

Jahresbericht 2023

Lehr- und Versuchsbetriebe der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen

Fakultät Agrarwirtschaft, Volkswirtschaft und Management



Fotos: Mauthe

Prof. Dr. Barbara Benz, Prof. Dr. Maren Bernau, Hannes Dann, Prof. Dr. Markus Frank, Stefanie Ferle, Prof. Dr. Konstanze Krüger-Farrouj, Sabine Kurz, Rainer Mauthe, Prof. Dr. Maria Müller-Lindenlauf, Prof. Dr. Carola Pekrun, Prof. Dr. Stephan Schneider, Prof. Dr. Albert Stoll, Prof. Dr. Dirk Winter

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	VI
1 Lehr- und Versuchsbetrieb (LVB) Tachenhausen	1
1.1 Wirtschaftsbetrieb LVB Tachenhausen	1
1.1.1 Lage, Flächen- und Personalausstattung.....	1
1.1.2 Mechanisierung	1
1.1.3 Anbau Feldfrüchte im Erntejahr 2023	2
1.1.4 Ernteergebnisse 2023.....	3
1.1.5 Langjährige Entwicklungen im Ackerbau	4
1.1.6 Biodiversitätsnetzwerk Baden-Württemberg	4
1.2 Pflanzenbauliches Versuchswesen LVB Tachenhausen	6
1.2.1 Praxisversuche zur Biodiversitätswirkung blühender Untersaaten und Blühstreifen im Mais	6
1.2.2 Bestandsführungsversuch Weizen Challenge.....	9
1.2.3 NOcsPS.....	12
1.2.4 Weltacker	15
1.2.5 Wechselwirkung Pflanzenschutz x N-Düngung im Winterweizen.....	17
1.2.6 Artenreiche blühende Untersaaten im Mais und Sorghum	21
1.2.7 Führt der Gemengeanbau von Leguminosen mit Nicht-Leguminosen zu einer effizienteren Flächennutzung als der Reinbau?	24
1.2.8 N- Steigerungsversuch im Winterweizen zur Ermittlung der optimalen N- Düngerhöhe.....	26
1.2.9 Lässt sich durch Einsatz des Pflanzenhilfsstoffs Nutribio-N eine N- Einsparung erzielen?	29
1.2.10 Systemversuch	34
1.2.11 Projektabschluss GeMaBo.....	36
1.2.12 BW Biodiv Acker.....	38
1.3 Lehrveranstaltungen am LVB Tachenhausen.....	41
1.4 Abschlussarbeiten am LVB Tachenhausen	42
1.5 Veranstaltungen am LVB Tachenhausen	42
2 Vorwerk Jungborn.....	43
2.1 Lehrveranstaltungen am Vorwerk Jungborn im Jahr 2023.....	43
2.2 Abschlussarbeit am Vorwerk Jungborn	46
2.3 Veranstaltungen am Vorwerk Jungborn	47
2.4 Versuche Vorwerk Jungborn	48
2.4.1 Möglichkeit zur Verbesserung der hygienischen Qualität von Grobfutter und Einstreu	48

2.4.2	Selektive Bekämpfung von Grünlandunkräutern mit Wasserstrahlen (SELBEWAG)	52
2.4.3	Water Jet Spot Weeding (SpoteeJet)	56
2.5	Promotionsprojekte am Vorwerk Jungborn	59
2.5.1	Projekt DiWenkLa (Digitale Wertschöpfungsketten für eine nachhaltige kleinstrukturierte Landwirtschaft)	59
2.5.2	„Entwicklung und Überprüfung von Tierwohlparametern beim Pferd in Turnier-situationen am Beispiel des CHIO Aachens“	73
2.5.3	Nachhaltige Nutzung von Pferdemist auf pferdehaltenden Betrieben	77

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Anbauplan LVB Tachenhausen im Erntejahr 2023	1
Abb. 2: Monatsmittelwerte Wetterstation Tachenhausen 2023	3
Abb. 3: Ertrag Feldfrüchte Erntejahr 2023, bezogen auf 86% Trockenmasse (Auswahl)	3
Abb. 4: Langjährige Ernteerträge des LVB Tachenhausen seit 1993.....	4
Abb. 5: Teilflächen mit reinem Mais, Mais mit Untersaat („integrativ“) und Blühstreifen („segregativ“).....	7
Abb. 6: Bodenfalle zum Laufkäfer- und Kurzflügelkäferfang (links).....	8
Abb. 7: Versuchspartzellen NOcsPS, Schlag 10 LVB Tachenhausen.....	12
Abb. 8: Versuchsanlage in Tachenhausen. Oben im Plan ist der Talbach. Im Erntejahr 2023 stand auf den Flächen KII, NOcsPS und Öko die Kulturart Triticale. Auf KI standen Sojabohnen. Die Fruchtfolge zeigt die N-Versorgung der Öko Variante mit einjährigem Klee gras. Eine organische Düngung fand in der Variante „Öko“ nicht statt. Die N-Versorgung geschah ausschließlich über einjähriges Klee gras. 13	
Abb. 9: Luftbild Weltacker.....	15
Abb. 10: Systematische Darstellung der Kulturen, wie sie 2022 und 2023 auf der Weltackerfläche angelegt wurden.....	16
Abb. 11: Randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen im Versuch Pflanzenschutz x Düngung	17
Abb. 12: Verteilung Kornerträge	19
Abb. 13: Kornerträge im Versuch PSxDü am Standort Tachenhausen 2023. Die Balken zeigen die Mittelwerte aus den 4 Wiederholungen. Die Antennen zeigen die Standardabweichung (n=4). Die Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im Kornertrag zwischen den Düngestufen (Tukey B, $p \leq 0,05$).	19
Abb. 14: Randomisationsplan im LER Versuch Hafer/Ackerbohne bzw Hafer/Erbse am Standort Tachenhausen 2023. Varianten: 1=Hafer solo, 2=AB solo, 3=Erbsen solo, 4=WH/AB 50/50, 5=WH/AB 70/30, 6=WH/Erbsen 50/50, 7=WH/Erbsen 70/30, 8=Winterhafer 70%	25
Abb. 15: Randomisationsplan des N-Steigerungsversuches am Standort Tachenhausen, Schlag 5-2	26
Abb. 16: Ertrag (dt ha-1) im N-Steigerungsversuch 2010, 2022 und 2023 in Tachenhausen. Die Punkte stellen den Ertrag bei der jeweiligen N-Düngehöhe dar (vier Wiederholungen). Die Linie kennzeichnet die Regressionskurve (Polynom). Im Jahr 2010 wurde die N-Düngung in 40 kg-Schritten vorgenommen.	27
Abb. 17: Randomisationsplan im Nutribio-N Versuch auf Schlag 5-2, Tachenhausen, 2023.	30
Abb. 18: Wetteraufzeichnungen der Wetterstation am Standort Tachenhausen (Hofgut). Entfernung zum Versuchsfeld ca. 500 m Luftlinie.	31

Abb. 19: Blockeffekt auf den Hektarertrag im Versuch Nutribio-N 2023 in Tachenhausen. Die Boxplots zeigen den Median (schwarze Linie) und die Quartile der Erträge in den drei ausgewerteten Blöcken (Wdh).	33
Abb. 20: Restnitrat nach Ernte von Winterweizen in 0-90 cm Bodentiefe, August 2023, Systemversuch Standort Tachenhausen	35
Abb. 21: N-Düngerkosten - und pflanzenschutzmittelbereinigte Erlöse im Durchschnitt aller Kulturen und Standorte im Systemversuch LTZ	35
Abb. 22: Bedampfungscontainer der Firma Gebhardt Anlagentechnik GmbH & Co KG in unterschiedlichen Größen mit Messtechnik auf dem LVB Jungborn der HfWU	48
Abb. 23: Auswertungen Heu-Rundballen und Quader-Rundballen in Bezug auf die Staubbildung	49
Abb. 24: Auswertung von Heu, Stroh und Heulage in Bezug auf Hygiene	50
Abb. 25: Ergebnisse gelagertes Heu- 9 Tage nach der Bedampfung	50
Abb. 26: (a) Mobiles Kameragestell bei der Aufnahmefahrt. (b) Manuell markierte Herbstzeitlosen in den aufgezeichneten Videos	53
Abb. 27: Absolute Herbstzeitlosenanzahl jeder Variante vor den zwei Behandlungen und bei der Abschlussbonitur, zum Zeitpunkt der Heuernte am 19. Juni (Versuchsjahr 2023)	54
Abb. 28: Links im Bild ist der Stand des Prototyps im Januar 2024 zu sehen. Rechts ist die Sämaschine mit integrierter Messtechnik abgebildet.....	56
Abb. 29: Horse Protector der Firma ACARiS GmbH, Quelle: ACARiS GmbH.....	60
Abb. 30: System PIAVET der Firma PIAVITA AG; Quelle: Meyer 2022 (unveröffentlicht)	62
Abb. 31: Einblick in die Beobachtung mittels KI Kamera.....	75
Abb. 32: Pferdemistlagerung im Rahmen des Projektes Wertstoff Pferdemist.....	78

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Anbauplan Feldfrüchte Erntejahr 2023 mit Schlagbezeichnung, Hauptfrucht, Sorte und Schlaggröße	2
Tab. 2: Übersicht über die 2023 auf dem LVB Tachenhausen durchgeführten Biodiversitätsfördermaßnahmen	5
Tab. 3: Maßnahmen der Studentengruppen 1-5 im Bestandsführungsversuch Tachenhausen in Winterweizen der Sorte Asory 2023 und Kosten der Maßnahme ohne die Kosten der Überfahrt	9
Tab. 4: Bereinigte Erlöse (23,5 €/dt, Matif Juli/Aug/Sept 2023) pro ha Winterweizen und tatsächliche Kosten für Dünge- und Pflanzenschutzmittel (Auskunft BayWa Frühjahr 2023). Die Kosten für eine Überfahrt betrugen 20 € (nicht dargestellt). Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Unterschiede zwischen den Varianten hin ($p \leq 0,05$, Tukey HSD)	11
Tab. 5: Fruchtfolgen in den einzelnen Varianten in den Jahren 2019 bis 2023. M=Mais, WW=Winterweizen, Tr=Triticale, SG=Sommergerste	13
Tab. 6: Varianten im Versuch PSxDü 2023 Standort Tachenhausen, Schlag 5-2. 100% Düngung entspricht 200 kg N ha ⁻¹	18
Tab. 7: Kulturmaßnahmen im Versuch zu Pflanzenschutz x Düngung am Standort Tachenhausen, 2023.....	18
Tab. 8: Zusammensetzung der getesteten Blühmischungen V1 bis V4 im Versuchsjahr 2023	22
Tab. 9: Varianten im Versuch mit Mais und Partnern, Standort Tachenhausen 2023, Schlag 5-2	25
Tab. 10: Düngewarianten im N-Steigerungsversuch am Standort Tachenhausen 2023 in der Winterweizensorte Elixer.	26
Tab. 11: Betriebswirtschaftlich optimale Düngung zu Winterweizen. Verschiedene Szenarien. Grundlage aus drei Versuchsjahren mit N-Steigerungsversuchen in Winterweizen (2010, 2022, 2023)	28
Tab. 12: Übersicht über die Düngungsvarianten im Versuch „Nutribio-N“ Standort Tachenhausen 2023. Angabe in kg N ha ⁻¹ und in % der Gesamtdüngemenge (berechnet nach DüV). BÜ=Betriebsüblich	30
Tab. 13: Varianten im Systemversuch seit 2021	34
Tab. 14: Erträge (dt/ha) und Proteingehalte (%) im Systemversuch 2023, Winterweizen Sorte Rubisco. Die Erträge beziehen sich auf die korrigierten Kornträge bei 14% Feuchte im Korn.	35
Tab. 15: Maßnahmen und Parameter, die zu deren Bewertung herangezogen werden.....	39
Tab. 16: Die zur Bewertung der biodiversitätsfördernden Maßnahmen herangezogenen Parameter, die Erfassungsmethode und der Erfassungsgrund	39
Tab. 17: Lehrveranstaltungen am LVB Tachenhausen im Jahr 2023.....	41
Tab. 18: Veranstaltungen am LVB Tachenhausen im Jahr 2023	42

Tab. 19: Lehrveranstaltungen am LVB-Jungborn im Jahr 2023	43
Tab. 20: Veranstaltungen am Vorwerk Jungborn im Jahr 2023	47
Tab. 21: Bezeichnung und Beschreibung der Versuchsvarianten.....	53
Tab. 22: Mittlere relative Reduktion des Herbstzeitlosenbestandes über zwei Behandlungen mit 6 Wiederholungen (Versuchsjahr 2023)	54
Tab. 23: Zeitplanung und Ausblick.....	72

1 Lehr- und Versuchsbetrieb (LVB) Tachenhausen

1.1 Wirtschaftsbetrieb LVB Tachenhausen

1.1.1 Lage, Flächen- und Personalausstattung

Der Lehr- und Versuchsbetrieb Tachenhausen liegt südlich der A8 zwischen Stuttgart und Ulm. Die Region gehört zum Vergleichsgebiet 2 (Gäulandschaften und deren Randgebiete). Die Bodenart ist Lias auf Lößlehm und Dogger. Der Bodentyp ist schwach pseudovergleyte Parabraunerde, rendzinaartige Auenböden mit Bodenpunkten von 42 bis 74. Die Hälfte des Geländes ist eben, die andere Hälfte leicht bis stark geneigt. Das Hofgut liegt 330 m über NN und hat im langjährigen Durchschnitt eine mittlere Jahrestemperatur von 10,3 °C. Die Jahresniederschlagsmenge liegt 2023 bei 738 l/m².

Die landwirtschaftlich genutzte Fläche beträgt im Jahr 2023 106,55 ha. Davon sind 82,46 ha Ackerfläche, der Rest besteht aus Grünland (24,09 ha). Der Großteil der Flächen sind voll arrondiert (Abb. 1).



Abb. 1: Anbauplan LVB Tachenhausen im Erntejahr 2023

Der Viehbesatz besteht aus neun Pensionspferden und einer wechselnden Anzahl an Pensionsrindern zur Grünlandverwertung (2023 durchschnittlich 10,2 GV) sowie Pensionsziegen zum Offenhalten der Grünlandflächen und zum Schutz vor Verbuschung im östlichen Teil des Betriebes. Zudem wurden 2023 im mobilen Mastgeflügelstall Steiner COMPACT 650 zwei Mastdurchgänge mit 800 Mastbroilern im Rahmen des Praxisprojekts in den Studiengängen Agrarwirtschaft und Pferdewirtschaft durchgeführt. Neben dem Betriebsleiter ist ein Techniker am LVB Tachenhausen beschäftigt. Die Leitung der LVB obliegt Herrn Prof. Schneider.

1.1.2 Mechanisierung

Der LVB Tachenhausen verfügt über drei Traktoren mit insgesamt 395 kW (ohne pflanzenbauliches Versuchswesen). Dies entspricht einem Schlepperbesatz von 361 kW/100 ha landwirtschaftlicher Fläche. Die Bodenbearbeitung wird mittels 5-Schar-Volldrehpflug, Schei-

benegge oder Schwergrubber durchgeführt. Getreide wird mit einer Saatkombination oder Direktsaatmaschine gedreht, Zuckerrüben werden in Einzelkornsaat (Mulchsaat) gesät, Mais wird durch einen Lohnunternehmer gelegt. Der Pflanzenschutz wird mit einer 21 m Anhängespritze durchgeführt. Die mineralische Düngung erfolgt teilflächenspezifisch durch einen Düngestreuer oder mittels Flüssigdünger mit der Pflanzenschutzspritze. Zur Ernte der Feldfrüchte (außer Körnermais) steht ein eigener Mähdrescher (Arbeitsbreite 6,71 m, 305 kW) zur Verfügung, die Zuckerrüben werden von einem Lohnunternehmer geerntet und über eine Abfuhr-gemeinschaft zur Zuckerfabrik transportiert.

In der Innenwirtschaft steht eine Schüttgasse zur Getreideannahme, ein Durchlauftrockner mit einer Leistung von 3 t/h sowie eine Hochsilo-Getreidelageranlage mit einer Kapazität von 800 m³ zur Verfügung.

1.1.3 Anbau Feldfrüchte im Erntejahr 2023

Im Erntejahr 2023 wurden insgesamt sieben Feldfrüchte angebaut. Der Anbau von Winterweizen und die Saatgutvermehrung von Sommergerste und Hafer nahmen den größten Flächenanteil ein (Tab. 1).

Tab. 1: Anbauplan Feldfrüchte Erntejahr 2023 mit Schlagbezeichnung, Hauptfrucht, Sorte und Schlaggröße

Schlag-bezeichnung	Hauptfruchtart(en)	Sorte (n)	Fläche, ha
1-0	Winterweizen, Klee-gras	Chevignon	5,95
2-0	Hafer	Lion	4,90
4-1, 4-3	Hafer	Lion	5,29
4-2	Versuche		0,11
5-1	Winterweizen	Chevignon	2,21
5-2	Versuche		2,50
6-0	Winterweizen	Chevignon	5,28
7-0	Zuckerrüben	Lunella, Blandina, BTS 6975N	5,12
8	Körnermais	Yakari	2,63
9	Körnermais, Blühstreifen	Yakari	4,10
10	Winterweizen, Versuche	Chevignon	4,37
11	Winterweizen	Chevignon	4,30
12	Ackerbohnen	Apollo	12,32
13	Winterweizen	Chevignon	0,82
14	Sommergerste, Blühstreifen	RGT Planet	9,00
15	Zuckerrübe	Lunella	0,88
17	BASF-Versuchsfeld		
18	BASF-Versuchsfeld		
20	Sommergerste	RGT Planet	0,90
21	Weißer Süßlupine, Blühstreifen		5,30
22	Landtechnik-Übungsacker		0,27
23	Sommergerste	RGT Planet	1,35
26	Sommergerste	RGT Planet	2,00
27	Sommergerste	RGT Planet	1,25
28	Sommergerste	RGT Planet	1,00
Summe (ohne LE)			82,46
Ackerfläche Jungborn			11,94

Zum Erntejahr 2023 wurden somit insgesamt 17,78 ha Winterweizen, 14,13 ha Sommergerste (Vermehrung), 12,32 ha Ackerbohnen, 10,19 ha Sommerhafer (Vermehrung), 6,51 ha Körnermais, 6,00 ha Zuckerrüben, 5,04 ha Weiße Süßlupinen und 1,86 ha Klee gras angebaut. Ferner wurden 6,45 ha als Versuchsfläche und 2,18 ha als Blühflächen genutzt.

1.1.4 Ernteergebnisse 2023

Die Erträge des Erntejahres wurden durch die schwierigen Aussaatbedingungen im Frühjahr und eine ausgeprägte Frühsommertrockenheit mit lange negativer Wasserbilanz beeinträchtigt (Abb. 2).

Monatsmittelwerte Tachenhausen HfWU (330 m) : 2023						
Monat	Niederschlag Σ [mm]	Luftfeuchte $\bar{\varnothing}$ [%]	Luftfeuchte min. h- $\bar{\varnothing}$ [%]	Luftfeuchte max. h- $\bar{\varnothing}$ [%]	Wasserbilanz Σ [mm]	Monat
Jan	34.0	87	50	100	20.8	Jan
Feb	17.8	81	41	100	-1.9	Feb
Mrz	60.1	74	32	100	17.3	Mrz
Apr	72.3	78	28	100	17.3	Apr
Mai	58.5	77	29	100	-29.7	Mai
Jun	22.0	61	26	100	-109.6	Jun
Jul	75.6	66	22	100	-41.1	Jul
Aug	97.7	78	26	100	8.1	Aug
Sep	17.4	76	30	100	-57.3	Sep
Okt	88.4	81	23	100	53.8	Okt
Nov	121.6	89	53	100	106.6	Nov
Dez	72.9	89	53	100	60.5	Dez
$\bar{\varnothing}$	61.5	78	-	-	-	$\bar{\varnothing}$
Min.	17.4	-	22	-	-	Min.
Max.	121.6	-	-	100	-	Max.
Σ	738.3	-	-	-	44.8	Σ

Quelle: Agrarmeteorologie Baden-Württemberg, alle Angaben ohne Gewähr!
Zuletzt geändert: 03.01.2024 - 09:18 Uhr

Abb. 2: Monatsmittelwerte Wetterstation Tachenhausen 2023

Während der Weizen ertrag mit gut 84,9 dt positiv überraschte, litt die Sommergerste unter der Trockenheit und erzielte mit 36,6 dt/ha (korrigiert auf 86% Trockensubstanz) ein unterdurchschnittliches Ernteergebnis (Abb. 3).

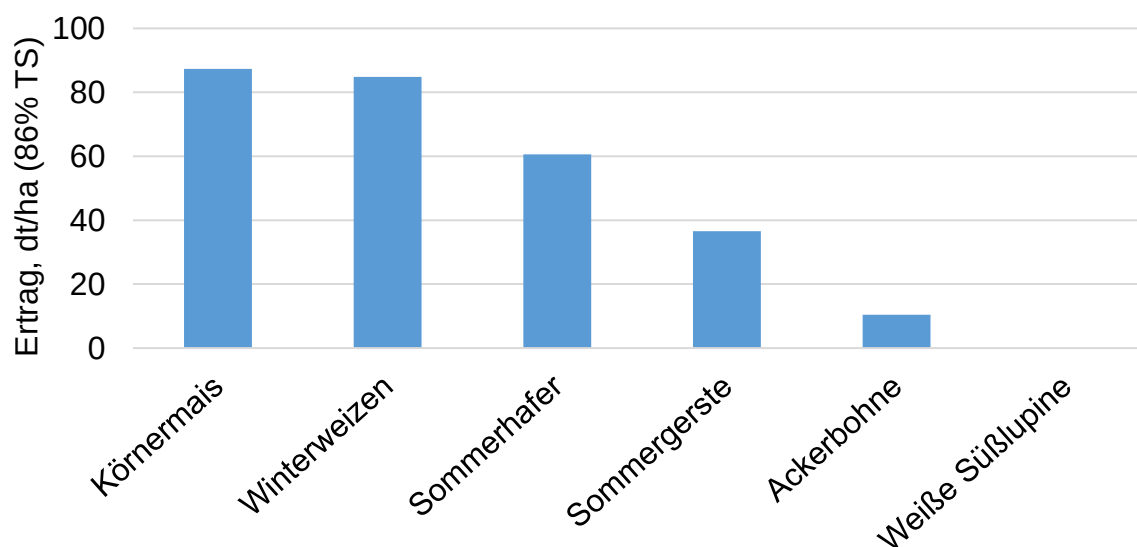


Abb. 3: Ertrag Feldfrüchte Erntejahr 2023, bezogen auf 86% Trockenmasse (Auswahl)

Die weißen Süßlupinen wurden aufgrund der feuchten Bedingungen im Frühjahr spät gesät und gingen sehr schlecht auf. Sie konnten gar nicht geerntet werden. Ebenfalls enttäuschend war das Ernteergebnis der Ackerbohnen mit 10,48 dt/ha. Zudem stellte sich die Vermarktung der Ackerbohnen als schwierig dar.

Die Zuckerrüben erreichten mit 803 dt Ertrag je ha ein unterdurchschnittliches Ernteergebnis, zudem war der Zuckergehalt mit 15,9% gering. Die Zuckerrüben wurden im Dezember bei schneebedeckten Zuckerrübenäckern geerntet. Die Abfuhr der Rüben führte bei der Rübenmiete zu Bodenverdichtungen und anschließend schwierigen Bodenverhältnissen.

1.1.5 Langjährige Entwicklungen im Ackerbau

Die Erträge des Winterweizens und der Sommergerste (Vermehrung) seit 1993 zeigen in den letzten Jahren eher abnehmende Sommergerstenerträge (Abb. 4). Dies ist auch mit den zunehmenden Extremwetterereignissen wie Hagel und insbesondere Trockenheit zu erklären.

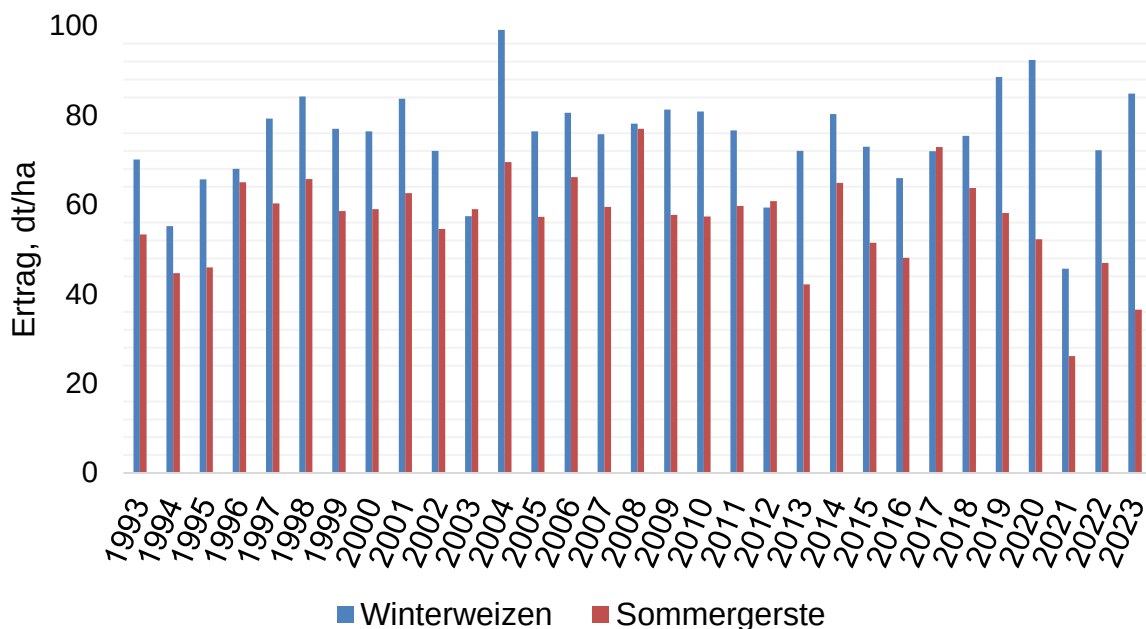


Abb. 4: Langjährige Ernteerträge des LVB Tachenhausen seit 1993

Aufgrund der Ertrags- und Erlössituation und sich ändernden Abrechnungsformalia muss die Fortführung der Saatgutvermehrung mit Sommergerste und Sommerhafer geprüft werden.

1.1.6 Biodiversitätsnetzwerk Baden-Württemberg

Seit Ende 2022 gehört der LVB Tachenhausen zum Netzwerk von Demonstrationsbetrieben zur Förderung der biologischen Vielfalt auf den landwirtschaftlichen Flächen Baden-Württembergs und vertritt den Landkreis Esslingen. Nachfolgend sind Maßnahmen aufgelistet, welche am LVB Tachenhausen 2023 umgesetzt wurden, um die Biodiversität zu fördern (Tab. 2). Diese werden sukzessive erweitert und im Rahmen von studentischen Projekten wissenschaftlich begleitet und bewertet.

Tab. 2: Übersicht über die 2023 auf dem LVB Tachenhausen durchgeführten Biodiversitätsfördermaßnahmen

Nr.	Maßnahme
1	Extensive Beweidung von mesophilem Grünland
2	Kleegrasanbau
3	Einjährige Blühstreifen
4	Mehrjährige Blühstreifen
5	Trichogramma im Mais
6	Erhalt und Neuanlage Trockenmauer
7	Erhalt und Neuanlage Totholzhaufen
8	Erneuerung Nisthilfe für Bienen und Anlage einer Bodenbrutstelle

Die genannten Biodiversitätsmaßnahmen wurden am 06.07.2024 der Öffentlichkeit im Rahmen eines Feldtages vorgestellt. Zudem wurde in zwei Zeitungsartikeln darüber berichtet.

1.2 Pflanzenbauliches Versuchswesen LVB Tachenhäusen

Das Versuchswesen wird von einer festangestellten Fachkraft und diversen Projektmitarbeitern sowie studentischen Hilfskräften betreut.

1.2.1 Praxisversuche zur Biodiversitätswirkung blühender Untersaaten und Blühstreifen im Mais

Standort: On-Farm-Versuche auf 8 Standorten in Baden-Württemberg (Tachenhäusen, Reilingen, Hohentengen, Sigmaringen, Wolfsschlügen, Steinenkirch, Neuhausen, Fronreute)

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 – März 2025 (Projektphase 3, Kostenneutrale Verlängerung bis März 2025)

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: Lisa Henres, Freya Zettl, Andre Raichle, Sabine Kurz, Hannah Weinländer, Daniel Villwock

Projektpartner: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg Aulendorf (LAZBW)

Hintergrund und Problemstellung

Die Exaktversuche zu blühenden Untersaaten im Mais am Hofgut Tachenhäusen haben gezeigt, dass diese das Potential bieten die Kultur ökologisch aufzuwerten, ohne zu hohe Ertragsverluste zu bewirken. Allerdings wurde auch deutlich, dass Untersaaten technisch anspruchsvoll sind (spezielle Technik, mehr Aufwand) und das Risiko einer Verunkrautung erhöhen können. Um die Umsetzbarkeit blühender Untersaaten unter realen Bedingungen zu untersuchen, wurden entsprechende Feldversuche auf verschiedenen Betrieben in Baden-Württemberg durchgeführt. Als weitere Maßnahme zur Steigerung der Biodiversität im Maisanbau wurden Blühstreifen am Feldrand untersucht. Blühstreifen sind eine bewährte Maßnahme und in der Praxis weit verbreitet. Durch ihre Mehrjährigkeit und das breite Blühangebot sind sie ökologisch besonders wertvoll. Im Vergleich zu Untersaaten sind sie leichter umzusetzen und es sind keine Einschränkungen auf der Maisfläche zu erwarten. Allerdings gehen sie mit einem Verlust an Produktionsfläche einher. Ziel der Praxisversuche war es zwischen Produktivität (Verlust an Produktionsfläche, mögliche Ertragsverluste) und Biodiversitätswirkung beider Maßnahmen abzuwägen. Als Indikatororganismen zur Erfassung der Biodiversität wurden Wildbienen als bestäubende und Lauf- und Kurzflügelkäfer als epigäische Insekten gewählt.

Forschungsfragen

1. Ist der Anbau von Mais mit blühenden Untersaaten praxistauglich?
2. Können einjährige blühende Untersaaten im Mais („integrativer Ansatz“) ähnliche Biodiversitätsleistungen erbringen wie überjährige, von der Kultur separierte Blühstreifen („segregierter Ansatz“)?

Versuchsaufbau und erhobene Parameter

Auf acht Praxisstandorten in Baden-Württemberg wurde jeweils auf Teilflächen des gleichen Versuchsschlags Mais in Reinkultur (Kontrolle) und Mais mit Untersaat (Blühmischung V2, vgl.

Exaktversuch) ausgesät (Abb. 5). Auf dem gleichen Versuchsschlag wurde zudem bereits im Herbst 2022 ein Blühstreifen angelegt.

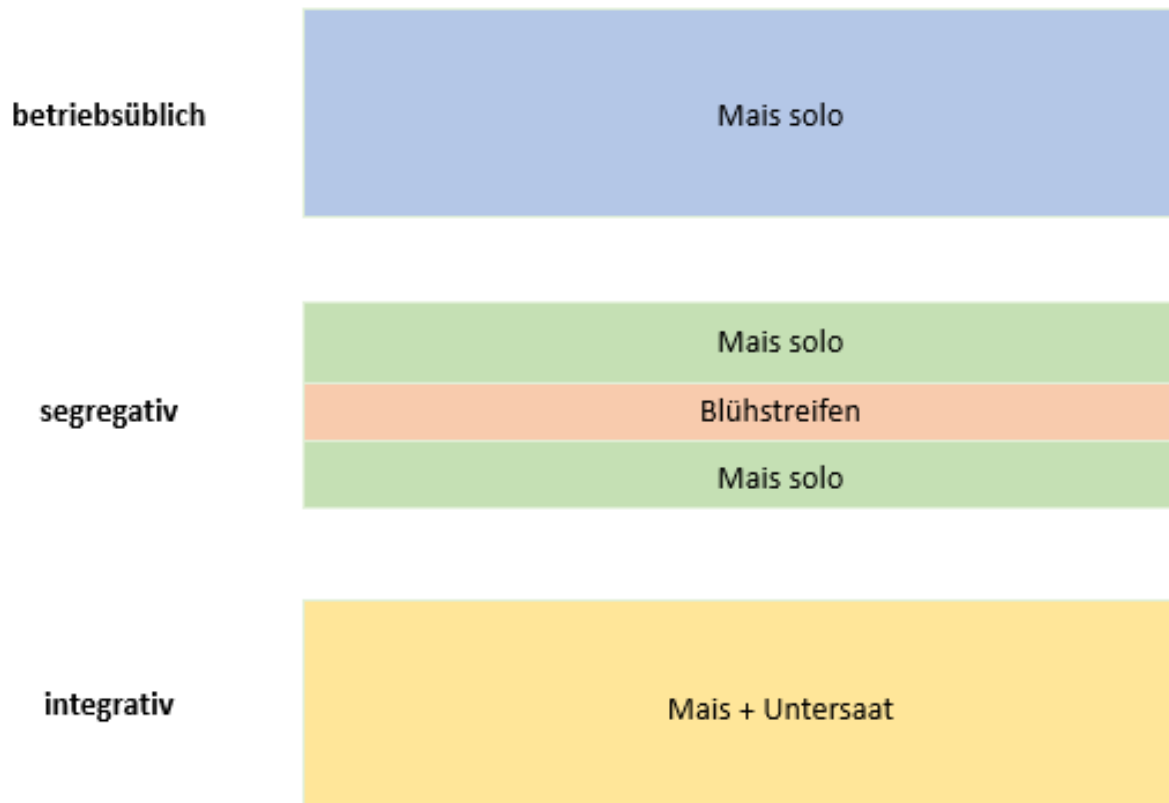


Abb. 5. Teilflächen mit reinem Mais, Mais mit Untersaat („integrativ“) und Blühstreifen („segregativ“)

Der Mais wurde mit einem Reihenabstand von 75 cm gesät, die Blühmischung (10 kg/ha) wurde unmittelbar danach in einem zweiten Arbeitsgang flächig ausgebracht. Die Herbizidbehandlung erfolgte mit dem praxisüblichen Pflanzenschutzmittel und wurde in Kontrollflächen flächig sowie auf den Teilflächen mit Untersaat mittels Reihenbandspritzung appliziert.

Pro Versuchsstandort erfolgten jeweils vier Wildbienen- und Käfererfassungen (Laufkäfer und Kurzflügelkäfer), die von Pflanzenbonituren des Mais-Unterwuchses begleitet wurden (Abb. 6). Zur Bestimmung des Trockenmasse-Ertrags (TM-Ertrag) wurden je Teilfläche des reinen Mais bzw. des Mais mit Untersaat drei Quadratmeterschnitte durchgeführt. Zur Ermittlung der Ertragsanteile wurden Biomasseanteile nach Mais und Untersaat aufgeteilt.



Abb. 6: Bodenfalle zum Laufkäfer- und Kurzflügelkäferfang (links)

Zentrale Ergebnisse

Die Entwicklung der Untersaaten war stark von den jeweiligen standortspezifischen Bedingungen beeinflusst, wodurch über die Standorte eine hohe Varianz beobachtet wurde. Bis auf den Standort Tachenhausen konnte sich die Blühmischung jedoch etablieren und wies eine kontinuierliche Zunahme der Pflanzendeckung auf. Zum Zeitpunkt der Maisaussaat bot der Blühstreifen bereits ein vielfältiges Blühangebot, das über den gesamten Erfassungszeitraum deutlich über dem der beiden anderen Varianten lag. Der reine Mais wies die niedrigste Pflanzen- und Blütendeckung auf. Die Ergebnisse der Insekterfassungen zeigten die höchste Individuenzahl von Wildbienen und Kurzflügelkäfern im Blühstreifen, während im reinen Mais und Mais mit Untersaat deutlich weniger Individuen beobachtet wurden. In der Untersaat wurden etwas mehr Individuen dieser Artengruppen als im reinen Mais nachgewiesen. Für die Laufkäfer wurden keine drastischen Unterschiede zwischen den Varianten deutlich. Am meisten Individuen wurden im reinen Mais gefangen. Die Ertragserfassungen zeigten ebenfalls erhebliche Schwankungen über die verschiedenen Standorte. Die Differenz im Ertrag im Vergleich zum reinen Mais lag zwischen -13 % und +31 % (unter Einbeziehung der Biomasse der Untersaat zwischen -7 % und +36 %). Es ist jedoch zu beachten, dass die Methodik der Quadratmeterschnitte zu beträchtlichen Schwankungen beitragen kann. Dies liegt daran, dass das Ertragspotenzial des Maises auf dem Feld heterogen verteilt sein kann und einzelne Beikräuter oder Untersaaten, die zufällig mitgeerntet werden, sich bei der Berechnung stark auf den Ertrag pro Hektar auswirken können.

Ausblick

Ein wichtiges Ziel der Forschung bleibt, die Umsetzbarkeit der blühenden Untersaaten in der Praxis zu erleichtern. Dazu soll in der kommenden Versuchssaison Hacktechnik als Ersatz zur Reihenbandspritzung erprobt werden. Aus Biodiversitätssicht kann außerdem bereits die reduzierte Herbizidanwendung einen Beitrag zur Steigerung der Biodiversität leisten, da auch Beikräuter ein für Insekten interessantes Blühangebot liefern können. Inwieweit sie zur Steigerung der Biodiversität beitragen kann, soll deshalb ebenfalls untersucht werden.

Veröffentlichungen

Eine Veröffentlichung der Ergebnisse ist im Rahmen von Artikeln in Fachzeitschriften (BWagrar) geplant. Eine wissenschaftliche Publikation wird angestrebt. Zudem sollen Ergebnisse im Rahmen von Feldtagen vorgestellt werden.

1.2.2 Bestandsführungsversuch Weizen Challenge

Standort: Tachenhausen, Schlag 5-2

Projekt-Titel: Studentenversuch zur Bestandsführung von Winterweizen: Weizen-Challenge

Projektleitung: Prof. Dr. Carola Pekrun

Für die Durchführung der Versuche, Datenauswertung und Bericht: Sabine Kurz

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Hintergrund und Problemstellung

Als Hochschule für angewandte Wissenschaften spielt der Praxisbezug in der Lehre der Agrarwirtschaft eine große Rolle. Die Studierenden aus AW 2 sollten dazu einen Winterweizenbestand selbständig führen. Alle Entscheidungen für Pflanzenschutz und Düngung lag bei den Studierenden, die praktische Durchführung übernahm Sabine Kurz.

Forschungsfragen

Welche der fünf Studentengruppen schnitt im betriebswirtschaftlichen Ergebnis am besten ab?

Versuchsaufbau und erhobene Parameter

Es handelte sich um eine randomisierte Blockanlage mit 4 Wiederholungen. Alle Parzellen wurden am 27. Oktober 2022 einheitlich ausgesät. Die Studierenden übernahmen die Parzellen erst im Sommersemester, konnten also ab Anfang April über Maßnahmen selbständig entscheiden. Bis dahin waren noch keine Maßnahmen durchgeführt worden. Die Maßnahmen sind in Tab. 3 aufgeführt.

Tab. 3: Maßnahmen der Studentengruppen 1-5 im Bestandsführungsversuch Tachenhausen in Winterweizen der Sorte Asory 2023 und Kosten der Maßnahme ohne die Kosten der Überfahrt

Datum	Versuch	Gruppe	Behandlung	Kosten der Maßnahme
06-Apr-23	Asory _1	1	Gruppe 1: 300 kg ASS und 200 kg KAS bezogen auf Düngemittel	314,93
19-Apr-23	Asory _1	1	1 l Input Classic, 0,4 l Moddus und 75 kg Kieserit/ha bezogen auf Düngemittel BBCH 31	120,41
17-Mai-23	Asory _1	1	200 kg KAS (bezogen auf Düngemittel) und 1,5 l Ascra Xpro	213,82
06-Jun-23	Asory _1	1	Düngen 47 kg N als KAS	101,50
Summe Aufwendungen Gruppe 1				750,67
06-Apr-23	Asory _2	2	80 kg N als KAS	172,77
14-Apr-23	Asory _2	2	Biathlon & Dash 70 g/ha + 1 l. Außerdem Harnstoff 70 kg N/ha. 9 h, Temp. Luft 5°C, Temp. Boden 5°C, Wind 0 Bewölkung 30%	146,27
24-Mai-23	Asory _2	2	Ascra Xpro	97,20
Summe Aufwendungen Gruppe 2				416,24

Datum	Ver-such	Gruppe	Behandlung	Kosten der Maßnahme
06-Apr-23	Asory _3	3	72 kg N als Yara Bela Sulfan und 28 kg N als Entec perfect	326,14
19-Apr-23	Asory _3	3	0,4 Moddus und 1,25 l Input Classic BBCH 31	87,01
15-Mai-23	Asory _3	3	50 kg N als KAS in BBCH 38	107,98
24-Mai-23	Asory _3	3	Revitrex 1,5 l/ha	64,50
26-Mai-23	Asory _3	3	50 kg N/ha als KAS	107,98
Summe Aufwendungen Gruppe 3				693,61
06-Apr-23	Asory _4	4	60 kg N als KAS plus 60 kg N als ASS	282,13
14-Apr-23	Asory _4	4	0,3 l CCC + 0,3 l Moddus. Außerdem 1 l Axial. 9 h, Temp. Luft 5°C, Temp. Boden 5°C, Wind 0 Bewölkung 30%	66,92
27-Apr-23	Asory _4	4	Biathlon/Dash 70g/1 l und 1,25 l Input Classic	97,25
22-Mai-23	Asory _4	4	1,5 l Ascra Xpro	97,20
30-Mai-23	Asory _4	4	Düngung mit 80 kg N/ha als KAS in BBCH 58	172,77
Summe Aufwendungen Gruppe 4				716,27
06-Apr-23	Asory _5	5	80 kg N als KAS	172,77
12-Mai-23	Asory _5	5	50 kg N als KAS	107,98
13-Mai-23	Asory _5	5	Appl v 50 g Pointer Plus in BBCH 38	24,65
30-Mai-23	Asory _5	5	Düngung mit 40 kg N/ha als KAS in BBCH 58	86,39
Summe Aufwendungen Gruppe 5				391,79

Zu den hier dargestellten Kosten kamen die Kosten der Überfahrt(en) hinzu mit 20 € pro Überfahrt (nicht dargestellt).

Zentrale Ergebnisse

In Tab. 4 sind die um Düngemittel und Pflanzenschutzmittel bereinigten Erlöse der fünf Bestandsführungsvarianten zu sehen.

Tab. 4: Bereinigte Erlöse (23,5 €/dt, Matif Juli/Aug/Sept 2023) pro ha Winterweizen und tatsächliche Kosten für Dünge- und Pflanzenschutzmittel (Auskunft BayWa Frühjahr 2023). Die Kosten für eine Überfahrt betrugen 20 € (nicht dargestellt). Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Unterschiede zwischen den Varianten hin ($p \leq 0,05$, Tukey HSD)

Gruppe	Aufwendungen (€/ha)	Ertrag (dt/ha)	PSM- und düngelos- tenfreier Erlös (€/ha)
1	751	113,6	1.798 ^a
2	319	107,0	2.018 ^b
3	694	113,4	1.852 ^a
4	716	108,6	1.715 ^a
5	392	107,3	2.049 ^b

Die Anwendung von Wachstumsregulatoren lohnte sich in einem Jahr mit ausgeprägter Fröhsommertrockenheit nicht. Gruppe 2 und 5 setzten nur wenig PSM ein und mussten Ertrags- einbußen in Kauf nehmen. Der Erlös dieser Gruppen war jedoch signifikant höher als in den anderen Gruppen. Die beiden Gruppen 1, 3 und 4 wirtschafteten intensiv bei gleichermaßen signifikant geringerem Erlös.

Ausblick

Auch im Jahr 2024 wird eine Weizen-Challenge in der Sorte Asory durchgeführt.

1.2.3 NOcsPS

Standort: Tachenhausen

Projekt-Titel: NOcsPS (Anbau mit Mineraldünger, aber ohne chemisch-synthetischen Pflanzenschutz)

Teilprojekt: AP1.1

Laufzeit: 30.08.2024

Fördermittelgeber Bundesministerium für Bildung & Forschung

Projektleitung: Prof. Dr. Enno Bahrs, Universität Hohenheim

Projektbearbeiter/innen: Sabine Kurz, Christian Ehrhardt

Projektpartner: Universität Hohenheim



Abb. 7: Versuchspartzellen NOcsPS, Schlag 10 LVB Tachenhausen.

Hintergrund und Problemstellung

Der NOcsPS-Versuch (keine chemisch synthetischen Pflanzenschutzmittel) ist ein groß angelegtes Projekt der Universität Hohenheim. Alle relevanten Informationen sind der Website <https://nocsp.uni-hohenheim.de/> zu entnehmen. Das Projekt wird gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Tachenhausen war einer von vielen Versuchstandorten.

Versuchsfrage

1. Wie könnte ein Anbausystem ohne chemisch synthetische Pflanzenschutzmittel aussehen, aber mit Mineraldünger?
2. Welche Erträge und Deckungsbeiträge sind von diesem System zu erwarten im Vergleich zur konventionellen Bewirtschaftung und im Vergleich zum Ökolandbau?

Versuchsanlage und erhobene Parameter

Der Versuch fand von 2019 bis 2023 auf Schlag 10 statt. Er war als Dauerversuch angelegt.

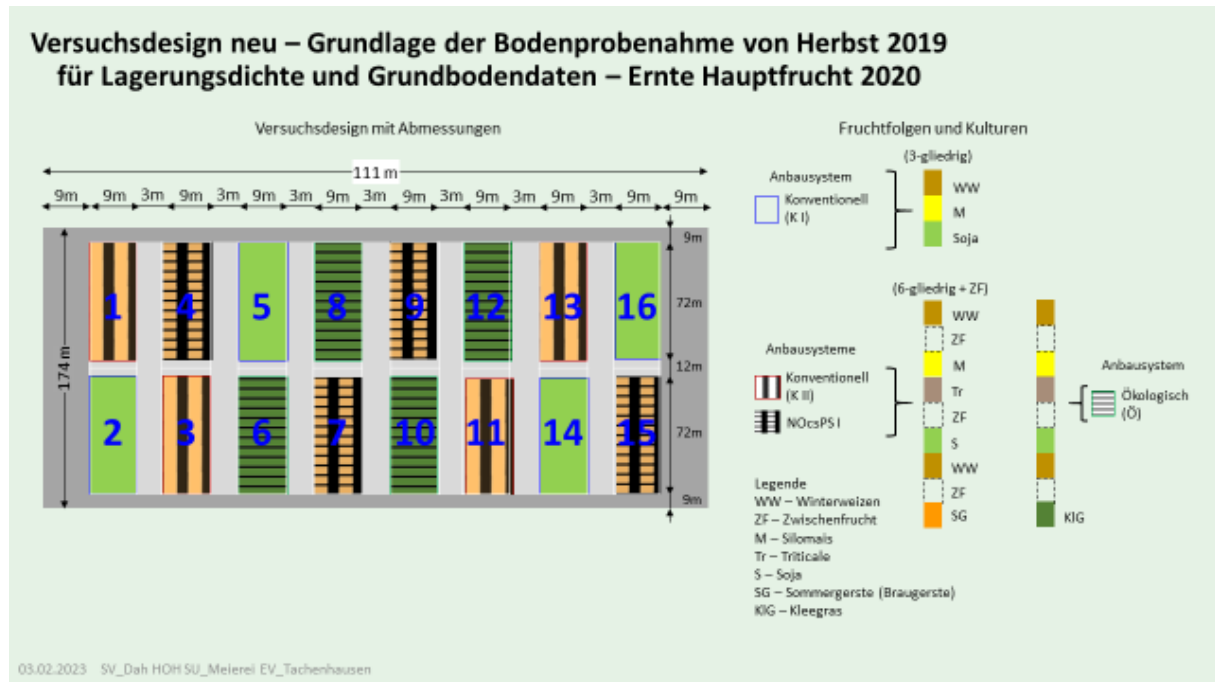


Abb. 8: Versuchsanlage in Tachenhausen. Oben im Plan ist der Talbach. Im Erntejahr 2023 stand auf den Flächen KII, NOcsPS und Öko die Kulturart Triticale. Auf KI standen Sojabohnen. Die Fruchtfolge zeigt die N-Versorgung der Öko Variante mit einjährigem Klee gras. Eine organische Düngung fand in der Variante „Öko“ nicht statt. Die N-Versorgung geschah ausschließlich über einjähriges Klee gras.

Tab. 5: Fruchtfolgen in den einzelnen Varianten in den Jahren 2019 bis 2023. M=Mais, WW=Winterweizen, Tr=Triticale, SG=Sommergerste

Variante	Fruchtfolge seit 2019
KI	M, Soja, WW, M, Soja
KII	WW, SG, WW, M, Tr
NOcsPS	WW, SG, WW, M, Tr
Öko	WW, Klee gras, WW, M, Tr

Zentrale Ergebnisse

KI: Die Sojabohnen wurden relativ spät gesät und liefen daher sehr schlecht auf, weil es ab dem 17. Mai bis 20. Juni nicht mehr regnete. Damit blieb auch der für Sojabohnen wichtige Niederschlag zur Blüte aus. Der Bestand wies bis zur Ernte große Lücken auf und reifte sehr heterogen ab. Eine Beerntung mit dem Parzellenmähdrescher (Kerndrusch) wurde in drei der vier Wiederholungen durchgeführt. In Parzelle 14 war eine Beerntung nicht möglich, weil kaum Sojapflanzen dastanden. Im Mittel der drei beernteten Sojaparzellen gab es einen Ertrag von 16,2 dt/ha bezogen auf 14% Restfeuchte im Korn.

KII, NOcsPS und Öko im Vergleich: Diese Varianten wurden mit Triticale eingesät. Die Düngung von KII betrug 195 kg N/ha. In NOcsPS wurden wegen geringerer Ertragserwartung lediglich 170 kg N/ha gedüngt. Öko wurde nicht gedüngt, weil am Hofgut keine organische Düngung verfügbar war. Unkraut wurde in KII bereits am 3. November reguliert mit 0,5 l Herold und 1 l Traxos. Die NOcsPS Variante und Öko wurden am 23. März zweimal gestriegelt mit

dem Hatzenbichler Striegel mit 9 m Arbeitsbreite. Ein Hackgang wurde nicht durchgeführt. KII erhielt am 3. Mai 1,25 l Input/ha. Am 22. März wurde das Unkraut in den Parzellen mit Triticale mittels 10 Einstichen mit dem Göttinger Schätzrahmen vor der Unkrautregulierung mit dem Striegel ausgezählt. Das Leitunkraut in NOcsPS und Öko war *Veronica persica* mit 10 und 14 Pfl./m² in den Parzellen Öko und NOcsPS. In KII war kein persischer Ehrenpreis zu finden (0,25 Pfl./m², n=4). Der Mittelwert (n=4) an *Alopecurus myosuroides* betrug 8 Pflanzen/m² in der Variante NOcsPS und 2 Pflanzen/m² in der Variante KII. Die Öko-Parzellen waren im 4. Jahr ohne N-Düngung stark ausgemagert. Es wurden 4 ALOMY-Pfl./m² in dem Triticalebestand gefunden (n=4). Die Variante KI war zum Zeitpunkt der Auszählung noch nicht mit Sojabohnen eingesät und wurde daher nicht ausgezählt. Am 21. Juni wurde das Unkraut noch einmal ausgezählt (nicht dargestellt).

KII hatte einen Ertrag von 70 dt. KII und unterschied sich nicht signifikant von der Variante NOcsPS mit 63 dt/ha. Die Variante Öko war signifikant niedriger im Ertrag (26 dt/ha), weil sie weder organische noch mineralisch gedüngt wurde seit Versuchsbeginn 2019 (Tukey B, $p \leq 0,05$).

Ausblick

Die Erfahrungen auf diesem ausgesprochenen Ackerfuchsschwanzstandort mit sehr schwerem, tonigem Boden haben gezeigt, dass es möglich ist, mit angepasster Sätechnik, die ein Hacken zwischen den Getreidereihen zulässt und mit dem Striegel und einem guten Bestand (rechtzeitige Saat und gute Jugendentwicklung mit früher und hoher Andüngung), das Ackerfuchsschwanzproblem so weit in den Griff zu bekommen, dass das Ungras keine Konkurrenz mehr darstellte. Die wirtschaftliche Bekämpfungsschwelle für Ackerfuchsschwanz liegt bei 15 bis 30 Pflanzen/m².

1.2.4 Weltacker

Standort: Tachenhausen, Schlag 5-2

Projekttitel: Weltacker

Teilprojekt:

Projektbearbeiter/innen: Sabine Kurz, Matej Vujeva

Versuchsanlage: Sabine Kurz

Pflege: Lea Kretzschmar, Matej Vujeva

Führungen: Hannah Weinläder, Maria Müller-Lindenlauf, Sabine Kurz, Daniel Villwock, Freya Zettl



Abb. 9: Luftbild Weltacker

Hintergrund und Problemstellung

Für 8 Mrd. Menschen standen 2023 weltweit 1,5 Mrd. Hektar Ackerfläche zur Verfügung: Diese Fläche muss reichen, um all das zu produzieren, was vom Feld kommt: Futter für die Tiere, Faserpflanzen für unsere Kleidung, Obst, Gemüse, Kartoffeln, Kaffee, Tee, Tabak, Ölpalmen, Eiweißpflanzen, Ölfrüchte, Getreide, Mais und Hirse. Mehr als 40 Kulturen fanden Einzug in die 1.850 m² große Fläche (Abb. 9), darunter auch Exoten wie Kichererbsen, Kuhbohnen und Süßkartoffeln, die weltweit auf einem nicht unerheblichen Teil der Fläche angebaut werden (Abb. 10).

Versuchsanlage und erhobene Parameter

Sportrasen				
Sportrasen				
Sportrasen				
Grünfutter für Tiere				
Grünfutter für Tiere				
Grünfutter für Tiere				
Grünfutter für Tiere				
Tabak	Melone	Spitzkohl	Kürbis	Zwischenfrucht
Kichererbsen				
Sonnenblumen				
Erdnüsse				
Kartoffeln				
Kartoffeln				
Sojabohne				
Sojabohne				
Süßkartoffel	Kapuzinerkresse	Zwiebeln	Küchenkräuter	Erbse
Nutzhanf			Lein	
Nutzhanf		Buchweizen	Müßlingswiese	Linse / Gerste
			Lupine	Zuckerrübe
Sommerraps				
Tomate	Kuhbohne			Ackerbohne
Trifoliale	Roggen	Hafer	Ackerbohne	
Sommerweizen		Hartweizen		
Sommerweizen				
Sommerweizen				
Sommerweizen				
Sommerweizen				
Sommerweizen				
Mais				
Mais				
Mais				
Millet - Hirse				
Zuckerhirse				
Sorgum - Hirse				

Abb. 10: Systematische Darstellung der Kulturen, wie sie 2022 und 2023 auf der Weltackerfläche angelegt wurden

Zentrale Ergebnisse

Der Weltacker fand bei Schulklassen und in der Öffentlichkeit großen Anklang. Im Sommer wurden wöchentlich Führungen angeboten. Es gab spannende Einblicke in die Anbauwürdigkeit neuer Kulturen wie Hanf oder Kichererbsen.

Veröffentlichungen

Zeitungsartikel in der Nürtinger Zeitung, Führungen am 27. Juni, 30. Juli, 20. und 25. August und am 3. September, Website der HfWU mit ausführlicher Broschüre unter <https://www.hfwu.de/weltacker/>

1.2.5 Wechselwirkung Pflanzenschutz x N-Düngung im Winterweizen

Standort: Tachenhausen, Versuchsfeld, Schlag 5-2

Projekt-Titel: Bachelor Arbeit Lea Kretzschmar

Projektbearbeiter/innen: Sabine Kurz

Für die Versuchsplanung und -durchführung, Erntedaten, Datenauswertung und Bericht: Sabine Kurz

Hintergrund und Problemstellung

Stand des Wissens im Pflanzenbau ist, dass intensive N-Düngung Winterweizenbestände anfälliger für Schädlinge und Krankheiten macht und dass diese deshalb intensiver geführt werden müssen. Allerdings stellt sich die Frage, ob dies unter den restriktiven Bedingungen der Düngeverordnung (DVO) und neuer gesünderer Sorten noch zutrifft.

Versuchsfrage/n

Gibt es eine Wechselwirkung zwischen Düngung und Pflanzenschutz in einem Winterweizenbestand?

Versuchsanlage und erhobene Parameter

Der Versuch wurde als randomisierte Blockanlage ins Feld gelegt. Die Parzellen waren 17,5 m² groß mit 7 m Länge und 2,5 m Breite. Die folgende Abbildung 11 zeigt den Randomisationsplan.

4	1	7	2
1	8	6	7
7	7	5	5
8	6	2	1
2	4	8	3
3	2	1	6
5	3	4	8
6	5	3	4
a	b	c	d



Abb. 11: Randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen im Versuch Pflanzenschutz x Düngung

Die folgende Tabelle 6 zeigt die Varianten:

Tab. 6: Varianten im Versuch PSxDü 2023 Standort Tachenhausen, Schlag 5-2. 100% Düngung entspricht 200 kg N ha⁻¹.

Variante	Düngung	Pflanzenschutz
1	0%	intensiv
2	0%	extensiv
3	40%	intensiv
4	40%	extensiv
5	70%	intensiv
6	70%	extensiv
7	100%	intensiv
8	100%	extensiv

Erhobene Parameter:

- Unkrautdeckungsgrad (%), Anzahl und Arten
- Krankheitsbonitur (% befallene Blattfläche)
- Anzahl ährentragende Halme
- Ertrag und Ertragsparameter

Die N-Düngung wurde nach DVO (Obergrenze) berechnet und betrug 210 kg N ha⁻¹ für eine Ertragserwartung von 80 dt C-Weizen. N_{min} Proben wurden gezogen und im eigenen Labor analysiert. Es konnte kein Nitrat in einer Bodentiefe von 0-90 cm nachgewiesen werden. Das Analysegerät zeigt bei unter 5 kg Nitrat-N ha⁻¹ keinen Wert mehr an (LOW). In der Summe könnte es also durchaus sein, dass pro 30 cm Schicht Boden noch < 5 kg Nitrat ha⁻¹ in der Lösung vorhanden waren. Die Düngemenge wurde deshalb auf 200 kg N ha⁻¹ begrenzt.

Die Pflanzenschutzmittelapplikationen variierten wie folgt:

In „intensiv“ fand eine Herbizid- und 2 Fungizidmaßnahmen statt. In „extensiv“ fand lediglich eine Fungizidmaßnahme statt. Beide Varianten blieben ohne Herbstmaßnahme, weil bei später Saat nach Zuckerrüben und Pflug keine Unkräuter da waren. Beide Varianten waren ohne den Einfluss eines Wachstumsreglers. Eine Wachstumsreglerbehandlung fand nicht statt. Die folgende Tabelle 7 zeigt das Datum der Maßnahmen.

Tab. 7: Kulturmaßnahmen im Versuch zu Pflanzenschutz x Düngung am Standort Tachenhausen, 2023

Datum	Behandlung
08.03.2023	erste Gabe 50% der Gesamtdüngemenge als Yara Bela Sulfan mit 6,5% löslichem S
06.04.2023	2. Gabe 100 kg N als KAS (Düngung hiermit abgeschlossen)
19.04.2023	Bhdlg mit Biathlon 70 g & Dash 1 l/ha & Ascra X pro 1,25 l auf „intensiv“
15.05.2023	Appl. von 1,25 l Input Classic auf „extensiv“ in BBCH 38
05.06.2023	1 l Prosaro auf „Intensiv“ In BBCH 61
23.06.2023	Bestandesdichte ausgezählt. 2x pro Parzelle je ein lfm.
19.07.2023	Drusch und Feuchtemessung

Statistik

Die Ertragsdaten wurden mit SPSS allgemeines lineares Modell „Univariat“ 2-faktoriell (Pflanzenschutz und Düngung) ausgewertet. Die Residuen der Kornerträge wurden mit R grafisch auf Normalverteilung geprüft. Die Wechselwirkung zwischen Pflanzenschutz und Düngung wurde mit dem linearen Modell ANOVA Typ III geprüft (gesättigtes Modell).

Zentrale Ergebnisse

Die Residuen der Kornerträge waren in etwa normalverteilt, vgl. Abb. 12.

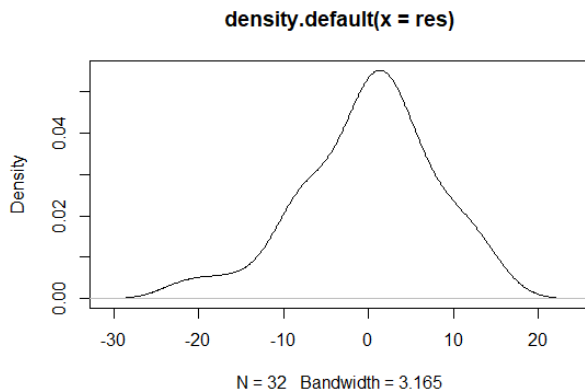


Abb. 12: Verteilung Kornerträge

Die Pflanzenschutzmittelintensität hatte keine signifikante Auswirkung auf den Ertrag. D.h., dass die Varianten mit lediglich einer Fungizidmaßnahme sich nicht signifikant im Ertrag von den Varianten mit 2 Fungizidapplikationen und einer Herbizidapplikation unterschieden. Die Düngestufen unterschieden sich signifikant nach Tukey B ($p \leq 0,05$), vgl. Abb. 13.

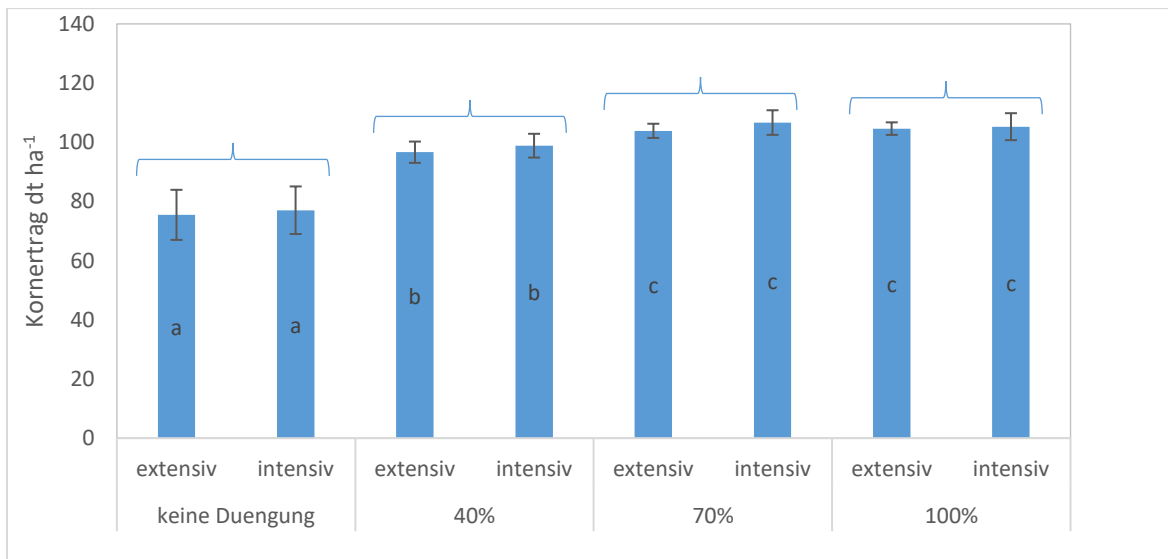


Abb. 13: Kornerträge im Versuch PSxDü am Standort Tachenhausen 2023. Die Balken zeigen die Mittelwerte aus den 4 Wiederholungen. Die Antennen zeigen die Standardabweichung (n=4). Die Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im Kornertrag zwischen den Düngestufen (Tukey B, $p \leq 0,05$).

Von Interesse war vor allem der Vergleich von „Düngung 70%, Pflanzenschutz extensiv“ mit „Düngung 100%, Pflanzenschutz intensiv“. Über multiple Vergleiche wurde mit Hilfe des Tukey

Tests jede Variante mit jeder anderen auf Signifikanz überprüft. Die beiden Varianten von Interesse unterschieden sich nicht signifikant im Kornertrag nach Tukey B ($p=0,999$).

Ausblick

Die Halbierung des Pflanzenschutzes und die Reduktion der N-Düngung um 30% entspricht in etwa den Vorgaben, die die LandwirtInnen zukünftig erfüllen müssen. In diesem einjährigen Versuch mit Vorfrucht Rüben hatte die Variante mit voller Düngung und intensivem Pflanzenschutz einen Ertrag von 105 dt ha^{-1} . Die Variante mit 70% der Düngemenge und extensivem Pflanzenschutz erbrachte 104 dt ha^{-1} . Dies bedeutet, dass die Ertragseinbußen durch weniger N-Düngung und Pflanzenschutz unter einem Prozent lagen. Im gleichen Versuch aus 2022 lagen die Ertragseinbußen bei 2%.

1.2.6 Artenreiche blühende Untersaaten im Mais und Sorghum

Standort: Tachenhausen

Projekt-Titel: Diversifizierung des Silo- und Energiemaisanbaus im konventionellen und ökologischen Landbau

Teilprojekt: Praxistauglichkeit und Biodiversitätsmehrwert verschiedener Blühmischungen als Untersaat in Mais sowie in Energie- und Körnersorghum als potenzielle Alternativkulturen zum Mais

Laufzeit: April 2022-März 2025 (Projektphase 3, Kostenneutrale Verlängerung bis März 2025)

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, Lisa Henres, Freya Zettl, Andre Raichle, Sabine Kurz

Projektpartner: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg Aulendorf (LAZBW)

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. Allerdings sollen die Blühmischungen keine zu große Konkurrenz für den Mais darstellen, da dies zu erheblichen Ertragsverlusten führen kann. Um geeignete Blühmischungen zu identifizieren, wurden deshalb Exaktversuche am Standort Forchheim durchgeführt. Angesichts des Klimawandels sind außerdem Alternativen zum Mais von Interesse. Sorghumhirsen gelten als besonders trockenheitsresistent und geraten deshalb zunehmend in den Fokus. Im Exaktversuch wurden daher Ertragspotentiale, sowie die Qualität des Ernteguts verschiedener Sorten untersucht.

Versuchsfrage/n

1. Ist der Anbau von Mais bzw. Sorghum mit blühenden Untersaaten praxistauglich?
2. Werden die untersuchten Blühmischungen vermehrt durch bestäubende Insekten besucht?
3. Kann Sorghum eine Alternative für Mais als Energiepflanze darstellen?

Versuchsanlage und erhobene Parameter

Der Mais-Versuch (Sorte „Figaro“) wurde als randomisierte Blockanlage mit fünf Varianten und drei Wiederholungen angelegt (reiner Mais (Kontrolle), Mais mit Untersaat (Blühmischung V1-V4)). Beim Sorghum-Versuch wurden vier Sorghum-Sorten (2 Sorten Energiesorghum „Amigo“ und „Fenixus“ und 2 Sorten Körnersorghum „Lupus“ und „Willy“) und vier Varianten (reines Sorghum (Kontrolle), Sorghum mit Untersaat (Blühmischung V1-V3) mit drei Wiederholungen in einer zweifaktoriellen Blockanlage untersucht. Mais und Sorghum wurden Anfang Mai mit einem Reihenabstand von 75 cm gesät. Die Untersaaten (10 kg/ha) wurden im direkten Anschluss flächig ausgestreut. Die Zusammensetzung der untersuchten Blühmischungen ist Tabelle 8 zu entnehmen. Die Herbizidanwendung erfolgte in den Untersaatenvarianten mit der Reihenbandspritze, in der Kontrolle wurde flächig gespritzt. Erhoben wurde an vier verschiedenen Erfassungszeitpunkten (A-D) jeweils die Pflanzen- und Blütendeckung der Untersaaten,

die Anzahl der blütenbesuchenden Insekten, sowie die Höhe, BBCH und Trockenmasse-Erträge der Hauptkultur.

Tab. 8: Zusammensetzung der getesteten Blümmischungen V1 bis V4 im Versuchsjahr 2023

Botanischer Name	Deutscher Name	V1	V2	V3	V4
<i>Achillea millefolium</i>	Schafgarbe	-	-	6%	5%
<i>Allium schoenoprasum</i>	Schnittlauch	-	-	5%	-
<i>Anthemis tinctoria</i>	Färberkamille	15%	6%	9%	-
<i>Borago officinalis</i>	Borretsch	7%	5%	3%	-
<i>Brassica napus</i>	Raps	15%	5%	5%	-
<i>Calendula officinalis</i>	Ringelblume	-	10%	-	7%
<i>Camelina sativa</i>	Leindotter	-	7%	-	2%
<i>Centaurea cyanus</i>	Kornblume	-	-	5%	-
<i>Cichorium intybus</i>	Wegwarte	-	-	-	2%
<i>Coriandrum sativum</i>	Koriander	15%	15%	5%	7%
<i>Crepis capillaris</i>	Kleinköpfiger Pippau	-	4%	-	7%
<i>Dactylis glomerata</i>	Knautgras	-	-	-	10%
<i>Fagopyrum esculentum</i>	Buchweizen	-	-	-	3%
<i>Festuca arundinacea</i>	Rohrschwengel	-	-	-	10%
<i>Festuca rubra</i>	Rotschwengel	-	-	-	10%
<i>Lapsana communis</i>	Gemeiner Rainkohl	-	-	9%	-
<i>Lepidium sativum</i>	Gartenkresse	15%	10%	5%	-
<i>Linum usitatissimum</i>	Saat-Lein	-	13%	-	2%
<i>Lolium perenne</i>	Weidelgras	-	-	-	5%
<i>Lotus corniculatus</i>	Hornklee	-	-	9%	-
<i>Malva sylvestris</i> var. <i>Mauritiana</i>	Mauret. Malve (Kulturform)	-	-	3%	-
<i>Medicago lupulina</i>	Hopfenklee	-	-	9%	-
<i>Ornithopus sativus</i>	Seradella	15%	15%	-	-
<i>Phleum pratense</i>	Wiesenlieschgras	-	-	-	5%
<i>Raphanus raphanistrum</i>	Acker-Rettich	-	-	-	5%
<i>Salvia hispanica</i>	Chia	-	3 %	9%	1%
<i>Trifolium hybridum</i>	Schwedenklee	10%	5%	-	-
<i>Trifolium incarnatum</i>	Inkarnatklee	8%	5%	5%	2%
<i>Trifolium pratense</i>	Rotklee	-	-	7%	5%
<i>Trifolium repens</i>	Weißklee	-	-	-	7%
<i>Trifolium subterraneum</i>	Erdklee	-	-	-	8%
<i>Tripleurospermum perforatum</i>	Geruchlose Kamille	-	-	3%	-
<i>Vicia sativa</i>	Sommerwicke	-	-	-	2%
Artenzahl		8	13	16	19

Zentrale Ergebnisse

Alle Untersaaten konnten sich gut etablieren und lieferten ein Blühangebot. Über den Versuchszeitraum wuchs die Pflanzendeckung in allen untersuchten Kulturen und Mischungen kontinuierlich und erreichte zum Ende der Erfassungen hohe Deckungsgrade. In Mischung V4 war die Deckung am niedrigsten, da die mit großen Anteilen in der Mischung enthaltenen Grasarten kaum aufliefen. Durch die niedrigere Pflanzendeckung war die Unkrautunterdrückung

ckung weniger stark ausgeprägt, was eine höhere Verunkrautung verursachte. Bei der Blütendeckung wurden größere Unterschiede zwischen den Kulturen deutlich, insbesondere nach dem Reihenschluss des Mais und Energiesorghums, die zunehmend dichte, schattige Bestände bildeten. Unter der Beschattung ging die Blütendeckung zurück und fiel geringer aus als im Körnersorghum. Die höhere Lichtverfügbarkeit bewirkte dort jedoch auch eine höhere Verunkrautung zu den späteren Erfassungsterminen.

Insgesamt zeigten alle untersuchten Blühmischungen ein vielfältiges Blühangebot, das attraktiv für verschiedene Artengruppen blütenbesuchender Insekten war. In den Reinkulturen (Kontrolle) wurden deutlich weniger blütenbesuchende Insekten beobachtet. Blühende Untersaaten stellen demnach einen Mehrwert für die Biodiversität dar. Allerdings war die positive Biodiversitätswirkung beim Mais und Energiesorghum zeitlich stärker begrenzt, da die schattigen, dichten Bestände nur noch wenige Blüten aufwiesen und nicht mehr gerne angeflogen wurden. Hier erwies sich der Körnersorghum durch das höhere Blühangebot auch zu den späten Erfassungszeitpunkten als deutlich überlegen.

Für die Trockenmasse-Erträge (TM-Erträge) wurden große Unterschiede zwischen den Varianten deutlich. Beim Sorghum waren die Untersaatenvarianten über alle Sorten signifikant von der Kontrolle verschieden und erreichten TM-Erträge die etwa 30% unter denen der Kontrolle lagen. Im Mais waren die Unterschiede weniger stark ausgeprägt und nur V1 wies einen signifikant niedrigeren TM-Ertrag als die Kontrolle auf. Insgesamt lagen die Untersaatenvarianten hier um etwa 15% unter denen der Kontrolle. Zwischen den verschiedenen Blühmischungsvarianten wurden weder beim Mais noch beim Sorghum signifikanten Unterschiede festgestellt.

Für den Vergleich des Ertragspotentials von Sorghum mit dem von Mais wurden nur die Kontrollvarianten herangezogen. Dabei zeigte sich, dass ES1 nahezu gleich hohe TM-Erträge wie der Mais erzielen konnte. Das Ertragspotential der Körnersorghum-Sorten lag weit unter dem der Energiesorghum-Sorten und des Mais. Allerdings erreichten die Energiesorghum-Sorten im Mittel nur knapp die für die Silierung notwendigen TS-Gehalte von 28% und enthielten deutlich höhere Rohfaseranteile. Im Körnersorghum wurden die höchsten Rohproteingehalte nachgewiesen und auch die TS-Gehalte ($> 30\%$) waren mit denen des Mais vergleichbar.

Ausblick

Zur Verlängerung des Blühangebots im Mais sollen in der Versuchssaison 2024 frühe Aussaaten getestet werden. Dabei werden die blühenden Untersaaten bereits im März etabliert und der Mais später mittels Direktsaat in die bestehende Untersaat gesät. Ein weiteres Ziel ist es die Praktikabilität der Maßnahme weiter zu verbessern, um die Umsetzung unter praktischen Bedingungen zu erleichtern. Dazu soll alternativ zur Reihenbandspritzung Hacktechnik erprobt werden, da diese häufiger in der Praxis bereitsteht.

Veröffentlichungen

Zur Verlängerung des Blühangebots im Mais sollen in der Versuchssaison 2024 frühe Aussaaten getestet werden. Dabei werden die blühenden Untersaaten bereits im März etabliert und der Mais später mittels Direktsaat in die bestehende Untersaat gesät. Ein weiteres Ziel ist es die Praktikabilität der Maßnahme weiter zu verbessern, um die Umsetzung unter praktischen Bedingungen zu erleichtern. Dazu soll alternativ zur Reihenbandspritzung Hacktechnik erprobt werden, da diese häufiger in der Praxis bereitsteht.

1.2.7 Führt der Gemengeanbau von Leguminosen mit Nicht-Leguminosen zu einer effizienteren Flächennutzung als der Reinbau?

Standort: Tachenhausen, Schlag 2

Projekt-Titel: Gemengeanbau- Flächennutzung, Lehrveranstaltung 201-084 Praxisprojekt in AW 2

Projektleitung: Prof. Dr. Carola Pekrun

Projektbearbeiter/innen: Sabine Kurz

Hintergrund und Problemstellung

Die Fläche, die uns zur Verfügung steht, um Lebens- und Futtermittel anzubauen, ist knapp. Täglich verschwand in Deutschland in den Jahren bis 2010 über 100 ha landwirtschaftliche Nutzfläche für Siedlung und Verkehr. Mittlerweile ist der tägliche Flächenverlust auf ca. 50 ha gesunken. Dies ist jedoch immer noch nicht nachhaltig (<https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/flaechennutzung-und-bodenmarkt/flaechenverluste-landwirtschaft.html>). Gemengeanbau ist eine gute Möglichkeit, Fläche effizient zu nutzen. Durch unterschiedliche Ansprüche an den Standort und unterschiedliche Bewurzelung können unterschiedliche Pflanzenarten Nährstoffe und Standraum besser nutzen. Insbesondere bieten sich dabei Kombinationen aus Leguminosen mit Getreide an. Im Rahmen des Praxisprojektes wurden sowohl Gemenge mit Mais als auch mit Winterhafer und Winterleguminosen getestet. Als Maßeinheit für die Effizienz der Flächennutzung im Gemenge ist es üblich, den land equivalent ratio (LER) zu errechnen. Wenn dieser > 1, dann ist das Gemenge effizienter als der jeweilige Reinanbau auf getrennten Flächen.

Versuchsfrage/n

1. Hat ein Gemenge aus Hafer und Ackerbohne bzw. Hafer und Erbsen einen LER > 1?
2. Wie wird das vorhandene Bodenwasser von diesen Kulturen ausgenutzt?
3. Wie wirken sich Gemenge aus Mais und Leguminosen auf Ertrag und Ertragsparameter aus?

Die Formel für den LER lautet:

$$LER = \sum_{n=1}^2 \left(\frac{IY1}{SY1} + \frac{IY2}{SY2} \right)$$

wobei 1=Hafer und 2=Leguminose und I=intercropped, S=sole. Y steht für yield=Ertrag.

Versuchsanlage und erhobene Parameter

Es handelte sich um 2 Versuche:

1. Gemenge aus Winterhafer/Winterackerbohnen und aus Winterhafer/Wintererbsen im Vergleich zur Reinsaat und im Vergleich zu Hafer mit reduzierter Saatstärke. In den Reinsaaten wurden Tensiometer vergraben und die Feuchte mittels FDR-Sensoren...erfasst, vgl. Abb. 14
2. Gemenge aus Mais mit passenden Gemengepartnern, siehe Tab. 9

Versuch mit Winterleguminosen und Winterhafer:

Die folgende Abbildung zeigt den Randomisationsplan von Winterhafer im Gemenge mit Winterleguminosen.

1	4	7	8	5	3	2	6	d
4	3	1	2	7	6	5	8	c
2	5	6	3	4	8	1	7	b
6	8	2	5	1	7	3	4	a

Nord

Abb. 14: Randomisationsplan im LER Versuch Hafer/Ackerbohne bzw Hafer/Erbse am Standort Tachenhausen 2023. Varianten: 1=Hafer solo, 2=AB solo, 3=Erbsen solo, 4=WH/AB 50/50, 5=WH/AB 70/30, 6=WH/Erbsen 50/50, 7=WH/Erbsen 70/30, 8=Winterhafer 70%

Versuch mit Mais und Gemengepartner

Die folgende Tabelle zeigt die Varianten im Versuch mit Mais und Gemengepartnern.

Tab. 9: Varianten im Versuch mit Mais und Partnern, Standort Tachenhausen 2023, Schlag 5-2

Variante	
1	Mais solo
2	Mais Stangenbohnen
3	Mais Ackerbohnen
4	Mais Klee gras

Zentrale Ergebnisse

Im Durchschnitt aller Gemengevarianten im Hafer-Leguminosenversuch lag der LER bei 1,2. Die Erträge des Hafers lagen im Schnitt bei 73 dt/ha (alle Varianten ungedüngt und unbehandelt, auch kein Herbizid). Eine Aussaatstärke von 70% hatte einen Ertrag von 64 dt/ha (n=4). Der Ackerbohnenreinertrag lag bei 44 dt/ha. Die Erbsen waren bis zur Ernte pilzlichen Schaderregern zum Opfer gefallen und lagen flach am Boden, weshalb hier in der Reinsaat nur 14 dt/ha gedroschen wurden. Die Angaben beziehen sich auf die Feuchtegehalte bei Drusch (9,6 % bei Hafer, 10,9 % bei den Ackerbohnen und 15,8 % bei der Erbse). Der Mittelwert für den LER bei Erbse lag bei 1,3, weil die Erbse stark von dem Hafer als Stütze profitierte. Das Gemenge Winterhafer/Ackerbohne mit einem Verhältnis von 70/30 hatte mit 80 dt/ha den höchsten Ertrag.

1.2.8 N-Steigerungsversuch im Winterweizen zur Ermittlung der optimalen N-Düngerhöhe

Standort: Tachenhausen

Projekt-Titel: N-Steigerung im Winterweizen

Projektleitung: Prof. Dr. Carola Pekrun

Projektbearbeiter/innen: Sabine Kurz

Bachelorarbeit: Josia Walter

Hintergrund und Problemstellung

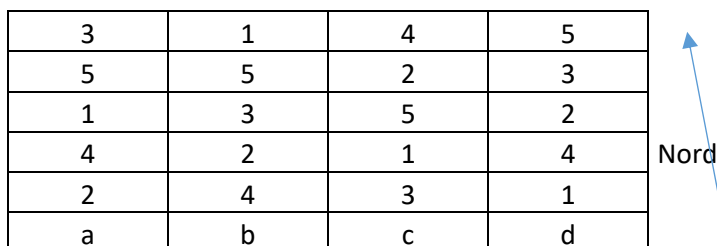
In jedem Jahr stellt sich die Frage nach der N-Düngung zu Winterweizen. Verschiedene Berechnungsgrundlagen (DüV, NID) helfen, die Düngemenge zu berechnen. Dabei wird der durchschnittliche Ertrag der letzten fünf Erntejahre zugrunde gelegt. Allerdings weiß der Landwirt am Anfang der Saison nicht, ob der erwartete Ertrag auch tatsächlich erzielt wird. So kommt es in Trockenjahren zur Überdüngung und in wüchsigen Jahren wird das Potenzial evtl. nicht ausgeschöpft. Die optimale Düngemenge lässt sich also nur im Nachhinein bestimmen. Um prüfen zu können, inwieweit die üblichen N-Düngerberechnungstools passende Ergebnisse liefern, wurde auf dem Versuchsfeld bereits zum 3. Mal ein N-Steigerungsversuch in Weizen.

Versuchsfrage/n

1. Wo lag 2023 auf dem Versuchsfeld auf Schlag 5-2 in Tachenhausen die optimale Düngehöhe in der Winterweizensorte Elixer, um den höchsten Deckungsbeitrag zu erzielen?
2. Wo lag im Mittel der Jahre 2010, 2022 und 2023 in Tachenhausen die wirtschaftlich optimale Düngehöhe in Winterweizen?

Versuchsanlage und erhobene Parameter

Der Versuch wurde als randomisierte Blockanlage konzipiert, vgl. Abb. 15



3	1	4	5
5	5	2	3
1	3	5	2
4	2	1	4
2	4	3	1
a	b	c	d

Abb. 15: Randomisationsplan des N-Steigerungsversuches am Standort Tachenhausen, Schlag 5-2

Als Messgröße diente vor allem der Ertrag. Folgende Düngevarianten wurden durchgeführt (Tab. 10).

Tab. 10: Düngevarianten im N-Steigerungsversuch am Standort Tachenhausen 2023 in der Winterweizensorte Elixer.

Variante	Düngehöhe gesamt (kg N/ha)
1	Keine Düngung
2	50
3	100
4	150
5	200

Der Weizen wurde am 27. Oktober 2022 nach Vorfrucht Zuckerrübe und nach wendender Bodenbearbeitung mit 380 keimfähigen Körnern m^{-2} eingesät.

Die Düngung erfolgte ohne Abzüge entsprechend des geplanten Versuchs. $N_{\min}$ Proben wurden am 22. Februar 2023 gezogen. In den drei Schichten von Null bis 90 cm Bodentiefe wurde kein Nitrat nachgewiesen.

Die Versuche aus den Jahren 2010 und 2022 wurden ebenso gestaltet. Im Jahr 2010 wurden die Düngergaben in 40 kg-Schritten gestaffelt.

Berechnung der Düngeoptimums

Um herauszufinden, welche Düngehöhe im Mittel der drei Jahre am wirtschaftlichsten war, wurden verschiedene Szenarien für einen Weizenpreis zwischen 16 und 22 € dt^{-1} und für Düngekosten von 1 € kg^{-1} bis 2,5 € kg^{-1} Reinnährstoff N gerechnet.

Statistik

Um den Unterschied zwischen dem pflanzenbaulichen und dem ökonomischen Optimum deutlich zu machen, wurde zuerst mit Hilfe des Statistikprogramms RStudio folgendes lineares Modell aufgestellt:

$$y = a (\text{kg N/ha})^2 + b (\text{kg N/ha}) + c$$

Mit Hilfe der Ableitung $y' = 2a (\text{kgN/ha}) + b$ wurde die N-Gabe bestimmt, bei der der Ertrag maximal war. Ebenso wurde mit der berechneten Messgröße „Erlös abzgl. Düngekosten“ verfahren. Für jede Kombination von Düngerkosten und Weizenpreis wurde eine Regressionsgleichung erstellt, abgeleitet und der Höhepunkt berechnet (=monetärer Höchstertag).

Zentrale Ergebnisse

Das Gesetz vom abnehmenden Grenzertrag wurde in den Versuchen deutlich: Das folgende Schaubild zeigt die Erträge der Düngungsstufen, Abb. 16.

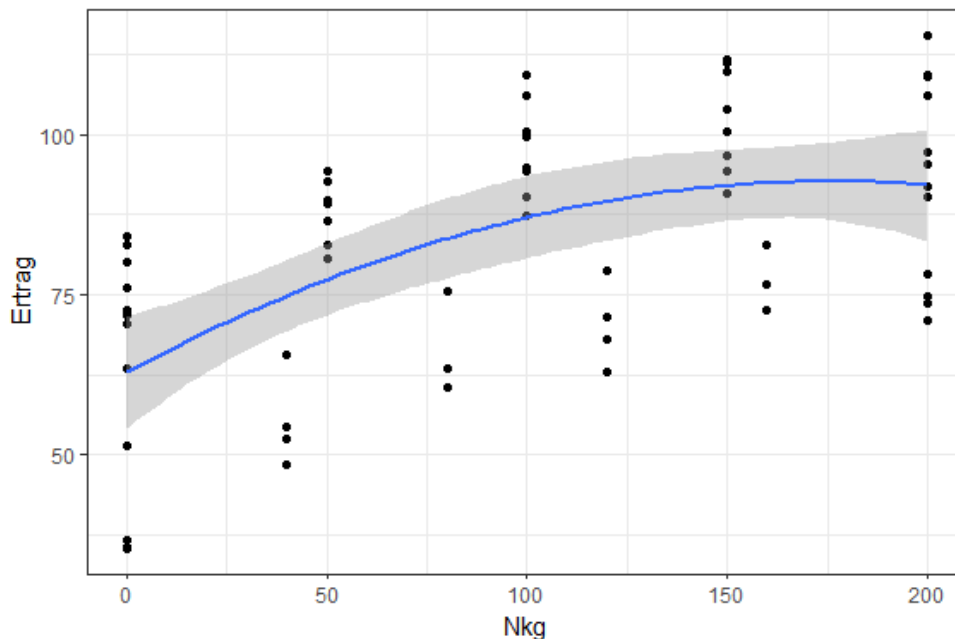


Abb. 16: Ertrag (dt ha^{-1}) im N-Steigerungsversuch 2010, 2022 und 2023 in Tachenhausen. Die Punkte stellen den Ertrag bei der jeweiligen N-Düngehöhe dar (vier Wiederholungen). Die Linie kennzeichnet die Regressionskurve (Polynom). Im Jahr 2010 wurde die N-Düngung in 40 kg-Schritten vorgenommen.

Die Regressionskoeffizienten aus dem o.g. linearen Modell ergaben folgende Regressionsgleichung für den Ertrag aus drei Erntejahren:

$$y = -0,001 (\text{kg N/ha})^2 + 0,349 (\text{kg N/ha}) + 40,91$$

Dies bedeutet, dass der Ertrag ohne Düngung ($x=0$) im Mittel der Jahre bei 41 dt ha^{-1} lag (=Schnittpunkt der Kurve mit der y-Achse).

Die Ableitung ergab, dass der Höhepunkt der Kurve bei $174,5 \text{ kg N ha}^{-1}$ lag, das heißt, der pflanzenbaulich höchste Ertrag wurde rein rechnerisch erst bei $174,5 \text{ kg N ha}^{-1}$ erreicht. Das R^2 lag bei 0,95. Dies bedeutet, dass die Datengrundlage zu einer sehr zuverlässigen Regressionskurve geführt hat (Erträge aus den drei Erntejahren 2010, 2022 und 2023).

Tab. 11: Betriebswirtschaftlich optimale Düngung zu Winterweizen. Verschiedene Szenarien. Grundlage aus drei Versuchsjahren mit N-Steigerungsversuchen in Winterweizen (2010, 2022, 2023)

	Weizenpreis €/dt			
Betriebswirtschaftlich optimale N-Düngung zu Winterweizen	16 €/dt	18 €/dt	20 €/dt	22 €/dt
1 €/kg N	142 kg N/ha	146 kg N/ha	149 kg N/ha	151 kg N/ha
1,5 €/kg N	127 kg N/ha	132 kg N/ha	136 kg N/ha	140 kg N/ha
2 €/kg N	111 kg N/ha	118 kg N/ha	124 kg N/ha	128 kg N/ha
2,5 €/kg N	96 kg N/ha	105 kg N/ha	111 kg N/ha	116 kg N/ha

Ausblick

Aus der Auswertung der Daten zu den N-Steigerungsversuchen aus den drei Jahren 2010, 2022 und 2023 wurde ersichtlich, dass das Regressionsmodell sehr zuverlässig war ($R^2=0,95$). Lag die pflanzenbaulich günstigste N-Düngung bei 175 kg N ha^{-1} , zeigte das wirtschaftliche Optimum weit niedrigere Werte. Zu berücksichtigen ist, dass sich die N-Gaben in allen Jahren als „netto“ verstanden, also ohne Abzüge der $N_{\min}$ Gehalte im Frühjahr.

1.2.9 Lässt sich durch Einsatz des Pflanzenhilfsstoffs Nutribio-N eine N-Einsparung erzielen?

Standort: Tachenhausen, Schlag 5-2

Laufzeit: 2023

Projektleitung: Prof. Dr. Carola Pekrun

Projektbearbeiter/innen: Sabine Kurz

Demonstration für die Lehre, ggf. Abschlussarbeit

Hintergrund und Problemstellung

In den letzten Jahren sind mehr und mehr Pflanzenhilfsstoffe, die nicht als Düngemittel gelistet sind, auf den Markt gekommen. 2022 wurde das Produkt Utrisha N der Firma Corteva getestet. Dieses Jahr war es das Produkt Nutribio N der Firma Syngenta. Beide Produkte sollen mit Hilfe von stickstofffixierenden Bakterien den Pflanzen (in beiden Jahren Winterweizen) helfen, N aus der Luft zu binden. Laut Herstellerangaben wirkt Nutribio N nur in gut versorgten Beständen, weshalb von der Firma Syngenta empfohlen wurde, die mineralische Düngung in Form von Kalkammonsalpeter lediglich bei der 3. Gabe zu reduzieren. Deshalb wurde die N-Gabe zur Qualitätsdüngung bei den Nutribio-N Varianten um 15% reduziert.

Studenten und Studentinnen der Agrarwirtschaft bekunden immer wieder großes Interesse an Pflanzenhilfsstoffen und Themen der sog. „regenerativen“ Landwirtschaft. Bisher konnte in keinem der durchgeführten Versuche zu Produkten der folgenden Firmen eine positive Wirkung im Feldversuch nachgewiesen werden: Karner Düngerproduktion (Bodenuntersuchung nach Kinsey, Milchsäurebakterien, Gesteinsmehl, stickstoffbindende Bakterien in Mais), FMC (Accudo in Winterweizen), Corteva (Utrisha-N in Winterweizen), Syngenta (Nutribio-N in Winterweizen) oder AGROsolution (Agrosol in Mais und Winterweizen).

Versuchsfrage/n

Wirkt sich Nutribio-N auf Ertrag- und Ertragsparameter von Winterweizen Sorte Campesino aus?

Versuchsanlage und erhobene Parameter

Der Versuch war als zweifaktorieller Versuch aufgebaut mit den Einflussfaktoren „Nutribio_N“ und „N-Düngung“. Jeder Faktor hatte zwei Stufen:

Faktor 1: Nutribio_N

Mit

Ohne

Faktor 2: N-Düngung

Dritte Gabe mit voller Aufwandmenge (60 kg N ha⁻¹)

Dritte Gabe mit reduzierter Aufwandmenge (30 kg N ha⁻¹)

Jeder Faktor wurde mit jedem kombiniert, so dass 4 Kombinationen entstanden. Diese sind der untenstehenden Tab. 12 zu entnehmen. Abb. 17 zeigt die Blockanlage mit vier Blöcken in West-Ost Richtung und **acht** Wiederholungen.

Tab. 12: Übersicht über die Düngungsvarianten im Versuch „Nutribio-N“ Standort Tachenhausen 2023. Angabe in kg N ha⁻¹ und in % der Gesamtdüngemenge (berechnet nach DüV). BÜ=Betriebsüblich

Varianten	Nr.	1. Gabe	2. Gabe	3. Gabe	Gesamt	Prozent
BÜ Düngung ohne Nutribio-N	1	70	70	60	200	100
BÜ Düngung mit Nutribio-N	2	70	70	60	200	100
Reduzierte Düngung ohne Nutribio-N	3	70	70	30	170	85
Reduzierte Düngung mit Nutribio-N	4	70	70	30	170	85

	1	1	3	2
	3	4	4	3
	1	2	1	1
	3	3	2	1
Nord	2	4	3	4
	2	1	2	4
	4	2	1	2
	4	3	4	3
	a	b	c	d

Abb. 17: Randomisationsplan im Nutribio-N Versuch auf Schlag 5-2, Tachenhausen, 2023

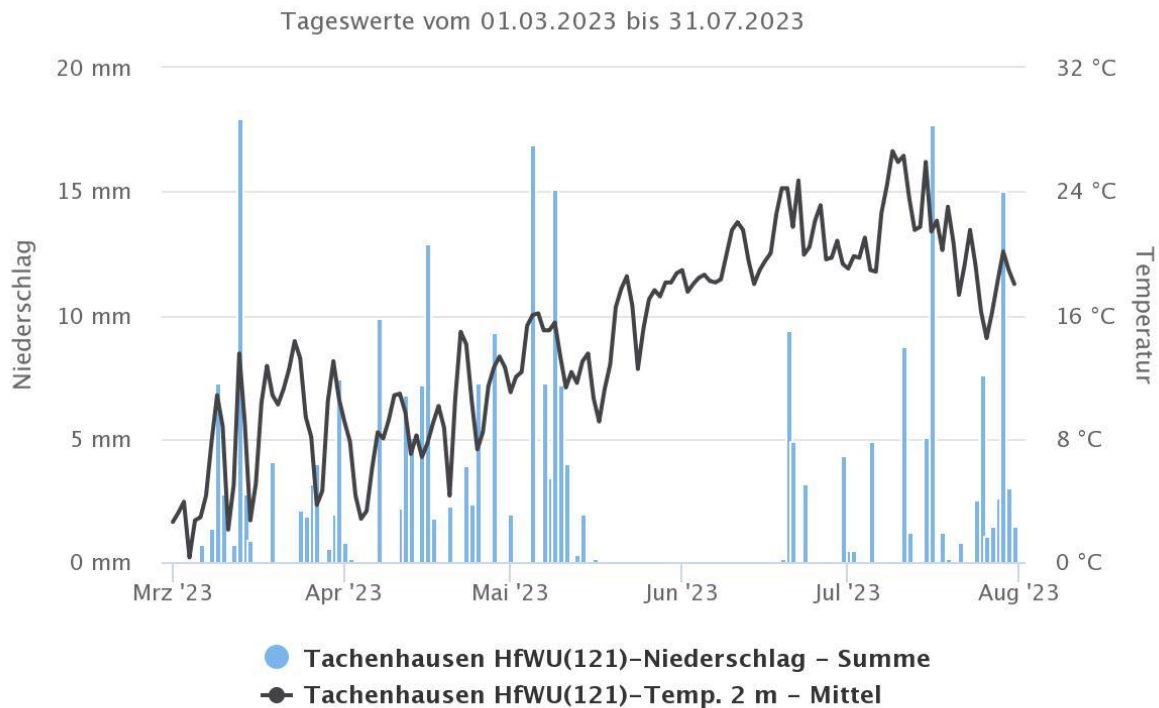
Erhobene Parameter:

Messgrößen

- Kornertrag und Feuchte bei Drusch
- HI-Gewicht
- Tausendkornmasse
- Proteingehalt der Körner

Wetter

Die Grafik zeigt, dass vom 17. Mai bis 20. Juni kein Tropfen Regen gefallen ist. Vom 20.6. bis zur Ernte Mitte Juli fielen 40 mm Niederschlag bei gleichermaßen hohen Temperaturen. Dargestellt sind die Tagesmittelwerte für Temperatur und Niederschlag in Abb. 18.



Quelle: Agrarmeteorologie Baden-Württemberg

Abb. 18: Wetteraufzeichnungen der Wetterstation am Standort Tachenhausen (Hofgut). Entfernung zum Versuchsfeld ca. 500 m Luftlinie.

Boden

Das Versuchsfeld befand sich auf Schlag 5-2. Nach Reichsbodenschätzung handelt es sich um einen Boden der Bezeichnung L4 LÖD65/69. Die Bodenart ist schluffiger Lehm, der Humusgehalt lag bei 2%. Die Grundnährstoffe wurden im Frühjahr 2022 im Oberboden untersucht. Demnach befand sich der pH-Wert bei 6,6. Der Phosphatgehalt war mit 13 mg/100 g Boden ausgeglichen (Zustandsstufe C). Der Kaliumgehalt lag bei 14 g/100 g Boden (Stufe C). Der Boden war gut mit Magnesium versorgt (12 g/100 g; Stufe D). Der Boden hatte bei der Untersuchung auf N_{min} im Frühjahr in 0-90 cm Bodentiefe keinen nachweisbaren Gehalt an Nitrat-N (eigenes Labor, Teststreifen Reflectoquant-Methode von Merck).

Kulturmaßnahmen

Nach der Ernte der Zuckerrüben wurde das Feld gepflügt und einmal mit der Federzinkenegge (Lemken/Korund) abgezogen. Die Saat erfolgte mit der Parzellendrillmaschine Hege 86. Düngung und Pflanzenschutz nachfolgend aufgeführt:

Datum	Maßnahme
3/15/2023	Dünger hergerichtet für den Pflanzenhilfsstoffversuch je zur Hälfte als KAS und als ASS mit 70 kg N/ha insgesamt
4/4/2023	Dünger ausgebracht wie am 15. März hergerichtet. Alle Varianten gleich hoch gedüngt
4/14/2023	Düngung mit 70 kg N/ha als KAS (2. Gabe) alle Varianten gleich
4/14/2023	50 g Nutribio_N/ha auf Variante 2 und 4 („mit“) um 13 h. Temp Luft 12°C, Boden 15°C, Wind 1 m/sec, BBCH 31, Bewölkung 30%. Sehr feucht.
4/19/2023	Herbizidmaßnahme mit 70 g/ha Biathlon und 1 l/ha Dash (alle Varianten)
5/13/2023	Fungizidmaßnahme mit 1,5 l/ha Aspra Xpro (alle Varianten)

5/23/2023	Dünger hergerichtet für 3. Gabe: 30 kg N/ha und 60 kg N/ha für die Varianten "reduziert" und "voll"
5/26/2023	N Dünger gestreut wie am 23. Mai hergerichtet mit 30 bzw 60 kg N ha ⁻¹
5/30/2023	Campesino blüht
7/17/2023	Drusch Campesino mit 13,1% Feuchte

Die Ausbringung des granulierten Düngers geschah von Hand. Die Pflanzenschutzmittel wurden mit der Parzellenspritze ausgebracht. Die Parzellen wurden mit dem Parzellenmähdrescher Elite nursery master von Wintersteiger beerntet. Die Körner wurden mit dem elektrischen Feuchtemessgerät HOH Express auf den Wassergehalt untersucht (Mischprobe aus dem Tank). Der Proteingehalt wurde an den vermahlenden Proben mit NIRS bestimmt. Die TKM und das Hl-Gewicht wurden im eigenen Labor bestimmt.

Statistik

Die Behandlung mit Nutribio_N und die Dünge­stufen wurden als feste Faktoren in ein lineares Modell integriert. Die Blockbildung war signifikant und wurde bei der Auswertung berücksichtigt. Die Wechselwirkung von Nutribio-N und der Dünge­höhe wurde für jede Messgröße anhand eines linearen Modells überprüft. Bei nicht vorhandener Wechselwirkung wurde folgendes Modell zugrunde gelegt, um den Einfluss der Faktoren Nutribio-N und N-Dünge­höhe getrennt zu prüfen. Die Wechselwirkung wurde nicht in das lineare Modell aufgenommen, weil dies zu einem höheren AIC (Akaike-Informationskriterium) führte.

Das Modell lautete:

$Y = \text{Anwendung von Nutribio-N (ja/nein)} + \text{Dünge­höhe (voll oder reduziert)} + \text{Block} + e$ (Restfehler). Diese Formel wurde sowohl für das lineare Modell zur Berechnung der Residuen verwendet als auch als Grundlage für die ANOVA. Anhand des F- und des p-Wertes wurde überprüft, ob die Haupteinflussfaktoren einen signifikanten Einfluss auf die Messgrößen hatten.

Die Residuen wurden in einem QQ-plot optisch auf Normalverteilung geprüft. Rechnerisch wurde die Normalverteilung mit dem für stetige Verteilung geeigneten Lilliefors-Test bestätigt. Der Lilliefors-Test kann auch bei kleinen Stichproben ($n < 30-50$) verwendet werden und besteht aus einer Anpassung des Kolmogorov-Smirnov Tests.

Zentrale Ergebnisse

Insgesamt waren die Erträge des Winterweizens in Tachenhausen in der Ernte 2023 und auch im vorliegenden Versuch in der Sorte Campesino mit über 100 dt ha⁻¹ sehr gut. Der Durchschnittsertrag des Versuchs lag bei 111,45 dt ha⁻¹.

Der Block hatte einen signifikanten Einfluss auf den Ertrag. Von West nach Ost stiegen die Erträge von Block 2 nach Block 3 und von Block 3 nach Block 4 stark an, Abb. 19.

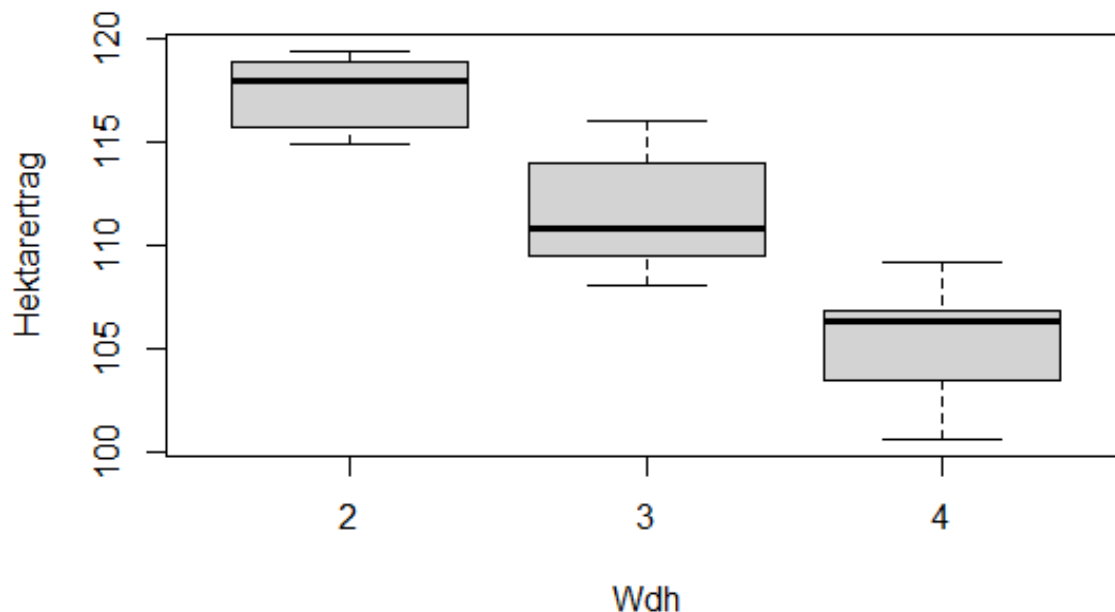


Abb. 19: Blockeffekt auf den Hektarertrag im Versuch Nutribio-N 2023 in Tachenhausen. Die Boxplots zeigen den Median (schwarze Linie) und die Quartile der Erträge in den drei ausgewerteten Blöcken (Wdh).

Die Düngehöhe („Betriebsüblich“ vs. „reduziert“) wirkte sich nicht signifikant auf den Kornertrag (dt ha^{-1}) aus. Der F-Wert lag bei 0,05, der p-Wert bei 0,82. Ein höherer Ertrag aufgrund einer höheren Düngung zur 3. Gabe war aus pflanzenbaulichen Erwägungen nicht zu erwarten. Die 3. Düngung kommt üblicherweise zu einem Zeitpunkt, zu dem sie keinen Einfluss mehr auf den Kornertrag nehmen kann. Außerdem war es zu dieser Zeit sehr trocken, so dass die Pflanzen die 3. Gabe nicht mehr aufnehmen und umlagern konnten. Beim Vergleich des Proteingehaltes der Varianten mit reduzierter (9,6%) und betriebsüblicher dritten Gabe (9,8%) ergaben sich keine signifikante Unterschiede nach dem Welch t-Test ($p=0,31$).

Die Residuen der Hektarerträge waren normalverteilt (grafisch per QQplot und rechnerisch mit Shapiro Wilk, $p>0,05$). Es gab keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen „mit Nutribio_N“ und „ohne Nutribio_N“. Der F-Wert aus der ANOVA lag bei 0,01 bei 22 Freiheitsgraden und einem p-Wert von 0,92. Das R^2 lag bei 0,0005, das bedeutet, es gab keinerlei Zusammenhang zwischen der Anwendung von Nutribio N und dem Ertrag.

Die Düngehöhe wirkte sich nicht signifikant auf den Ertrag aus (t-Test, $p=0,82$). Im Mittel hatte die Variante mit der um 30% reduzierten 3. Gabe einen Ertrag von $111,19 \text{ dt ha}^{-1}$. Die Variante mit der vollen Düngung erreicht $111,71 \text{ dt ha}^{-1}$.

1.2.10 Systemversuch

Standort: Tachenhausen, Schlag 1

Projekt-Titel: Systemversuch

Projektleitung: Prof. Dr. Markus Frank

Projektbearbeiter/innen: Sabine Kurz

Hintergrund und Problemstellung

Politisch wird angestrebt, die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) um 50% bis 2030 zu reduzieren. Die N-Düngung soll um 30% reduziert werden.

Versuchsfrage/n

Kann unter den o.g. Bedingungen ein Deckungsbeitrag erzielt werden, der nahe an jenen bei konventioneller Bewirtschaftung, bei vollem PSM-Aufwand und der vollen Düngemenge nach DüV heranreicht?

Versuchsanlage und erhobene Parameter

In einer Versuchsserie auf fünf Standorten in Baden-Württemberg (Ladenburg bei Heidelberg, Rheinstetten-Forchheim, Tachenhausen bei Nürtingen, in der Hohenlohe bei Bad Mergentheim und Tailfingen bei Herrenberg) werden sog. Systemversuche zu einem ökonomischen Ackerbau mit reduziertem Betriebsmitteleinsatz (Düngung, Pflanzenschutz) durchgeführt.

In Tachenhausen besteht die Versuchsanlage aus einer randomisierten Blockanlage. Die Parzellen sind in Streifen nebeneinandergelegt, um jede Parzelle für unterschiedliche Saattermine der Varianten individuell anfahren zu können. Der Versuch hat vier Wiederholungen. In der nachfolgenden Tab. 13 sind die Varianten beschrieben.

Tab. 13: Varianten im Systemversuch seit 2021

Variante	Beschreibung
1; „Intensiv“	Intensive/betriebsübliche Bewirtschaftung mit voller Düngehöhe nach DüV und vollem PSM-Aufwand
2 „Grundabsicherung“	Grundabsicherung des Ertrags mit unbedingt notwendigen Maßnahmen. Die Düngehöhe bemisst sich nach NID
3 „IP+“	Integrierter Pflanzenbau unter zu Hilfenahme von Prognosemodellen. Ertrag bemisst sich nach NID und einer Ertragserwartung von 90% im Vergleich zu Variante 1

Als Hauptfrucht stand 2023 Winterweizen Sorte Rubisco. Vorfrucht war Mais. Die Düngeberechnung für den Weizen belief sich unter Berücksichtigung von $N_{\min}$ auf:

196 kg N/ha auf Variante 1

174 kg N/ha auf Variante 2 und

147 kg N/ha auf Variante 3

Maßnahmen in Winterweizen:

Variante 1 Herbizid Herbst und Frühjahr, 2 x Fungizid, Wachstumsreglereinsatz

Variante 2 Herbizid im Frühjahr, 1x Fungizid, kein Wachstumsreglereinsatz

Variante 3 Herbizid im Frühjahr, 1x Fungizid, kein Wachstumsreglereinsatz

Am 27. Sept. 2023 wurde Wintergerste, Sorte Royce ausgesät mit 300 Körner/m². Die Variante 1 der Wintergerste wurde mit Insektizid behandelt wegen langanhaltender warmer Witterung nach dem Auflaufen der Kultur zur Vorbeugung von Verzweigungsvirose.

Zentrale Ergebnisse

Tab. 14 veranschaulicht die Kornerträge und den Proteingehalt.

Tab. 14: Erträge (dt/ha) und Proteingehalte (%) im Systemversuch 2023, Winterweizen Sorte Rubisco. Die Erträge beziehen sich auf die korrigierten Kornerträge bei 14% Feuchte im Korn.

Variante	Ertrag (dt/ha)	Protein (%)
1	102	11
2	93,4	10,6
3	96	10,1

Nach Beerntung des Winterweizens wurden auf der Stoppel in der ersten Augustwoche Proben in 0-90 cm Bodentiefe gezogen und im eigenen Labor auf Nitrat untersucht. Aufgrund der langanhaltend trockenen Witterung konnte die 3. Gabe nicht mehr von den Pflanzen aufgenommen werden. Entsprechend hohe Nitratgehalte waren vor allem in der Variante mit der höchsten N-Düngung (DüV) gefunden.

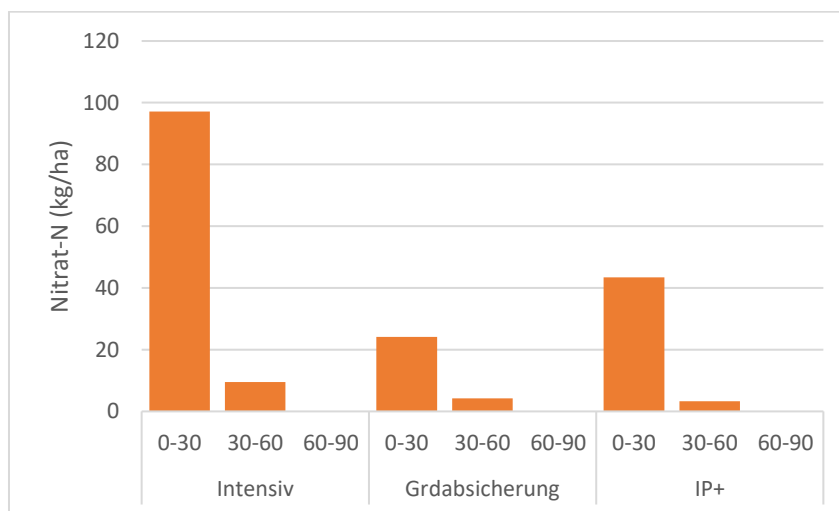


Abb. 20: Restnitrat nach Ernte von Winterweizen in 0-90 cm Bodentiefe, August 2023, Systemversuch Standort Tachenhausen

Fazit

Die Auswertung aller Standorte von 2021 bis 2022 durch das LTZ zeigte, dass die Hypothese 50% PSM, 70% N-Düngung bei annähernd 100% Deckungsbeitrag bestätigt werden konnte. Dies zeigen die gelben Säulen in der nachfolgenden Abb. 21.

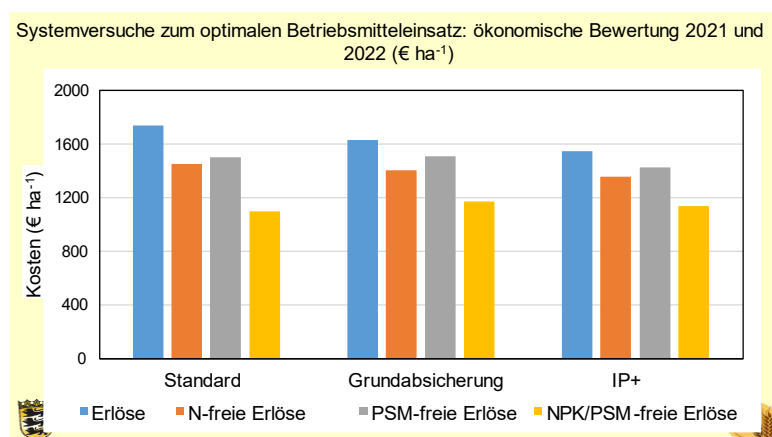


Abb. 21: N-Düngerkosten - und pflanzenschutzmittelbereinigte Erlöse im Durchschnitt aller Kulturen und Standorte im Systemversuch LTZ

1.2.11 Projektabschluss GeMaBo

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projekt-Titel: GeMaBo - Ökologische und ökonomische Bewertung des Gemengeanbaus von Mais (*Zea mays* L.) mit Stangenbohnen (*Phaseolus vulgaris* L.) unter besonderer Berücksichtigung der Auswirkungen auf Stickstoffbilanz und Biodiversität

Laufzeit: 01.02.2019- 30.04.2023

Fördermittelgeber: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Projektträger: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FKZ 22027716)

Projektleitung: Prof. Dr. Maria Müller-Lindenlauf

Projektbearbeiter/innen: Daniel Villwock

Hintergrund und Problemstellung

Mais ist mit rund 20% der gesamten Ackerfläche die wichtigste Futter- und Energiepflanze Deutschlands. Der Anbau von Mais im Reinanbau ist jedoch wegen seiner potentiell ungünstigen ökologischen Wirkungen in der Kritik. Hierzu gehören ein hohes Nitrataustragungsrisiko sowie eine erhöhte Erosionsgefahr und geringe Biodiversität. Das Gesamtziel dieses Projektes bestand darin zu überprüfen, ob der Mais-Stangenbohnen-Gemengeanbau dazu beitragen kann, die Umweltbilanz des Maisanbaus zu verbessern, ohne die Wirtschaftlichkeit wesentlich zu reduzieren.

Durchführung

Um die ökologische und ökonomische Effizienz des Gemengeanbaus im Vergleich zum Mais-Reinanbau zu untersuchen, wurden an zwei Standorten über drei Jahre hinweg Exaktversuche zur Bestimmung der Auswirkungen der beiden Anbausysteme auf den Stickstoff (N)-haushalt in Abhängigkeit der N-Düngemenge sowie auf die Bodenerosion durchgeführt. Die Exaktversuche wurden an zwei Standorten durchgeführt: Am Versuchsbetrieb der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU) „Hofgut Tachenhausen“ sowie am Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft „Haus Düsse“ der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. Die Versuche in „Haus Düsse“ wurden vom Zentrum für Nachwachsende Rohstoffe durchgeführt.

Außerdem wurden über zwei Jahre hinweg auf Praxisschlägen in Brandenburg und Niedersachsen die Auswirkungen der beiden Anbausysteme auf den Bruterfolg von Bodenbrütern sowie auf die Arthropodenfauna und die Segetalflora untersucht. Die Untersuchung der Biodiversitätseffekte erfolgt in Kooperation mit dem Büro „Dziewiaty + Bernardy, Biologische Bestandserhebungen und Planung“.

Die Ergebnisse der Versuche wurden durch die HfWU in einer Ökobilanz verarbeitet und deren Ergebnisse wiederum in einer Umweltkostenrechnung ökonomisch bewertet. Außerdem wurden die Anbausysteme betriebswirtschaftlich bewertet. Auf Basis dieser Berechnungen wurden Empfehlungen für die Politik und Praxis abgeleitet, u.a. für mögliche Fördermaßnahmen.

Zentrale Ergebnisse

- Bei geringem Stickstoff (N)-Angebot und funktionierender Knöllchensymbiose fixierte die Stangenbohne bis zu 25 kg/ha N aus der Luft, was zu vergleichbaren Erträgen im Gemenge im Vergleich zum Reinanbau führte. Bei hohem N-Angebot durch Nachlieferung oder Düngung oder bei ausbleibender Knöllchensymbiose nahm die Bohne nur mineralischen N aus dem Boden auf, was zu Konkurrenz mit dem Mais und Ertragsverlusten führte. Am Standort Haus Düsse kam es auch nach Anwendung eines Impfmittels im Versuchsjahr 2022 nicht zur Knöllchenbildung.

- Nach dem Gemengeanbau waren die Nitratgehalte im Boden im Vergleich zum Reinanbau nicht erhöht. Über den Winter kam nach dem Gemengeanbau zu einer leicht geringeren Abnahme der Nitratgehalte und somit zu einem leicht geringeren Nitrat-Auswaschungsrisiko. Die Folgekultur profitierte vom Gemenge als Vorfrucht (Vorfruchtwert 5 kg N/ha).
- Das Gemenge wies durch erhöhte Bodenbedeckung ein um 12% geringeres Erosionsrisiko auf.
- Das Vogel-Vorkommen und die Segetalflora waren im Gemenge erhöht, nicht jedoch der Bruterfolg von Feldvögeln und das Arthropodenvorkommen.
- In der Ökobilanz hatte das Gemenge gegenüber dem Reinanbau je Hektar Anbaufläche beim Treibhauspotential und Energieaufwand durch einen zusätzlichen Arbeitsgang (Hacke) minimale Nachteile, bei der aquatischen Eutrophierung durch geringere P- und N-Verluste einen Vorteil. Je Tonne Ertrag kann der Vorteil des Gemenges durch Ertragsnachteile ausgeglichen werden. Bei den Umweltkosten je Hektar Anbaufläche war das Gemenge klar im Vorteil.
- Betriebswirtschaftlich verursachte das Gemenge höherer Kosten bei Saatgut und Pflanzenschutz. Wie stark das Gemenge im Deckungsbeitrag unterlegen war, hing jedoch stark von den Erträgen und dem Preisniveau für Dünger und Silage ab.
- Empfohlen wird eine Förderung von bis zu 500 €/ha für den Umstieg von Reinanbau auf Gemengeanbau in Kombination mit einer Reduktion der N-Düngung. Dieser Betrag ist von einer deutlich höheren Umweltkostenersparnis gedeckt.

Ausblick

Der Abschlussbericht wurde im Januar 2024 veröffentlicht. Die zu diesem Anlass herausgegebene Pressemitteilung des Projektträgers (<https://www.fnr.de/presse/pressemitteilungen/aktuelle-mitteilungen/aktuelle-nachricht/mischanbau-von-mais-und-stangenbohnen-grosse-umweltvorteile-foerderung-lohnt-sich>) sorgte in der Mais-Bohnen-Szene noch einmal für große Aufmerksamkeit. Es bleibt abzuwarten, wie die Empfehlungen von den verschiedenen Akteuren aufgegriffen werden.

Teile der Ergebnisse werden aktuell und in den kommenden Monaten im Rahmen der Doktorarbeit von Daniel Villwock in peer-reviewten Fachzeitschriften publiziert.

Veröffentlichungen

Villwock, D.; Zettl, F.; Müller-Lindenlauf, M. (2023): Ökologische und ökonomische Bewertung des Gemengeanbaus von Mais (*Zea mays* L.) mit Stangenbohnen (*Phaseolus vulgaris* L.) unter besonderer Berücksichtigung der Auswirkungen auf Stickstoffbilanz und Biodiversität. Abschlussbericht im Projekt GEMABO. <https://www.fnr.de/index.php?id=11150&fkz=22027716>

1.2.12 BW Biodiv Acker

Standort: On- Farm

Projekt- Titel: Entwicklung von Bewertungsverfahren für Biodiversitätsmaßnahmen im Ackerbau im BiodivNetz BW (BWBiodivAcker)

Laufzeit: 01.12.2022- 30.11.2024

Fördermittelgeber: Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg

Projektleitung: Prof. Dr. Maria Müller-Lindenlauf, Prof. Dr. Jürgen Braun

Projektmitarbeiter/innen: Jutta Will, Nicolas Lidy



Hintergrund

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. Einer der Betriebe ist der Lehr- und Versuchsbetrieb Tachenhausen.

Versuchsfrage/n

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. Tab. 15 zeigt die bewerteten Maßnahmen und die zu erfassenden Parameter.

Tab. 15: 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

Im Jahr 2022 sind die für das ökonomische und pflanzenbauliche Monitoring zu erfassenden Parameter, die Erfassungsmethode und das Ziel der Erfassung aufgeführt.

Tab. 16: Die zur Bewertung der biodiversitätsfördernden Maßnahmen herangezogenen 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 17 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 die Ertragserfassung im Getreide wurde eine Arbeitsanleitung mit Quadratmeterschnitten erstellt und getestet. Da die Ergebnisse der einzelnen Schnitte (Wiederholungen) innerhalb einer Variante zum Teil stark schwanken und der Drusch nicht mit einfachen Mitteln durchgeführt werden kann, werden weitere Methoden zur Ertragserfassung geprüft.

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.

Ausblick

2024 wird die Methode zur Erfassung der Folgeverunkrautung entwickelt und erprobt. Im Fokus stehen dabei Flächen, auf denen im Vorjahr Blühstreifen und weite Reihe mit Untersaat angelegt wurden. Für sämtliche Betriebe wird überprüft, ob es im Folgejahr zu einer Veränderung der mit der Durchführung der Biodiversitätsmaßnahmen verbundenen variablen Kosten und Erträge (Erlöse) kommt.

Zusätzlich werden neue Methoden für die Ertragserfassung erprobt, und für alle zu bewertenden Maßnahmen werden entsprechende Monitoring-Leitfäden erstellt. Ein praxisorientierter Leitfaden basierend auf Erfahrungen und Daten ermöglicht Biodiversitätsbetreuenden zudem die ökonomische Bewertung von Maßnahmen. Makrounterstützte Tabellenkalkulationen reduzieren den Erfassungs- und Auswertungsaufwand, was die Akzeptanz und Nutzung der Maßnahmen in der Landwirtschaft fördern soll.

1.3 Lehrveranstaltungen am LVB Tachenhausen

Am LVB Tachenhausen finden die Mehrzahl der Lehrveranstaltungen derzeit im Bereich des Pflanzenbaus und der Landtechnik statt (Tab. 17).

Tab. 17: Lehrveranstaltungen am LVB Tachenhausen im Jahr 2023

Datum	Dozent/in	Modul/ Lehrveranstaltung	Studiengang/ Semester
28.03.2023	Prof. Pekrun	Grundlagen der Pflanzenproduktion	PW 2
28.03.2023	Prof. Pekrun	Bodenkunde und Pflanzenernährung	AW 2
30.03.2023	Prof. Benz	Bienen als Anwendungsobjekt für Social Entrepreneurship	HfWU-Modul
05.04.2023	Prof. Pekrun	Bodenkunde und Pflanzenernährung	AW 2
28.04.2023	Prof. Benz	Nutztierhaltung	AW/PW 2
27.04.2023	Prof. Benz	Bienen als Anwendungsobjekt für Social Entrepreneurship	HfWU-Modul
03.05.2023	Prof. Müller-Lindenlauf	Übung Grünlandwirtschaft	AW 2
11.05.2023	Prof. Benz	Bienen als Anwendungsobjekt für Social Entrepreneurship	HfWU-Modul
12.05.2023	Prof. Müller-Lindenlauf	Projektgruppe „Biodiversitätsfördermaßnahmen in Tachenhausen“	AW/PW 2
24.05.2023	Prof. Müller-Lindenlauf	Übung Grünlandwirtschaft	PW 2
25.05.2023	Prof. Benz	Bienen als Anwendungsobjekt für Social Entrepreneurship	HfWU-Modul
26.05.2023	Prof. Müller-Lindenlauf	Projektgruppe „Biodiversitätsfördermaßnahmen in Tachenhausen“: Erfassung der Grünlandvegetation und Streuobstbestände	AW/PW 2
07.06.2023	Prof. Müller-Lindenlauf	Übung Grünlandwirtschaft	AW 2
15.06.2023	Prof. Benz	Bienen als Anwendungsobjekt für Social Entrepreneurship	HfWU-Modul
19.06.2023	Prof. Müller-Lindenlauf	Umweltgerechter Pflanzenbau	AW 6
19.06.2023	Prof. Pekrun	Pflanzenproduktionssysteme	AW 6
22.06.2023	Prof. Pekrun	Grundlagen der Pflanzenproduktion	PW 2
23.06.2023	Prof. Müller-Lindenlauf	Projektgruppe „Biodiversitätsfördermaßnahmen in Tachenhausen“	AW 2
27.06.2023	Prof. Pekrun	Pflanzenbau I	AW 2
28.06.2023	Prof. Benz	Nutztierhaltung	AW/PW 2
29.06.2023	Prof. Pekrun	Pflanzenbau I	AW 2
29.06.2023	Prof. Pekrun	Bodenkunde und Pflanzenernährung	AW 2
05.07.2023	Prof. Müller-Lindenlauf	Übung Grünlandwirtschaft	PW 2
20.10.2023	Prof. Stoll	Landmaschinenbasiskurs	AW/PW 3
15.06.2023	Prof. Frank / Prof. Pekrun	Praxisprojekt Teilflächenspezifische N-Düngung	AW 2

Zusätzlich fanden am LVB Tachenhausen das Praxisprojekt „Mobile Mastgeflügelhaltung“ in AW/PW 2/3 unter der Leitung von Prof. Benz und Prof. Schneider statt. Insgesamt wurden in zwei Durchgängen 800 Masthähnchen betreut, geschlachtet und vermarktet.

1.4 Abschlussarbeiten am LVB Tachenhausen

Jäger, Florian: Blühende Untersaaten im Sorghumanbau – Entwicklung der Untersaaten und Auswirkungen auf den Ertrag (AW)

Glombowski, Nadine: Auswirkung von blühenden Untersaaten in Mais auf das Vorkommen von Schädlingen (AW)

Sessler, Elisabeth: Blühende Untersaaten in Mais und Sorghum: Erfassung der Blütenanflüge (LPN)

1.5 Veranstaltungen am LVB Tachenhausen

Am LVB Tachenhausen fanden auch dieses Jahr wieder zahlreiche Veranstaltungen statt (Tab. 18).

Tab. 18: Veranstaltungen am LVB Tachenhausen im Jahr 2023

Datum	Dozent/in	Veranstaltung
25.01.2023	Prof. Frey / Prof. Pekrun / Prof. Schneider	Informationsaustausch MWK
30.03.2023	Prof. Benz	Bienenkurs
20.04.2023	Prof. Benz	Bienenkurs
11.05.2023	Prof. Benz	Bienenkurs
25.05.2023	Prof. Benz	Bienenkurs
10.06.2023	BASF	Feldtag
15.06.2023	BASF	Feldtag Handel und Landwirte
15.06.2023	Prof. Benz	Bienenkurs
21.06.2023	BASF	Feldtag
22.06.2023	BASF	Feldtag Handel und Landwirte
25.06.2023		Erntebittgottesdienst
27.06.2023	Sabine Kurz	Weltacker-Führung
27.06.2023	Prof. Müller-Lindenlauf / Rainer Mauthe	Biodiversitätsnetzwerk-Treffen Baden Württemberg
27.06.2023	Prof. Benz	Bienenkurs
29.06.2023		Hoffest Tachenhausen
30.06.2023	Prof. Pekrun	Arbeitskreis konservierender Ackerbau
04.07.2023	Prof. Pekrun	Klausur Projekt GeBindE
06.07.2023	Prof. Pekrun	Seniorenhochschule Filderstadt: Weltacker

15.07.2023	Prof. Benz	Besamungskurs Bienen
20.07.2023	Prof. Schneider/ Rainer Mauthe	Gemeinderat Nürtingen
28.07.2023	Prof. Benz	Projekt Varroa- Sensitiv- Hygiene (VSH)
30.07.2023	Sabine Kurz	Weltacker-Führung
25.08.2023	Sabine Kurz	Weltacker-Führung
03.09.2023	Sabine Kurz	Weltacker-Führung
30.09.2023	Prof. Schneider / Prof. Benz / Rainer Mauthe	Rotary Club Esslingen: Betriebs- und Mobilstallführung
09.10.2023	Prof. Schneider / Rainer Mauthe	CDU-Stadtverband Nürtingen

2 Vorwerk Jungborn

2.1 Lehrveranstaltungen am Vorwerk Jungborn im Jahr 2023

Der Vorwerk Jungborn wird sowohl im Studiengang Agrarwirtschaft als auch im Studiengang Pferdewirtschaft intensiv für die praktische Lehre genutzt (Tab. 19).

Tab. 19: Lehrveranstaltungen am LVB-Jungborn im Jahr 2023

Datum	Dozent/in	Veranstaltung	Semester
12.01.2023	Prof. Krüger	Tiergesundheitslehre	PW
12.01.2023	Prof. Bernau	Tiergesundheitsmanagement	WP
12.01.2023	Prof. Krüger	Pferdegesundheit	PW
19.01.2023	Prof. Krüger	Grundlagen Pferdewirtschaft und Reitsport	PW 1
20.01.2023	Prof. Krüger	Gesundheitscheck WP Übung	PW
24.01.2023	Prof. Krüger	Pferdegesundheit	PW
25.01.2023	Edgar Jauch	Taxation	AW
26.01.2023	Prof. Bernau	Tiergesundheitsmanagement	WP
15.02.2023	Prof. Bernau	Mündliche Prüfung	WP
21.03.2023	Prof. Bernau	Projektmodul „Umgestaltung Anatomie-Sammlung II“	AW/PW 6
29.03.2023	Prof. Stoll	Technik der Außenwirtschaft – Übung Pflug	AW 6

04.04.2023	Prof. Krüger	Spezielle Ethologie der Pferde	PW 2
12.04.2023	Prof. Krüger	Spezielle Ethologie der Pferde	PW 2
12.04.2023	Prof. Winter	Pferdefütterung II Übung	PW 6
20.04.2023	Prof. Bernau	Projektmodul „Umgestaltung Anatomie-Sammlung II“	AW/PW 6
21.04.2023	Frau Schulte- Wien	Spezielle Therapieformen WP	PW 7
21.04.2023	Prof. Bernau	Mündliche Prüfung FAVM	WP
25.04.2023	Prof. Winter	Pferdefütterung	PW 6
26.04.2023	Prof. Bernau	Projektmodul „Umgestaltung Anatomie-Sammlung II“	AW/PW 6
02.05.2023	Prof. Krüger	Spezielle Ethologie der Pferde	PW 2
03.05.2023	Prof. Bernau	Projektmodul „Umgestaltung Anatomie-Sammlung II“	AW/PW 6
03.05.2023	Prof. Stoll	Technik der Außenwirtschaft-Übung Kreiselegge	AW 6
10.05.2023	Prof. Müller-Lindenlauf	Grünlandwirtschaft	AW
10.05.2023	Prof. Stoll	Technik der Außenwirtschaft-Übung Sätechnik	AW 6
11.05.2023	Prof. Bernau	Projektmodul „Umgestaltung Anatomie-Sammlung II“	AW/PW 6
12.05.2023	Dölle-Haspacher	Spezielle Therapieformen WP	PW 6
15.05.2023	Marr	Ausbildung von Reitern	PW
16.05.2023	Prof. Bernau	Projektmodul „Umgestaltung Anatomie-Sammlung II“	AW/PW 6
25.05.2023	Prof. Stoll	Automatisierte Maschinen in der Pflanzenproduktion- Spurführung	AW 6
05.06.2023	Prof. Bernau	Projektmodul „Umgestaltung Anatomie-Sammlung II“	AW/PW 6
05.06.2023	Prof. Müller-Lindenlauf	Grünlandwirtschaft Übung	AW/PW
07.06.2023	Prof. Krüger	Spezielle Ethologie der Pferde	PW 2

07.06.2023	Prof. Winter	Pferdefütterung Übung	PW 6
13.06.2023	Prof. Bernau	Projektmodul „Umgestaltung Anatomie-Sammlung II“	AW/PW 6
12.06.2023	Domberg	Spezielle Therapieformen WP	PW 6
14.06.2023	Prof. Schneider	Nutztierhaltung- praktische Pferdehaltung	AW/PW 2
20.06.2023	Plewa	Ausbildung von Reitern	PW 2
22.06.2023	Prof. Stoll	Automatisierte Maschinen in der Pflanzenproduktion- Drohne	AW 6
22.06.2023	Fetzer	Lehrveranstaltung	
26.06.2023	Mathias Bojer	Leistungsdiagnostik WP	PW 6
28.06.2023	Plewa	Ausbildung von Reitern	PW 2
29.06.2023	Fetzer	Lehrveranstaltung	
05.07.2023	Prof. Krüger	Spezielle Ethologie der Pferde	PW 2
11.10.2023	Prof. Schneider	Futtermittelkunde I - Übung	AW 3
16.10.2023	Prof. Winter	Grundlagen Pferdewirtschaft und Reitsport	PW 1
17.10.2023	Prof. Stoll	Grundlagen der Agrartechnik Übung	AW 3
18.10.2023	Prof. Schneider	Futtermittelkunde I - Übung	PW 3
21.10.2023	Prof. Stoll	Landmaschinenbasiskurs	AW/PW 3
23.10.2023	Prof. Bernau	Anatomie Übung	AW 1
24.10.2023	Prof. Bernau	Anatomie Übung	AW 1
26.10.2023	Prof. Schneider	Tierernährung I - Übung	AW 3
27.10.2023	Prof. Krüger	Gesundheitscheck WP Übung	PW 7
30.10.2023	Prof. Schneider	Tierernährung I - Übung	PW 3

02.11.2023	Prof. Bernau	Tiergesundheitsmanagement	AW/PW 6
06.11.2023	Prof. Bernau	Anatomie Übung	AW 1
07.11.2023	Prof. Bernau	Anatomie Übung	AW 1
09.11.2023	Prof. Bernau	Tiergesundheitsmanagement	AW/PW 6
10.11.2023	Prof. Benz	Technik der Innenwirtschaft Übung	AW
10.11.2023	Prof. Krüger	Gesundheitscheck WP Übung	PW
20.11.2023	Prof. Bernau	Anatomie Übung	AW 1
20.11.2023	Prof. Schneider	Tierernährung I - Übung	AW 3
21.11.2023	Prof. Bernau	Anatomie Übung	AW 1
23.11.2023	Prof. Bernau	Tiergesundheitsmanagement	AW/PW 6
29.11.2023	Prof. Schneider	Futtermittelkunde I - Übung	PW 3
01.12.2023	Prof. Benz	Technik der Innenwirtschaft Übung	AW 3
08.12.2023	Prof. Krüger	Gesundheitscheck WP Übung	PW 7
11.12.2023	Prof. Bernau	Anatomie Übung	AW 1
12.12.2023	Prof. Bernau	Anatomie Übung	AW 1
13.12.2023	Prof. Schneider	Tierernährung I - Übung	AW 3
14.12.2023	Prof. Bernau	Tiergesundheitsmanagement	AW/PW 6
15.12.2023	Prof. Schneider	Futtermittelkunde I- Übung	PW 3
19.12.2023	Prof. Krüger	Gesundheitscheck WP Übung	PW 7

2.2 Abschlussarbeit am Vorwerk Jungborn

Fießer, J.: Untersuchung des Ablagemusters einer mechanischen Präzisions-Einzelkornsämaschine.

2.3 Veranstaltungen am Vorwerk Jungborn

Das Vorwerk Jungborn wurde 2023 wieder für zahlreiche Veranstaltungen genutzt, wobei hier auch außerhochschulische Veranstaltungen einen beträchtlichen Anteil der Nutzung ausmachen (Tab. 20).

Tab. 20: Veranstaltungen am Vorwerk Jungborn im Jahr 2023

Datum	Dozent/in	Veranstaltung	Semester
30.03.2023	Prof. Benz	Melktechnik	Akademie für Landbau
30.03.-02.04.2023	Dr. Strauss	Fachberater für Selbstversorgung mit essbaren Wildpilzen	WAF
12.04.-16.04.2023	Dirk Harmel	Fachberater für Selbstversorgung mit essbaren Wildpilzen	WAF
14.04.2023	Prof. Benz	Melktechnik	Akademie für Landbau
04.05.2023	Prof. Winter	DiWenkla Tagung	DiWenkla
08.05.-09.05.2023	Maximilian von Gaisberg	Jägerprüfung	Landesjagdverband
10.05.2023	Dr. Thomas	Berufs- und Arbeitspädagogik-Ausbildereignung	RP
23.05.2023	Prof. Bernau	Anatomie/ Physiologie	Akademie für Landbau
12.05.2023	Dr. Thomas	Berufs- und Arbeitspädagogik-Ausbildereignung	RP
26.04.2023	Prof. Bernau	Projektmodul „Umgestaltung Anatomie-Sammlung II“	AW/PW 6
13.07.2023	Prof. Pekrun, Schüle, Braun, Winter	Festveranstaltung	HfWU
12.10.-15.10.2023	Dr. Markus Strauss	Fachberater für Selbstversorgung mit essbaren Wildpilzen	WAF
18.10.-22.10.2023	Dirk Harmel	Fachberater für Selbstversorgung mit essbaren Wildpilzen	WAF

2.4 Versuche Vorwerk Jungborn

Neben der Lehre stehen die Forschung und Durchführung von Versuchen im Mittelpunkt der Arbeit am Vorwerk Jungborn. Die Forschung beschäftigt sich unter anderem mit Fragen der Grünlandnutzung und der Pferdehaltung.

2.4.1 Möglichkeit zur Verbesserung der hygienischen Qualität von Grobfutter und Einstreu

Standort: LVB-Jungborn

Projekt-Titel: Möglichkeit zur Verbesserung der hygienischen Qualität von Raufutter und Einstreu

Projektleitung: Prof. Dr. Dirk Winter

Projektbearbeitung: L. Rosenbaum

Hintergrund und Problemstellung

Vielfach zeigen Pferde Atemwegserkrankungen, wie zum Beispiel Husten oder auch Leistungseinbrüche, bei denen keine direkte körperliche Ursache zu finden ist. Die Belastung des Grobfutters oder der Einstreu mit Keimen und Staub sind dabei oft die Auslöser. Hygienisch auffälliges Heu kann zudem Fehlgärungsprozesse im Verdauungstrakt auslösen, zu Koliken oder Hufrehe führen und bei Zuchtstuten Aborte auslösen. Seit vielen Jahren suchen Experten nach Lösungen, die Qualität des Grobfutters und der Einstreu zu verbessern. Immer dringlicher wird dies auch im Hinblick auf den Klimawandel, der direkten Einfluss auf Grobfuttermenge und -qualität hat. Extreme Trockenzeiten wechseln sich mit langanhaltenden und teilweise sehr intensiven Regenperioden ab. Gute Grobfutterqualitäten in ausreichender Menge für die Pferde bereitzustellen bereitet vielen Stallbetreibern großes Kopfzerbrechen und führt dazu, dass teilweise auch hygienisch nicht einwandfreie Grobfutterqualitäten eingesetzt werden. Besonders feuchte Ernte- und Lagerbedingungen können zu einer vermehrten Bildung von verderbanzeigenden Bakterien, Schimmelpilzen und Hefen führen. Daher wird es in Zukunft für Betriebsleiter immer wichtiger, sich um die einwandfreie Hygiene des Grobfutters für den gesamten Bestand zu kümmern, anstatt nur einzelne symptomatisch auffällige Tiere zu behandeln. Die Idee der Bedampfung von Großballen Heu und Stroh im Druck-Container greift dieses Problem auf (Abb. 22). Um die Praktikabilität und Wirkung des neuentwickelten Bedampfungssystems zu untersuchen, wurde eine Forschungsarbeit im Studiengang Pferdewirtschaft an der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen initiiert.



Abb. 22: Bedampfungscontainer der Firma Gebhardt Anlagentechnik GmbH & Co KG in unterschiedlichen Größen mit Messtechnik auf dem LVB Jungborn der HfWU

Versuchsfrage/n und zentrale Ergebnisse

1. Welchen Effekt hat die Bedampfung auf den Staubanteil im Heu und Stroh?

Oft ist Staubanfälligkeit von Pferden der Grund für die Bedampfung beziehungsweise zur Wässerung von Grobfutter oder zum Einsatz von Heulage. Staub wird in verschiedene Kategorien eingeteilt, welche sich in ihrer Partikelgröße unterscheiden. Besonders schwerwiegend ist der Feinstaub, welcher bis in die Lungenbläschen der Pferde und Menschen gelangen kann und gesundheitliche Beeinträchtigungen verursachen kann. Aber auch größere Staubpartikel im Pferdestall können Gesundheitsprobleme verursachen. Zusätzlich können sich Mikroorganismen wie Bakterien und Pilzsporen an die Staubpartikel binden und so erheblichen Schaden im Organismus verursachen. Die Proben der bedampften Heu- und Strohballen in diesem Versuch zeigen eine klare Tendenz, dass der Anteil der Staubpartikel der verschiedenen Größen durch die Bedampfung deutlich reduziert wird.

Auswertungen eines Heu-Rundballens in Bezug auf die Staubbildung:

	Heu unbedampft	Heu 2 Stunden bedampft
Staubkörner PM1.0; (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Luft)	107	5
Staubkörner PM2.5; (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Luft)	429	8
Staubkörner PM10.0; (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Luft)	1180	11

Auswertungen eines Stroh-Quaderballens in Bezug auf die Staubbildung:

	Stroh unbedampft	Stroh 2 Stunden bedampft
Staubkörner PM1.0; (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Luft)	35	3
Staubkörner PM2.5; (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Luft)	89	10
Staubkörner PM10.0; (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Luft)	226	17

Abb. 23: Auswertungen Heu-Rundballen und Quader-Rundballen in Bezug auf die Staubbildung

2. Welchen Effekt hat die Bedampfung von Heu, Heulage und Stroh auf die mikrobiologische Qualität

Wie in den nachfolgenden Abbildungen zu sehen ist, verbessert sich auch die hygienische Beschaffenheit in Hinblick der mikrobiologischen Belastung bei allen bedampften Grobfutter- und Einstreuproben deutlich. Erstmals wurden auch Heulage und Stroh in Form von Quader- und Rundballen bedampft. Trotz anfänglicher Zweifel, ob die Struktur des gepressten Materials einen Einfluss auf die Homogenität der Bedampfung nehmen könnte, sind die Laborergebnisse der LUFA Speyer aussagekräftig. Die hygienische Qualitätseinstufung erfolgte nach der Beurteilung der mikrobiologisch-hygienischen Beschaffenheit von Futtermitteln entsprechend den Vorgaben der LUFA (mikrobiologische Qualitätseinstufung: 1: normal; 2: geringgradig herabgesetzt; 3: herabgesetzt; 4: verdorben).

Auswertungen von Heu, Stroh und Heulage in Bezug auf Hygiene nach den Lufa-Qualitätsstufen 1-4 (LUFA NRW):

Beschreibung	aerobe, mesophile Bakterien			Schimmel- und Schwärzepilze			Hefen
	Enterobakt.	Bacillus spp	Streptomyce.	Schwärzep.	Aspergillen	Mucoraceen	
Heu Rundballen unbedampft	1	1	4	1	4	4	1
Heu Rundballen 3 h bedampft	1	1	1	1	1	1	1
Heu Quaderballen unbedampft	2	1	1	2	1	1	4
Heu Quaderballen 2 h bedampft	1	1	1	1	1	1	2
Stroh Rundballen unbedampft	2	1	1	1	1	1	1
Stroh Rundballen 2 h bedampft	1	1	1	1	1	1	1
Heulageballen unbedampft	2	1	1	3	1	1	4
Heulageballen 2,5 h bedampft	1	1	1	1	1	1	1

Abb. 24: Auswertung von Heu, Stroh und Heulage in Bezug auf Hygiene

3. Wie ist die Lagerstabilität des bedampften Materials?

Die hygienische Stabilität des bedampften Materials wurde im Rahmen der Versuche ebenfalls geprüft. Hierzu wurden nach drei, sechs und neun Tagen die bedampften Materialien beprobt und untersucht. Alle mikrobiologischen Parameter der untersuchten Proben waren nach drei, sechs und neun Tagen zur Fütterung vollständig geeignet (Mikrobiologie teilweise unter der Nachweisgrenze). Alle Proben waren nach der Bedampfung und anschließenden Lagerung aus hygienischer Sicht als Futtermaterial voll einsatzfähig. Vermutlich ist durch die vergleichsweise hohe Hygienisierungstemperatur des Druckdampfs die mikrobiologische Lagerstabilität der bedampften Materialien über einen längeren Zeitraum gewährleistet.

Ergebnisse Lagertest Heu – 9 Tage nach Bedampfung

			Heu-Quaderballenballen 1,2 m ca. 300 kg			
			unbedampft	unbedampft	bedampft	bedampft
Einheit						
Aerobe, mesophile Bakterien	Pseudomonaden, Enterobakterien, Gelbkeime, sonstige Bakterien	[KBE/g]	3,52*10 ⁶	4,1*10 ⁶	n.n. <5*10 ³	n.n. <5*10 ³
	Bacillus spp., Staphylokokken/Mikrokokken	[KBE/g]	3,68*10 ⁶	1,84*10 ⁶	n.n. <5*10 ³	n.n. <5*10 ³
	Streptomyceten	[KBE/g]	n.n. <5*10 ³	n.n. <5*10 ³	n.n. <5*10 ³	n.n. <5*10 ³
Schimmel- und Schwärzepilze	Schwarzpilze, Acremonium spp., Verticillium spp., Fusarien, Aureobasidium spp., sonstige Pilze	[KBE/g]	n.n. <0,5*10 ³	5,56*10 ³	n.n. <0,5*10 ³	n.n. <0,5*10 ³
	Aspergillen, Penicillien, Scopulariopsis spp., Wallemia spp., sonstige Pilze	[KBE/g]	9,8*10 ³	25,9*10 ³	0,7*10 ³	1*10 ³
	Mucoraceen	[KBE/g]	n.n. <0,5*10 ³	n.n. <0,5*10 ³	n.n. <0,5*10 ³	n.n. <0,5*10 ³
Hefen	Hefen	[KBE/g]	480*10 ³	402*10 ³	n.n. <0,5*10 ³	n.n. <0,5*10 ³

n.n. nicht nachweisbar, unterhalb der Nachweisgrenze; dunkelgrüne Farbe: unauffällige Werte; hellgrüne Farbe: erhöhte Werte

Abb. 25: Ergebnisse gelagertes Heu- 9 Tage nach der Bedampfung

Ausblick

Aus den Projektergebnissen sollen Ableitungen getroffen, wie die hygienischen Qualitäten von Raufutter und Einstreu auch in der Praxis deutlich verbessert werden können. Anhand der wissenschaftlichen Datenbasis des Gesamtprojektes sollen weiterführende Untersuchungen im Rahmen eines Promotionsprojektes durchgeführt werden, die dann für Ableitung von Handlungskonzepten für die praktische Pferdehaltung genutzt werden sollen.

Veröffentlichungen

Rosenbaum, L; von Erden, J; Winter, D. Möglichkeit zur Verbesserung der hygienischen Qualität von Raufutter und Einstreu. Pferdebetrieb Sonderheft 10/2023 (S. 6-11)

2.4.2 Selektive Bekämpfung von Grünlandunkräutern mit Wasserstrahlen (SELBEWAG)

Standort: Institut für Technik, On-Farm, LVB Jungborn

Projekt-Titel: Selektive Bekämpfung von Grünlandunkräutern mit Wasserstrahlen (SELBEWAG)

Laufzeit: 01.09.2022- 31.10.2025

Fördermittelgeber: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Albert Stoll

Projektmitarbeiter/innen: Ingo- Leonhard 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 2,5 m und 6,0 m möglich sind. So können für verschiedene Flächenstrukturen und Erfordernisse der Kunden wettbewerbsfähige Geräte angeboten werden.

Versuchsanlage und erhobene Parameter

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 (Abb. 26). 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.



Abb. 26: (a) Mobiles Kameragestell bei der Aufnahmefahrt. (b) Manuell markierte Herbstzeitlosen in den aufgezeichneten Videos

(a)

(b)

Der steuerungstechnische Aufbau des Wasserstrahlgerätes wird für die Echtzeit-Pflanzenerkennung erweitert. Nachdem die Kamerasteuerung implementiert wurde, wird der Funktionsablauf zunächst in Trockenversuchen und später im reellen Feldeinsatz getestet. 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 Wasserstrahlstöße 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. Gleichermäßen wird der Wiederaufwuchs im nächsten Jahr für die langfristige Zurückdrängung bonitiert.

Auf zwei Wiesen im Tiefenbachtal wurde jeweils ein Versuch angelegt. Um die Überfahrt und Bekämpfung mit einer einzelnen Düse abbilden zu können, wurden streifenförmige Parzellen mit 10 Metern Länge gewählt. Entsprechend der Arbeitsbreite einer Düse sind die Parzellen 0,25 Meter breit. Die Endpunkte wurden zentral mit einem Erdnagel markiert und zum erneuten Auffinden per GNSS-System eingemessen. 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, 4.

Tab. 21: 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

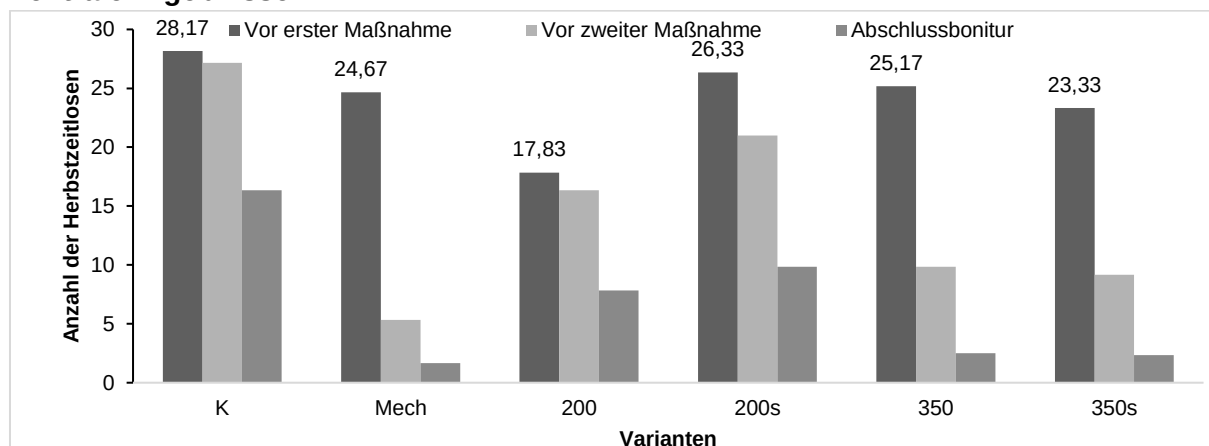


Abb. 27: Absolute Herbstzeitlosenanzahl jeder Variante vor den zwei Behandlungen und bei der Abschlussbonitur, zum Zeitpunkt der Heuernte am 19. Juni (Versuchsjahr 2023)

Tab. 22: Mittlere relative Reduktion des Herbstzeitlosenbestandes über zwei Behandlungen mit 6 Wiederholungen (Versuchsjahr 2023)

Variante	K	Mech	200	200s	350	350s
Mittlere relative Reduktion	44% ^{a*}	95% ^b	65% ^{ab}	71% ^{ab}	92% ^b	93% ^b
Standardabweichung	0,194	0,064	0,282	0,211	0,073	0,083

*unterschiedliche Buchstaben = signifikanter Unterschied (Tukey-Test, $p < 0,05$)

Die Ergebnisse (Tab. 22) aus der ersten Saison zeigten, dass mit der größeren Düse unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit eine Schadpflanzenreduktion auf dem Niveau des mechanischen Schnitts erzielt werden konnte. Bei der kleineren Düsengröße fiel die Reduktionsrate deutlich geringer aus, da durch den geringeren Wasserausstoß pro Minute die Schneidwirkung des Wasserstrahls abnimmt. Entgegen der Erwartung wurde bei dieser Düse eine geringfügig höhere Abnahme mit schnellerer Fahrgeschwindigkeit beobachtet. Der natürliche Rückgang bei den Kontrollparzellen fiel im Vergleich zu bisherigen Ergebnissen höher aus. Gründe hierfür werden in der trockenen Witterung und der gleichzeitigen Nutzung als Pferdekoppel gesehen, was zu einer Schwächung der Herbstzeitlosen mit verfrühtem Verwelken geführt haben könnte. Der mechanische Schnitt lässt sich präziser durchführen als die Behandlung während der Überfahrt mit den Düsenvarianten, was den größten Reduktionswert aller Varianten 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.

Die untersuchten Geschwindigkeiten von 2 und 4 km/h liegen in einem praktikablen Bereich für die traktorgebundene Anwendung, ohne eine Abnahme der Wirkung. 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 Schadpflanzenreduktion abnimmt. Dies ist ein wichtiger Aspekt für die Auslegung und Dimensionierung der späteren Geräte.

Veröffentlichungen

Werden auf der Projektseite aktualisiert: www.hfwu.de/selbewag

2.4.3 Water Jet Spot Weeding (SpoteeJet)



Abb. 28: Links im Bild ist der Stand des Prototyps im Januar 2024 zu sehen. Rechts ist die Sämaschine mit integrierter Messtechnik abgebildet.

Standort: Institut für Technik, Feldversuche im Jungborn

Projekt-Titel: Water Jet Spot Weeding – Unkrautbrückämpfung 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

Die EU strebt das Ziel an, bis zum Jahr 2030 50% der Pflanzenschutzmittel einzusparen. Vor diesem Hintergrund soll in dem Projekt SpoteeJet ein Prototyp zur chemiefreien Unkrautbekämpfung entwickelt, aufgebaut und exemplarisch in Zuckerrübenbeständen erprobt werden. Er soll eine Alternative zu bisher bekannten Hackgeräten darstellen. Herkömmliche Hacken bekämpfen Unkräuter durch Entwurzeln, Abschneiden und Verschütten. Dazu werden mechanische Werkzeuge durch den Boden zwischen den Kulturreihen (intra-row) geführt. Durch eine kameragestützte Reihenführung lassen sich höhere Fahrgeschwindigkeiten und Flächenleistungen erreichen. Weiterhin gibt es Hackgeräte, die in der Reihe zwischen den Kulturpflanzen arbeiten (in-row). Auch diese Geräte arbeiten überwiegend mit Kamerasystemen. Die Kulturpflanzen werden anhand von Farb- und/oder Größenunterschieden oder maschinell erlernter Erkennungssysteme von den Unkräutern unterschieden. Eine starke Verunkrautung sowie ungünstige Licht- und Schattenverhältnisse können die Erkennung und damit die Werkzeugsteuerung beeinträchtigen und zu einem Kulturpflanzenverlust oder einer unzureichenden Bekämpfungsleistung führen. Der Feldroboter FD20 von FarmDroid ist nach derzeitigem Stand das einzige System am Markt, welches auf eine kameragestützte Pflanzenerkennung verzichtet. Dieser Feldroboter sät z.B. Zuckerrüben in einem exakten Bestandsmuster aus. Die Hackwerkzeuge werden dann nach genau diesem Bestandsmuster gesteuert und in die Kulturreihe zwischen die Kulturpflanzen ein- bzw. ausgeschwenkt. Er arbeitet jedoch mit sehr geringer Fahrgeschwindigkeit und ist nicht in der Lage, Fehlstellen zu erkennen. Alle Hackwerkzeuge, die in und zwischen den Reihen arbeiten, verlangen in der Regel einen intensiv bearbeiteten Boden. Dies bedeutet eine erhöhte Erosionsgefahr. Mulchschichten oder Untersaaten könnten

diese Gefahr reduzieren, lassen aber keinen zuverlässigen Einsatz von Hackwerkzeugen mehr zu.

Ziel des Projektes ist es, eine alternative nicht-chemische Unkrautbekämpfungsmethode zu entwickeln und zu untersuchen, welche möglichst ohne optischen Erkennungssysteme und ohne direkten Bodenkontakt arbeitet.

Geplantes Funktionsprinzip

Die Methode sieht vor, dass bei der Aussaat die Koordinaten jeder einzelnen Zuckerrübenpille erfasst und abgespeichert werden. Dazu wird mit einer Lichtschranke im Fallrohr einer Exakt-Sämaschine jede Zuckerrübenpille vor der Ablage erfasst. Jedes Lichtschranken-Signal wird mit den Positionsdaten eines hoch genauen GNSS-Empfängers verknüpft. Aus diesen Daten wird dann eine ISOBUS-fähige Standortkarte generiert, die vom Bekämpfungsgerät verarbeitet werden kann.

Die Unkräuter in der Zuckerrübenreihe sollen mit geschalteten Hochdruckwasserstrahlen entfernt werden. In den Bereichen zwischen den Reihen sollen zunächst Hackschare eingesetzt werden, andere Werkzeugprinzipien sollen in Zukunft möglich sein. Damit die Hackschare und Wasserdüsen beim Bekämpfungseinsatz immer exakt zwischen den Kulturreihen und nahe an den Pflanzen geführt werden, wird ein GNSS-gesteuerter Verschieberahmen eingesetzt. Er wird schon bei der Aussaat zwischen Traktor und Sämaschine gekoppelt und zeichnet die gefahrenen Spuren auf. Diese können beim Bekämpfungseinsatz wieder abgerufen werden. Das erlaubt eine exakte Führung des Bekämpfungsgerätes und gleicht beispielsweise Lenkbewegungen des Traktors aus. Die aufgezeichneten Positionsdaten der Zuckerrübenpillen werden vom ISOBUS Task-Controller Section-Control eingelesen. Dieser öffnet und schließt die entsprechenden Wasserventile. Eine Hochdruckpumpe erzeugt einen Wasserdruck von mehreren 100 bar. Die Wasserversorgung wird dabei über einen eigenen Wassertank und eine Speisepumpe sichergestellt.

Vorgehensweise

Im Jahr 2023 wurde der Prototyp konzipiert. Für die Hauptkomponenten wie Grundgerät, Wasserhydraulik und Steuerungstechnik wurde der Markt erkundet. Anschließend wurde der Prototyp konstruiert, am Institut für Technik gefertigt und mit den Zulieferkomponenten komplettiert. Er setzt sich aus mehreren Teilgeräten zusammen. Im Frontanbau des Traktors wird der wasserhydraulische- und steuerungstechnische Teil mitgeführt. Er besteht aus Hochdruckwasserpumpe, Speisepumpe, Wassertank und mehreren Steuerungsmodulen. Als Grundgerät dient eine Hacke im Traktorheck, welche um die wasserhydraulische Ventiltechnik ergänzt wurde. Die Präzisionssämaschine wurde um die messtechnische Ausstattung erweitert, um die Ablagestandorte der Rübenpillen zu speichern. Sätechnik und Prototyp sind in Abb. 28 dargestellt.

Im Rahmen des Projektes sollen Voruntersuchungen zur Sätechnik und zur Wasserstrahlbekämpfung durchgeführt werden. Im Sommer und Herbst 2023 wurde auf Ackerflächen des Lehr- und Versuchsbetriebs zunächst die Sätechnik untersucht. Es wurde sowohl die Ablagegenauigkeit der Sämaschine selbst aber auch die Genauigkeit des Ortungssystems für die Ablagepositionen der Rübenpillen untersucht. Die Ergebnisse der Versuche werden zurzeit ausgewertet. Anhand dieser soll das Ortungssystem im Jahr 2024 nochmal verbessert und optimiert werden.

Ausblick

Im Frühjahr und Sommer 2024 werden Unkrautbekämpfungsversuche mit dem Prototyp durchgeführt. Im Vordergrund stehen hier Untersuchungen zur Genauigkeit und Dynamik der Steuerung bzw. der Wasserhydraulik. Hierfür werden Parzellen mit Zuckerrüben gestaffelt ausgesät. So sollen mehrere Versuchsdurchgänge in der Vegetationsperiode 2024 durchgeführt werden können.

Neben den funktionalen Voruntersuchungen soll im Jahr 2024 die Bekämpfungsmethode auf mehreren Veranstaltungen unter anderem auch auf dem Hofgut Tachenhausen der Öffentlichkeit vorgestellt und diskutiert werden. Zusätzlich soll der Prototyp auch im Grünland zur Bekämpfung der Herbstzeitlose erprobt werden. Hierfür wird das Bekämpfungsprinzip angewendet, das im Projekt SELBEX (Selektive, nicht-chemische Bekämpfung von Giftpflanzen in extensiven Grünlandbeständen) entwickelt worden ist. Dieses beruht auf offline-Applikationskarten auf denen die Standorte der Herbstzeitlosen hinterlegt sind. Damit eine Bekämpfung im Grünland möglich wird, werden beim Prototyp die Hackschare ausgebaut und die Wasserdüsen getauscht. Es wird angestrebt, ab 2025 das Wasserstrahlprinzip mit diesem Prototyp umfassend zu untersuchen und zu optimieren.

Der laufende Projektfortschritt wird regelmäßig auf der eingerichteten Website (www.hfwu.de/spoteejet) dokumentiert und der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.



Kofinanziert von der
Europäischen Union



Baden-Württemberg

2.5 Promotionsprojekte am Vorwerk Jungborn

2.5.1 Projekt DiWenkLa (Digitale Wertschöpfungsketten für eine nachhaltige kleinstrukturierte Landwirtschaft)

Standort: On-Farm Research: LuV Jungborn, Pferdebetrieb Rappenhof, RC Horkheim, Haupt- und Landgestüt Marbach

Projekt-Titel: Digitalisierung in der Pferdehaltung

Laufzeit: 01.03.2020 bis 28.02.2025

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, H. Unseld

Projektpartner: Acaris, Huesker, Acclaro PS, Schauer, Hit, Prinzing, Ako, Quanturi, Piavita, ITN&Hoch

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 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 Künstlicher 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.

Forschungsfrage/n und zentrale Ergebnisse

Forschungsschwerpunkt 1 widmet sich der Fragestellung, wie pferdehaltende 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.



Abb. 29: 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 Paddock 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-WORTHINGTON 1990 beobachtete eine Stehdauer bei freilebenden Pferden von 20%. Auch die Schrittzahl 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.

Forschungsschwerpunkt 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 $\pm$ 91,03 Minuten pro Tag mit der Raufuttersuche und -aufnahme, in Phase 2 (Einstreu mit Grünschnittkompost) sank die Aufnahmedauer auf 181,77 Minuten $\pm$ 71,45 Minuten pro Tag, in Phase 3 (Einstreu mit Grünschnittkompost und dünner Strohschicht) betrug die Aufnahmedauer von Raufutter 196,0 Minuten $\pm$ 91,89 Minuten pro Tag. In Phase 1 wurde eine Liegedauer von 137,83 Minuten $\pm$ 49,71 Minuten pro Tag erfasst, in Phase 2 betrugen die Liegedauern im Durchschnitt 50,50 Minuten $\pm$ 47,40 Minuten und in Phase 3 102,67 Minuten $\pm$ 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, beziehungsweise Kopfschütteln (13%) und Scharren (9%). Auch die Herzfrequenzen der Pferde bei der händischen Krippenfütterung lagen signifikant über den Herzfrequenzen bei der automatisierten Krippenfütterung. 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.



Abb. 30: 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 Raufuttersuche und -aufnahme, Liegedauern und Stehdauern in Minuten pro Tag während dem Aufenthalt in der Box sowie die Schrittzahl und Kauschläge pro Tag zuverlässig zu erfassen. Auf Grundlage ausgewählter Langzeitaktivitäten ist es darüber hinaus möglich, pra-

xisrelevante 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 beispielsweise 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 als gleich 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 Digitalisierung 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 einsparen (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.

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.

Zielfragestellung und Methodik

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

1. 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 Hütensicherheit 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 Untersuchungen

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 eingesparten Arbeitszeit vorgenommen werden. Die Wegstrecken 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 Futterzustand, Futterverwertung und Futteraufnahme sowie Temperament, Alter, Haltungsbedingungen und Rasse berücksichtigt werden. Je nach Leistungsbeanspruchung (Muskelarbeit, Deckeinsatz, Trächtigkeit, 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 Fressverhalten der Pferde angepasst sein. Bei leichtfuttrigen oder adipösen Pferden könnte ein Slow-Feeding System, wie z.B. ein Heuball ergänzend angeboten werden, 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 gleichzeitig 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 digital-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 (unerwünschte) 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. Zuchtungskunde 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)

3. Ermittlung von Tierwohlfaktoren mit Hilfe digitaler Technik in der Pferdehaltung

(H. Unseld)

Problemstellung

Die Luftqualität in Stallungen 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, Kohlenmonoxid, 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 Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchV) 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).

Zielsetzung

Das Zielstellung der Dissertation ist zu klären, ob Tierwohlfaktoren im Rahmen der Luftqualitätsmessung mit Hilfe digitaler Technik erfasst und durch abschließende geeignete Maßnahmen verbessert werden können.

Hierbei sollten die Unterschiede zwischen boxenhaltenden Betrieben und Bewegungställen in Bezug auf physikalische, biologische und chemische Faktoren der Luftqualität berücksichtigt werden.

Schwerpunkte der Versuchsanstellung

Ermittlung von Stallluftfaktoren hinsichtlich Schadgasen und biotischen und abiotischen Staubfraktionen in verschiedenen Funktionsbereichen, in Einzelhaltung (Boxenställen) und Gruppenhaltungen (Bewegungsställen), auf verschiedenen pferdehaltenden Betrieben.

Zu untersuchende Funktionsbereiche:

- Futterlager
- Krippenfutter- und Raufuttergabebereiche
- Liegebereiche bei verschiedenen Einstreuprodukten
- Stallgassen
- Zusätzlich werden Stallluftfaktoren während verschiedener Arbeitsvorgänge im Stallbereich wie Misten, Fegen, etc. ermittelt.

Geplante Systeme zur Ermittlung der Stallluftfaktoren:

- Systeme zur Ermittlung physikalischer Stallluftfaktoren wie Feinstaubpartikelmessung, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung im direkten Vergleich zum Aussenklima
- Systeme zur Ermittlung chemischer Stallluftfaktoren wie Ammoniak, Schwefeldioxid, Kohlenstoffdioxid
- Systeme zur Ermittlung biologischer Stallluftfaktoren wie Actinomyceten, Aspergillus, Stachybotrys
- Mögliche Vernetzung der erfassbaren Daten in ein System mit einem übersichtlichen Programm mit Auswertung und Steuerung der Belüftungssysteme
- Intelligente KI Vorschläge zur Luftverbesserung anhand der erfassten Werte für den Anwender

Hypothese 1: Die Konzentration bestimmter Schadgase wie NH_3 , CO_2 und biotischer und abiotischer Staubpartikel ist in geschlossenen Boxenställen höher als in offenen Aktivställen

Hypothese 2: Durch die Kombination von Sensoren und digitalen Ökosystemen können Luftqualitätsparameter dauerhaft optimiert werden bei gleichzeitiger Entlastung der Betriebsleitung.

Hypothese 3: Durch mobile Sensoren kann die Staubbelastung von Einstreu vor Ort betriebsindividuell kostengünstig geprüft werden.

Vorgehensweise Daten und Methoden

Die Primärdatenerhebung wird in Praxisbetrieben im Umfeld der Universität Hohenheim und der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU) erfolgen. Hierbei sollen mindestens 10 Betriebe aus der Boxen- und Aktivstallhaltung auf die Schwerpunkte im Projekt untersucht werden.

Zeitplanung und Ausblick

Tab. 23: Zeitplanung und Ausblick

März 2023-Oktober 2023 (7 Monate)	
Vorarbeit im Rahmen des DiWenkLa Projekts	• Literaturrecherche • Firmenkontakte • Testbetriebssuche
November 2023-Dezember 2024 (13 Monate)	
Versuchsdurchführung im Rahmen des DiWenkLa Projekts	• Erfassung der Forschungsergebnisse • Digitalisierungsimplementierung
• Januar 2025-März 2026 (14 Monate)	
Auswertung der Ergebnisse	• Auswertung mit Excel, R Studio, SPSS • Verfassen der Inauguraldissertation

2.5.2 „Entwicklung und Überprüfung von Tierwohlparametern beim Pferd in Turnier-situationen am Beispiel des CHIO Aachens“

Standort: On-Farm, CHIO Aachen

Projekt-Titel: "Entwicklung und Überprüfung von Tierwohlparametern beim Pferd in Turniersituationen am Beispiel des CHIO Aachens"

Laufzeit: 01.01.2024 bis 31.12.2027

Fördermittelgeber: Stiftung Pro Pferd, Uelzener Versicherung, CHIO Aachen

Projektleitung: Prof. Dr. Dirk Winter

Projektbearbeiter/innen: Leonie Krüger

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 Konstanze Krüger, HfWU

Hintergrund und Problemstellung

Der Pferdesport hat einen hohen Stellenwert in Deutschland. Darüber hinaus hat sich eine nicht unerhebliche Industrie um die Pferdewirtschaft etabliert. Das Wohl der Pferde hat eine besondere Bedeutung und steht im Fokus des Interesses. Insbesondere der Turniersport wird durchaus kritisch gesehen in Hinblick auf Tierschutz und Wohlbefinden der Pferde auf Turnierveranstaltungen. Ziel des Projektes ist es, das Befinden von Hochleistungssportpferden auf internationalen Turnierveranstaltungen am Beispiel des CHIO Aachens zu überprüfen sowie Handlungskonzepte zu erarbeiten, um Wohlbefinden zu gewährleisten.

Hierfür werden verschiedene Tierwohlparameter erhoben, um die Stressbelastung für Pferde durch Haltung und Wettkampf in Turniersituationen (exemplarisch am CHIO Aachen siehe <https://www.chioaachen.de/de/>) darstellen und bewerten zu können. Im nächsten Schritt werden mithilfe der gewonnenen Erkenntnisse Handlungskonzepte zur Verbesserung oder Eliminierung eventueller tierwohlgefährdender Situationen in der Turniervor- und Nachbereitung sowie während der Turnierveranstaltungen entwickelt. Die Handlungskonzepte werden im Rahmen der jährlich stattfindenden CHIO-Veranstaltungen in Aachen angewandt und bzgl. ihrer Praktikabilität und Wirksamkeit evaluiert.

Versuchsfrage/n

I. Forschungsfrage: Inwiefern verändern sich die gemessenen Speichelcortisolwerte der untersuchten Pferde im Vergleich der Aufstallung im Heimatstall und der Aufstallung auf dem Turniergelände des CHIO Aachen?

Hypothese: Die beim CHIO Aachen vorgestellten Pferde haben im Heimatstall geringere Speichelcortisolwerte als während der Einstallung auf dem Turniergelände des CHIO Aachen.

Einflussfaktoren: Haltungsform, Abmessungen des Haltungssystems (Einteilung der Kategorien gemäß BestTUPferd-Abstufungen), Vorhandensein Sozialpartner, Management (Raufuttermenge, Kraftfuttergabe, Auslauf), Tageszeit, Stallluftfaktoren (Temperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung), Stallaktivitäten (Personenverkehr)

II. Forschungsfrage: Inwiefern verändern sich die gemessenen Glukokortikoidmetaboliten im Kot der untersuchten Pferde im Vergleich der Aufstallung im Heimatstall und der Aufstallung auf dem Turniergelände des CHIO Aachen?

Hypothesen: Die beim CHIO Aachen vorgestellten Pferde haben im Heimatstall eine geringere Glukokortikoidmetabolitenkonzentration als während der Einstallung auf dem Turniergelände des CHIO Aachen.

Einflussfaktoren: Haltungsform, Vorhandensein Sozialpartner, Management (Raufuttergabe, Kraftfuttergabe, Auslauf)

III. Forschungsfrage: Inwiefern verändern sich die gemessenen Speichelcortisolwerte der untersuchten Pferde im Vergleich vom Training im Heimatstall und dem Training und Wettkampf auf dem Turniergelände des CHIO Aachen?

Hypothesen: Die beim CHIO Aachen vorgestellten Pferde haben beim Training im Heimatstall geringere Speichelcortisolwerte als während des Trainings im Rahmen des CHIO Aachen.

Die beim CHIO Aachen vorgestellten Pferde haben beim Training auf dem Gelände des CHIO Aachen geringere Speichelcortisolwerte als während des Wettkampfs im Rahmen des CHIO Aachen.

Einflussfaktoren: Dauer Belastung, Intensität Belastung, Reiter (emotionaler Zustand gemäß Fragebogen mit Abstufungen)

IV. Forschungsfrage: Gibt es einen Unterschied in den gemessenen Cortisol- bzw. Glukokortikoidmetabolitenkonzentrationen zwischen den Disziplinen Dressur, Springen und Vielseitigkeit?

Hypothesen: Je höher die physische Belastung des Pferdes durch eine Disziplin (Vielseitigkeit > Springen > Dressur), desto höher die Speichelcortisolkonzentration bzw. Glukokortikoidmetabolitenkonzentration im Kot.

Einflussfaktoren: Einzeltier (Fitness, Temperament), Dauer Belastung, Intensität Belastung, Reiter (emotionaler Zustand)

V. Forschungsfrage: Inwiefern zeigen die Pferde während des CHIO Aachen Konfliktverhalten im Vergleich zum Verhalten im Heimatstall?

Hypothesen: 1. Die Pferde zeigen gehäuft Konfliktverhalten in Zeiten der Futtererwartung.

2. Die Pferde zeigen gehäuft Konfliktverhalten in Zeiten höherer Anspannung der betreuenden Personen im Stall (vor Vetcheck oder Wettkampf im Vergleich zu vor Training im Heimatstall).

3. Die Pferde zeigen in Aachen gehäuft Konfliktverhalten, wenn sie allein oder ohne ihnen bekannte Artgenossen im Stall zurückbleiben als im Vergleich zum Heimatstall.

Einflussfaktoren: Haltungsform, Vorhandensein Sozialpartner, Management (Raufuttergabe, Kraftfuttergabe, Auslauf)

Versuchsanlage und erhobene Parameter

AP1: Glukokortikoidmetabolitenkonzentration im Kot

In der Pilotphase des Projekts während des CHIO Aachen 2023 wurde bei vier Vielseitigkeitspferden aus der Schweiz die Glukokortikoidmetabolitenkonzentration im Kot bestimmt. Die Messungen wurden vier Tage im Vorfeld des CHIO Aachen im Heimatstall der Pferde, während der Veranstaltung und vier weitere Tage nach der Veranstaltung wiederum im Heimatstall durchgeführt. Diese Messungen werden in den 2024, 2025, 2026 wiederholt. Dazu werden jeweils 4 Vielseitigkeitspferde, 4 Dressurpferde und 4 Springpferde in die Untersuchungen eingebunden.

AP 2: Kameraüberwachung

Zur indirekten Tierbeobachtung wurde in der Pilotstudie der ACARIS HORSE PROTECTOR der ACARIS GmbH genutzt. Das Verhalten (Liegeverhalten, Bewegungsverhalten, Ernährungsverhalten) der 4 beobachteten Pferde wurde über die Kameraüberwachung in der Box erfasst. Die Messzeitpunkte für jedes Pferd einzeln waren dabei:

- über den gesamten Zeitraum von 4 Tagen vor dem Turnier im Heimatstall in der Box
- über den gesamten Zeitraum während des CHIO Aachen in der Box
- bei zwei der vier Pferde über den gesamten Zeitraum von 4 Tagen nach dem Turnier im Heimatstall in der Box.

Für die Untersuchungen während des CHIO Aachen 2024, 2025 und 2026 werden wie auch für die jeweils 12 Pferde, gleichmäßig verteilt auf die Disziplinen Dressur, Springen und Vielseitigkeit zur Verfügung stehen. Die Pferde sollen über die Jahre nicht mehrfach in die Untersuchungen einbezogen werden, sodass am Ende der Studie mindestens 36 Individuen die Stichprobe des Gesamtprojekts bilden.



Abb. 31: Einblick in die Beobachtung mittels KI Kamera

AP3: Verhaltensbeobachtung

Zur direkten Tierbeobachtung wird die standardisierte Erfassung und Auswertung des Verhaltens der Pferde mit Hilfe der Software BestTUPferd der BestTUPferd GmbH i. Gr. erfolgen. Die Messzeitpunkte für jedes Pferd einzeln sind dabei:

- 20 Minuten in einer Zeit von Futtererwartung an einem Ruhetag in der Box auf dem CHIO Aachen
- 20 Minuten während der Ruhephase ohne Futtererwartung an einem Ruhetag in der Box auf dem CHIO Aachen
- 20 Minuten zeitnah nach einer Trainingseinheit in der Box auf dem CHIO Aachen
- 20 Minuten zeitnah nach einem Wettkampf in der Box auf dem CHIO Aachen

Ausblick

Aus den Projektergebnissen sollen Ableitungen getroffen, wie das Tierwohl während Turnierveranstaltungen ermittelt werden können und welche Faktoren besondere Beachtung bekommen müssen. Aus den ersten Ergebnissen lassen sich erste Ableitungen treffen, dass die vier untersuchten Vielseitigkeitspferde einer normalen Beanspruchung und keinem ungewöhnlichen Stress ausgesetzt waren. Durch Vergrößerung der Stichprobe um 4 Dressur- und 4 Springpferde und Wiederholung der Untersuchungen in 2024, 2025 und 2026 sind weitere

Erkenntnisse zu erwarten. Anhand der wissenschaftlichen Datenbasis des Gesamtprojektes sollen Ableitung von Handlungskonzepten für das Management von Pferden vor, am und nach einem sportlichen Wettbewerb gezogen werden.

Veröffentlichungen

Geplant in wissenschaftlichen Journals und populärwissenschaftlicher Fachpresse

2.5.3 Nachhaltige Nutzung von Pferdemist auf pferdehaltenden Betrieben

Standort: On-Farm; LuV Jungborn, HuL Marbach

Projekt-Titel: "Nachhaltige Nutzung von Pferdemist"

Laufzeit: 01.11.2021 – 31.12.2024

Fördermittelgeber: Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (MLR)

Projektleitung: Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (MLR)

Projektbearbeiter/innen: 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.

Versuchsfrage/n

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 verschiedene 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 Wärmerückgewinnung 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



Das Projekt „Wertstoff Pferdemist“ setzt sich mit Optimierungschancen von Lagerungs- und vor allem Nutzungsmöglichkeiten von Pferdemist auseinander.

Abb. 32: Pferdemistlagerung im Rahmen des Projektes Wertstoff Pferdemist

Forschungsfrage 2

Welchen Effekt hat der Einsatz von Kombimulcher und Rottebeschleuniger auf den Weideflächen?

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 05/2023 (S.27-32)

Meyer, M.; Eiberger, C.; Schilling, T.; Winter, D.; Hölzle, L.E. Sustainable utilisation of horse manure. 456 EAAP – 74th Annual Meeting, Lyon, France, 2023. Book of abstracts No. 29 (2023)