungen aufhält. In den ca. 150 m² bis 200 m² großen Bereichen bis zu einer Entfernung von 10 m vom Stall sind durchschnittlich 15 bis 25 Hennen anzutreffen. Punktuell werden 4 m² je Henne deutlich unterschritten. Bereits ab einer Entfernung von 20 m zum Stall nimmt die Anzahl der Tiere in den Ausläufen ab. In allen drei Ausläufen befinden sich durchschnittlich zwei bis drei Hennen auf der Fläche. Dies gilt auch für die Ausläufe in einer Entfernung von 40 m. Erst ab einer Entfernung von 80 m zeigt sich ein Unterschied zwischen Auslauf 1 und Auslauf 2. Im mittleren Auslauf 2 unter der PV-Anlage halten sich mehr Hennen auf als in der gleichen Entfernung im Auslauf 1 am Rand der PV-Anlage. Auf der Freifläche von Auslauf 3 befinden sich ab einer Entfernung von 80 m zum Stall keine Hennen mehr.

Ergebnisse Beutegreifer

Nur auf dem Betrieb Möhler wurde bereits eine Herde ausgestallt, die vor Bau der PV-Anlage im Sommer 2023 bis Ende Juli 2024 Zugang zum Grünauslauf unter der Anlage hatte. Die undokumentierten Tierverluste lagen nach Aussagen des Betriebsleiters mit 700 Tieren sehr hoch. Seit Einstallung der jetzigen Herde im August 2024 konnten vermehrt Spuren von Tierrissen, punktuell Federn unter der PV-Anlage, beobachtet werden. Eine Auswertung der Tierverluste vorhergehender Herden steht noch aus.

Erste Ergebnisse der Nitrat- und Phosphoranalyse

Eine erste deskriptive Auswertung der mittleren Nitratgehalte der Bodenproben, die nach dem Bau der Anlagen entnommen wurden, zeigt einen abnehmenden Wert mit zunehmender Entfernung vom Stall. In unmittelbarer Nähe der Auslauföffnungen wurden zwischen 280 kg N/ha in Auslauf 1 und über 400 kg N/ha in Auslauf 2 gemessen. Diese Werte liegen noch unterhalb der in der Literatur genannten Werte, nach Düngeverordnung dürfen jedoch nur durchschnittlich 170 kg N/ha und Jahr auf einem Betrieb ausgebracht werden. Auch in einer Entfernung von ca. 20 m vom Stall liegen die Werte in

Auslauf 1 und Auslauf 2 noch über 200 kg N/ha. Erst ab einer Entfernung von 40 m liegen alle drei Werte im zweistelligen Bereich. Die Werte von Auslauf 3, dem Auslauf ohne PV-Anlage, liegen in allen Bereichen unter denen von Auslauf 1 mit 100 % PV-Anteil und Auslauf 2 mit 50 % PV-Anteil. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei den Phosphorwerten. Im stallnahen Bereich wurden die höchsten Werte gemessen, mit zunehmender Entfernung von den Auslauföffnungen nehmen auch die Phosphormengen im Boden ab.

Pflanzenarten, Deckungsgrad und TM-Ertrag

Unter geschützten Bodenflächen fanden sich teils viele Pflanzenarten. Ende Juni wurden unter den Modulen im Schnitt 3,1 Arten, zwischen den Modulen 6,3 Arten nachgewiesen. Im Oktober war der Unterschied geringer (4 vs. 2,8 Arten). Auch die Trockenmasse variierte: Im Juni 17,9 % zwischen und 12,1 % unter den Modulen, im Oktober 19 % vs. 18,8 %. Der Grasnarbenzustand verschlechterte sich: Im Juni war die Bodenbedeckung zwischen den Modulen 87 %, unter den Modulen 59 %, im Oktober nur noch 50 % bzw. 15 %.

Zeitlicher Verlauf der Bodenfeuchte

Die Sensoren zeigen höhere Bodenfeuchte unter der PV-Anlage und stärkere Schwankungen zwischen den Modulreihen. Nach einer Niederschlagsperiode (23.09.-14.10.2024) erreichte der Sensor zwischen den Modulen 66 %, fiel auf 55 % und stieg nach erneutem Regen (über 40 l/m²) wieder auf über 60 %. Der Sensor unter der PV-Anlage zeigte hingegen nur geringe Schwankungen mit leicht negativem Trend (Abb. 22).

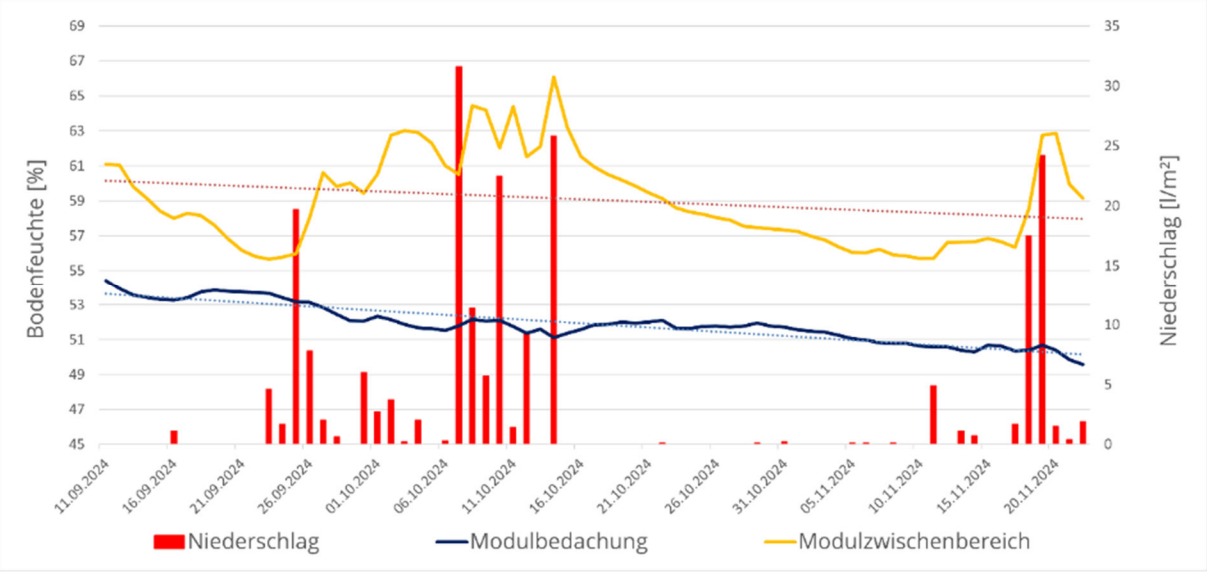


Abbildung 26: Zeitlicher Verlauf der Bodenfeuchte zwischen und unter den Modulreihen

Ausblick

Aktuell werden weiter Daten zur Nutzung von Agri-PV-Flächen durch Freilandhennen erfasst. Auf dem Betrieb Keppler wurde die PV-Anlage im Herbst 2024 fertiggestellt und die Aufzeichnung der Tierbewegungen begonnen. Die Herden aus Braun- und Weißlegern werden 2025 getauscht, um Verhaltensunterschiede zu analysieren.

Zudem werden Nährstoffeinträge und Bodenfeuchte untersucht, jedoch fehlen Daten zu Vegetation und tierbezogenen Indikatoren. Erste Ergebnisse der Beobachtungen auf dem Betrieb Möhler zeigen positive Effekte, aber auch Herausforderungen wie Erosion und Greifvogelverhalten.

Unterschiede in Modulausrichtung und Bauweise beeinflussen möglicherweise die Nutzung durch die Tiere. Die Anlagenkonstruktion könnte Beutegreifer anziehen und in der Folge die Auslaufnutzung durch die Legehennen beeinflussen. PV-Anlagen haben Potenzial für die Freilandhaltung, erfordern aber weitere Forschung zur Optimierung der Bauweise und Minimierung von Risiken.

Literatur

- Elbe, U., Roß, A., Steffens, G., Van den Weghe, H., & Winckler, C. (2005). Ökologische Legehennenhaltung in großen Herden: Spezifische Auslaufnutzung und Nährstoffeintrag. Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, S. 307 - 310.
- Keppler, C. (2024). Auslaufmanagement: Frische Luft hat ihren Preis. Abgerufen am 28. 11 2024 von DGS-Magazin: https://www.dgs-magazin.de/themen/stallbau-ausruestung/article-7971136-175624/auslaufmanagement-frische-luft-hat-ihren-preis-.html?UID=003A02EAAC3F9974C329B51F150C1B19F353CD5340C7066709
- Knierim, U. (2006). Animal welfare aspects of outdoor runs for laying hens: a review. Wageningen Journal of Life Sciences, S. 133 - 145.
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2023). Pressemitteilung 10/2023. Baden-Württemberg: Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung bei 36 %. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg.
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. (2024). Energiebericht 2024. Fellbach: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg.

3.4 Mehr Nachhaltigkeit in der Wertschöpfungskette Schweinefleisch durch stabile regionale Lieferketten (EIP WertSchwein)

Standort: Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen
Projekt-Titel: EIP-Projekt „WertSchwein“ – Mehr Nachhaltigkeit in der Wertschöpfungskette Schweinefleisch durch stabile regionale Lieferketten
Teilprojekt: Betriebswirtschaftliche Bewertung (Arbeitspaket 4)
Laufzeit: 01.01.2023 – 31.12.2024
Fördermittelgeber: EIP-Agri
Projektleitung: Prof. Dr. Jürgen Braun
Projektbearbeiter/innen: Katharina Muschialik, Susanne Ufer
Projektpartner: VdAW – Verband der Agrargewerblichen Wirtschaft e.V. (Lead-Partner)**,** OPG (Operationelle Gruppe) bestehend aus: Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Bodensee Stiftung, Landesanstalt für Schweinezucht Boxberg, 20 landwirtschaftliche Betriebe aus Baden-Württemberg, Schleker Ferkel- und Schweinehandels GmbH, UEG Hohenlohe-Franken, Erzeugergemeinschaft Süd, Ulmer Fleisch, Müller Fleisch GmbH, Vion Crailsheim und MEGA-Fleisch

Hintergrund und Problemstellung

Die regionale Schweinefleischproduktion steht durch den globalen Wettbewerb vor immer mehr Herausforderungen. Während das Thema Nachhaltigkeit in der heimischen Landwirtschaft einen immer größeren Stellenwert erhält, werden an internationale Produkte meist keine oder geringe Anforderungen an Nachhaltigkeit und Tierwohl gestellt. Diese Problematik wurde durch das EU- geförderte EIP Projekt „WertSchwein“ genauer untersucht.

Ziel des Projekts war zunächst die Identifizierung und die Steigerung von Nachhaltigkeitsleistungen einer regionalen Schweinehaltung. Darüber hinaus sollte auf dieser Basis ein Konzept entwickelt werden, mit dem diese erbrachten Leistungen adäquat und fair für alle beteiligten Lieferketten-Akteure honoriert werden können.

Basis für die regionale Produktion sind stabile Lieferketten. Dazu wurden die vier Wertschöpfungsketten „Gutfleisch“ (Regionalmarke von Edeka), „Hofglück“ (Edekamarke für mehr Tierschutz), „Landbauern Schwein“ (Regionalmarke von Rewe) und „Süddeutsches Schweinefleisch“ (Marke des Fleischherstellers Ulmer Fleisch) analysiert und mit Hilfe der erhobenen Daten Konzepte für ein nachhaltigkeitsorientiertes Liefer- und Vertragssystem entwickelt.

Unter Praxisbedingungen wurden Klimaschutz- und Biodiversitätsleistungen, fütterungsrelevante, ackerbauliche Daten und Daten zum Tierwohl und zur Tierhaltung auf den landwirtschaftlichen Betrieben erhoben sowie umsetzbare Maßnahmen erarbeitet, die zu einer Steigerung der ökologischen und futterbedingten Nachhaltigkeit führen. Im Teilprojekt 4, das von der HfWU bearbeitet wurde, sollten die erfassten Nachhaltigkeitsleistungen der Betriebe ökonomisch bewertet werden, sodass am Ende dafür indikatorbasierte Werte vorliegen.

Versuchsfragen

1. Welche „Nachhaltigkeit“-Leistungen werden und können durch die regionale Schweinehaltung und regionale Lieferketten erbracht werden?
2. Wie können diese bewertet und schließlich vom Markt honoriert werden?
3. Wie können Lieferketten stabilisiert werden und so die regionale Produktion gestärkt werden?

Versuchsanlage und erhobene Parameter

Für die Erfassung der für eine Wirtschaftlichkeitsanalyse erforderlichen Daten (monetäre Leistungen und Kosten, produktionstechnische Parameter) wurde in Anlehnung an die Deckungsbeitragsrechnung der LfL Bayern ein Erhebungsbogen entwickelt, der mittels einer Excel-Anwendung, differenziert für jeden einzelnen Betrieb, ausgewertet und im Ergebnis zu einer Berechnung der Deckungsbeiträge genutzt werden kann. Die Erfassung der Daten erfolgte durch die Betriebe selbst mit entsprechender Übermittlung per Mail an die HfWU.

Neben den produktionsabhängigen Faktoren wurden außerdem die zur jeweiligen Lieferkette gehörenden Konditionen im Erhebungsbogen mit abgefragt, um lieferkettenabhängige Parameter untersuchen zu können.

Im Hinblick auf die in den Teilprojekten der Projektpartner dargestellten Strategien zur Fütterung und den ökologischen Auswirkungen, die den Ackerbau betreffen, wurden zunächst Deckungsbeiträge berechnet, jedoch weniger auf der Basis betriebsindividueller Daten. Es wurden lediglich der Ertrag und Anbauumfang der Kulturen als betriebsindividuelle Größe erfasst. Für die übrigen für die Berechnung des Deckungsbeitrags erforderlichen Werte wurde auf die Werte der Deckungsbeitragsrechnung der LfL in Bayern zurückgegriffen.

Für die Ermittlung relevanter Nachhaltigkeitsleistungen im Bereich der sozialen Dimension, die ebenfalls Teil des AP 4 war, wurde ein Fragebogen erstellt, in dem Parameter zu Fort- und Weiterbildungen sowie sozialem Engagement abgefragt wurden.

Zentrale Ergebnisse

Von den 20 teilnehmenden Betrieben füllten 19 Betriebe den Fragebogen zur Deckungsbeitragsermittlung aus. Betriebszweigabhängig wurden anhand der angegebenen Daten die Leistungen und Kosten sowie die Deckungsbeiträge für das Kalenderjahr 2022 ermittelt und in einem betriebsindividuellen Bericht zusammengefasst.

Für die von der Bodenseestiftung festgelegten Nachhaltigkeits- und Biodiversitätsmaßnahmen im Bereich der tierischen Erzeugung und Ackerbau wurde ein „Maßnahmenkatalog“ erstellt. Durch die Integration von Nachhaltigkeitsmaßnahmen entstehen dem landwirtschaftlichen Betrieb verschiedene Arten von Kosten, welche für jede der Maßnahmen berechnet wurden.

Das größte CO_2 Einsparpotential bietet der Ersatz von Übersee-Soja Soja (sofern nicht entwaldungsfrei: im QS-System seit Januar 2024 nicht mehr zulässig) in der Futterration durch EU-Soja oder heimische Leguminosen. Diese Maßnahme ist allerdings mit höheren Kosten verbunden, da das Übersee-Soja eine preisgünstige Alternative bietet und sich die alternativen Eiweißfuttermittel an der Preisnotierung für EU-Soja orientieren.

Für die Identifizierung möglicher Abrechnungs-/Preismodelle wurden die fünf im Projekt berücksichtigten Wertschöpfungsketten herangezogen auf deren Basis vier unterschiedliche Preismodelle abgeleitet wurden.

Preismodell 1: Festpreis €/kg SG
Unabhängig von der Notierung wird monatlich ein fixer Preis pro Kilogramm Schlachtgewicht (kg SG) ausgezahlt, mit dem alle „Zuschläge" abgedeckt werden.

Preismodell 2: Notierung + Zuschlag €/kg SG
Ausgangspunkt ist hierbei die jeweils gültige Notierung. Zusätzlich wird monatlich ein Zuschlag pro kg SG ausgezahlt, der sich aus unterschiedlichen Komponenten zusammensetzt.

Preismodell 3: Notierung + tierbezogener Zuschlag €/Tier
Dieses Preismodell ist unabhängig vom Schlachtgewicht. Pro Schlachttier wird zusätzlich zur Notierung ein fixer Betrag pro Tier ausgezahlt, der sich aus unterschiedlichen Komponenten zusammensetzen kann.

Preismodell 4: Notierung + Zuschlag €/kg SG + tierbezogener Zuschlag €/Tier
Bei diesem Modell handelt es sich um eine Kombination aus Modell 2 und 3. Es wird zusätzlich zur Notierung ein Zuschlag je kg SG und ein tierbezogener Zuschlag ausgezahlt.

Um untersuchen zu können, wie sich die identifizierten Preismodelle auf die Wirtschaftlichkeit des Produktionsverfahrens auswirken, wurden in Anlehnung an die in den einzelnen Wertschöpfungsketten bereits bezahlten Beträge Zuschläge festgelegt und verschiedene Szenarien berechnet.

Im Bereich der sozialen Dimensionen lag die Rücklaufquote des Fragebogens bei 70%. Bei den Fort- und Weiterbildungen nehmen Themen zur verbesserten Tierhaltung, effizienten Ressourceneinsatz sowie umweltschonende Produktion einen hohen Stellenwert ein.

BetriebsleiterInnen engagieren sich im Durchschnitt 40,3 Tage im Jahr ehrenamtlich für gesellschaftliche Belange. Davon entfallen 50,5 % auf berufsbezogenes Engagement und 49,5% auf nichtberufsbezogenes Engagement.

Da das Engagement in Weiterbildung und Ehrenamt einen wichtigen Beitrag zur Nachhaltigkeit und Zukunftsfähigkeit ländlicher Räume leistet, könnten Aktivitäten, die im Besonderen dazu beitragen (wie z.B. Weiterbildungsmaßnahmen zum Tierwohl, dem effizienten Einsatz von Ressourcen und der umweltschonenden Produktion) und ehrenamtliche Tätigkeiten, welche die gesellschaftliche ländliche Entwicklung stärken, über eine betriebsbezogene Pauschale ab einem gewissen Schwellenwert (z.B. über einen Nachweis durch Teilnahmebescheinigungen) in der Preisgestaltung berücksichtigt werden.

3.5 EIPagri-Projekt: „Zucht für unkupierte Schweine und ein vermindertes Risiko gegen Schwanzverletzungen (GenEthisch)“

Standort: On-Farm
Projekt-Titel: „Zucht für unkupierte Schweine und ein vermindertes Risiko gegen Schwanzverletzungen (GenEthisch)“
Laufzeit: 01.01.2022 – 31.12.2024
Fördermittelgeber: EIPagri; MLR
Leadpartner: Hans-Jörg Schrade (LSZ Boxberg)
Projektmitarbeit: Prof. Dr. Maren Bernau in Arbeitspaket 3 – Digitalisierung, Datenvernetzung, neue methodische Ansätze

Hintergrund und Problemstellung

Für eine tiergerechte, wettbewerbsfähige und gesellschaftlich akzeptierte landwirtschaftliche Nutztierhaltung ist es notwendig das im Grundgesetz verankerte Staatsziel Tierschutz durch gezielte Zucht konsequent umzusetzen. Das bäuerlich getragene Zuchtprogramm des Schweinezuchtverbandes Baden-Württemberg e.V. (SZV) muss auf die hohen Anforderungen des Tierschutzes reagieren. Es gilt den funktionalen Merkmalskomplex Tierwohl in die komplexen Zuchtziele der Herdbuchzucht einzubeziehen. Große Herausforderung im Zusammenhang mit den Forderungen nach mehr Tierschutz ist für die Landwirte das Halten unkupierter Schweine. Schwanzverletzungen sind tierschutzrelevant, sie müssen verhindert werden. Neben der Haltung und des Managements sind genetische Einflüsse verantwortlich. Daher soll das bäuerliche Zuchtprogramm um neue Merkmale und innovative Methoden in der Leistungsprüfung ergänzt werden. Züchterisch geeignete Gesundheits- und Robustheitsmerkmale sollen identifiziert, sowie eine automatisierbare Erhebung dieser Merkmale entwickelt werden.

Nur mit gesunden und unversehrten Tieren ist eine nachhaltige, effiziente und tiergerechte Schweinefleischproduktion möglich.

Derzeit wird in Deutschland das Gesetz und die Verordnung zum dreistufigen staatlichen Tierwohlkennzeichen (Tierwohlkennzeichenverordnung, TierWKV) abgestimmt. Damit werden Zielbilder für die zukünftige Nutztierhaltung in Deutschland nach den Empfehlungen des Kompetenznetzwerkes Nutztierhaltung (Borchert-Kommission) aufgegriffen. So soll ab 2030 die Stufe 1 zum gesetzlichen Mindeststandard werden. Bereits in Stufe 1 ist das Kürzen der Schwänze nicht zulässig. Bislang existiert eine Erhebung geeigneter Merkmale des funktionalen Merkmalskomplexes Tierwohl in Form einer geregelten, praxistauglichen Leistungsprüfung in der Schweinezucht nicht. Zuchtprogramme hierzu gibt es weltweit nicht.

Im Rahmen von 2 verschiedenen Teilprojekten wurden Fragestellungen zum Einsatz der Thermographie beim Schwein bearbeitet:

1. Thermographie bei Besamungsebern

Ziel der Studie:
Ziel ist es, Erkenntnisse darüber zu gewinnen, ob diese Methode als potenzielle Grundlage für die Selektion von Zuchttieren genutzt werden kann. Um ein umfassendes Bild der Bedingungen und eventuellen Einflussfaktoren zu erhalten, wurden neben den Thermographischen Bildern ergänzende Methoden, wie die Erfassung von Umweltparametern und optische Boniturbögen eingesetzt.

Material & Versuchsabbau

Die Datenerhebungen erfolgten an Besamungsebern zweier Stationen des Schweinezuchtverbands BW e.V. (GermanGenetic) in Baden-Württemberg: Station 1 in Herbertingen und Station 2 am Abstetterhof.

Die Erhebungen fanden je Station an zwei Terminen statt, jeweils im Abstand von neun Tagen. In Herbertingen waren dies der 11.06.24 und 20.06.24, am Abstetterhof der 30.07.24 und 08.08.2024.

Hierbei wurde vor allem die Rasse Pietrain, aber auch Deutsche Landrasse (DL) und Deutsches Edelschwein (DE) sowie vereinzelt Duroc untersucht. Für die Datenerhebung kamen verschiedene Methoden zum Einsatz: ein optischer Boniturbogen, ein Temperatur- und Luftfeuchtemesser zur Validierung der Messsituation, eine Thermographie-Kamera für die Datenaufnahme sowie eine Digitalkamera.

Mit der Thermographie-Kamera wurden die nachfolgenden Aufnahmen durchgeführt

- Ohren (beide Ohren gemeinsam und jedes einzeln, möglichst von vorne-oben)
- Linke Körperhälfte (Fokus auf das Hinterbein)
- Hoden und Hinterbeine (von hinten)
- Schwanz gesondert (wenn möglich)

Die Auswertung der Bilddaten erfolgt mit der Kameraspezifischen Software. Es werden je nach Region verschiedene Tools verwendet. Beispielhaft wird in Abbildung 23 die Messung des Ohres dargestellt.

Übersicht thermographischer Messpunkte mit Fokus auf das Setzen der Ohrlinie: **a)** heißester Punkt des Bildes auf dem rechten Ohr liegend und Einsatz eines Rechtecks zur Ermittlung des heißesten Punktes am linken Ohr; **b)** rechte Ohrlinie aufgrund der Ohrmarke verkürzt.

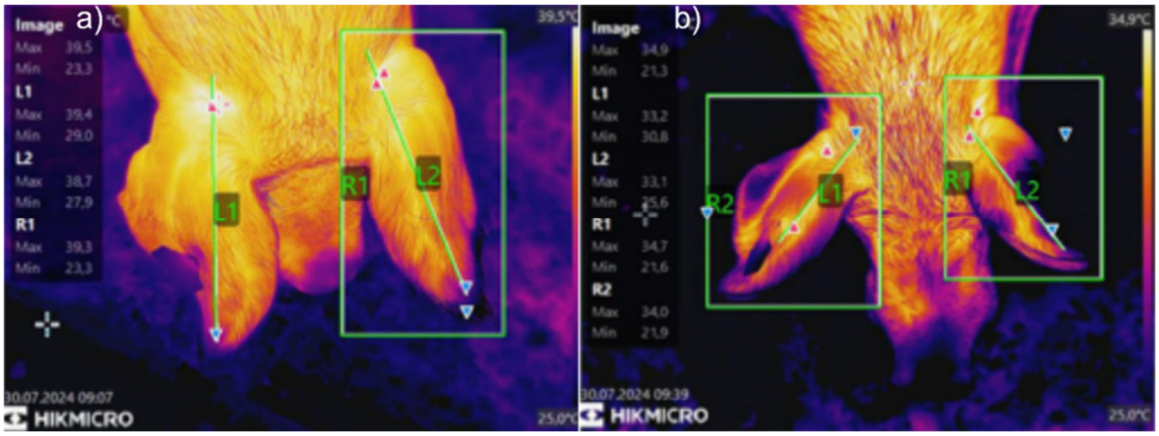


Abbildung 27: Übersicht thermographischer Messpunkte mit Fokus auf das Setzen der Ohrlinie:
a) heißester Punkt des Bildes auf dem rechten Ohr liegend und Einsatz eines Rechtecks zur Ermittlung des heißesten Punktes am linken Ohr;
b) rechte Ohrlinie aufgrund der Ohrmarke verkürzt

Aktueller Stand

Aktuell konnte die Bildauswertung abgeschlossen werden und erste Datenanalysen werden durchgeführt.

2. Thermographie bei laktierenden Sauen

Ziel der Studie

Ziel ist es. eine thermografische Verlaufskontrolle bei laktierenden Sauen im peripartalen Zeitraum durchzuführen, um etwaige thermographische Veränderungen darzustellen. Daneben wurden für die Erhebung drei verschiedene Thermokamerasysteme verwendet, um zu prüfen, welches System geeignet ist, um Unterschiede zu erfassen.

Material & Versuchsablauf

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden acht Sauen der Rasse German Hybrid im dritten Wurf am Standort Boxberg (Abteil 1) bonitiert. Insgesamt wurden 16 Bonituren durchgeführt, um eine umfassende Erfassung der relevanten Parameter zu gewährleisten. Die Eingangsbonitur fand am 30.09.2024 statt. Im Anschluss wurden vom 03.10.2024 bis zum 14.10.2024 tägliche Bonituren durchgeführt, um eine kontinuierliche Beobachtung der Sauen zu ermöglichen. Weitere Bonituren wurden am 17.10.2024, 21.10.2024 sowie am 23.10.2024 vorgenommen.

Folgende Daten wurden bei jeder Bonitur erfasst

a. Luftfeuchtigkeit und Raumtemperatur: Bei jeder Bonitur wurde mit Hilfe eines Datenloggers (LOG210, Dostermann electronic GmbH) die Luftfeuchtigkeit und die Raumtemperatur ermittelt.

b. Tierbonitur

c. Thermographische Datenerhebung

Diese Arbeit beschäftigt sich nicht nur mit der Analyse des thermografischen Verlaufs bei laktierenden Sauen, sondern untersucht auch die zwischen drei verschiedenen Thermografiekameras. Hierfür wurden drei Kameramodelle eingesetzt:

- Flir TK 1020 (Teledyne Flir, Wilsonville, Oregeon, USA)
- HikMicro M30 (HikMicro), und
- VarioCAM® High Definition (Firma InfraTec, Dresden, Deutschland)

Mit allen drei Kameras wurden jeweils die thermografischen Aufnahmen spezifischer Körperregionen der Tiere angefertigt. Zu den erfassten Bereichen zählen die Ohren, die Klauen, der Schwanz sowie das Gesäuge. Beispielhaft werden in Abbildung 24 Aufnahmen des linken Ohres einer Sau mit den drei verwendeten Kameras dargestellt.

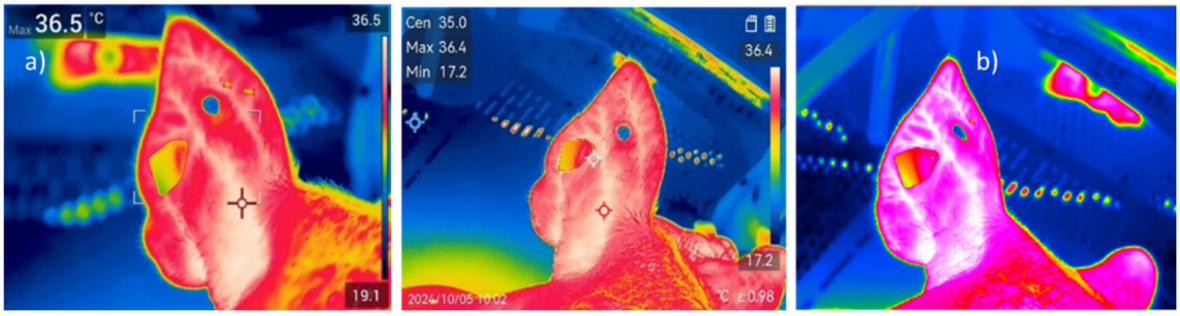


Abbildung 28: Darstellung des linken Ohres am 05.10.2024 der Sau 4944 mit den drei verschiedenen
(a) Thermografiekamera Flir TK 1020
(b) Thermographiekamera HikMicro M30
(c) Thermographiekamera Vario Cam

Aktueller Stand

Aktuell findet die Bildauswertung statt. Erste Datenanalysen werden im Frühjahr 2025 erwartet.

3.6 LowCarbonDairy Farm

Standort: Pilotbetrieb Moserhof, 74915 Waibstadt, Baden-Württemberg
Projekt-Titel: Climate Farm Nestlé BMI
Laufzeit: 01.03.2023 – voraussichtlich 31.12.2025
Fördermittelgeber: Bayerische Milchindustrie eG
Projektleitung: Prof. Dr. Markus Frank, Prof. Dr. Stephan Schneider
Projektbearbeiter: Prof. Dr. Markus Frank, Prof. Dr. Stephan Schneider, Veronika Leberle, Rolf Weber
Projektpartner: Nestrade, Bayerische Milchindustrie eG

Hintergrund und Problemstellung

Deutschland verpflichtete sich auf internationaler Ebene zur Minderung von Emissionen (z.B. NH_3) und Treibhausgasen (THG (CO2, N2O, CH_4)). Bis 2045 will Deutschland klimaneutral werden, Baden-Württemberg durch das Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg bereits im Jahr 2040.

Der Sektor Landwirtschaft war 2023 für 8,15% der gesamten THG-Emissionen Deutschlands verantwortlich. Wesentliche Quellen sind Methanemissionen aus der tierischen Verdauung (47,8%) und Lachgasemissionen aus Böden (27,7%).

Versuchsanlage und erhobene Parameter

Mit dem Bilanzierungsprogramm „LfL Klimacheck-Milchkuhhaltung“, welches auf dem LfL-Deckungsbeitragsrechner aufbaut, werden die THG-Emissionen jährlich berechnet. Um belastbare Daten für die THG-Bilanzierung zu generieren, wurde zu Beginn des Projekts im Jahr 2023 Messtechnik (beispielsweise Fuhrwerkswaage, Trockenschrank und Kälberwaage) auf dem Betrieb angeschafft und anschließend der Status-Quo erhoben. Durch Umsetzung von Maßnahmen zur Emissionsminderung im Stall und im Pflanzenbau wird versucht die THG-Emissionen zu reduzieren.

Ausblick

Auf dem Betrieb wurde mit der Nullpunktbestimmung der Status quo abgebildet. In der weiteren Projektlaufzeit werden Maßnahmen gewählt und umgesetzt sowie die Wirkung hinsichtlich der THG-Emissionsreduktion bilanziert und bewertet. Bei der Einsparung von Emissionen werden auch die damit verbundenen Kosten erhoben.

3.7 Nachhaltige Nutzung von Pferdemist

Standort: On-Farm; LuV Jungborn, HuL Marbach
Projekt-Titel: "Nachhaltige Nutzung von Pferdemist"
Laufzeit des Drittmittel-Projektes: 01.11.2021 – 31.12.2024
Fördermittelgeber: Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (MLR)
Projektleitung: Prof. Dr. Ludwig Hölzle, UoH, Prof Dr. Dirk Winter
Projektbearbeiter: Madeline Meyer
Projektpartner: Verbundprojekt des Haupt- und Landgestüt Marbach, der Universität Hohenheim sowie der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen

Hintergrund und Problemstellung

Das Thema Pferdemist ist sowohl für konventionelle Pferdebetriebe als auch für Öko-Betriebe von enormer Bedeutung und Aktualität. Bedingt durch immer strengere rechtliche Anforderungen, wird die Lagerung und Entsorgung von Pferdemist vermehrt zu einer großen Herausforderung für pferdehaltende Betriebe. Für die Entsorgung des Mistes fallen für Betriebe mitunter erhebliche Kosten an, welche starken Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Betriebes nehmen können. Aber was tun mit dem anfallenden Mist? Das praxisnahe Forschungsprojekt „Wertstoff Pferdemist“ soll Antworten liefern.

Das Projekt

Das Projekt Wertstoff Pferdemist setzt sich mit Optimierungschancen von Lagerungs- und vor allem Nutzungsmöglichkeiten von Pferdemist auseinander. Bei dem Projekt handelt es sich um ein Verbundprojekt des Haupt- und Landgestüt Marbach, der Universität Hohenheim sowie der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen. Projektträger ist das Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg. Die Projektlaufzeit beträgt zweieinhalb Jahre.

Ziel

Ziel des Projektes Wertstoff Pferdemist ist es, verschiedene Nutzungsmöglichkeiten von Pferdemist unter besonderer Berücksichtigung von Lagerkapazität, Nährstoffverfügbarkeit, Arbeitswirtschaft, Energienutzung sowie Hygieneparametern näher zu beleuchten. Vor- und Nachteile der jeweiligen Verwertungsmöglichkeiten sollen ermittelt werden und aus den gewonnenen Erkenntnissen praxistaugliche Lösungen für eine nachhaltige Nutzung von Pferdemist generiert werden. Darüber hinaus sollen allgemeine Handlungsempfehlungen für Pferdebetriebe abgeleitet werden.

Versuchsfragen

Das Projekt ist in vier Forschungsvorhaben mit jeweils unterschiedlichen Forschungsschwerpunkten aufgeteilt. Die Vorhaben werden überwiegend im Haupt- und Landgestüt Marbach durchgeführt. In Teilbereichen wird der LuV Jungborn eingebunden.

Forschungsfrage 1

Kompostierung von Pferdemist: Welchen Effekt haben verschieden Behandlungsmethoden auf den Kompostiervorgang?

Im Rahmen des ersten Forschungsschwerpunktes wird der Kompostiervorgang von Pferdemist beleuchtet und verschiedene Parameter während des Kompostierungsprozesses untersucht. Es soll u.a. geprüft werden, ob eine Zerkleinerung und Homogenisierung des Pferdemistes im Vorfeld einer Kompostierung, eine spürbare Verringerung des Lagervolumens zur Folge hat und somit zur Einsparung von Lagerfläche beiträgt. Nährstoffanalysen sollen Auskunft über den Einfluss einer Kompostierung auf die pflanzenverfügbaren Nährstoffe geben. Darüber hinaus soll der Hygienisierungseffekt des Kompostierungsprozesses überprüft werden. Im Fokus steht dabei die Beantwortung der Frage, ob die während einer Kompostierung erzielten Temperaturen von bis zu 65°C und mehr, einen Einfluss auf die Inaktivierung von Parasitendauerstadien, Pathogenen wie beispielsweise Salmonellen und den Abbau von antiparasitär wirksamen Substanzen haben. Parallel werden Möglichkeit der Wärmegewinnung während des Kompostierungsprozesses überprüft. Ebenso soll der Einfluss der Wärmerückgewinnung auf die Kompostierung und vor allem auf den Hygienisierungseffekt ermittelt werden. Zusätzlich werden die Auswirkungen einer Umsetzung der Mieten auf die Wärmeentwicklung und folglich auf den Hygienisierungseffekt ermittelt. Die verschiedenen Verfahren werden abschließend betriebswirtschaftlich bewertet. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Arbeitswirtschaft. Für die Untersuchung des Kompostiervorganges und der genannten Parameter werden fünf unterschiedlich behandelte Mistmieten aufgesetzt.

1. Miete ohne Zerkleinerung, ohne Wärmetauscher
2. Miete zerkleinert, ohne Umsetzen, ohne Wärmetauscher
3. Miete zerkleinert, ohne Umsetzen, mit Wärmetauscher
4. Miete zerkleinert, mit Umsetzen, ohne Wärmetauscher
5. Miete zerkleinert, mit Umsetzen, mit Wärmetauscher

Abbildung 29: Wertstoff-Pferdemist. Das Projekt "Wertstoff-Pferdemist" setzt sich mit Optimierungschancen von Lagerungs- und vor allem Nutzungsmöglichkeiten von Pferdemist auseinander

Forschungsfrage 2
Welchen Effekt hat der Einsatz von Kombimulcher und Rottebeschleuniger auf den Weidefläche?

Im zweiten Forschungsansatz steht die Untersuchung des Einsatzes eines Kombimulchers sowie Rottebeschleunigers auf Weideflächen im Forschungsfokus. Es gilt unterschiedliche Rotteeigenschaften zu überprüfen. Des Weiteren soll der Einfluss von verschiedenen Verfahrensweisen auf die Inaktivierung von Parasitendauerstadien und Pathogenen sowie den Abbau von Anthelminthikarückständen geprüft werden.

Für die Realisierung der Untersuchungen werden Feldversuche sowie Versuche im Labor durchgeführt. Im Feldversuch werden Versuchsparzellen auf einer definierten Weidefläche sechs unterschiedlichen Bearbeitungsvarianten unterzogen.

1. Null-Variante (Kontrolle): Ausbringung von Weideresten und Kotanteilen ohne weitere Behandlung
2. Nur HIPPODUNG®-Weideaktivator: Ausbringung von Weideresten und Kotanteilen nur mit Aufsprühung des Weideaktivators
3. Ausbringung von Weideresten und Kotanteilen mit Aufsprühung von Bio-Melasse
4. Nur Mulcher: Ausbringung von Weideresten und Kotanteilen mit anschließender Bearbeitung (Mulchen)
5. Ausbringung von Weideresten und Kotanteilen mit anschließender Bearbeitung (Mulchen) und Aufsprühung von HIPPODUNG®-Weideaktivator
6. Ausbringung von Weideresten und Kotanteilen mit anschließender Bearbeitung (Mulchen) und Aufsprühung von Bio-Melasse

In einem weiteren Feldversuch werden die Effekte der sechs Bearbeitungsvarianten auf Weideflächen im Praxisbetrieb untersucht. Der Hygienisierungseffekt des Rottebeschleunigers wird unter standardisierten Bedingungen im Labor beleuchtet.

Forschungsfrage 3
Wie verhält sich Pferdemist in der Biogasanlage?

Ziel des dritten Forschungsansatzes ist es, den Einfluss des Biogasprozesses auf die Inaktivierung von Parasitendauerstadien, Pathogenen und den Abbau von antiparasitär wirksamen Substanzen zu untersuchen. Zudem sollen Nährstoffanalysen Aufschluss über den Effekt des Biogasprozesses auf die vorhandenen Pflanzennährstoffe geben. Hierzu werden Inputmaterial und Gärreste aus Biogasanlagen analysiert. In Laborversuchen werden die Möglichkeiten der Vergärung von Pferdemist beleuchtet. Dabei soll die Verfahrensweise ermittelt werden, welche den hochwertigsten Düngersowie den höchsten Gasertrag liefert. Ebenso soll der Einfluss der verschiedenen Verfahrensweisen auf die Inaktivierung von Parasitendauerstadien, Pathogenen und den Abbau von Anthelminthikarückständen untersucht werden.

Forschungsfrage 4
Kompostierung von Pferdemist im Stall?

Das vierte und letzte Forschungsvorhaben beinhaltet die Untersuchung des Einsatzes eines Rottebeschleunigers auf Mistmatratzen in Laufställen. Überprüft werden sollen die Auswirkungen des Rottebeschleunigers auf verschiedene stallklimatische Bedingungen wie beispielsweise die Belastung der Luft mit Ammoniak, Kohlendioxid sowie Mikroorganismen. Die allgemeine Gesundheit der Pferde, insbesondere die Hufgesundheit, wird während der gesamten Untersuchung überwacht. Darüber hinaus soll der Effekt des Einsatzes des Rottebeschleunigers auf die Mistlagerkapazität sowie Arbeitswirtschaft beleuchtet werden. Auch der Einfluss des Rottebeschleunigers auf die Inaktivierung von Parasitendauerstadien, Pathogenen sowie den Abbau von antiparasitär wirksamen Substanzen in der Mistmatratze soll in diesem Arbeitspaket geprüft werden. Für die Untersuchungen werden zwei vergleichbare Laufställe betrachtet. In einem Stall wird der Rottebeschleuniger ausgebracht, im anderen Laufstall wird kein Rottebeschleuniger eingesetzt. Der Einfluss des Rottebeschleunigers auf die Hygienisierung der Mistmatratze wird im Labor überprüft.

Ausblick

Aus den Projektergebnissen sollen Ableitungen getroffen, wie eine effektive Mistbereitung aussehen muss, um einen Nährstoffkreislauf auf dem pferdehaltenden Betrieb zu ermöglichen auch in Hinblick auf die hygienischen Qualitäten. Darüber hinaus wird eine mögliche Nutzung von Pferdemist in der Biogasanlage betrachtet. Anhand der wissenschaftlichen Datenbasis des Gesamtprojektes sollen Ableitung von Handlungskonzepten für die Praxis gezogen werden.

Veröffentlichungen

- Meyer, M.; Hölzle, L.; Schilling, T.; Eiberger, C.; Winter, D. Pferdemist Wertstoff oder lästiges Nebenprodukt? Pferdebetrieb 04/2022 (S. 26-S.28)
- Meyer, M.; Hölzle, L.; Schilling, T.; Eiberger, C.; Winter, D Wie kann Mist sinnvoll genutzt werden? Pferdebetrieb Pferdebetrieb 052023 (S.27-32)
- Meyer, M.; Eiberger, C.; Schilling, T.; Winter, D.; Hoelzle, L.E. Sustainable utilisation of horse manure. 456 EAAP – 74th Annual Meeting, Lyon, France, 2023. Book of abstracts No. 29 (2023)

3.8 Hygienisierung von Raufutter und Einstreu in der Pferdewirtschaft

Standort: Hof Gut Moos, 88069 Tettnang, Jungborn
Projekt-Titel: Hygienisierung von Raufutter und Einstreu in der Pferdewirtschaft
Laufzeit: März 2025 – September 2028
Promotionsprogramm /Kolleg: Promotionsverband Baden-Württemberg
Doktorand/in: Ann-Cathrin Doelzer
Promotionsbetreuer/innen: Prof. Dr. Dirk Winter, Prof. Dr. Jonas Weber (DHBW Ravensburg)
Hochschule / Promotionsprogramm: HfWU Nürtingen und DHBW Ravensburg

Hintergrund und Problemstellung

Raufutter und Einstreu sind die Hauptquelle für Staub und Keime im Pferdestall, die zu den Auslösern für Atemwegserkrankungen gehören. Die Staubbelastung steigt bei Heu oder Einstreu aus schlechten Ernte- oder Lagebedingen nochmals deutlich an (Vervuert, 2018). Aus diesem Grund ist der Effekt einer generellen Hygienisierung von Raufutter und Einstreu bei Pferden mit respiratorischen Erkrankungen genauer zu untersuchen. Ziel des Projekts ist die Qualität von Raufutter und Einstreu in der Pferdewirtschaft zu analysieren, zu bewerten und geeignete Maßnahmen zur Verbesserung der Futter- und Einstreuqualität zu identifizieren. Folgende Hygienisierungsverfahren werden evaluiert.

- Bedampfung im Großballen
- Wässern
- Aufsprühen einer 3-5 % Oreganoöl-Lösung
- Maschinelle Entstaubung

Versuchsfragen

1. Wie beeinflussen Hygienisierungsmaßnahmen die Nährstoffzusammensetzung von Raufutter?
2. Welches Verfahren bietet die beste Staub- und Keimreduktion?
3. Wie beeinflussen hygienisierte Materialien das Tierwohl (z.B. Liegeverhalten, Fütterungsakzeptanz)?

Versuchsanlage

Abbildung 30 Druckdichter Stahlcontainer mit Edelstaldampflanze der Firma Gebhardt Anlagentechnik GmbH & Co. KB

Abbildung 31: Dampferzeuger, Firma Gebhardt Anlagentechnik GmbH & Co. KG

Zentrale Ergebnisse

Aktuell noch keine Vorhanden

Ausblick

- Beprobung von 35-40 Raufutter-Großballen
- Beprobung von ca. 24 Stroh-Großballen
- Analyse von Hygieneparametern und Nährstoffen insbesondere Proteine und Aminosäuren
- Auswertung von rund 80 Raufutter-Proben
- Auswertung von rund 25 Strohproben
- Akzeptanzbeobachtung bei mind. 12 Pferden
- Umfassende Befragung von Tierärzten und Pensionsbetrieben zu Atemwegserkrankungen

Veröffentlichungen

Aktuell noch keine Vorhanden

3.9 Ermittlung von Tierwohlfaktoren mit Hilfe digitaler Technik in der Pferdehaltung

Projekt-Titel: Ermittlung von Tierwohlfaktoren mit Hilfe digitaler Technik in der Pferdehaltung
Doktorand/in: Harald Unseld
Promotionsbetreuer/innen: Prof. Eva Gallmann, Prof. Dirk Winter
Hochschule / Promotionsprogramm: Universität Hohenheim, HfWU Nürtingen-Geislingen

Hintergrund und Problemstellung

Die Luftqualität in Pferdestallungen und Auslaufflächen rückt in den Fokus von Betriebsinhabern und Pferdebesitzern. Besonders in geschlossenen Boxenställen kann es zu einer erheblichen Ansammlung von Schadgasen (Kohlendioxid, Distickstoffoxid, Schwefelwasserstoff, Methan, Ammoniak) kommen, die nicht nur für die Tiere sondern auch für Menschen schädlich sind (Bambi et al., 2018). Belüftungssysteme stellen hierbei eine effektive Maßnahme zur Reduktion von Schadgasen dar (Curtis et al., 1996; Woods et al., 1993).

Eine der Hauptursachen für schlechte Luftqualität in Pferdeställen ist die Ansammlung von Ammoniak (NH_3). Ammoniak ist ein farbloses Gas mit einem stechenden Geruch, das bei der Zersetzung von Pferdeurin entsteht. Neben Schadgasen kann die Luft der Pferdeställe auch eine Vielzahl anderer Partikel enthalten, wie biotische und abiotische Staubpartikel verschiedener Fraktionsgrößen, die Atemwegs- und andere Gesundheitsprobleme verursachen können. Das Einatmen dieser Partikel verursacht oder verschlimmert Atemwegserkrankungen, wie rezidivierende Atemwegsobstruktionen (RAO). (Clements & Pirie, 2007) Während die Emissionen und Grenzwerte von Nutztieren, je nach Tierart und Tierplätze, im Bundesimmissionsschutzgesetzt (BlmSchV) sowie in „Beste verfügbaren Techniken“ (BVT) Merkblättern geregelt sind (*Durchführungsbeschluss (EU) 2017/302 der Kommission vom 15. Februar 2017.* European IPPC-Bureau, 2017; Umwelt Bundesamt, 2023), werden beim Bau von Pferdeställen keine Emissionserklärungen erhoben. Pferde reagieren jedoch höchst empfindlich auf schädliche Gase und staubbelastete Luft in ihrer Umgebung (Holcombe et al., 2001).

Versuchsfragen

1. Wie können Schadgaskonzentrationen und Tierwohlparameter in der Pferdehaltung digital ermittelt werden?
2. Wie beeinflusst eine verbesserte Belüftung die Konzentration von Feinstaub und anderen Schadgasen in geschlossenen Boxenställen?
3. Welchen Einfluss haben unterschiedliche Einstreu und Futtermittel auf die Feinstaubemissionen in Pferdeställen?

Versuchsanlage und erhobene Parameter

Ermittlung von Feinstaubemissionen und Luftqualität in Einstreu und Futtermittelt mittels selbstentwickeltem Sensorhalfter in der Praxis.

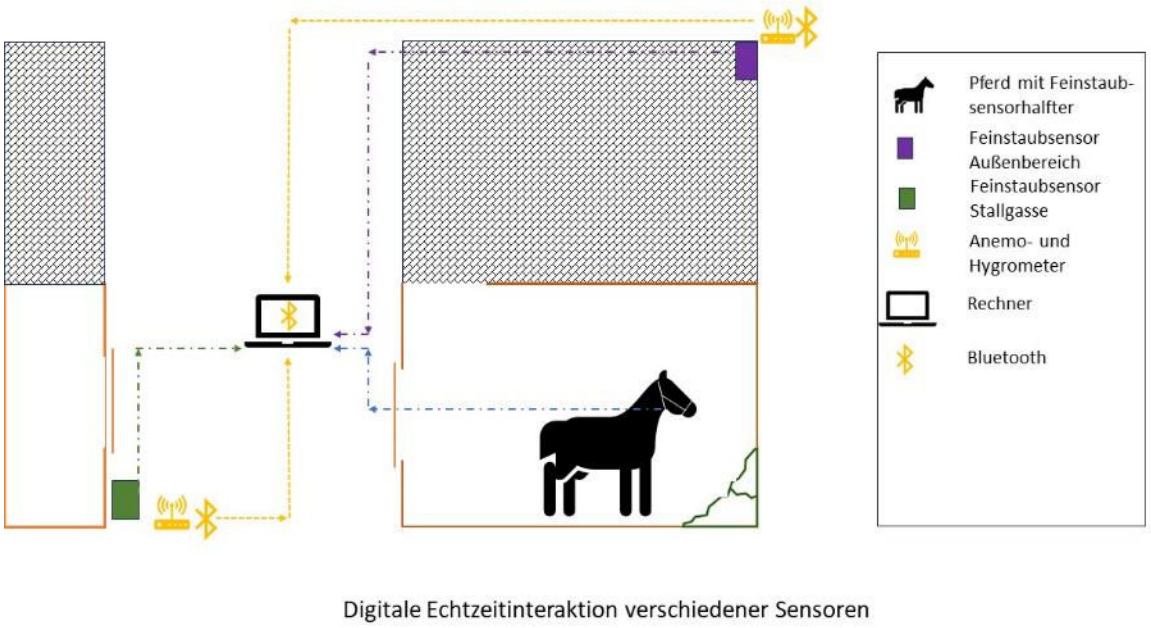


Abbildung 32: Skizze der Sensoren und Messdiagnostik zur Luftqualität. Drei Feinstaubsensoren messen simultan die Feinstaubkonzentration in Nähe der Pferdenüstern, im Außenbereich und im Stall. Gleichzeitig wird die Luftqualität mit Anemo- und Hygrometern gemessen

Ermittlung von Feinstaubemissionen in Einstreu und Futtermitteln unter Laborbedingungen mit der Unseld-Kiste.

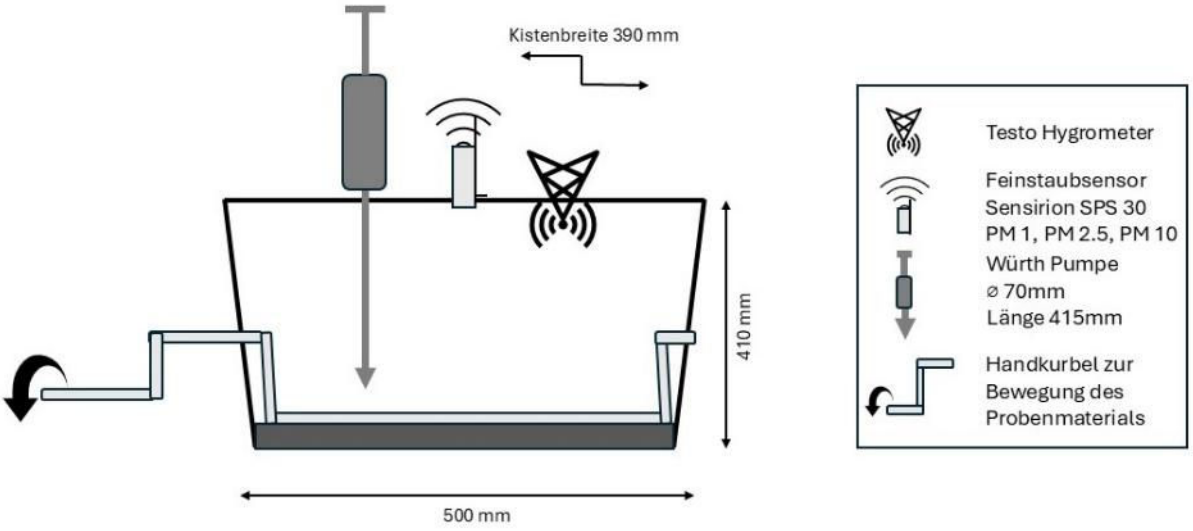


Abbildung 33: Darstellung der Unseld-Kiste. In der luftdicht verschlossen Unseld-Kiste können Feinstaubexpositionen durch Drehung der Kurbel durch einen Feinstaubsensor in nahezu allen Futtermitteln und Einstreu unter Laborbedingungen untersucht werden

Folgende Parameter werden erhoben:

Tabelle 8: Übersicht der verwendeten Sensoren, Geräte und erhobenen Parametern

Name/ Hersteller	Funktion	Analyse	Stückzahl
Eltako DSZ15D 3x80A	Stromverbrauchsmesser	Stromverbrauch in kwh	1
Pfeuffer HFM	Feuchtigkeits- und Temperaturmesser für Großballen	Luftfeuchtigkeit in % Temperatur in °C	1
Sea&Mew MT-912	Lux-Meter	Helligkeitsmessung in Lux	1
Sensirion SPS 30	Feinstaubsensor	optischer Sensor, Feinstaubpartikelmessung PM 1, PM 2.5, PM 10	3
Testo 405i	Thermoanemometer	Volumenstrommessung in m³/h Luftgeschwindigkeit in m/s Temperatur in C°	1
Testo 605i	Thermohygrometer	Luftfeuchtigkeit in % Temperatur in C°	1
Bosch GLM 50-25 G Professional	Laser Entfernungsmessgerät	Gebäudevermessung in m und cm	1
Unseld Kiste	Untersuchung div. Einstreu und Futtermittel auf Feinstaubgehalt	Abmessung 400x300x380 mm (LBH)	1
Würth Ausblaspumpe	Luftsimulation Ausschnauben Pferd	Volumen 900ml Durchmesser 70mm Länge 415 mm	1

Zentrale Ergebnisse

Die Freisetzung von Feinstaubpartikeln (PM 1.0, PM 2.5 und PM 10) wurde mithilfe der "Unseld-Kiste" unter kontrollierten Laborbedingungen untersucht. Dabei zeigte sich, dass die Feinstaubbelastung von Stroh (ANOVA: bedampft n=361, unbedampft n=367; PM1.0, F=17,57, p<0,001; PM2.5, F=40,97, p<0,001; PM10,F=83,09, p<0,001) und Heu (ANOVA: bedampft n=383, unbedampft n=368; PM1.0, F=284,5, p<0,001; PM2.5, F=515,7, p<0,001; PM10,F=673,2, p<0,001) signifikant reduzierte. Der Medianwert für PM 10 bei unbedampftem Heu während der Untersuchung in der „Unseld-Kiste“ betrug 287µg/m³ (SD=222 µg/m³), wohingegen bedampftes Heu nur 69 µg/m³ (SD=94 µg/m³) erreichte. Ähnlich zeigten sich die Ergebnisse bei unbedampftem (PM 10, Mdn= 1447 µg/m³, SD= 756 µg/m³) und bedampftem Weizenstroh (PM10, Mdn= 125 µg/m³, SD= 131µg/m³). Im Bewegungsstall wurde zudem die Feinstaubbelastung unter realen Bedingungen während der Futteraufnahme der Pferde an Heunetzen mit 6 cm Maschenweite untersucht.

Die Ergebnisse zeigten, dass auch bei bedampftem losem Heu (PM10, Mdn= 19 µg/m³, SD=16 µg/m³) im Vergleich zu bedampften Heu im Heunetz (PM 10, Mdn= 86 µg/m³, SD=125 µg/m³) die Feinstaubkonzentration deutlich geringer war). Auch das Bewässern der Stallgase vor dem fegen ergab eine Feinstaubreduzierung im Versuchsverlauf, um das Zehnfache.

Eine der Untersuchung ergänzende Umfrage unter 112 pferdehaltenden Betrieben ergab, dass 70 % der Befragten die Stallluft als verbesserungswürdig bewerteten, jedoch nur 40 % gezielte Maßnahmen zur Staubreduktion umsetzten.

Ausblick

Insgesamt belegt diese Forschungsarbeit, dass Feinstaub aus Raufutter und Stallaktivitäten ein bedeutendes Risiko für Atemwegserkrankungen darstellt. Die Bedampfung von Raufutter und Einstreu sowie angepasste Reinigungspraktiken erwiesen sich als wirksame Maßnahmen zur Reduktion der Feinstaubbelastung. Diese Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit einer weiteren Optimierung der Stallluft, um die Gesundheit von Pferden und Stallmitarbeitern zu fördern und die Anforderungen an eine tiergerechte Pferdehaltung zu erfüllen.

Veröffentlichungen

- Air quality welfare factors in horse husbandry - Dusk pollution and digital technology H. Unseld, E. Gallmann, D. Winter (2024) 75th EAAP Annual Meeting, Florence, Italy. S. 229.
- Möglichkeiten zur Ermittlung und Optimierung von Stallluftfaktoren insbesondere Staub (2024)
  Unseld, H.; Winter, D.; Gallmann, E. *8. Internationale Netzwerktagung Pferdewissen Hochschule Osnabrück* S. 31-36.

3.10 CHIO Aachen Scientist Circle

3.10.1 Analysen der Stress Hormon, Herzfrequenzvariabilität und Lateralität (Einseitigkeit) für die Darstellung des Befindens von Pferden an einer internationalen Pferdesport-veranstaltung, CHIO Aachen

Standort: Stress Hormon Labor, Campus Braike, Vorwerk Jungborn
Projekt-Titel: CHIO Aachen Scientist Circle
Teilprojekt: Analysen der Stress Hormon, Herzfrequenzvariabilität und Lateralität (Einseitigkeit) für die Darstellung des Befindens von Pferden an einer internationalen Pferdesportveranstaltung, CHIO Aachen
Laufzeit: 2024 - 2025
Fördermittelgeber: Laborkosten werden durch Schweizer Stiftung „Pro Pferd“ gedeckt; Mitglieder des CHIO Aachen Scientist Circle arbeiten ehrenamtlich im Projekt
Projektleitung: Analysen der Stress Hormon, Herzfrequenzvariabilität und Lateralität (Einseitigkeit) Prof. Dr. Konstanze Krüger, Gesamtprojekt: Prof. Dr. Dirk Winter
Projektbearbeiter/innen: Prof. Dr. Konstanze Krüger, Prof. Dr. Ralf Galuske, Leonie Krüger, Katarzyna Wegiel
Projektpartner: Birgit Rosenberg, Vorstandsmitglied Aachen-Laurensberger Rennverein (ALRV) e.V.; Dr. med. vet. Miriam Baumgartner, Forschungsgruppe Equiden, Schweizer Nationalgestüt Avenches, Agroscope: PD Dr. med. vet. Dominik Burger, Schweizer Institut für Pferdemedizin ISME der Universität Bern in Avenches; Dr. rer. nat. Arne- Rasmus Dräger, Experte für künstliche Intelligenz und KI basierter Kamerasysteme; Dr. med. vet. Monica Venner, Fachtierärztin für Pferde, unabh. Tierschutzbeauftragte Deutscher Galopp e.V.; Prof. Dr. Ralf Galuske, TU Darmstadt

Hintergrund und Problemstellung

Pferde haben hohen Sympathiewert in der Gesellschaft. Allerdings häufen sich in den vergangenen Jahren Meldungen kritischer Haltungen gegenüber dem Pferdesport. Der Turnierorientierter Reitsport steht in den Medien heute mehr denn je unter Erklärungs- beziehungsweise Legitimationsdruck. Sollen Pferde weiter im Sport genutzt werden dürfen, muss das Wissen um das Wohlergehen an Turnierveranstaltungen teilnehmender Pferde verbessert werden. Allerdings ist die wissenschaftliche Datenbasis zum Pferdewohl bei Wettkämpfen bisher sehr gering. Somit möchte der CHIO Aachen Scientist Circle Daten generieren um das Befinden der Pferde im Einsatz an einem der größten, internationalen Turnieren, dem CHIO Aachen, zu dokumentieren. In diesem Teilprojekt wurden Stress Hormone (fecale Glucocorticoidmetaboliten fGCMs) aus dem Kot, die Herzfrequenzvariabilität, sowie Beobachtungen zur Lateralität (Einseitigkeit) von Pferden, welche an einer Prüfung am CHIO Aachen teilgenommen haben, analysiert und verglichen. Diese Werte sollen ebenfalls der Arbeitsgruppe der TU Darmstadt, für die Entwicklung von Messungen der Gehirnströme der Pferde via EEG dienen, um EEG Messung zur Beurteilung des Wohlbefindens der Pferde an Reitsportveranstaltungen nutzen zu können.

Versuchsfragen

Im Gesamtprojekt geht es um den Schutz der Pferde, aber auch um Transparenz und Akzeptanz des Pferdesports in der Gesellschaft:

Kern des Projektes sind die Fragestellungen, wie es den Sport- und Showpferden während der Veranstaltungen geht und was sie benötigen, damit ihr Wohlergehen nachhaltig sichergestellt werden kann.

Im Teilprojekt der Stress Analyse stand die Frage im Vordergrund:
Ob die Stress Hormone im Kot, die Herzfrequenzvariabilität und die Verhaltensparameter der Lateralität der Pferde Muster aufzeigen, die auf die Stärke der Beanspruchung der Pferde an den Tagen der Prüfung schließen lassen.

In der Folge soll abgeglichen werden, ob eventuelle Muster in der Glucocorticoidmetaboliten Produktion der Pferde, der herzfrequenzvariabilität mit analogen Mustern im Profil der Lateralität der Pferde übereinstimmen.

Zukünftige Fragestellung
Lassen sich Messungen der Stress Hormone, Herzfrequenzvariabilität und der Lateralität vor, an und nach der Reitsportveranstaltung für die Entwicklung und Anwendung von EEG Messungen beim Pferd verwenden?

Versuchsanlage und erhobene Parameter

Für das Teilprojekt „Stress Hormon Analysen für die Darstellung des Befindens von Vielseitigkeitspferden am CHIO Aachen“ wurde fäkale Glucocorticoid Metaboliten (fGCMs) gesammelt, die Herzfrequenzvariabilität der Tiere gemessen und ihre Lateralität (Einseitigkeit) bestimmt. Proben wurden aus dem Kot, Herzfrequenzvariabilitätsmessungen und Lateralitätsbeobachtungen von 4 Showpferde 4 Tage vor, während und 4 Tage nach dem CHIO Aachen gesammelt um die Werte im Heimatstall, bei der Anreise, im Training, bei der Showveranstaltung, bei der Abreise und wieder im Heimatstall zu dokumentieren. Die Probennahme erfolgte täglich ca. um 18 Uhr und spiegelt das Befinden der Pferde wider. Der Transport der Pferde dauerte 9 h.

Zentrale Ergebnisse

Die Ergebnisse der Glucocorticoidmataboliten Messung, der Herzfrequenzvariabilität und der Lateralität der Pferde entsprachen in der Vorbereitung, dem Transport und der Teilnahme an der Show in etwa den in den Heimatställen gesammelten Vergleichswerten (Basiswerten). Am Tag der Show Veranstaltung stiegen die fGCM Werte an, die Herzfrequenzvariabilität sank geringfügig ab und die Lateralität zeigte sich etwas stärker ausgeprägt. Im Anschluss an die Beanspruchung durch die Show sanken die Werte meist bereits am Tag des Transportes und im Heimatstall, innerhalb von einem Tag auf die Basalwerte. Eines der 4 Pferde zeigte auf der Veranstaltung sogar niedrigere fGCM, höhere Herzfrequenzvariabilitäts- und geringere Lateralitätswerte. Die schnelle Regulierung der Werte sind im Rahmen einer kurzzeitigen Beanspruchung zu sehen. Es liegen keine Hinweise für eine übermäßige Belastung oder für eine langzeitigen Stresszustand der Pferde vor.

Abbildung 34: Screenshot aus einem Dokumentationsvideo zur Beurteilung der Lateralität (Einseitigkeit)

Hier wird die sensorische Lateralität (Einseitigkeit) eines Pferdes im Kontakt mit einem Objekt (Objekt Test) dokumentiert. Dieses Pferd wählt die rechten sensorischen Sinnesorgane um das Objekt zu untersuchen.

Ausblick

Im Gesamtprojekt wurden die Stress Hormon, Herzfrequenzvariabilität und Lateralität Analysen bereits zu Verhaltensbeobachtungen, welche an der Veranstaltung (CHIO Aachen) von den Pferden per Videodokumentation im Stall gesammelt wurden verglichen. Auch diese Beobachtungen unterstrichen die Einschätzung, dass die vier untersuchten Pferde einer normalen Beanspruchung und keinem ungewöhnlichen Stress ausgesetzt waren. Die Messungen sollen im Folgejahr mit der Gehirnaktivität der Pferde anhand von Gehirnstrommessungen (EEG) verglichen werden. Auf der Basis der wissenschaftlichen Daten des Gesamtprojektes sollen Handlungskonzepte für das Management von Pferden vor, am und nach einem sportlichen Wettbewerb aufgestellt werden.

Veröffentlichungen

In Planung

CHIO AACHEN
SCIENTIST CIRCLE

Abbildung 35: Logo CHIO Aachen scientist circle

3.10.2 Entwicklung und Überprüfung von Tierwohlparametern beim Pferd in Turniersituationen am Beispiel des CHIO Aachens

Standort: CHIO Aachen
Projekt-Titel: Entwicklung und Überprüfung von Tierwohlparametern beim Pferd in Turniersituationen am Beispiel des CHIO Aachens
Laufzeit: 2023 – 2027
Doktorand/in: Leonie Krüger
Promotionsbetreuer/innen: Prof. Dr. Dirk Winter (HfWU), Dr. Miriam Baumgartner (Schweizer Nationalgestüt Avenches, Agroscope)
Hochschule / Promotionsprogramm: Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Promotionsverband Baden-Württemberg

Hintergrund und Problemstellung

Die gesellschaftliche Akzeptanz des Pferdesports („social license to operate“) ist zunehmend Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Es steht die Frage im Fokus, inwieweit der Reit- und insbesondere der Turniersport den Anforderungen an das Tierwohl gerecht wird. Vor diesem Hintergrund initiierte der „CHIO Aachen Scientist Circle“ im Jahr 2023 ein Forschungsprojekt zur systematischen Erhebung von Tierwohlparametern in der Pferdehaltung am Beispiel des CHIO Aachens.

Da wissenschaftliche Daten zur Stressbelastung und zum Wohlbefinden von Pferden in ihrer Haltung im Kontext internationaler Turniere bislang fehlen, soll das Projekt helfen, diese Forschungslücke zu schließen. Im Mittelpunkt steht die multidimensionale Erfassung von Stressreaktionen, die sich in physiologischen und verhaltensbasierten Parametern manifestieren. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen eine evidenzbasierte Grundlage zur Optimierung der tiergerechten Pferdehaltung in Turniersituation schaffen und die derzeit geführte Diskussion zum Tierwohl im Pferdesport wissenschaftlich fundieren.

Versuchsfragen

1. Welche Tierwohlparameter können bei Pferden in Turniersituation in ihrer Haltung praktikabel erhoben werden?
2. Wie stellt sich das Wohlbefinden von Sportpferden in der Haltung auf einem internationalen Turnier im Vergleich zu ihrer Haltung im Heimatstall dar?

Erhobene Parameter

- KI-Kameramonitoring der Pferde in der Box im Heimatstall und in Aachen
- manuelle Videoaufzeichnungen des Pferdegesichts in der Box im Heimatstall und in Aachen zur Anwendung von EquiFACS
- Analyse Stresshormon Cortisol durch Kotprobensammlung im Heimatstall und in Aachen
- EKG-Aufzeichnung in Ruhe in der Box im Heimatstall und in Aachen
- Erhebung von Stallluftfaktoren (Ammoniak, Luftgeschwindigkeit, Luftfeuchte, Staubgehalt), Geräuschen und Lichtverhältnissen in der Haltung in Aachen
- Zeit- und Managementprotokoll

Zentrale Ergebnisse

In den bisherigen Ergebnissen wurden keine gravierenden Auffälligkeiten in der Konzentration der Glukokortikoidmetaboliten (Cortisol) im Kot festgestellt. Ein deutlicher Anstieg konnte am Tag des Geländeritts gemessen werden (Abb. 32).

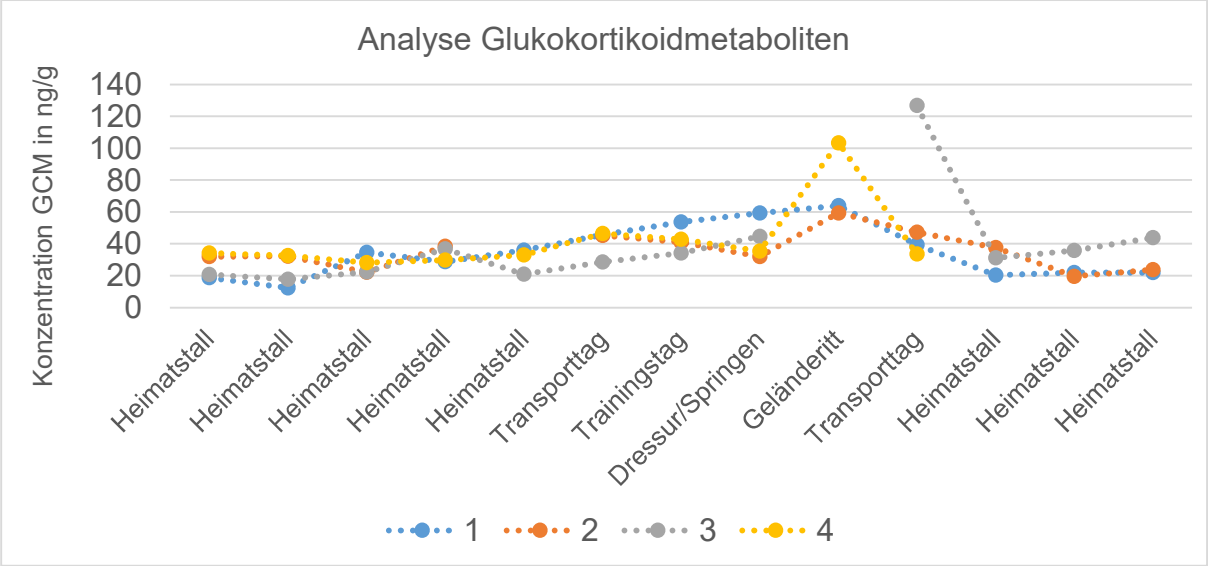


Abbildung 36: Konzentration der Glukokortikoidmetaboliten (Cortisol) im Kot der vier Vielseitigkeitspferde (1-4)., bezogen auf den Zeitraum der vergangenen 24 Stunden

Die Videoüberwachung mittels KI-Kamerasystem (HORSE PROTECTOR, Fa. Acaris) hat ergeben, dass die Pferde im Heimatstall täglich 10 bis 17 Stunden und während ihres Aufenthalts in Aachen ca. 21 Stunden pro Tag in der Box verbracht haben (Abb. 33). In Abbildung 34 ist das Zeitbudget für die Verhaltensweisen Liegen, Raufutteraufnahme vom Boden und Stehen abgetragen. Der Anteil der Verhaltensweise Liegen an der in der Box verbrachten Zeit war im Heimatstall größer als in Aachen. Dies trifft jedoch nicht auf Tag 4, den Tag vor der Abreise zum Turnier, zu. An Tag 4 konnte beobachtet werden, dass sich die Pferde in Ihrer Box weniger ablegten als an allen anderen Tagen. Die mit der Raufutteraufnahme vom Boden verbrachte Zeit war in Aachen im Gegensatz zum Heimatstall reduziert.

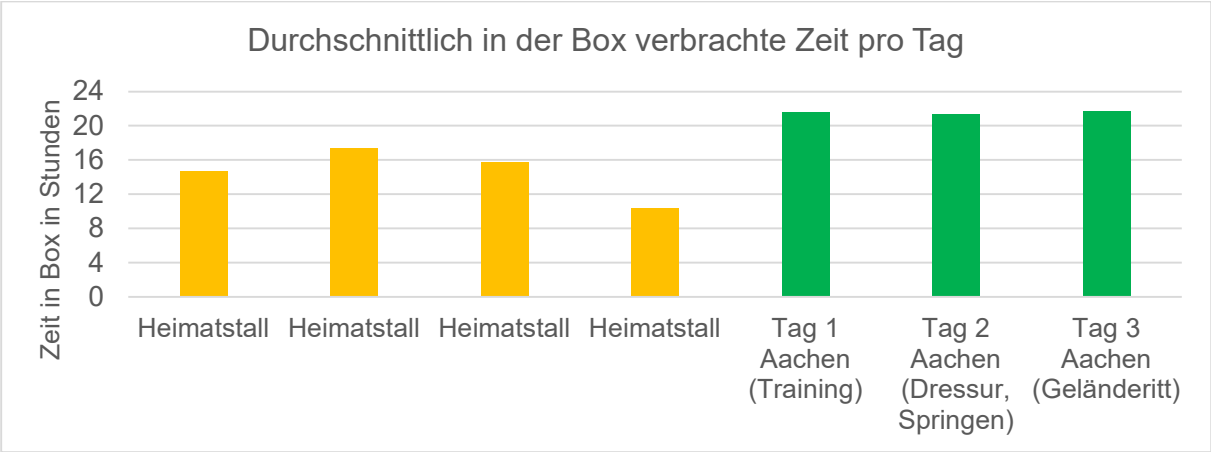


Abbildung 37: Durchschnittlich in der Box verbrachte Zeit pro Tag

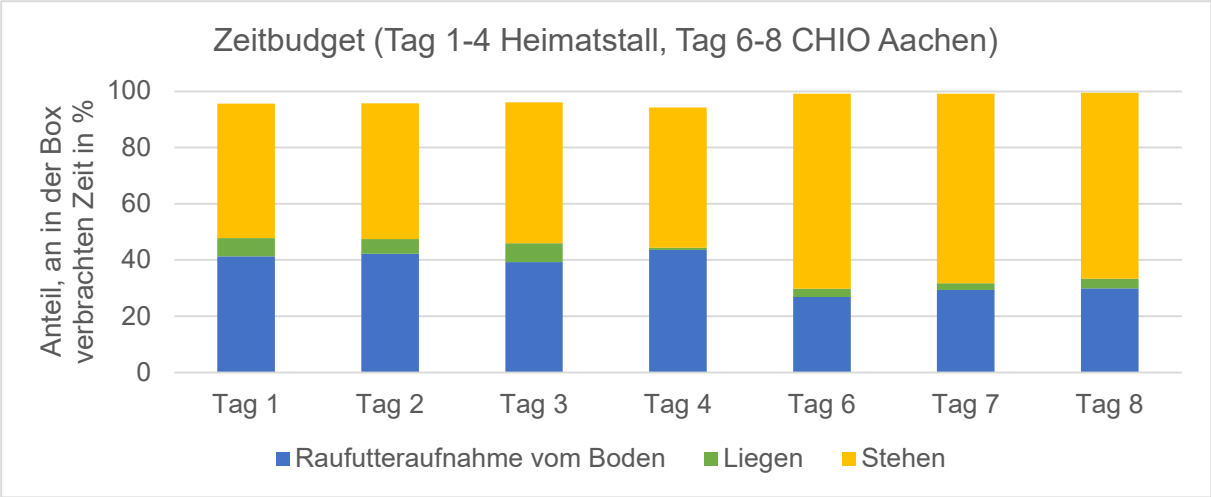


Abbildung 38: Zeitbudget der Pferde im Heimatstall und in Aachen, bezogen auf den prozentualen Anteil der in der Box verbrachten Zeit

Die Analysen der Stallluftfaktoren zeigten in allen Parametern (Ammoniakgehalt, relative Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit, Temperatur und Staubgehalt) keine Auffälligkeiten. Die Lichtintensität in den Stallungen war in einem Stalltrakt nicht ausreichend (< 80 Lux). Der Geräuschpegel lag bei belebter Stallgasse nicht über 62 dB.

Ausblick

Bis 2027 sollen die Forschungsparameter der Studie durch eine sukzessive Erweiterung der Stichprobe aussagekräftiger gestaltet werden. Die Analyse aller erhobenen Parameter, einschließlich Glukokortikoidkonzentration, Herzfrequenz- und Herzfrequenzvariabilität, Stallluftfaktoren Licht- und Geräuschverhältnisse sowie Verhaltensmuster (EquiFACS), wird wertvolle Einsichten liefern, um gezielte Maßnahmen zur Verbesserung des Pferdewohls in der Haltung im Rahmen von Turniersportveranstaltungen abzuleiten.

Veröffentlichungen

Krüger, L.; Baumgartner, M.; Winter, D. (2025): CHIO Aachen Scientist Circle: Wissenschaft für das Tierwohl bei Pferdesportveranstaltungen. In: 10. Pferde-Workshop Bad Bevensen 2025. DGfZ-Schriftenreihe Heft 83. Deutsche Gesellschaft für Züchtungskunde e.V. Bonn., S. 111–116.

4 Landtechnik

4.1 Spoteejet: Water Jet Spot Weeding – Unkrautbekämpfung mit Hochdruckwasserstrahlen

Standort: Institut für Technik (IfT), Lehr- und Versuchsbetrieb (LVB) Jungborn
Projekt-Titel: Water Jet Spot Weeding - Unkrautbekämpfung mit Hochdruckwasserstrahlen (SpoteeJet)
Laufzeit: 01.01.2023 – 31.12.2024
Fördermittelgeber: 40% kofinanziert von der Europäischen Union EFRE, 50% Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg, 10% HfWU-Eigenanteil
Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Albert Stoll
Projektbearbeiter/innen: Daniel Mayer, Annalena Baumann, Tobias Eberhard, Corinna Allevato

Hintergrund und Problemstellung

Zuckerrüben sind in der jungen Wachstumsphase noch sehr anfällig gegen Unkräuter. Bis die Zuckerrüben die Unkräuter erfolgreich zurückdrängen können, ist eine Unkrautbekämpfung unerlässlich. Nur so lässt sich ein späterer Ertragsverlust vermeiden. Da sich die EU zum Ziel gesetzt hat, bis 2030 50% der Pflanzenschutzmittel einzusparen, sind alternative Bekämpfungsmethoden gesucht. Herkömmliche Hackgeräte bekämpfen Unkräuter durch Entwurzeln, Abschneiden oder Verschütten mit mechanischen Werkzeugen. Diese Werkzeuge arbeiten zwischen den Reihen (intra-row). Eine Steigerung der Fahrgeschwindigkeit und damit der Flächenleistung erreicht man durch eine Führung der Hacke an der Kulturreihe mithilfe einer Kamera.

Damit auch Unkräuter in der Pflanzenreihe (in-row) bekämpft werden können, benötigt man sogenannte in-row-Hacken. Diese arbeiten überwiegend mit bildgebenden Verfahren und differenzieren Unkräuter und Kulturpflanzen mit neuronalen Netzen oder anhand von Farb- und/ oder Größenunterschieden. Ungünstige Lichtverhältnisse, sowie starke Verunkrautung können die Pflanzendetektion jedoch beeinträchtigen und damit die exakte Steuerung der Bekämpfungswerkzeuge erschweren.

Das Ziel des Projekts SpoteeJet war die Entwicklung eines nicht-chemisches Unkrautbekämpfungsgerätes als Prototyp für den intra- und den in-row-Bereich, welcher auf Kameras verzichtet. Das Gerät arbeitet mit mechanischen Gänsefußscharen zwischen den Kulturpflanzenreihen und mit Hochdruckwasserstrahlen in den Reihen. Die Punktstrahldüsen werden anhand der GNSS-Koordinaten (Global Navigation Satellite System) der Zuckerrüben aktiviert bzw. deaktiviert. Die Koordinaten der Zuckerrüben werden bei der Aussaat aufgezeichnet.

Abbildung 39: Der SpoteeJet Prototyp zum Projektende im Dezember 2024

Die Saatgutdetektion

Für die Untersuchung der Saatgutkartierung wurde eine Exakt-Sämaschine vom Typ Kverneland Monopill verwendet, welche mit dem Geoseed Modul Typ I ausgestattet ist. Die einzelnen Säaggregate der Sämaschine werden sowohl mit der Fahrgeschwindigkeit als auch untereinander synchronisiert. Dadurch kann die Sämaschine das Saatgut wahlweise in einem exakten Rechteck- oder Dreieckverband ablegen (Abb. 36).

Abbildung 40: Ablagemuster der Präzisionssämaschine im Rechteckverband

Die Säaggregate sind ab Werk mit einer Lichtschranke ausgestattet, um den Saatgutfluss zu überwachen, Verstopfungen oder einen leeren Saatguttank zu erkennen und entsprechend eine Warnmeldung zu veranlassen. Die Sämaschine wurde um eine eigene Messtechnik erweitert. Dadurch ist es möglich, aus den Signalen der Lichtschranke und den Positionssignalen des GNSS-Empfängers die Position der Zuckerrübenpillen bei der Aussaat zu bestimmen.

Das Unkrautbekämpfungsgerät

Das Bekämpfungsgerät besteht aus zwei am Traktor angebauten Teilgeräten. In der Front wird eine technische Einheit mitgeführt, die neben den Steuerungskomponenten und dem Wassertank auch die Hochdruckwasserpumpe mitführt. Diese erzeugt den benötigten Wasserdruck von ca. 500 bar. Abbildung 4137 zeigt den Baufortschritt der Fronteinheit.

Abbildung 41: Baufortschritt der selbst konstruierten und gebauten Frontplattform

Im Heckanbau wird eine modifizierte Reihenhacke mitgeführt. Diese wurde am IfT um eine Wasserverteilung und Hochdruck-Ventile erweitert. Punkstrahlwasserdüsen leiten den Hochdruckwasserstrahl in die Kulturreihen. Abbildung 38 zeigt die Hacke im Originalzustand und im erweiterten Zustand mit der Hochdruckwasserhydraulikanlage.

Abbildung 42: Umbaufortschritt der Reihenhacke

Aussaatversuche

Um die Funktion und die Genauigkeit Saatgutdetektion zu untersuchen, wurden Testparzellen auf dem Versuchsfeld des IfT und dem Schlag 21 des LVB angelegt. Diese hatten eine Länge von ca. 60 m und eine Breite von 1,35 m, was drei Kulturpflanzenreihen entspricht. Die Kulturreihen hatten einen Abstand von 450 mm und einen Pflanzenabstand in der Reihe von 250 mm. Als Fahrgeschwindigkeit der Sämaschine wurden 6 km/h und 8 km/h gewählt, die Ausgaberate des Satellitenortung war 50 Hz.

Nachdem die Zuckerrüben gekeimt hatten, wurden sie mit einem GNSS-Empfänger im Feld vermessen. Mit diesen Koordinaten konnte der Fehler zwischen der berechneten Koordinate von der Aussaat und der tatsächlichen Pflanzenkoordinate im Feld bestimmt werden (Abb. Abbildung 4339).

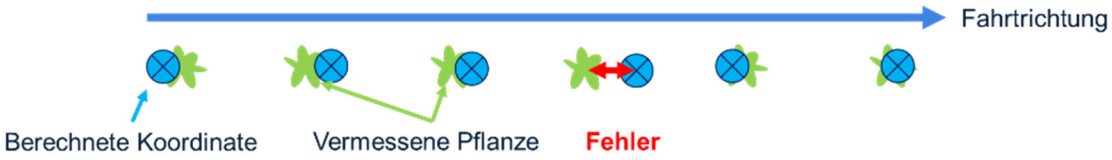


Abbildung 43: Bestimmung des Fehlers zwischen den berechneten und tatsächlichen Pflanzenpositionen im Feld

Zentrale Ergebnisse

Die Ergebnisse der Aussaatversuche zeigen eine Standardabweichung von 21 mm bis 42 mm und einen Mittelwert von 26 mm bis 45 mm (Tab. 9). Schlechte Aussaatbedingungen durch grobe Bodenverhältnisse, die Position der GNSS-Antenne auf der Sämaschine sowie die Sägeschwindigkeit könnten Fehlerursachen sein. In zukünftigen Versuchen sollen die Versuchsparameter angepasst und weiter untersucht werden, um den Fehler zu reduzieren.

Tabelle 9: Ergebnisse der Aussaatversuche

Parzelle	Sägeschwindigkeit	n	Standardabweichung	Mittelwert
IfT-6	8 km/h	95	30,8 mm	45,9 mm
S21-10	8 km/h	123	39,7 mm	35,8 mm
IfT-10	6 km/h	110	42,9 mm	26,3 mm
S21-14	6 km/h	149	21,3 mm	38,8 mm

Aus den Saatgutpositionen wurde im nächsten Schritt eine Applikationskarte erstellt. Diese wurde auf die Steuerung des Unkrautbekämpfungsgerätes geladen. In einem Funktionstest konnte die korrekte Ansteuerung der Wasserdüsen gezeigt werden.

Die folgende Abbildung (Abb. 40) zeigt einen Schaltvorgang. Deutlich zu erkennen ist, dass der Wasserstrahl kurz vor der rot umkreisten Zuckerrübe deaktiviert und kurz danach wieder aktiviert wurde.

Abbildung 44: Schaltvorgang der Wasserdüse beim Feldeinsatz mit Applikationskarte

Ausblick

Die Genauigkeit der Saatgutdetektion und -kartierung soll in weiteren Forschungsprojekten verbessert werden. Hierfür sind detaillierte Parzellenversuche geplant. Die Unkrautbekämpfungsfunktion, sowie die Wirkung auf den Ertrag soll in weiteren Versuchen ebenfalls näher betrachtet werden. Hierbei soll auch ein Fokus auf die Blattverschmutzung und -beschädigung der Kulturpflanzen gelegt werden.

Veröffentlichungen

- Mayer, D., Baumann, A., Eberhard, T. and Stoll, A.: A new approach of in-row-weeding sugar beets – using high pressure water jets and GNSS-locations of the crops. Proceedings of the Conference 81st International Conference on Agricultural Engineering LAND.TECHNIK/AgEng, Osnabrück, 6.-7.11.2024, (VDI-Berichte Nr. 2444), p. 269-274.
- Mayer, D.; Baumann, A.; Eberhard, T., Stoll, A.: In-Row-Unkrautbekämpfung mit Hochdruckwasserstrahlen und GNSS-Lokalisation von Zuckerrüben. 44. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft, 27.-28.02.2024, https://gil-net.de/wp-content/uploads/2024/02/GIL-2024_SpoteeJet_HfWU_Mayer_V2.pdf

Gefördert von der Europäischen Union im Rahmen des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg

Kofinanziert von der Europäischen Union

Abbildung 41: Logo europäische Union

Baden-Württemberg

Abbildung 42: Logo Baden-Württemberg

4.2 SELBEWAG - Selektive Bekämpfung von Grünlandunkräutern mit Wasserstrahlen

Standort: Institut für Technik, On-Farm, LVB Jungborn
Projekt-Titel: Selektive Bekämpfung von Grünlandunkräutern mit Wasserstrahlen (SELBEWAG)
Laufzeit: 1.9.2022 – 31.10.2025
Fördermittelgeber: Gefördert durch Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages
Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Albert Stoll
Projektbearbeiter/innen: Ingo-Leonard Haußmann, Georg Lohrmann
Projektpartner: ANEDO, URACA, Uni Ulm, Martin Energietechnik

Hintergrund und Problemstellung

Übergeordnetes Ziel ist die Entwicklung eines wasserhydraulischen, selektiv arbeitenden Unkrautbekämpfungsgerätes für Grünland. Es wird an den genormten Schnittstellen an den Traktor gekoppelt: Dreipunktaufnahme im Frontanbau, Antrieb über die Zapfwelle, ISOBUS-Steuerung. Innerhalb der Projektlaufzeit soll mit Hilfe von Kameras und künstlicher Intelligenz eine Echtzeit-Detektion von Herbstzeitlosen und weiteren Schadpflanzen im Grünland erreicht werden. Dabei sollen die neuronalen Netze eines offline Ansatzes, die im Vorläuferprojekt SELBEX für die maschinelle Analyse von Drohnenbildern entwickelt wurden, weiter optimiert und mit dem jetzt angestrebten online Ansatz kombiniert werden.

Die Schadpflanzen sollen durch gezielt applizierte Wasserstrahlen zurückgedrängt werden. Auch dieses bereits im Vorläuferprojekt entwickelte Prinzip soll weiter optimiert und das Verfahren auf weitere Pflanzen ausgeweitet werden. Damit kann dieses Gerät für eine selektive und nicht-chemische Unkrautbekämpfung eingesetzt werden und stellt eine einzigartige, bisher nicht verfügbare Lösung dar. Sie wird für landwirtschaftliche Betriebe interessant, die Grünland mit hohen naturschutzfachlich begründeten Auflagen bewirtschaften, nach Ökostandards arbeiten oder im Grünland den Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln reduzieren wollen. Das Gerät soll so konstruiert werden, dass Arbeitsbreiten von 2,50 m und 6,0 m möglich sind. So können für verschiedene Flächenstrukturen und Erfordernisse der Kunden wettbewerbsfähige Geräte angeboten werden.

Vorgehensweise

Das Projekt gliedert sich in verschiedene Entwicklungsaufgaben, welche die Bilderkennung und Steuerungstechnik, die Wasserhydraulik und die Integration in ein Gesamtgerät umfassen.

Für die Entwicklung der Bilderkennung basierend auf einem neuronalen Netz werden fortlaufend Trainingsdatensätze aufgezeichnet. Dazu werden Wiesen auf denen die Zielpflanze wächst mit einem mobilen Kameragestell befahren und der Bestand aus einer konstanten Höhe abgefilmt. Im Nachgang werden die Videodaten gesichtet und die Zielpflanzen mit einer rechteckigen Box markiert, um einzelne Bilder daraus extrahieren zu können. Diese Einzelbilder werden verwendet um den bildanalytischen Algorithmus zu trainieren.

Zur Prüfung der Erkennungsleistung werden zusätzliche Datensätze nötig, die nicht bereits zum Trainieren verwendet wurden. Mit dem aktuellen Stand des Erkennungsmodells lassen sich basierend auf digitalen Tests etwa 67 Prozent der Herbstzeitlosenpflanzen im Frühjahr detektieren. Entsprechend der größeren Herausforderung bei einer Grün-in-Grün Erkennung gegenüber einem kontrastreichen Merkmal, wie der auffälligen rosafarbenen Blüte, ist dieses Ergebnis durchaus als gut für den ersten Schritt der Modellentwicklung anzusehen.

Durch die Veränderung des Schwellenwerts lässt sich die Sensitivität beeinflussen. Ein senken dieses Werts löst die Steuerung bereits bei geringerer Wahrscheinlichkeit für die richtige Klassifizierung einer Pflanze aus, dies erhöht die Gesamtzahl an erkannten Herbstzeitlosen (true positives) aber auch falsch erkannten Pflanzen anderer Art (false positives). Aufgrund der nicht-chemischen Wirkweise ist dies durchaus zur Maximierung der Gesamtanzahl behandelter Herbstzeitlosen denkbar, da nur durch möglichst viel entfernte Pflanzen eine nachhaltige Zurückdrängung erreicht werden kann.

Der steuerungstechnische Aufbau des Wasserstrahlgerätes wurde um die Echtzeit-Pflanzenerkennung erweitert. Nachdem die Kamerasteuerung implementiert war, wurde der Funktionsablauf in 2024 zunächst in Trockenversuchen getestet. Im kommenden Jahr erfolgt die Erprobung und Untersuchung im reellen Feldeinsatz. Parallel dazu erfolgte der Aufbau eines Gerätes mit 6 Metern Arbeitsbreite bei Martin Energietechnik. Einige Optimierungen wurden daran im Zuge der Entwicklung umgesetzt und die Komponenten der Wasserhydraulik für die höhere Leistung angepasst. Das klappbare Frontanbaugerät wurde 2024 erstmals der Öffentlichkeit vorgestellt (Abb. 43Abbildung 45).

Abbildung 45: Neues Wasserstrahlgerät mit 6 Metern Arbeitsbreite und 24 Hochdruckdüsen sowie 4 Kameras zur Pflanzendetektion (Foto: Mattheis/MartinEnergietechnik)

Zur Optimierung der wasserhydraulischen Einstellungen bei der Bekämpfung von Herbstzeitlosen werden mehrjährige Parzellenversuche durchgeführt. Im Gegensatz zu bisherigen Versuchen erfolgt die Behandlung dabei dynamisch, d.h. während der Überfahrt mit konstanter Geschwindigkeit werden kurze Sprühstöße ausgelöst. Die Parameter Fahrgeschwindigkeit und Düsengröße werden variiert, um deren Einfluss auf den Zurückdrängungserfolg zu untersuchen. Als Prüfkriterium wird die Anzahl der Schadpflanzen zum Zeitpunkt der Ernte betrachtet. Der Vergleich mit dem ermittelten Ausgangsbestand lässt Rückschlüsse auf die Reduktionsrate zu. Gleichermaßen wird der Wiederaufwuchs im nächsten Jahr für die langfristige Rückdrängung bonitiert.

Zusätzlich zur Versuchsanlage im Tiefenbachtal wurde im Jahr 2024 ein weiterer Versuch in Neuffen angelegt. Dies wurde zum Ausschluss eines Effekts durch die gleichzeitige Beweidung durch Pferde unternommen.

Streifenförmige Parzellen mit 10 x 0,25 m wurden gewählt, um die Überfahrt und Bekämpfung mit einer einzelnen Düse, die eine Arbeitsbreite von 25 cm hat, nachbilden zu können. Es finden zwei Behandlungsmaßnahmen statt, bei denen zuvor die Pflanzenanzahl ausgezählt und die Standorte mit Kreuzstäbchen markiert werden.

Bei der Überfahrt mit dem mobilen Fahrgestell wird die daran montierte Düse von einer zweiten Person nur dort aktiviert, wo auch eine Pflanze wächst. Neben den wasserhydraulischen Varianten gibt es noch den zweifachen mechanischen Schnitt und die Kontrolle ohne Behandlungsmaßnahme.

Tabelle 10: Bezeichnung und Beschreibung der Versuchsvarianten

Variante	**Beschreibung**	
K	**Kontrolle**	
Mech	Mechanischer Schnitt	
200	Rotordüse 0,9 mm	2 km/h
200s	Rotordüse 0,9 mm	4 km/h
350	Rotordüse 1,15 mm	2 km/h
350s	Rotordüse 1,15 mm	4 km/h

Um für die Schadpflanzen Ampfer und Jakobskreuzkraut einen geeigneten Verfahrensablauf bestimmen zu können, werden die Versuchstätigkeiten darauf ausgeweitet. Dabei wird zunächst auf grundsätzliche Erkenntnisse bei der Behandlung mit dem wasserhydraulischen Verfahren abgezielt. Die Anwendungshäufigkeit und der richtige Zeitpunkt für einen größtmöglichen Bekämpfungserfolg sollen ermittelt werden.

Zentrale Ergebnisse

Tabelle 11: Mittlere relative Reduktion des Herbstzeitlosenbestandes über zwei Behandlungen mit 6 bzw. 5 Wiederholungen, Versuchsjahre 2023 & 2024. Der Versuch Neuffen wurde um die Varianten 200 & 200s reduziert

Jahr		**Variante**					
Versuchsanlage		**K**	**Mech**	**200**	**200s**	**350**	**350s**
2023	Mittlere rel. Reduktion (%)	44	95	65	71	92	93
Tiefenbach	Standardabweichung	0,194	0,064	0,282	0,211	0,073	0,083
2024	Mittlere rel. Reduktion (%)	28	92	45	32	95	90
Tiefenbach	Standardabweichung	0.201	0.065	0.040	0.081	0.170	0.271
2024	Mittlere rel. Reduktion (%)	28	95	/	/	94	92
Neuffen	Standardabweichung	0,106	0,035			0,043	0,039

Die Ergebnisse aus dem zweiten Versuchsjahr zeigten Reduktionsraten auf gleichem Niveau wie im Vorjahr, aufgeführt in Tabelle 11. Dies bestätigt, dass mit der größeren Düse unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit eine Schadpflanzenreduktion auf etwa dem Niveau des mechanischen Schnitts erzielt werden kann. Bei der kleineren Düsengröße fiel die Reduktionsrate nochmal geringer aus als im Vorjahr. Der Einfluss der Witterungsbedingungen auf den natürlichen Rückgang wird im Vergleich zwischen den Jahren 2023 und 2024 besonders deutlich. Während das Frühjahr 2023 sehr trocken und warm war, herrschten 2024 gemäßigte Temperaturen und eine gute Wasserversorgung. Dies ist nicht nur an den Reduktionraten der Kontrollvarianten zu erkennen, sondern auch an denen der kleineren Düsenvariante.

Bei guten Wuchsbedingungen, wie im Jahr 2024, sind die Reduktionsraten mit der kleinen Düse nochmal schlechter und auch der negative Einfluss einer erhöhten Fahrgeschwindigkeit wird größer.

Die große Düsenvariante wurde davon nicht beeinflusst und zeigte über beide Versuchsjahre und dem neu dazugekommenen Versuch wiederholt ein konstant gutes Ergebnis. Der mechanische Schnitt lässt sich präziser durchführen als die Behandlung während der Überfahrt mit den Düsenvarianten, was den stabil hohen Reduktionswert erklärt.

Ein Verfehlen der Zielpflanze ist beim einzeln durchgeführten Schnitt mit der elektrischen Grasschere unwahrscheinlich, was wiederum bei den dynamischen Anwendungen durch leicht versetztes Fahren oder fehlerhaftes Auslösen des Hochdruckstrahls eher vorkommen kann.

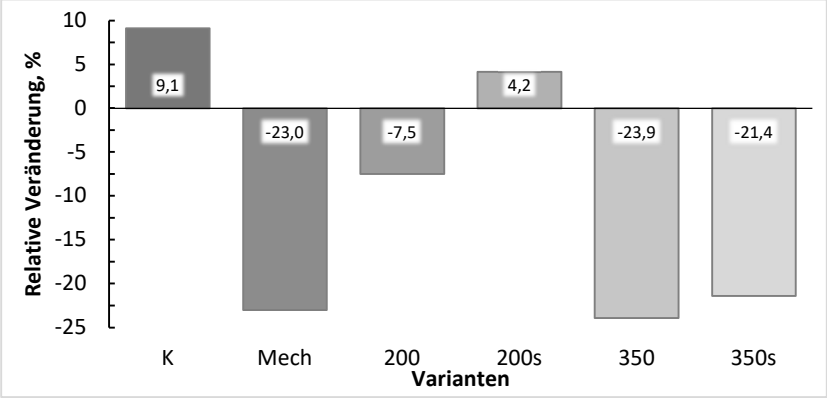


Abbildung 46: Bestandsveränderung nach dem ersten Versuchsjahr 2023 relativ zum Ausgangsbestand vor der ersten Maßnahme im Jahr 2024

Abbildung 44 zeigt die relative Bestandsänderung nach dem ersten Jahr vom Versuch im Tiefenbachtal in Nürtingen. Grundlage bildet der initiale Ausgangbestand beider Jahre vor der ersten Behandlungsmaßnahme. Daran werden die unterschiedlichen Behandlungsintensitäten erkennbar, die mit den Reduktionsraten aus Tabelle 11 korrelieren. Die große Düsenvariante 350 hat auch hier einen vergleichbaren Wert wie der mechanische Schnitt und reduziert den Schadpflanzenbestand um mehr als 23 Prozent. Durch die schnellere Fahrgeschwindigkeit bei der Variante 350s hat der Wasserstrahl weniger aktive Wirkzeit, um die Herbstzeitlosenpflanze mehrfach zu treffen und zu zerkleinern, was sich an der geringfügig kleineren Reduktionrate widerspiegelt. Noch eindeutiger fällt dies bei den kleinen Düsenvarianten aus, wobei sogar eine Zunahme des Schadpflanzenbestandes um 4,2 Prozent bei der schnelleren Fahrt beobachtet werden konnte. Positiver Nachweis ist dieses Ergebnis für eine nachhaltige Reduzierung des Herbstzeitlosenvorkommens mit dem wasserhydraulischen Verfahren.

Eine Anwendung erbringt demnach nicht nur den Nutzen von nahezu giftpflanzenfreiem Futter zum Zeitpunkt der Ernte, sondern führt durch die Schädigung im Frühjahr auch zu einem reduzierten Neuaustrieb in der folgenden Saison.

Abbildung 47: Zerkleinerte Fragmente von Herbstzeitlosenpflanzen wie sie nach der Behandlung auf der Fläche verbleiben und dort bis zur Heuernte Mitte Juni zersetzt werden

Die untersuchten Geschwindigkeiten von 2- und 4 km/h liegen in einem praktikablen Bereich für die traktorgebundene Anwendung, ohne eine signifikante Abnahme der Wirkung bei der großen Düsenvariante. Eine kleinere Düse verspricht in der Theorie die Einsparung von Wasser und damit eine geringere Aufwandmenge pro Hektar. Auch der mitzuführende Wasservorrat könnte dadurch kleiner ausfallen. In der Untersuchung zeigte sich aber, dass mit der geringeren Ausstoßmenge bei gleichem Druck auch die gewünschte Wirkung abnimmt. Dies ist ein wichtiger Aspekt für die Auslegung und Dimensionierung der späteren Geräte. Durch die Versuchstätigkeiten wurde die Düsenauswahl für das Wasserstrahlgerät bestätigt und die Reduktion der Ausstoßmenge über die Wahl einer kleineren Düse bis auf weiteres verworfen. Die Versuche werden über die Projektlaufzeit fortgeführt.

Veröffentlichungen

- Haußmann, I-L., Petrich, L., Lohrmann, G., Schmidt, V., & Stoll, A.: Bilddatenakquisition zur Entwicklung eines Machine-Learning-Detektors für Grünlandunkräuter. In (Hoffmann, C. et al., Hrsg.) Tagungsband 44. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft, 27.-28.02., S. 287-292, 2024. ISBN 978-3-88579-738-8.
- Stoll, A., Haußmann, I.-L., Lohrmann, G., Petrich, L., Schmidt, V., Wittner, N., Aberle, E., Thiel, C., Terhaag, M., Mattheis, D., Martin, F.: Entfernung von Schadpflanzen im Grünland mit Hochdruck-Wasserstrahlen. Tagungsband: 31. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung; 27.-29. Februar 2024, Braunschweig, Julius-Kühn-Archiv. https://doi.org/10.5073/20240108-112904-0
- Haußmann, I-L, Lohrmann, G., Stoll, A.: Untersuchung zur Zurückdrängung von Herbstzeitlosen (C. autumnale) mit einem wasserhydraulischen Verfahren. 17. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Gießen, Deutschland, 05.-08.03.2024, http://orgprints.org/
- Haußmann, I-L.: Wasserstrahl trifft Unkraut. Deutscher Landwirtschaftsverlag, agrarheute Magazin, S.87-89, Ausgabe April 2024.
- Haußmann, I.-L. , Lohrmann, G., Stoll, A., Petrich, L. and Schmidt, V.: Implementation of a real-time plant detector for a selective grassland weeding machine using high-pressure water jets. Proceedings of the Conference 81st International Conference on Agricultural Engineering LAND.TECHNIK/AgEng, Osnabrück, 6.-7.11.2024, (VDI-Berichte Nr. 2444, 2024), p. 297-302.
- Stoll, A.: Unkräuter mit Wasser schneiden? Topagrar 53 (2024) H.11, S. 64-66

5 Digitalisierung

5.1 Sonderprogramm Biologische Vielfalt: Digital-unterstützte Messung und Bewertung der Biodiversitätsleistungen in der Landwirtschaft (DiMeBiLa)

Standort: Nürtingen; Remote
Projekt-Titel: Sonderprogramm Biologische Vielfalt: Digital-unterstützte Messung und Bewertung der Biodiversitätsleistungen in der Landwirtschaft (DiMeBiLa)
Teilprojekt: /
Laufzeit: Q1 2023 – Q1 2025
Fördermittelgeber: Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg
Projektleitung: Prof. Dr. Markus Frank
Projektbearbeiter/innen: Marius Kuhlmann
Projektpartner: /

Hintergrund und Problemstellung

Grundsätzlich herrscht auch in der praktischen Landwirtschaft zunehmend Klarheit darüber, wie Artenvielfalt in der landwirtschaftlichen Praxis zu erhalten und zu fördern ist. Ein gewisser Grad an "Extensivierung" der Produktion, bspw. in Form von reduzierter Bodenbearbeitung, einem reduzierten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (insbesondere Herbiziden und Insektiziden) und einer Verhinderung der Überdüngung, haben sich hierfür als effektive Strategien entpuppt (Geertsema et al. 2016).

Zusätzlich lassen sich durch diverse förderfähige bzw. nicht-förderfähige agrarökologische Maßnahmen wie bspw. die Anlage von Blühelementen, "Beetle Banks", Erhalt von Rohbodenarealen, Feldlerchenfenstern etc. bestimmte Aspekte der Artenvielfalt in der Agrarlandschaft fördern (Dicks et al., 2014). Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass im Grundsatz bereits über ein Instrumentarium für den Erhalt bzw. die Förderung von Artenvielfalt Klarheit besteht. Allerdings scheint dieses Instrumentarium noch nicht in ausreichendem Maße genutzt zu werden.

Zusätzlich scheinen die Fördermöglichkeiten, die bspw. über das Programm FAKT bestehen, vielleicht nicht in ausreichendem Maße geeignet, Artenvielfalt in der Agrarlandschaft in ausreichendem Maße zu adressieren. Viele dieser Maßnahmen, wie z.B. eine stärkere Heterogenität der Agrarlandschaften mit kleinen Äckern, vielfältigen Strukturelementen und diversifizierten Fruchtfolgen werden jedoch oft in der landwirtschaftlichen Praxis als betriebswirtschaftlich herausfordernd eingestuft (Rosa-Schleich et al. 2019). So herrscht bei praktischen Landwirten oft Unklarheit, wie gut biodiversitätsfördernde Maßnahmen mit der landwirtschaftlichen Praxis und der Realität der verschiedenen Betriebe in ihrem Gewann vereinbar sind (Hass et al. 2018). Insbesondere die Zielkonflikte zwischen den verschiedenen Dimensionen der nachhaltigen Betriebsoptimierung bleiben weitgehend ausgeklammert – weder findet sich eine einfach nachvollziehbare Vollkostenberechnung oder eine wissenschaftlich fundierte Bewertung der Wirksamkeit der verschiedenen Maßnahmen, noch sind mögliche Zielkonflikte bzw. Synergien mit anderen Umweltkategorien (z.B. Klimawandelpotenzial) Gegenstand der Diskussion.

Zudem fehlt es bislang weitestgehend an einer Betrachtung der Skalenebene „Landschaft“ bzw. „Gewann“ im Hinblick auf die Effektivität von biodiversitätsfördernden Maßnahmen inkl. einer angepassten Förderpraxis (Hass et al. 2018). Letztlich fehlt seitens des Handels und der Wertschöpfungskette weitestgehend ein Anreiz für eine biodiversitätsfördernde Produktion, welche über einzelne, nur bedingt skalierbare Leuchtturmprojekte hinausgeht (z.B. "Lerchenbrot"; Bockholt, 2020).

Dieses Projekt setzt daher an drei Limitationen an:
1.) Modellierung der Effekte des Zusammenspiels von "on crop" und "off crop"-Maßnahmen auf den unterschiedlichen Skalenebenen des Schlages, des Betriebs sowie der Landschaft bzw des "Gewanns" sowie deren Operationalisierung in Form einer Simulationssoftware, angebunden an ein elektronisches Schlagkarteisystem.

2.) Darstellung von Zielkonflikten und Synergien bei der Betriebs- und Managementoptimierung zwischen den verschiedenen Wirkkategorien der Förderung der Artenvielfalt sowie der Profitabilität.

3.) Förderung der Nachfrage aus der Wertschöpfungskette und Erzeugung von Transparenz zur Effektivität und den Kosten biodiversitätsfördernder Maßnahmen auf unterschiedlichen Skalenebenen.

Versuchsfragen

Gemäß der o.g. Problemstellung, verfolgt dieses Projekt folgende Ziele:

1. **1.)** Bereitstellung einer einfachen (gamifizierten) Simulationssoftware zur Modellierung der Effekte des Zusammenspiels von "on crop" und "off crop"-Maßnahmen auf den unterschiedlichen Skalenebenen des Schlages, des Betriebs sowie der Landschaft bzw. des "Gewanns".

2. **2.)** Darstellung von Zielkonflikten und Synergien bei der Betriebs- und Managementoptimierung zwischen den verschiedenen Wirkkategorien, z.B. zwischen Förderung der Artenvielfalt, Reduktion des Klimawandelpotenzials sowie der Profitabilität.

3. **3.)** Operationalisierung dieser Simulationssoftware in Form einer Simulationssoftware, angebunden an ein elektronisches Schlagkarteisystem.

4. **4.)** Förderung der Akzeptanz biodiversitätsfördernden Managements seitens landwirtschaftlicher Praktiker:innen durch Schaffung von Transparenz über die Zielkonflikte; Erzeugung bzw. Förderung von Nachfrage aus der Wertschöpfungskette.

Versuchsanlage und erhobene Parameter

Für das Projekt wurden folgende Arbeitsschritte festgelegt:

Arbeitspaket 1: Entwicklung von Algorithmen zur Modellierung der Auswirkungen landwirtschaftlichen Managements auf Artenvielfalt auf den unterschiedlichen Skalenebenen

- Meilenstein 1: Auswahl von on-crop- und off-crop Maßnahmen und deren Gewichtung nach Auswirkungen auf die Förderung der Biodiversität
- Meilenstein 2: Entwicklung von Algorithmen zur Biodiversitätsbewertung
- Meilenstein 3: Experteninterviews zur Maßnahmenauswahl und Modellierungsmethodik
- Meilenstein 4: Publikation zur Validierung des Modells

Arbeitspaket 2: Erstellung einer Excel-basierten Rechenmatrix sowie Programmierung einer gamifizierten Software zur Analyse von Synergien und Zielkonflikten im Zusammenhang mit biodiversitäts-fördernden Maßnahmen

- Meilenstein 1: Operationalisierung der in Arbeitspaket 1 abgeleiteten Algorithmen in einem Excel-Workbook
- Meilenstein 2: Validierung im Hinblick auf Erkenntnisse aus wissenschaftlicher Literatur
- Meilenstein 3: Entwicklung einer Web-Applikation

Arbeitspaket 3: Validierung der Web-Applikation in Fokusgruppen sowie Expertengesprächen mit Verteter:innen landwirtschaftlicher Wertschöpfungsketten

- Meilenstein 1: Validierung der Web-Applikation in einer Expertengruppe aus Beratern, Experten aus den Feldern Umwelt- und Artenschutz, konventioneller und ökologischer Landwirtschaft
- Meilenstein 2: Adaptionen und Korrekturen aus Expertendiskussionen abschließen
- Meilenstein 3: Abgleich der vorhergesagten Effekte mit Datensätzen aus landwirtschaftlichen des Biodiversitäts-Demobetriebe-Netzwerks
- Meilenstein 4: Prüfung der Kompatibilität der Algorithmen der Simulationssoftware mit Zertifizierungsstandards (z.B. Qualität und Sicherheit) sowie Verwendbarkeit in verschiedenen Wertschöpfungsketten (z.B. Ackerbau & Sonderkulturen)

Arbeitspaket 4: Pilotierung der Anbindung der Web-Applikation an elektronische Ackerschlagkarteisysteme am Beispiel von NextFarming

Meilensteinbeschreibung	Q4 2022	Q1 2023	Q2 2023	Q3 2023	Q4 2023	Q1 2024	Q2 2024	Q3 2024	Q4 2024	Q1 2025
Arbeitspaket 1: Entwicklung von Algorithmen zur Modellierung der Auswirkungen landwirtschaftlichen Managements auf Artenvielfalt auf den unterschiedlichen										
Meilenstein 1: Auswahl von on-crop- und off-crop Maßnahmen und deren Gewichtung nach Auswirkungen auf die Förderung der Biodiversität										
Meilenstein 2: Entwicklung von Algorithmen zur Biodiversitätsbewertung										
Meilenstein 3: Experteninterviews zur Maßnahmenauswahl und Modellierungsmethodik										
Meilenstein 4: Publikation zur Validierung des Modells										
Arbeitspaket 2: Erstellung einer Excel-basierten Rechenmatrix sowie Programmierung einer gamifizierten Software zur Analyse von Synergien und Zielkonflikten im Zusammenhang mit biodiversitäts-fördernden Maßnahmen										
Meilenstein 1: Operationalisierung der in Arbeitspaket 1 abgeleiteten Algorithmen in einem Excel-Workbook										
Meilenstein 2: Validierung im Hinblick auf Erkenntnisse aus wissenschaftlicher Literatur										
Meilenstein 3: Entwicklung einer Web-Applikation										
Arbeitspaket 3:Validierung der Web-Applikation in Fokusgruppen sowie Expertengesprächen mit Verteter:innen landwirtschaftlicher Wertschöpfungsketten										
Meilenstein 1: Validierung der Web-Applikation in einer Expertengruppe aus Beratern, Experten aus den Feldern Umwelt- und Artenschutz, konventioneller und ökologischer Landwirtschaft										
Meilenstein 2: Adaptionen und Korrekturen aus Expertendiskussionen abschließen										
Meilenstein 3: Abgleich der vorhergesagten Effekte mit Datensätzen aus landwirtschaftlichen des Biodiversitäts-Demobetriebe-Netzwerks										
Meilenstein 4: Prüfung der Kompatibilität der Algorithmen der Simulationssoftware mit Zertifizierungsstandards (z.B. Qualität und Sicherheit) sowie Verwendbarkeit in verschiedenen Wertschöpfungsketten (z.B. Ackerbau & Sonderkulturen)										
Arbeitspaket 4: Pilotierung der Anbindung der Web-Applikation an elektronische Ackerschlagkarteisysteme am Beispiel von NextFarming										
Meilenstein 1: Pilotierung der Anbindung bzw. Integration der Web-Applikation in Betriebsmanagementsysteme am Beispiel der Software "NextFarming" (FarmFacts GmbH)										

Legende:
Abgeschlossen
Geplant
In Bearbeitung

Abbildung 48: Meilensteinplanung

Zentrale Ergebnisse

- Etablierung einer Bewertungslogik, die die Möglichkeiten biodiversitätssteigernder landwirtschaftlicher Managementpraktiken prädiktiv simuliert. Landwirten/-innen wird somit ein Instrument zur Prognose der Biodiversitätsleistung und deren Optimierungsparametern in der Phase der Produktionsplanung zugänglich gemacht. Folgende Arbeitsschritte wurden hierzu durchgeführt:
- Literaturbasierte Auswahl biodiversitätsfördernder on-crop und off-crop Maßnahmen
- Konzeptionierung eines Berechnungsmodells zur Bewertung der Biodiversitätsleistung von landwirtschaftlichen.
- Expertendiskussionen zur Maßnahmenauswahl und Modellierungsmethodik
- Auswahl der Kenngrößen und Parameter
- Modellentwicklung
- Delphi-Befragung von Experten zur Validierung der Bewertungsmechanik
- Entwicklung einer Web-Applikation über externe Softwarefirma
- Laufende Optimierung der Benutzererfahrung und Algorithmen

Ausblick

Nach der Genehmigung einer kostenneutralen Verlängerung bis einschl. Februar 2025 endet dieses Projekt. Durch die Verlängerung konnte die Benutzererfahrung verbessert werden und Berechnungsalgorithmen optimiert werden. Der Anschluss an FMIS-Systeme gestaltet aufgrund nicht zugänglicher/verfügbarer und aufeinander abgestimmten Schnittstellen weiterhin als schwierig. Neben finalen Updates finden aktuell Vorbereitungen zur Übergabe der Software an den Fördermittelgeber sowie für eine Veröffentlichung zur Validierung der Software statt.

Veröffentlichungen

- Zum Modellierungskonzept der Simulation wurde eine wissenschaftliche Publikation im Journal „Cogent Food and Agriculture“ veröffentlicht
- Weber, R., Kuhlmann, M., Lask, J., Braun, J., & Frank, M. (2023). Assessing biodiversity potential of arable farms–A conceptual approach. *Cogent Food & Agriculture*, *9*(1), 2234153.
- https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2234153)
- Das Modellierungskonzept wurde bei der Tagung der „Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V.“ am 06.10.2023 vorgestellt
- Das Modellierungskonzept wurde bei der Tagung der „Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft e.V.“ am 27.02.2024 vorgestellt
- Präsentation des Projektkonzepts im Workshop „Zukunft Gründen“ der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen am 13.11.2023
- Präsentation des Konzepts und des Software-Protoypen im „Digitalen Vernetzungstrefffen“ des MLR am 24.05.2024
- Wissenschaftliche Publikation zur Validierung des Bewertungsmodells in Entwurfsphase
- Akzeptierter Vortrag auf dem IFAMA 2024 World Symposium in Alméria, 17 .- 20. Juni 2024

5.2 Digitale Experimentierfelder zur Vernetzung in Technik und Wissen für eine digitale Landwirtschaft auf Zukunftsbetrieben in BW (TechKnowNet)

Standort: Tachenhausen
Projekt-Titel: Digitale Experimentierfelder zur Vernetzung in Technik und Wissen für eine digitale Landwirtschaft auf Zukunfts-betrieben in Baden-Württemberg
Teilprojekt:
Laufzeit: 3 Jahre
Fördermittelgeber: Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen der Bekanntmachung über die Förderung der Einrichtung von Experimentierfeldern als Zukunftsbetriebe und Zukunftsregionen der Digitalisierung in der Landwirtschaft sowie in vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsketten mit dem Förderkennzeichen 28DE206A21.
Projektleitung: Prof. Dr. Markus Frank
Projektbearbeiter/innen: Annabell Cankaya, Anne Feiler
Projektpartner: Landwirtschaftliches Technologie Zentrum Augustenberg (LTZ) , Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU), Landesanstalt für Landwirtschaft, Ernährung und ländlichen Raum Schwäbisch Gmünd (LEL)

Hintergrund und Problemstellung

Die Landwirtschaft in Baden-Württemberg zeichnet sich historisch bedingt durch eine kleinteilige Struktur aus. Die durchschnittliche Betriebsgröße lag im Jahr 2020 bei 36,0 ha und auf 54,2 % der knapp 39.000 landwirtschaftlichen Betriebe wurden weniger als 20 ha bewirtschaftet. 35,6 % der Betriebe der Rechtsform Einzelunternehmen wurden im Haupterwerb und 64,6 % im Nebenerwerb geführt [St23] Diese betrieblichen Strukturen stellen einen wichtigen Faktor bei der Entscheidung für oder gegen die Etablierung von digitalen Strukturen in Baden-Württemberg dar. So ist die Adaption von digitalen Technologien, wie z. B. Lenksysteme oder die teilflächenspezifische Bewirtschaftung in Regionen mit großstrukturierter Landwirtschaft deutlich weiterverbreitet [PGG21]. Um dieser Herausforderung nachzukommen, werden im Rahmen des BMEL geförderten Projektes „TechKnowNet“ der Status quo der Digitalisierung erhoben und Umsetzungshemmnisse der digitalen Transformation auf landwirtschaftlichen Betrieben in Baden-Württemberg identifiziert. Darüber hinaus werden mögliche Handlungs- sowie Unterstützungshilfen in der praktischen Anwendung auf den Betrieben durchgeführt und Lehrformate zum Thema Digitalisierung für landwirtschaftliche Fachschulen entwickelt. Diese Umsetzung wird im Folgenden auf Grundlage erster Ergebnisse näher erläutert.

Ziele des Vorhabens

Erprobung ackerbaulicher betriebsangepasster digitaler Lösungen auf Praxisbetrieben

- Adressieren von Hemmnissen auf betrieblicher Ebene und Erarbeitung angepasster Lösungen für Konzepte
- Umsetzung der infrastrukturellen Ausstattung, Auswahl verletzbarer Komponenten mit den Betrieben
- Technische und ökonomische Evaluierung der Ergebnisse sowie Nachhaltigkeitsbewertung der digitalen Lösungen

Einrichtung des digitalen "Hub" im Lehr- und Versuchsbetrieb Tachenhausen

- Etablierung des Leuchtturmbetriebs durch Implementierung vielfältiger digitaler Lösungen
- Aufbau einer praktischen Lehrwerkstatt und Durchführung von Schulungen, Workshops, etc.
- Implementierung einer interaktiven Wissensplattform
- Erfahrungsberichte der beteiligten Praxisbetriebe zu digitalen Techniken und Lösungen von der Einführung ihrer Praktikabilität im Einsatz bis hin zur ökonomischen Bewertung
- Plattform zur Wissensvermittlung und Kommunikation von Landwirt/in zu Landwirt/in

Stärkung der landwirtschaftlichen Digitalisierung in Bildung und Beratung

- Erfassung der aktuellen Bedeutung der Digitalisierung in Bildung und Beratung
- Erarbeitung angepasster Strategien zur Kompetenzstärkung der Beratung
- Entwicklung geeigneter praxisnaher Lern- und Lehrformate für die Schulische und betriebliche Ausbildung

Versuchsanlage und erhobene Parameter

Für die Erhebung des Status quo der Digitalisierung im Ackerbau auf den landwirtschaftlichen Betrieben in Baden-Württemberg sowie der Evaluierung von verschiedenen digitalen Technologien wurden zehn Projektbetriebe ausgewählt. Diese unterscheiden sich in Bewirtschaftungsform, Größe, technischer Ausstattung, Fortschritt in der Digitalisierung und räumlicher Verteilung innerhalb Baden-Württembergs, um die aktuellen Gegebenheiten der landwirtschaftlichen Praxis optimal abbilden zu können. Zwei der zehn Projektbetriebe werden ökologisch bewirtschaftet. Als Grundlage für die Evaluierung des gegenwärtigen Standes der Digitalisierung wurde ein Fragenkatalog mit 92 Fragen entwickelt. Diese deckten u. a. die Themenbereiche der allgemeinen Betriebsabläufe, des Betriebsmanagements, der Nutzung digitaler Tools/Technologien, die Motivation zur Nutzung der digitalen Tools/Technologien, die Einschätzungen/Wahrnehmungen zu Datensicherheit und Datenschutz sowie der Informationsbeschaffung ab.

Ergänzend zu dem Fragenkatalog wurden Gesprächsprotokolle der Befragungen angefertigt. Somit konnten angesprochene Themen der Landwirte über den Fragenkatalog hinaus aufgenommen werden und in die spätere Auswertung mit einfließen. Basierend auf den Erkenntnissen der Interviews, der Hinzunahme aktueller wissenschaftlicher Literatur sowie unter Berücksichtigung der guten landwirtschaftlichen Praxis wurde ein allgemein anwendbarer Leitfaden zur Digitalisierung entwickelt. Dieser durchläuft aktuell ein Review-Verfahren auf den Projektbetrieben, in welchem die Betriebsleitung entsprechende Differenzen zu dem eigenen Digitalisierungsprozess anmerken kann. Dies soll die Praxistauglichkeit der Empfehlungen und den darauf aufbauenden Lehrinhalten für die Fachschulen sicherstellen.

Kleine Lerneinheiten, welche modular zusammensetzbar sind, sogenannte „Learning Nuggets“ werden auf Grundlage dieser Erkenntnisse entwickelt und in Form eines Curriculums bereitgestellt. Neben der Nutzung der Lernplattform, kommen dabei mediendidaktische Tools zum Einsatz, welche im Vorfeld auf Messebesuchen und Vorortterminen auf die Anwendbarkeit für die Vermittlung der Lehrinhalte erprobt wurden.

Zentrale Ergebnisse

Stand der Digitalisierung Projektbetriebe

Aus den Befragungen der Projektbetriebe ging hervor, dass auf vielen Betrieben bereits digitale Tools genutzt werden oder die Beschaffung in absehbarer Zukunft geplant war. Es wurde bereits auf allen Betrieben eine digitale Ackerschlagkartei (ASK) angewendet. Davon benutzten zum Projekt schon fünf Betriebe ein FMIS. Nach dem Umsetzen des Digitalisierungsplans konnte den restlichen fünf Projektbetrieben, welche bisher noch kein FMIS verwendet hatten, eine entsprechende Softwarelösung (365 FarmNet) über das Projekt zu Verfügung gestellt werden. Neun von zehn Betrieben nutzten eine Maschinenkommunikation über ISOBUS oder automatische Lenksysteme und bei einem Betrieb war die Beschaffung geplant. Die Nutzung Ertragskartierung war hingegen nur auf einem Betrieb etabliert.

Auf den Versuchsbetrieben in TechKnowNet wurden Versuche zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung durchgeführt und ausgewertet. So hat sich im vergangenen Jahr auch ein Projektbetrieb den Versuchsbetrieben angeschlossen und somit einen weiteren Schritt in Richtung Digitalisierung umgesetzt. Außerdem konnte auf einem Betrieb „Spot Spraying“ umgesetzt und etabliert werden (Abb. 47).

Abbildung 49: Spot Spraying-Versuch Projektbetrieb TechKnowNet 2024

Digitalisierungsplan, EM 38 Messungen, Befliegungen & Bodenproben

Aus den gewonnenen Erkenntnissen der Betriebsbefragungen wurden vier Schritte für die Digitalisierung eines typischen Ackerbaubetriebs abgeleitet. Aus den jeweiligen Schritten konnte dementsprechend das Stadium der digitalen Transformation des vorliegenden Betriebes adressiert werden. Daraus wurden im Projekt die nächsten Schritte abgeleitet, welche für ein Fortschreiten der Digitalisierung auf dem entsprechenden Betrieb hilfreich sein würden.

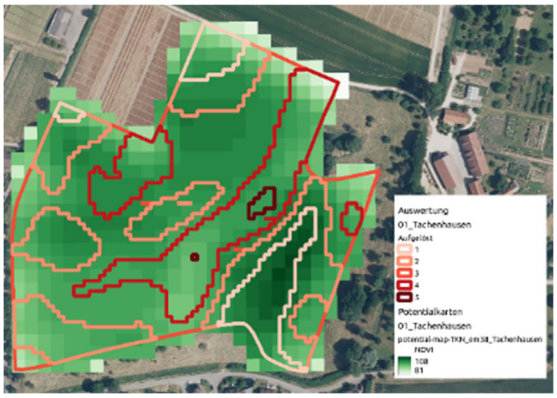


Abbildung 50: EM 38 Messung 2024 Betrieb Tachenhausen

Abbildung 51: Bodenprobe pH-Wert 2024 Betrieb Tachenhausen

Entsprechend diesem Vorgehen wurden im Jahr 2024 auf den teilnehmenden Betrieben EM 38 Leitfähigkeitsmessungen durchgeführt und ausgewertet (Abb. 48 und Abb. 49). Weiterhin wurden bei den Projektbetrieben ausgewählte Flächen durch das StartUp-Unternehmen SAM Dimension beflogen und ebenfalls ausgewertet.

Lehre

Das Konzept der „Learning Nuggets" konnte im Wintersemester 2024/25 erstmals an der Akademie für Landbau in Nürtingen getestet werden. Das vom Projekt entwickelte Lehrmaterial konnte von der Lehrkraft als Unterrichtsvorbereitung genutzt werden und die SchülerInnen wurden in das Thema eingeführt. Anschließend konnten sie sowohl auf der Lernplattform Moodle kleine Lernhäppchen ausprobieren (beispielsweise Quiz, Drag-and-Drop oder Kreuzworträtsel), als auch eine Lerneinheit zum Thema Applikationskarten in der VR-Brille erkunden. Außerdem stand die Online-Anwendung eines FMIS zur Verfügung, in der die SchülerInnen eigene Schläge anlegen und sich frei im Programm bewegen konnten.

Die Unterrichtsstunde wurde im Anschluss evaluiert. Alle SchülerInnen lernten Neues dazu (7 von 10) bzw. wollten noch mehr erfahren (3 von 10). Besonders positiv hervorgehoben wurde die praktische Anwendbarkeit des Gelernten anstelle eines rein theoretischen Unterrichts.

Ausblick

Aus dem bestehenden Kontakt zu den Projektlandwirten zeigte sich im weiteren Verlauf des Projekts, dass das Interesse an digitalen Strategien weiter angeregt wurde. Auch der Austausch zwischen den Projektbetrieben hatte sich als äußerst wertvoll in dieser Hinsicht gezeigt. So konnten sich die Landwirte bei Vernetzungstreffen und Veranstaltungen des Projektes immer wieder auf den neusten Stand bringen und gegenseitiges Interesse oder Feedback geben zu neuen Prozessen auf dem eigenen Betrieb.

Viele der teilnehmenden Landwirte setzen sich intensiver mit den Möglichkeiten der Thematik "Precision Farming" und Digitalisierung auf dem heimischen Betrieb auseinander. Daraus lässt sich jedoch auch schließen, dass der Faktor Beratung und Unterstützung bei der Beschaffung in der kleinstrukturierten Landwirtschaf in Baden-Württemberg deutlichen Einfluss hat und weiter gefördert werden sollte. Weiterhin besteht fortwährend aus der Sicht der Projektlandwirte, die Problematik der schwer zu erfassenden Übersicht über die verfügbaren Systeme und deren Konnektivität und insbesondere Interoperabilität zueinander.
Daher sollte die Weiterentwicklung des Digitalisierungsplans diese Lücke füllen, eine grundlegende Umsetzungsempfehlung bilden und dabei die betriebsindividuelle Anwendbarkeit berücksichtigen. Denn um die Möglichkeiten und Folgen weiterer Digitalisierungsschritte einschätzen zu können, ist eine ausreichende Entscheidungsgrundlage notwendig [PGG21]. Es ist bei den Erhebungen dieses Projektes jedoch anzumerken, dass weitere Datenerhebungen über die Projektbetriebe hinaus notwendig sind, um ein klares Bild des Status quo der Digitalisierung auf den landwirtschaftlichen Betrieben in Baden-Württemberg zu erhalten.

In der Lehre sollen die bisherigen Erkenntnisse an der Akademie für Landbau in Nürtingen dazu genutzt werden, weitere „Learning Nuggets" und Lehr- und Lernmaterialien zu erstellen und diese Konzepte auch an anderen Fachschulen in Baden-Württemberg auszuprobieren. Die Anpassung der Lehrpläne und die Erstellung von Lehrformaten werden ebenfalls durch die Lehrkräfte der Fachschulen hervorgehoben [Pa23]. Das Projekt „TechKnowNet" möchte sie weiterhin dabei unterstützen, aktuelle digitale Themen im Unterricht behandeln zu können. Die Projektbetriebe stellen hier die Brücke zwischen praktisch relevanter Anwendung und Fachschul-Curriculum dar. Ziel ist es weiterhin, die Projektbetriebe als zukünftige Arbeitsorte der Studierenden oder deren Eigenschaft in der Betriebsnachfolge weiter in die Anforderungen an entsprechende Lehrformate mit einzubinden.

Veröffentlichungen

- B & B Agrar: Digitales Know-how boostern. 2/2023.
- Landinfo: Projekt: TechKnowNet – Unterstützung der digitalen Kompetenzbildung in der Landwirtschaft. 1/2024.
- Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft e. V. (Stuttgart-Hohenheim): Digitale Experimentierfelder zur Vernetzung in Technik und Wissen für eine digitale Landwirtschaft auf Zukunftsbetrieben in Baden-Württemberg (27.02.2024).
- Experimentierfelderkonferenz Berlin: Von der landwirtschaftlichen Praxis in die Schule – Gestaltung und Umsetzung von digitalen Lerneinheiten; gemeinsam mit BeSt-SH (03.09.2024)
- Grüne Woche Berlin: Wissenstransfer aus der Praxis in die Lehre durch Microlearning (17.01.2025)
- Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft e.V. (Wieselburg, Österreich): Microlearning als nachhaltige Lernmethode zum Erwerb digitaler Kompetenzen an den Fachschulen für Landwirtschaft (26.02.2025)

Literaturverzeichnis

- [Pa23] Paulus, M.: Digitalisierung in der landwirtschaftlichen Berufsbildung: Untersuchung zur Wissensvermittlung an landwirtschaftlichen Schulen in der Aus- und Weiterbildung; Stand: 01/2023 (unveröffentlicht)

- [PGG21] Pfeiffer, J.; Gabriel, A.; Gandorfer, M.: Klein gegen Groß - Vergleich von klein- und großstrukturierten Agrarregionen beim Einsatz digitaler Technologien. In: Referate der 41. GIL-Jahrestagung, S. 247–252., (2021) Online

- verfügbar unter https://gil-net.de/Publikationen/GIL2021_Gesamt_finalb.pdf, zuletzt geprüft am 18.10.2023.
  [St23] Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, https://www.statistik-bw.de/Landwirtschaft/Agrarstruktur/, Stand: 16.10.2023

TechKnowNet

Abbildung 52: Logo TechKnowNet

Gefördert durch

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Projektträger

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

Abbildung 53: Logos der Fördermittelgeber Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (rechts); Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (links)

5.3 DiWenkLa-Fortsetzung

5.3.1 Teilprojekt Ackerbau

Standort: HfWU Nürtingen mit LVB Tachenhausen sowie diversen Praxisbetrieben
Projekt-Titel: DiWenkLa: Digitale Wertschöpfungsketten für eine nachhaltige kleinstrukturierte Landwirtschaft
Laufzeit: 01.03.2020 – 28.02.2025
Fördermittelgeber: BMEL
Projektleitung: Prof. Dr. Markus Frank
Projektbearbeiter: Prof. Dr. Jürgen Braun, Prof. Dr. Markus Frank, Prof. Dr. Heinrich Schüle, Dr. Angelika Thomas, Prof. Dr. Dirk Winter
Projektpartner: Universität Hohenheim, Landesanstalten Baden-Württembergs

Hintergrund und Problemstellung

Ziel der Projektpartner von DiWenkLa ist es, die Möglichkeiten und Bedingungen des Einsatzes digitaler Technologien in durch Kleinstrukturen geprägten Agrarsystemen umfassend und praxisnah in den zwei Regionen Stuttgart (Acker- und Gemüsebau) und Südschwarzwald (Grünland) zu erforschen und die Praxistauglichkeit unter Beweis zu stellen. Damit soll einerseits ein breiter Wissenstransfer und damit eine breite Anwendungspraxis vorangetrieben und andererseits eine Validierung und Weiterentwicklung der analysierten digitalisierten Technologien forciert werden.

Die Metropolregion Stuttgart mit der Filderebene ist durch einen hohen Anteil an Sonderkulturen geprägt, bei der Salate und Kohl sowie Möhren konventionell und ökologisch in intensiven Verfahren angebaut werden. Diese Sonderkulturen stehen in Fruchtfolgen, vielfach mit Getreide, Mais und stark zunehmend auch Soja. Speziell für diese Kulturen stehen standortangepasste N-Düngungen, Ertrags- und Qualitätsabschätzung auf heterogenen Kleinstschlägen sowie darauf aufbauend die Planung des Mähdreschereinsatzes und der Transportfahrzeuge basierend auf Ertragshöhe und resultierender Erntequalität im Analysefokus. Für diese Experimente bzw. Analysen werden Versuchsflächen der in dieser Region angesiedelten Hochschulen sowie Teilbetriebe von ca. 30 Landwirten der Region genutzt und in die Betriebsabläufe integriert. Dabei ist sichergestellt, dass die ausgewählten Betriebsleiter/innen jeweils Multiplikatorwirkung in der Region aufweisen. Gemeinsam mit Fachgebieten der UHOH sowie der HfWU sowie den beteiligten Landesanstalten werden adäquate Experimentierabläufe für alle interessierten Experimentansteller bei den beschriebenen Kulturarten sichergestellt.

Forschungsfragen

1. Welche Chancen und Herausforderungen digitaler Techniken bestehen
2. für eine ökologisch verträgliche bzw. nachhaltige Produktion
3. für ökonomische Vorteile in landwirtschaftliche Wertschöpfungsketten
4. für sozial verträgliche Innovationen und positive Wirkungen im Betriebsalltag und Umfeld

Versuchsanlage und erhobene Parameter

Auf insgesamt fünf Praxisbetrieben wurden *on farm*-Versuche zur teilflächen-spezifischen (TFS) Bewirtschaftung bzw. mechanischen Unkrautregulierung angelegt und die Interventionen entsprechend durchgeführt. Dabei handelt es sich um:

- Agrar KG, Starzach (Winterweizen, Soja und Mais)
- Landwirtschaft Reinhard Paulus, Deckenpfronn (Winterweizen)
- Reiterhof Schaal, Nürtingen (Winterweizen)
- Landwirtschaft Manfred Koppenhagen, Kirchberg/Iller (Winterweizen, Soja, Mais)
- Lehr- und Versuchsbetrieb Tachenhausen, Oberboihingen (Winterweizen)

Für diese Versuche wurden mittels verschiedener Software-Pakete (d.h. „NextFarming“, FarmFacts GmbH) Streu- und Applikationskarten erstellt und gemäß dieser Karten gedüngt sowie mittels einer kamera-gesteuerten Hacke bei Mais und Soja Unkrautregulierung betrieben.

Zentrale Ergebnisse

Die vierjährigen Praxisversuche (2020, 2022, 2023 und 2024; 2021 fehlt wegen Hagelschäden) deuten auf Mehrerträge durch TFS-Düngung in Winterweizen (sowie Wintergerste) hin, die in der Größenordnung von 5 Prozent liegen. Daten aus dem bayrischen Experimentierfeld „Diabek“ unterstützen diese Annahme. Als Folge dieser Erhöhung der N-Nutzeffizienz verringert sich der carbon footprint des entsprechenden Anbausystems („cradle to field border“) im Durchschnitt um etwa 5% (Abb. 52).

Während die teilflächenspezifische Düngung ab dem ersten Hektar zu geringeren Emissionen pro Tonne Output führt, hängt die ökonomische Vorteilhaftigkeit von der Größe der Betriebe ab. Je mehr Flächen vorhanden sind die teilflächenspezifisch gedüngt werden, umso schneller wird der break-even point erreicht. Pauschale Aussagen ab welcher Größe die teilflächenspezifische Düngung ökonomische Vorteile bringt, sind aufgrund von vielen betriebsindividuellen Angaben nicht möglich. Mit FAKT II erhalten Landwirte in Baden-Württemberg ab 2024 eine Förderung von 50€ pro Hektar, wenn diese teilflächenspezifisch düngen. Damit kann die teilflächenspezifische Düngung auch für kleinere Betriebe betriebswirtschaftlich sein. Wie die Förderung in der Praxis angenommen wird, bleibt abzuwarten.

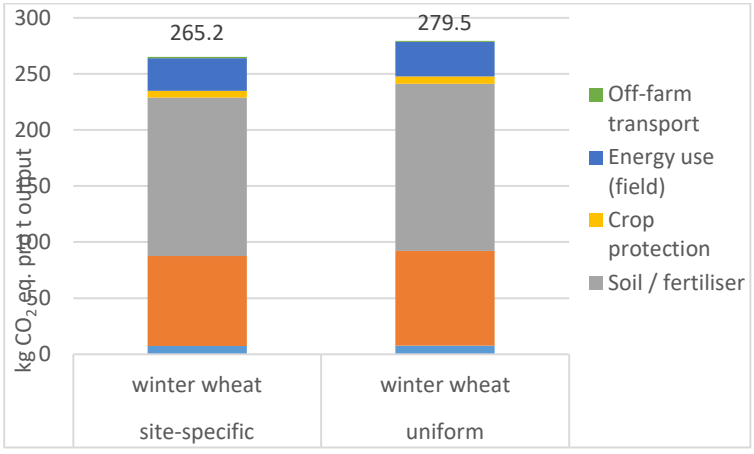


Abbildung 54: Durchschnittlicher carbon footprint aller durchgeführten Versuche zur teilflächenspezifischen und homogenen Düngung

Im Körnermaisanbau wurden in einem Praxisversuch über drei Jahre vier verschiedene Methoden zur Unkraut-/Ungrasregulierung verglichen. Zum Einsatz kamen bei der mechanischen Unkraut-/Ungrasregulierung eine kameragesteuerte Fingerhacke und ein Hackstriegel (Variante: MP; 2 Durchgänge), während die chemische Unkraut-/Ungrasregulierung (Variante CP; 1 Überfahrt) aus einer flächigen Herbizid Anwendung bestand. Jeweils eine weitere mechanische und chemische Variante, bei welcher zusätzlich eine Frontwalze eingesetzt wurde (Varianten MPW und CPW), wurden ausgewertet (Abb. 53).

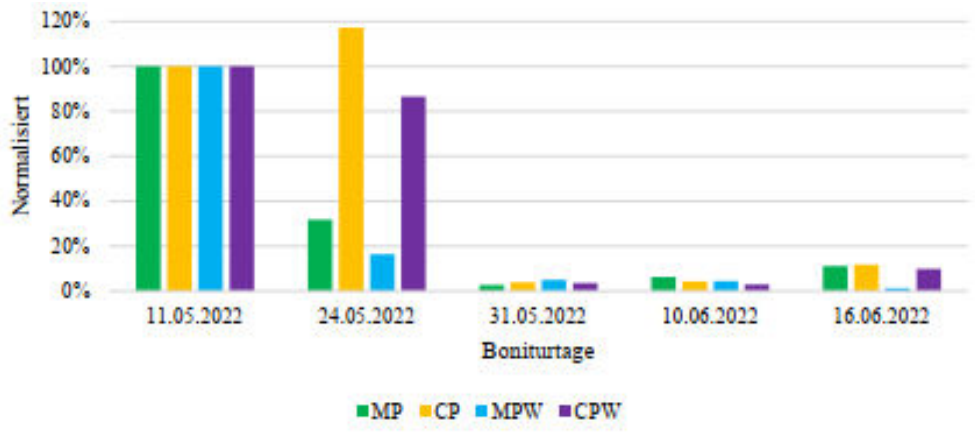


Abbildung 55: Normalisierter Unkraut-/Ungrasbesatz (Bedeckungsgrad) an den angegebene Boniturtagen für alle Versuchsvarianten

Die Effizienz der mechanischen Unkraut-/Ungrasregulierung zeigte keinen signifikanten Unterschied zur chemischen Regulierung. Auch die Auswertung der Ökonomie zeigt keine signifikanten Unterschiede in der Vollkostenrechnung, was die Attraktivität der mechanischen Unkrautregulierung im Vergleich zur Flächenspritzung mit Herbizid unterstreicht.

Veröffentlichungen

- Weber, R., Munz, J., Braun, J. & Frank, M. (2025). Site-specific N-application in small-scale arable farming in Germany - Evaluation of trade-offs and synergies of ecological and economic parameters based on a case study. *Discover sustainability*. In review.

5.3.2 Teilprojekt: Digitalisierung in der Pferdewirtschaft

Standort: On-Farm Research: LuV Jungborn, Pferdebetrieb Rappenhof, RC Horkheim, Haupt- und Landgestüt Marbach
Projekt-Titel: Digitalisierung in der Pferdewirtschaft
Drittmittel-Förderung Laufzeit: 1.3.2020 – 28.2.2025
Fördermittelgeber: BLE
Projektleitung: Prof. Dr. Enno Bahr (UoH), Prof Dr Markus Frank (HfWU)
Teilprojektleitung: Prof. Dr. Dirk Winter, HfWU
Projektbearbeiter/innen: L. Speidel, M. Pfeiffer
Projektpartner: Acaris, Huesker, Acclaro PS, Schauer, Hit, Prinzing, Ako, Quanturi, Piavita, ITN&Hoch

1. **Einsatz von digitalen Technologien auf pferdehaltenden Betrieben als Beitrag zur Steigerung des Tierwohls und der Tiergesundheit (M.Pfeiffer)**

Hintergrund und Problemstellung

Trotz der Domestikation der Pferde vor vielen Tausend Jahren, haben sich die die Ansprüche der Pferde an ihre Lebensumstände kaum geändert (Pick et al. 2016). Das Verhalten der Pferde lässt darauf deuten, ob die Anpassung an eine Haltungsumgebung gelingt oder nicht. Gleichzeitig spiegeln sie auch den emotionalen Zustand eines Tieres wider. Treten bestimmte Verhaltensweisen gehäuft auf, können sie zu chronischem Stress und in der Folge zu Verhaltensstörungen führen.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Darstellung verschiedener Möglichkeiten für pferdehaltende Betriebe, digitale Technologien zur Sicherstellung des Tierwohls und der Tiergesundheit einzusetzen, um Langzeitaktivitäten wie die Nahrungssuche und –aufnahme sowie das Ruhe- und Fortbewegungsverhalten von Pferden zu erfassen, um auf Grundlage der erfassten Indikatoren praxisrelevante Fragestellungen zu beleuchten. Hierzu wurde ein videobasiertes System, mit integrierter Künstlichen Intelligenz der Firma ACARiS GmbH, sowie Beschleunigungs- und Kauschlagsensoren der Firma ITIN+HOCH GmbH auf verschiedenen Praxisbetrieben eingesetzt. Um einen Überblick über die Umsetzung der Forderungen des Tierschutzgesetzes zu gewinnen, wurde eine Online-Befragung von Betriebsleiter/innen pferdehaltender Betriebe in Deutschland durchgeführt. Des Weiteren wurden zur Beurteilung des Aktivitätsbudgets von Pferden, zur Beurteilung von Verhaltensänderungen am Beispiel von Zuchtstuten und zur Beurteilung von Managemententscheidungen im Bereich der Pferdefütterung und –haltung die Langzeitaktivitäten Futtersuche und –aufnahme sowie das Ruhe- und Bewegungsverhalten verschiedener Pferde auf den Praxisbetrieben durchgeführt. Bei der Bewertung des Nutzens neuer Technologien auf dem Pferdebetrieb spielt auch die Reaktion der Pferde eine Rolle. Am Beispiel der Umstellung des Fütterungssystems von händischer auf automatisierte Pferdefütterung in der Einzelhaltung wurden Alarmsignale sowie Herzfrequenzen von Pferden erfasst.

Forschungsfragen und Zentrale Ergebnisse:

Forschungsschwerpunkt 1 widmet sich der Fragestellung, wie pferdehaltendende Betriebe in Deutschland die Forderungen im Rahmen des Tierschutzgesetzes, vor allem in Hinblick auf die Eigenkontrollpflicht umsetzen und wie digitale Technologien die Betriebsleitung unterstützen können. Hierzu wurde ein Online-Fragebogen erstellt, 136 Betriebsleitende haben an der Umfrage teilgenommen, davon haben 93 Betriebsleiter*innen den Fragebogen vollständig ausgefüllt.

Deutlich wurde, dass einige Betriebe den Anforderungen des Tierschutzgesetzes in den Bereichen Ernährung, Pflege, Unterbringung und Haltung sowie der Kontrolle erforderlicher Kenntnisse in nicht ausreichendem Maße nachkommen, 37% der Betriebsleitenden führen keine Rationsberechnungen durch, in 67% der Betriebe fehlt eine Überprüfung des Ernährungszustandes der Pferde.

Auch findet sowohl die sensorische Überprüfung der Futterqualität in 63% der Betriebe keine Beachtung, 73% der Betriebsleitenden führen keine Untersuchung der Futtermittelqualität im Labor durch. In 29% der Betriebe findet keine tägliche Überprüfung des Wohlbefindens der Pferde statt, 5% der Betriebsleitenden geben an, dass die tägliche, freie Bewegung der Pferde auf ihrem Betrieb nicht sichergestellt ist. Zudem schreibt das Tierschutzgesetz vor, dass eine Überprüfung erforderlicher Kenntnisse und Fähigkeiten von Mitarbeitenden erfolgen muss, in 32% der Betriebe ist dies nicht der Fall. Durch den Einsatz der genannten Techniken werden Ansprüche des Tierschutzgesetzes automatisch durch die kontinuierliche Erhebung von Indikatoren sichergestellt. Zudem dienen digitale Technologien auch der Dokumentation und Nachvollziehbarkeit von Daten, die zwar nicht ausdrücklich durch das Tierschutzgesetz vorgeschrieben ist, allerdings stellt sich die Frage, wie die Durchführung der betrieblichen Eigenkontrolle ohne Dokumentation nachgewiesen werden kann.

Abbildung 56: Horse Protector der Firma ACARiS GmbH, Quelle: ACARiS GmbH

Forschungsschwerpunkt 2 widmet sich der Fragestellung, welche Informationen hinsichtlich des Tierwohls und der Tiergesundheit Betriebsleitende durch den Einsatz von digitalen Technologien am Beispiel eines videobasierten Systems, gestützt durch Künstliche Intelligenz, Pedometer und Kauschlagsensoren erhalten können. Hierzu wurde das Aufnahmeverhalten von Rau- und Krippenfutter, die Trink-, Liege- und Stehdauern jeweils in Minuten pro Tag während des Aufenthaltes in der Pferdebox sowie die Anzahl an Schritten und Kauschläge pro Tag im Praxisbetrieb A (N=4 Pferde), Praxisbetrieb B (N=6 Pferde) und im Praxisbetrieb C (N=4 Pferde) zu allen vier Jahreszeiten 2022 erhoben. Freilebende Pferde verbringen 60% ihres Tages mit der Futtersuche und –aufnahme (Kiley-Worthington 1990), im Praxisbetrieb A beschäftigen sich die Pferde 32,7% der Zeit während dem Aufenthalt in der Pferdebox mit der Raufuttersuche und – aufnahme, im Praxisbetrieb B 21,9% und im Praxisbetrieb C 34,9% der Zeit. Anzumerken ist, dass sich die Werte auf die Zeit während dem Aufenthalt in der Pferdebox beziehen, eine zusätzliche Raufutteraufnahmezeit kann auf der Weide generiert werden. Die Parameter Krippenfutteraufnahme sowie Trinkdauern in Minuten pro Tag wurden auf den Praxisbetrieben nicht zuverlässig erfasst.

In Hinblick auf die Liegedauern verbringen die Pferde in Praxisbetrieb A 4,2% der Zeit während dem Aufenthalt in der Pferdebox mit Liegen, im Praxisbetrieb B 8,4% und im Praxisbetrieb C wurde eine Liegedauer von 7,6% erfasst. Auch dabei ist anzumerken, dass zusätzliche Liegedauern durch den Aufenthalt auf externen Paddocks und der Weide möglich sind. In freier Wildbahn wurde eine Liegedauer von 10% beobachtet (Kiley-Worthington 1990). Bezüglich der Stehdauern in Minuten pro Tag wurde festgestellt, dass die Pferde im Praxisbetrieb A 48,1% ihrer Zeit während des Aufenthaltes im Stehen verbringen, im Praxisbetrieb B wurde eine Stehdauer von 40,1% erfasst, im Praxisbetrieb C 27,2%. KILEY-WORTHINTON 1990 beobachtete eine Stehdauer bei freilebenden Pferden von 20%. Auch die Schrittanzahl pro Tag wurde auf den Betrieben erfasst, im Durchschnitt über alle Jahreszeiten hinweg wurden 1.530 Schritte pro Tag auf Praxisbetrieb A, 1.383 Schritte auf Praxisbetrieb B und 755 Schritte auf Praxisbetrieb C mit Hilfe von Pedometern erhoben. Ein Halfter mit Drucksensor erfasste die Kauaktivität der Pferde auf den Betrieben, im Praxisbetrieb A wurden 35.622 Kauschläge pro Tag erfasst, im Praxisbetrieb B 34.866 Kauschläge und im Praxisbetrieb C 33.677 Kauschläge pro Pferd und Tag. Die Aufzeichnungen verdeutlichten, dass die Langzeitaktivitäten gegenüber dem natürlichen Zeitbudget freilebender Pferde zum Teil stark abweichen, sich jedoch in die Werte, die in vorausgegangenen Untersuchungen in heutigen Haltungsumgebungen erfasst wurden, einordnen lassen. Die Erfassung der Langzeitaktivitäten kann auch zur Beurteilung von Verhaltensänderungen herangezogen werden.

Forschungsschwerpunktes 3 widmet sich nachfolgender Langzeitaktivitäten wie Aufnahmedauer von Raufutter, Liege-und Stehdauern von Zuchtstuten im Praxisbetrieb D (N=27 Zuchtstuten) drei Stunden vor Geburt mit der Fragestellung der Verhaltensveränderung im angegebenen Zeitraum. Hierzu wurde ein intelligentes Kamerasystem, mit integrierter Künstlicher Intelligenz, in den Abfohlboxen installiert. Die erhobenen Parameter verdeutlichen, dass die Liegedauern der Stuten zwei Stunden vor Geburt im Vergleich zu einer Stunde vor Geburt von vier Minuten auf 25 Minuten pro Stunde statistisch signifikant zunehmen und die Stehdauern von 33 Minuten auf 17 Minuten signifikant abnehmen, ebenso wie die Aufnahmedauern von Raufutter von 22 Minuten auf 18 Minuten.

Forschungsschwerpunkt 4 widmete sich der Fragestellung, in wieweit es möglich ist, durch die Erfassung von Langzeitaktivitäten Managemententscheidungen aus Sicht des Tierwohls im Bereich der Pferdefütterung und Haltung zu beurteilen. Zum einen wurde die Umstellung der händischen Fütterung auf eine automatisierte Fütterung in der Einzelhaltung auf Praxisbetrieb A (N=3 Pferde) beleuchtet, zum anderen die Umstellung der Einstreuart von Stroh auf Grünschnittkompost in Praxisbetrieb B (N=6 Pferde). Bei der Umstellung der Einstreuart in Praxisbetrieb B wurde deutlich, dass sich die Umstellung von Stroh auf Grünschnittkompost sowohl auf die Futteraufnahmedauern, als auch auf die Liegedauern deutlich auswirken. In Phase 1 (Einstreu mit Stroh) verbrachten die Pferde 231,0 Minuten ± 91,03 Minuten pro Tag mit der Raufuttersuche und -aufnahme, in Phase 2 (Einstreu mit Grünschnittkompost) sank die Aufnahmedauer auf 181,77 Minuten ± 71,45 Minuten pro Tag, in Phase 3 (Einstreu mit Grünschnittkompost und dünner Strohschicht) betrug die Aufnahmedauer von Raufutter 196,0 Minuten ± 91,89 Minuten pro Tag. In Phase 1 wurde eine Liegedauer von 137,83 Minuten ± 49,71 Minuten pro Tag erfasst, in Phase 2 betrugen die Liegedauern im Durchschnitt 50,50 Minuten ± 47,40 Minuten und in Phase 3 102,67 Minuten ± 61,83 Minuten.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass es durchaus möglich ist, durch die Erfassung von Langzeitaktivitäten Haltungsentscheidungen und Haltungssysteme zu bewerten und in Bezug auf die Tiergerechtheit zu

überprüfen. Auch die Reaktionen der Pferde auf den Einsatz digitaler Technologien wurden überprüft. Als Praxisbeispiel diente die Umstellung des Fütterungssystems von händischer Krippen- und Raufutterfütterung auf eine automatisierte Fütterung der Pferde im Praxisbetrieb A (N=3 Pferde) und B (N=3 Pferde). Die Erfassung der Reaktionen der Pferde erfolgten anhand von Direktbeobachtungen von Alarmsignalen sowie die Aufzeichnung der Herzfrequenz fünf Minuten vor Fütterungsbeginn bis zur Fütterung des letzten Pferdes, jeweils bei der Vorlage von Krippen- und Raufutter sowie zu zwei unterschiedlichen Fütterungszeitpunkten. Bezüglich der Alarmsignale konnte festgestellt werden, dass die Pferde eine signifikant höhere Anzahl an Alarmsignalen bei der händischen Krippen- und Raufuttervorlage bei der Morgen- und Abendfütterung zeigten. Am häufigsten zeigten die Pferde Verhaltensweisen wie das Drohen (19%), Leerkauen (16%), Kopfschlagen, beziehungsweiße Kopfschütteln (13%) und Scharren (9%). Auch die Herzfrequenzen der Pferde bei der händischen Krippenfutterfütterung lagen signifikant über den Herzfrequenzen bei der automatisierten Krippenfutterfütterung. Bei der Erfassung der Herzfrequenzen im Rahmen der Raufuttervorlage konnte kein eindeutiges Ergebnis erzielt werden. Auf dem Praxisbetrieb A wurde eine statistisch signifikant höhere Herzfrequenz bei der automatisierten Raufutterfütterung am Morgen beobachtet, am Abend eine statistisch signifikant höhere Herzfrequenz bei der händischen Fütterung. Auf Praxisbetrieb B lag die Herzfrequenzen der Pferde bei der händischen Raufutterfütterung am Morgen signifikant über den Herzfrequenzen bei der automatisierten Fütterung, am Abend wurde eine signifikant höhere Herzfrequenz bei der automatisierten Raufutterfütterung erhoben.

Abbildung 57: System PIAVET der Firma PIAVITA AG; Quelle: Meyer 2022 (unveröffentlicht)

Ausblick

Verdeutlicht wurde, dass es mit Hilfe von Kamerasystemen, gestützt durch Künstliche Intelligenz, Pedometern und Halfter zur Erfassung der Kauaktivität möglich ist, die Langzeitaktivitäten Raufutter-suche und –aufnahme, Liegedauern und Stehdauern in Minuten pro Tag während dem Aufenthalt in der Box sowie die Schrittanzahl und Kauschläge pro Tag zuverlässig zu erfassen. Auf Grundlage ausgewählter Langzeitaktivitäten ist es darüber hinaus möglich, praxisrelevante Fragestellungen zu beleuchten. Zum einen ist es möglich, Verhaltensveränderungen von Pferden darzustellen, dies wurde am Beispiel der Verhaltensveränderungen von Zuchtstuten im Haut- und Landgestüt Marbach dargestellt. Ebenfalls ist es möglich, Haltungsänderungen zu bewerten. In der Praxis nimmt das Tierwohl seitens der Gesellschaft und seitens der Pferdebesitzer*innen einen immer höheren Stellenwert ein. Zudem steigt auch der Druck seitens der Betriebsleitenden, die Pferdehaltung wirtschaftlicher zu gestalten. Daraus resultieren Haltungsentscheidungen wie beispielsweiße ein Umstellen des Fütterungssystems oder auch ein Umstellen der Einstreumaterialien. Dabei gilt es, diese Umstellungen aus Sicht des Tierwohls zu beleuchten, was ohne den Einsatz digitaler Technologien in der Praxis kaum umzusetzen ist. Die Digitalisierung kann dazu beitragen, den Tierwohlstandard auf Pferdebetrieben zu erhöhen, den Betriebsleitenden zu unterstützen und die Tiergesundheit sicherzustellen. Allerdings muss an dieser Stelle angemerkt werden, dass einige Herausforderungen mit der Einführung digitaler Techniken verbunden sind, allen voran sicherlich auch das Vorhandensein einer stabilen Internetverbindung, die auf einigen Betrieben bisher nicht vorhanden ist (Neumann et al. 2022). Zudem bestehen weitere Hemmnisse wie hohe Anfangsinvestitionen, Unsicherheiten über Datenschutz, Fragestellungen der Wirtschaftlichkeit alsgleich auf Fragestellungen der Kompatibilität unterschiedlicher Systeme, die es in Hinblick auf die Pferdewirtschaft zukünftig gemeinsam mit Betriebsleitenden zu beleuchten gilt.

Veröffentlichungen

- Winter, D., Speidel, L, Pfeiffer, M. (2021) Forschungsprojekt Wie Pferdebetriebe die Digitalisierung nutzen können Reiter Kurier Mai 2021 S. 10-11
- Winter, D.; Pfeiffer, M.; Speidel, L. (2021) Digitalisierung auf Pferde haltenden Betrieben - worauf kommt es an und wo liegen die Chance für die Betriebe? Pferdebetrieb
- Speidel, L, Pfeiffer, M, Winter, D (2021). Die Digitalisierung in Landwirtschaft und Pferdewirtschaft geht weiter. Pferdebetrieb (S. 48-49)
- Speidel, L.; Pfeiffer, M.; Winter, D. (2023) Viel Luft nach oben bei Pferdebetrieben. BBZ 4/2023 (S.25)
- Speidel, L.; Pfeiffer, M.; Winter, D. (2022) Digitalization in Equine Management Operational Optimization and Environmental Impact. 457 EAAP -73th Annual Meeting, Porto, Portugal. Book of Abstracts No.28 (2022) (S.589)
- Pfeiffer, M.; Winter, D.; Dickhoefer, U.; Speidel, L.T. Use of digital technologies in horse husbandry to increase animal welfare and health, 458 EAAP – 74th Annual Meeting, Lyon, France, 2023; Book of abstracts No. 29 (2023)

2. Digitalisierung in der Pferdehaltung – ökonomische Betrachtung und Umweltwirkungen (L. Speidel)

Hintergrund und Problemstellung

In vielen Bereichen der Gesellschaft, vor allem aber in der Wirtschaft, stehen die Begriffe "Digitalisierung", "digitale Transformation", "Industrie 4.0" oder "Internet der Dinge (IoT)" als Synonym für neue Möglichkeiten und Potenziale (Lukas, 2018).

Die Digitalisierung beeinflusst die Arbeitsweise, die Kommunikation und den Konsum (Kahlenborn, et al., 2019). Neben dem demographischen Wandel und der Nachhaltigkeit – i.e. die Integration ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte in jeglichem Handeln bzw. Gewinne umwelt- und sozialverträglich erwirtschaften (Pufé, 2014) – hat auch die Digi-talisierung einen Einfluss auf die Unternehmen (Dahm & Thode, 2019).

Die Anforderungen der dadurch entstehenden digitalen Neuerfindung sind hoch und betreffen alle Bereiche der Unternehmen (Dahm & Walther, 2019). Aus globaler Sicht wird die Digitalisierung zu einer Schlüsselfrage für die Ernährungssicherheit, die Stabilisierung der Ökosysteme und den sozialen Frieden (Nüssel, 2018).

Bei der Umstellung auf digitale Technologien und Produktionsverfahren in der Landwirtschaft ergeben sich ökonomische, ökologische und soziale Chancen und Risiken. Zu den Chancen können u.a. die physische Entlastung, eine Steigerung der Arbeitseffizienz, die Einsparung von Betriebsmitteln sowie Umweltentlastung gezählt werden. Als Risiken gelten der hohe Investitionsbedarf, die Datenhoheit, sowie die staatliche Kontrolle. (Walter, et al., 2017; Rohleder, et al., 2020; Gabriel & Gandorfer, 2020; Gabriel, et al., 2021)

Der wirtschaftliche Erfolg der Pferdebetriebe hängt insbesondere von der Erfahrung und Einsatzbereitschaft des Betriebsleiters und dem daraus resultierenden Management des Betriebes ab (Heise, et al., 2016). Allerdings werden Management und Controlling auf den Betrieben häufig nicht beleuchtet und bisher ist die Erfassung von Tierwohlparametern auf den Betrieben kaum gegeben (Winter, 2020). Die Grundvoraussetzungen für eine tierart-gemäße Haltung mit sozialen Kontakten und einer Ernährung auf der Basis von Raufutter wie Heu und Gras sind bei allen Pferden gleich, unabhängig davon, um welche Rasse es sich handelt. Wenn diese Grundvoraussetzungen beachtet werden, können Pferde über 30 Jahre alt werden (Winter, 2019).

Zudem kann die Wirtschaftlichkeit eines Betriebes durch technische oder digitale Systeme verbessert werden (LEL, 2014; Hoffmann, 2019). Automatische Fütterungsstationen oder digitale Managementsysteme können die tägliche Arbeit vereinfachen und Arbeitszeit ein-sparen (Rossmayer-Consulting, 2020; Schauer, 2020; Hau GmbH & Co. KG, 2020). Auch für Entmistung, Einstreuen, Gesundheits- und Sicherheitsüberwachung sind verschiedene digital-technische Einzellösungen für Pferdebetriebe erhältlich, die teilweise aus der Nutztierhaltung übernommen wurden. Diese sind allerdings auf den pferdehaltenden Betrieben nur vereinzelt verbreitet (Arnold, 2014) und eine Schnittstellenkompatibilität der Systeme ist bisher nicht gegeben. Daraus ergeben sich bei Nutzung mehrerer Systeme zeitintensive Mehrfacheingaben der notwendigen Daten wie z.B. Lebensnummer der Pferde, dazugehörige Futtermengen und Kontaktdaten der Besitzer.

I.2

Aufbau und Struktur der vorgelegten Arbeit

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden drei unterschiedliche Schwerpunkte untersucht, um die Einflussfaktoren für den Einsatz und die Vernetzung von digital-gestützten Systemen und die Auswirkungen auf eine arbeitswirtschaftliche Entlastung der Betriebsleitung zu identifizieren:

A.) Die eingesetzten Möglichkeiten zur digitalen Technisierung auf Pferdebetrieben und deren Voraussetzungen zur Implementierung,
B.) benötigte Arbeitszeiten und Einsparpotentiale in den Arbeitsabläufen durch Digitalisierung und Technisierung sowie
C.) die Vernetzung der verschiedenen Systeme mittels Schnittstellen.

Zielfragestellungen und Methodik

Die vorliegende Untersuchung fokussiert auf unterschiedliche Zielfragestellungen (A-C) und Methoden zur Erreichung und Beantwortung dieser, welche im Folgenden näher beschrieben werden.

Möglichkeiten und Voraussetzungen der Digitalisierung und Technisierung auf Pferdebetrieben

Zunächst wurde untersucht, welche Möglichkeiten der digitalen Technisierung auf Pferdebetrieben momentan zum Einsatz kommen und welche Voraussetzungen zu der Etablierung ausgewählter Systeme erfüllt sein müssen. Hierzu wurden Befragungen bei Akteuren auf Pferde haltenden Betrieben in Deutschland, sowie Erhebungen auf den im Projekt beteiligten Praxisbetrieben und den Partnerunternehmen durchgeführt.

i) Welche Voraussetzungen können auf den Betrieben erfüllt werden
ii) Es werden nur wenige digital-technische Systeme in der Pferdehaltung eingesetzt

Ziele

- Möglichkeiten der digitalen Technisierung auf Pferdebetrieben und Status Quo in Deutschland aufzeigen
- Einflussfaktoren und Voraussetzungen für den Einsatz der Systeme ermitteln
- Einfluss von Digitalisierung und Technisierung auf den Arbeitszeitbedarf der Arbeitsabläufe in der Pferdehaltung

Neben den Möglichkeiten und Voraussetzungen der Digitalisierung und Technisierung auf Pferdebetrieben wurde analysiert, welche betriebswirtschaftlichen Vorteile die etablierten digitalgesteuerten Systeme mit sich bringen und ob die Funktion dieser ausreichend ist. Dazu wurden Untersuchungen hinsichtlich der möglichen Auswirkungen auf Arbeitszeiteinsparung und Kostenoptimierung ausgeführt. Diese wurden durch Beobachtungen zur Zeiterfassung mit und ohne Digitalisierung und Technisierung sowie mit Hilfe von Experteninterviews und Online-Befragungen zu hierfür relevanten Themen – wie beispielsweise dem Stand der Digitalisierung sowie dem Stellenwert der Nachhaltigkeit auf den Pferdebetrieben, dem Kundenmanagement, der Pferdefütterung, der Entmistung und der Hütesicherheit realisiert.

2. Welche betriebswirtschaftlichen Vorteile bringen die digitalgesteuerten Systeme mit sich?
a) Arbeitshypothesen
i) Digital-technische Systeme sparen Arbeitszeit ein
ii) Die Investition in die Systeme rentiert sich für die Pferdebetriebe

Ziele

- Wesentliche Einflussfaktoren auf den Arbeitszeitbedarf der Arbeitsabläufe darstellen
- Optimierungspotentiale der Betriebsabläufe durch Technisierung und Digitalisierung aufzeigen
- Monetäre Bewertung der Einsparpotentiale

Vernetzung verschiedener Systeme auf pferdehaltenden Betrieben mittels Schnittstellen
Zusätzlich wurde ein Konzept für Schnittstellen definiert, um eine Kompatibilität zwischen den verschiedenen etablierten Systemen zu ermöglichen. Dazu wurde in Gesprächen mit den Partnerunternehmen festgelegt, welche Informationen aus den Einzelsystemen ausgetauscht werden sollen. Zu diesen Einzelsystemen gehörten beispielsweise die bereits genannten Futterautomaten, Betriebsmanagementsysteme sowie die Geräte zur Gesundheits- und Sicherheitsüberwachung auf Pferdebetrieben.

3. Lassen sich wesentliche Informationen mittels Schnittstellen in einem Managementsystem vernetzen?

a) Arbeitshypothesen
i) Die Systeme können über Schnittstellen miteinander vernetzt werden
ii) Es besteht Interesse an der Vernetzung der Systeme seitens der Pferdebetriebe

Ziele
Informationen für den Datenaustausch für die Systeme festlegen
Entwicklung eines Geschäftsmodells aus dem Konzept der Schnittstelle

Ergebnisse und Fazit der Untersuchung
In der Industrie sind Roboter bereits im Einsatz und auch in der Landwirtschaft sind Digitalisierung und Vernetzung angekommen. In der Pferdehaltung, einem Betriebszweig der Landwirtschaft, ist dies hingegen noch nicht der Fall. Es werden hauptsächlich Kameras zur Gesundheits- und Sicherheitsüberwachung eingesetzt, eine automatisierte Entmistung wird häufig gewünscht, ist aber aufgrund fehlender Investitionsbereitschaft der Betriebsleiter nicht vorhanden. Dabei ist dies der Arbeitsablauf, bei dem am meisten Zeit benötigt wird. Insbesondere die Wegstrecken sind hier zeitintensiv und sind aufgrund der Gewichtsbelastung durch den Transport der anfallenden Kotmengen auch für die Arbeitskraft relevant.

Um als Pferdebetrieb die verschiedenen digitalen Systeme etablieren zu können, müssen unterschiedliche Voraussetzungen erfüllt sein. Es bedarf der Bereitschaft und der finanziellen Möglichkeiten der Betriebsleiter, die digital-technischen Systeme einzusetzen und wenn diese vorhanden sind, eine stabile Internetverbindung, um die Daten der Systeme zuverlässig zu übermitteln. Diese stabile Internetverbindung hat sich in den Beobachtungen der Praxistests und den Befragungen als eine Herausforderung herausgestellt.

Außerdem wurde die Investitionsbereitschaft der Betriebsleiter häufig als gering eingestuft, was widersprüchlich für einen zukunftsfähigen und wettbewerbsfähigen Pferdebetrieb ist, da die Anzahl der vorhandenen Ausstattung (in den hier vorliegenden Daten) mit der Investitionsbereitschaft korreliert und diese wiederum mit der Internetverbindung zusammenhängt. Zudem ist eine Tendenz eines sinkenden Arbeitszeitbedarfs je Pferd und Tag mit der zunehmenden Anzahl der vorhandenen Systeme erkennbar.

Sind die Voraussetzungen erfüllt, sind je nach Haltungssystem unterschiedliche Technologien sinnvoll. Sind die Voraussetzungen erfüllt, sind je nach Haltungssystem unterschiedliche Technologien sinnvoll. Die einsetzbaren Systeme unterscheiden sich für Gruppen- und Einzelhaltung insbesondere bei der Entmistung und dem Einstreuen.

Die Entmistung, besonders das Aufsammeln der Pferdeäpfel auf unbefestigten Liegeflächen, wird sowohl in der Einzelhaltung als auch in der Gruppenhaltung weiterhin manuell ausgeführt werden, um z. B. Einstreumaterial einzusparen (u.a. Stroh, Waldboden, Sand). Bei einer Entmistung mittels Staubsauer oder Mistblitz könnte es dazu kommen, dass dieses Material vermehrt aufgenommen und somit auch häufiger benötigt wird. Hier müsste eine Gegenüberstellung der Kosten für den zusätzlichen Verbrauch mit der potenziell ein-gesparten Arbeitszeit vorgenommen werden. Die Weg-strecken zum Misthaufen können durch E-Helfer (z.B. elektrische Schubkarre) und Hoflader erleichtert werden.

Gleichzeitig darf die Gesunderhaltung von Pferd und Mensch nicht außer Acht gelassen werden. So sollte bspw. möglichst zu einer Zeit gemistet werden, wenn die Pferde sich nicht in den Stallungen aufhalten und viel Bewegung in der Einstreu vermieden werden. Dies kann durch z. B. eine tägliche Kotentfernung und Mistmatratze erreicht werden. Zudem kann eine Unterstützung durch mobile Technik sinnvoll sein, um nicht nur die Arbeitszeit, sondern auch den Arbeitsaufwand zu reduzieren und so die Motivation der momentan schwer verfügbaren Mitarbeiter beizubehalten und eventuell sogar zu erhöhen.

Bei der Fütterung können in der Einzelhaltung und in der Gruppenhaltung Automaten eingesetzt werden, die eine Zuteilung der individuellen Rationen ermöglichen. Diese Rationen und die damit einhergehenden Öffnungen der Automaten müssen an den Bedarf des Pferdes angepasst werden und entsprechende Ergänzungen oder Einschränkungen bei der Futteraufnahme getroffen werden. Der Erhaltungsbedarf der Pferde richtet sich nach dem Körpergewicht. Zusätzlich sollten auch Futter-zustand, Futterverwertung und Futteraufnahme sowie Temperament, Alter, Haltungsbedingungen und Rasse berücksichtigt werden. Je nach Leistungsbeanspruchung (Muskelarbeit, Deckeinsatz, Träch-tigkeit, Laktation und Wachstum) verändern sich diese Bedarfswerte (Karp & Veltjens-Otto-Erley, 2018; FN, 2019). Untergewichtige und schwerfuttrige Pferde sowie Leistungsbringer sollten Zugang zu ausreichend Raufutter haben.

Die Fütterung von Raufutter mittels Automaten ermöglicht eine Vorratsfütterung und kann so zu einer Arbeitszeiteinsparung führen. Die Öffnung der Automaten in der Einzelhaltung sollte an das Fressver-halten der Pferde angepasst sein. Bei leichtfuttrigen oder adipösen Pferden könnte ein Slow-Feeding System, wie z.B. ein Heuball ergänzend angeboten wer-den, um auch bei geschlossenem Automaten eine Beschäftigung mit der Futtersuche zu ermöglichen.

In der Gruppenhaltung ermöglichen zeitgesteuerte Öffnungen von Rauffutterraufen bei ausreichenden Fressplätzen eine gemeinsame Futteraufnahme. Eine Fütterung von Rauffutter an einem transpondergesteuerten Einzelplatz kann zu einer erhöhten Stresssituation führen. Je nach Konstitution und einhergehendem Energiebedarf der Pferde sollte zudem eine Möglichkeit zur ad libitum Aufnahme gegeben sein. Diese kann über transpondergesteuerte Selektionseinrichtungen zugänglich gemacht werden.

Bei Krippenfutter ist eine individuelle Zuteilung in kleinen Portionen über den Tag verteilt ernährungsphysiologisch sinnvoll. Dies kann in der Einzelhaltung durch die Automaten für alle Pferde gelichzeitig erfolgen, was sowohl den Arbeitszeitbedarf als auch den Futterneid und damit die Stresssituation und Verletzungsrisiken bei den Pferden reduzieren kann. In der Gruppenhaltung sollte darauf geachtet werden, dass je nach Herdengröße ausreichend Krippenfutterautomaten vorhanden sind, um ein Anstehen der Pferde und eventuelle Stresssituationen durch Futterneid zu vermeiden.

Ein für den Betrieb gültiger Standard für die Durchführung der verschiedenen Tätigkeiten zur Grundversorgung der Pferde erscheint zweckmäßig, der anhand von z.B. Kontrolllisten und gegebenenfalls Abbildungen des Endergebnisses sowie wesentlicher Schritte umgesetzt werden kann. Dies kann die Organisation der Arbeitsabläufe optimieren und für die Mitarbeiter nachvollziehbarer gestalten.

In der Kommunikation zwischen Betriebsleiter, Mitarbeitern und Kunden kann durch den Einsatz von digitaler Technik Arbeitszeit eingespart werden. Zudem werden Missverständnisse und Fehler aufgrund von unklarer Kommunikation reduziert. Dies ist besonders bei der Fütterung der Pferde von gesundheitlicher und kostentechnischer Relevanz.

Durch die Vernetzung der Systeme kann eine verbesserte Übersicht für den Betriebsleiter generiert werden. Hier müssen die Unternehmen in Zukunft vermehrt zusammenarbeiten, um den entstehenden Mehrwert (Zeiteinsparung, Arbeitserleichterung, Übersichtlichkeit) für auch an die Kunden weitergeben zu können. Das Interesse scheint vorhanden zu sein.

Durch eine (sinnvolle) Arbeitserleichterung mit Hilfe von Digitalisierung und Technisierung lässt sich eine Verbesserung der sozialen Dimension der Nachhaltigkeit auf Pferdebetrieben erreichen. Durch den Einsatz der Technisierung ist eine erhöhte Motivation und größere Leistungsbereitschaft der schwer verfügbaren Facharbeitskräfte zu erwarten.

Um eine angemessene Entlohnung der Arbeitskräfte auf den Betrieben mit gleichzeitig bezahlbaren Pensionspreisen (für den Mittelstand) zu erreichen, ist der Einsatz von Digitalisierung sinnvoll. Hierdurch lässt sich der Arbeitszeitbedarf verringern und das Tierwohl erhöhen.

Ausblick

Die Entwicklung der zunehmenden und vollständigen Automatisierung bestimmter Tätigkeiten hat zu der Sorge geführt, dass diese neue Art des technischen Fortschritts zu einer weitaus stärkeren Polarisierung der Arbeitswelt und damit auch der Gesellschaft führen könnte, als dies bei früheren Formen des technischen Fortschritts der Fall war. Dies betrifft insbesondere einen möglichen Verlust vieler Arbeitsplätze im Bereich gering- und mittelqualifizierter Tätigkeiten sowie eine zunehmende Verschiebung vom Produktionsfaktor Arbeit zum Produktionsfaktor Kapital (Prettner, 2018).

Diese Verschiebung wird auch in der Pferdehaltung notwendig sein, da die Arbeitskräfte momentan nicht mehr verfügbar sind, oder sich den Aufgaben auf einem Pferdebetrieb nicht stellen wollen. Daher gilt es, den Arbeitsplatz so attraktiv, technisiert und digitalisiert wie möglich zu gestalten, um der nächsten (technikaffinen) Generation den gewünschten Freiraum und die geforderte Freizeit zu ermöglichen. Die Mitarbeiter, bei denen mehr digi-tal-technische Systeme auf den Betrieben vorhanden war, schätzen die Arbeitszeit geringer ein. Durch die technische Unterstützung bleibt die Energie auch nach der Entmistung noch erhalten, um anschließend freundlicher und einfühlsamer mit den Kunden umzugehen, da zusätzlich mehr Zeit zur Verfügung steht. Auch dies kann wiederum positive Auswirkungen mit sich bringen.

Themen wie falsche Rationen oder nicht eingehaltene Fütterungszeiten werden automatisch vermieden, wenn die Fütterung von Rau- und Krippenfutter automatisiert erfolgt. Durch Sensorik, die erkennt, ob das Pferd im Stall ist oder nicht, kann zusätzlich eine (uner-wünschte) erhöhte Portion an Krippenfutter nach dem Reiten vermieden und zuerst das Raufutter verfüttert werden.

Durch eine digitale Absprache und Festhalten wesentlicher Arbeitsschritte und Änderungen in den Abläufen und Kundenwünschen werden Fehler reduziert und Missverständnisse vermieden. Je nach Bedarf können die Informationen transparent nach außen freigegeben werden. Dies liegt im Ermessen des Betriebsleiters.

Für die Implementierung der digital-technischen Systeme auf Pferdebetrieben – und damit der digitalen Transformation dieser – könnten dieselben Strategien eingesetzt werden wie in anderen Unternehmen (z. B. SWOT3 nach Thode & Wistuba (2019) oder Five Digital Forces-Analyse nach Süthoff (2019)). Die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit sollten als Grundlage für weitere Untersuchungen genutzt werden.

Veröffentlichungen

- Winter, D.; Pfeiffer, M.; Speidel, L. (2021) Pferdehaltung 4.0: Smarte Technik im Kommen (BWagrar, 31.2021; S.2)
- Winter, D.; Speidel, L.; Pfeiffer, M. (2021) Die Digitalisierung in Landwirtschaft und Pferdewirtschaft geht weiter. Pferdebetrieb 2021 S.48-49)
- Winter, D.; Speidel, L.; Pfeiffer, M. (2021) Digitale Beschleuniger Pferdebetrieb 2021 (S.22.26)
- Speidel, L.T. (2022) Weniger Arbeit dank Smartphone und PC (bbz, Nr.2, 15.1. 2022; S.24-25)
- Speidel, L.T.; Pfeiffer, M.; Winter, D. (2023) Viel Luft nach oben bei Pferdebetrieben BBZ Nr 4; 28.1. 2023
- SpeideL, L.T.; Perdana-Decker, S.; Werner, J., BermeJo Dominguez, G.; Winter, D.; Dickhöfer, U.; Gallmann, E.; Pfeiffer, M.; Bahrs, E.. Digitale Anwendungsoptionen in landwirtschaftlichen Kleinstrukturen der Pferdehaltung und weidebasierter Milchviehhaltung. Zuechtungskunde 95 (5), S. 339-355; 2023
- Speidel, L.T.; Winter, D.; Dickhoefer, U. Working time requirements of work processes in the individual keeping of horses. 458 EAAP – 74th Annual Meeting, Lyon, France, 2023. Book of abstracts No.29 (2023)

6 Interdisziplinäre Projekte

6.1 RegiopAKT: Regionale Wertschöpfungsketten der Zukunft für pflanzliche Lebensmittel mit Arten- und Klimaschutzleistung durch digitale Technologien

Standort: Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen,
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf und On-Farm
Projekt-Titel: Regionale Wertschöpfungsketten der Zukunft für pflanzliche Lebensmittel mit Arten- und Klimaschutzleistung durch digitale Technologien
Laufzeit:01.01.2023 – 31.12.2025
Fördermittelgeber: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL),
Träger: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
Projektleitung: Prof. Dr. Markus Frank
Teilprojektleitung: Prof. Dr. Markus Frank (AP1 und AP4), Prof. Dr. Heinrich Schüle (AP2),
Prof. Dr. Jürgen Braun (AP3), Dr. Angelika Thomas (AP4)
Projektbearbeiter/innen: Christina Becker, Hans Joachim Dietz, Andreas Durst, Petra Hangleiter, Mareike Herrler, Johannes Munz
Verbundpartner: Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Projektpartner: LBV Schrozberg, Bäuerliche Erzeugergemeinschaft Schwäbisch Hall, My Local Farm GmbH, ZDI Mainfranken, ANsWERK, Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 12 landwirtschaftliche Betriebe

Hintergrund und Problemstellung

Die Anpassung der Landwirtschaft an den voranschreitenden Klimawandel, der Rückgang der Artenvielfalt und die stetig sinkende Akzeptanz aktueller Anbausysteme in der Gesellschaft sind nur ein paar der Herausforderungen, vor denen der Agrar- und Ernährungssektor steht. Durch die Stärkung regionaler Wertschöpfungsketten, unterstützt durch digitale Technologien sollen im Rahmen des Projektes RegiopAKT Lösungsansätze für diese aktuellen Konflikte bereitgestellt werden. Eine mögliche Herangehensweise an die Thematik stellt die Etablierung von Nischenkulturen, wie z.B. Kichererbsen, Linsen und Quinoa, auf den hiesigen landwirtschaftlichen Betrieben dar. In direktem Zusammenhang damit steht deren Vermarktungspotential.

Als Projektregion wurde Franken– Hohenlohe (Abb. 60) mit kleinstrukturierten und hoch diversifizierten Agrarsystemen ausgewählt. Diese besitzen klare kompetitive Nachteile auf den Weltmärkten, haben allerdings den Vorteil, meist einen breiteren Mix an Ökosystemleistungen bereitstellen zu können. Digitale Technologien bieten den Betrieben große Chancen und Möglichkeiten diese Stärken als Differenzierungsmöglichkeit am Markt nutzbar zu machen.

Abbildung 58: Lage der Zukunftsregion Franken-Hohenlohe

Auf Grund ihrer Klima- und Bodenverhältnisse bietet die Region auch die Möglichkeit des Anbaus einer Vielzahl von Kulturen. Dies begünstigt den Anbau von Nischenkulturen und damit ein vielfältigeres Angebot pflanzlicher Nahrungsmittel. Eine stärker pflanzenbasierte Ernährung stellt einen wichtigen Baustein für ein nachhaltiges Agrar- und Ernährungssystem dar und ist gleichzeitig mit Gesundheitsvorteilen verbunden.

Im Hinblick auf die Entwicklung innovativer Wertschöpfungsketten bietet die Region Franken-Hohenlohe durch die Kombination stark ländlicher Regionen und dem urbanen Zentrum Würzburg ein enormes Potential. Neue, digital unterstützte Wertschöpfungsketten können zwischen ländlichen Regionen mit dem Potential der landwirtschaftlichen Erzeugung und einer Großstadt mit hohem Vermarktungspotential erprobt werden.

Ziele

- Perspektiven für nachhaltige und zukunftsfähige Agrarlandschaften entwickeln.
- Regionale Erzeugung von Nischenkulturen für die menschliche Ernährung mit Arten- und Klimaschutzleistungen unterstützen.
- Gesunde und nachhaltige Ernährung fördern.
- Digitale Lösungen zur Etablierung und optimierten Gestaltung dieser Wertschöpfungsketten erproben.

Aktueller Stand und Ausblick

AP 1: Umsetzung diverser Anbausysteme mit nachweisbaren Arten- und Klimaschutzleistungen

- Nach dem wetter-bedingten Ausfall der meisten Feldversuche mit Kichererbsen in der Saison 2024, werden in der kommenden Saison 2025 die Versuchsfragen auf die Themen Sortenwahl, Saatstärke, Rolle der Bodenbearbeitung sowie Impfmitteleinsatzes fokussiert. Bei der Linse drehen sich die Versuchsfragen v.a. um den Anbau ohne Stützfrucht. Begleitende Bodenproben werden vor der Aussaat entnommen (März 2025).
- Im Rahmen von Versuchen in Tachenhausen sowie im Labor werden zudem Vergleichsstudien zu unterschiedlichen Impfmitteln durchgeführt.
- Die HfWU hat begonnen, im Rahmen einer Masterthesis Daten zu Krankheiten und Schädlingen der Kichererbse von verschiedenen Verbundprojekten (z.B. LegNet, CiLaKlima, KIWERTa) zu sammeln und Biotests für pilzliche Erreger zu etablieren.
- Erste Anbauversuche werden mit Quinoa in der Zukunftsregion ab März 2025 durchgeführt.

AP 2: Horizontal sowie vertikal betriebsübergreifende Koordination von Maßnahmen und ökonomische Bewertung

- Fertigstellung der Software für Landwirte, zur Information über die Integration von Nischenkulturen und Biodiversitätsmaßnahmen in bestehende Fruchtfolgen (Regiopakt-Rechner).
- Bekanntmachung der Software durch Artikel und Veranstaltungen in Planung.

AP 3: Identifikation von Verbraucheranforderungen und Erprobung von Vertriebs- und Kommunikationssystemen

- Fokusgruppendiskussionen mit Verbrauchenden durchgeführt und ausgewertet.
- Conjoint-Analyse zur Untersuchung der Akzeptanz und Zahlungsbereitschaft für Kichererbsen mit spezifischen Arten- und Klimaschutzleistungen in Deutschland durchgeführt. Diese ist in den Merkmalen Geschlecht und Alter für Deutschland repräsentativ.
- Test eines Online-Vertriebsmodels mit einem Praxispartner.
- Untersuchungen zum Wissenstransfer mittels Social-Media-Content in Kooperation mit Praxispartnern.

AP 4: Projektkoordination, Informations- und Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit

- Workshop-Serien zu den Themen „Marketingstrategieentwicklung für Lebensmittel“ und „E-Commerce für Lebensmittel“wurden durchgeführt.
- Unter dem Titel „Regio-Talks“ wird regelmäßig eine Reihe von Online-Informationsveranstaltungen zu verschiedenen Themen entlang der Wertschöpfungskette durchgeführt.
- Planung der Workshop-Serie zum Thema „Social-Media-Marketing“.
- Das erste deutschlandweite Kichererbsen-Forum wurde in Kooperation mit den Projekten LeguNet und KIWERTa geplant und durchgeführt.
- Planung des 2. deutschlandweiten Kichererbsen-Forums (Termin voraussichtlich im November 2025)
- Kontinuierliche Vernetzung mit Forschungsprojekten, die Ähnliche Themen bearbeiten.

Abbildung 59: Logo regiopakt

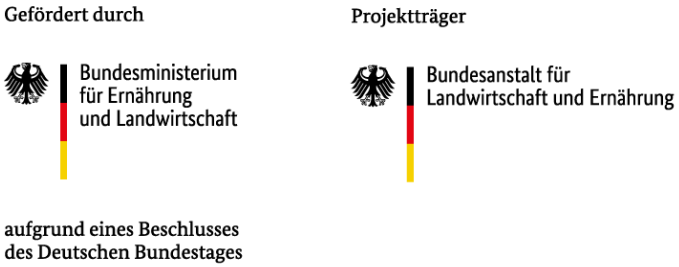


Abbildung 61: Logos der Fördermittelgeber Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (rechts); Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (links)