

BODEN.WASSER.SCHUTZ.TAGUNG 2025

DIGITALISIERUNG IN DER LANDWIRTSCHAFT

Chancen für den Boden- und Gewässerschutz der Zukunft

Donnerstag, 4. Dezember 2025

Thema:

Pflanzenbausysteme der Zukunft –
biodivers, bodenschonend, digital

Referentin:

Olivia Spykman, MSc

Institut für Landtechnik an der

Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)

Arbeitsgruppe Digital Farming

Ruhstorf a.d. Rott



Fotoquelle: © DI Thomas Wallner, BWSB



A small green square is positioned to the left of the title text.

Pflanzenbausysteme der Zukunft – Biodivers – Bodenschonend – Digital

BODEN.WASSER.SCHUTZ.TAGUNG, 04.12.2025

St. Florian, Österreich

Olivia Spykman, Institut für Landtechnik

Die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

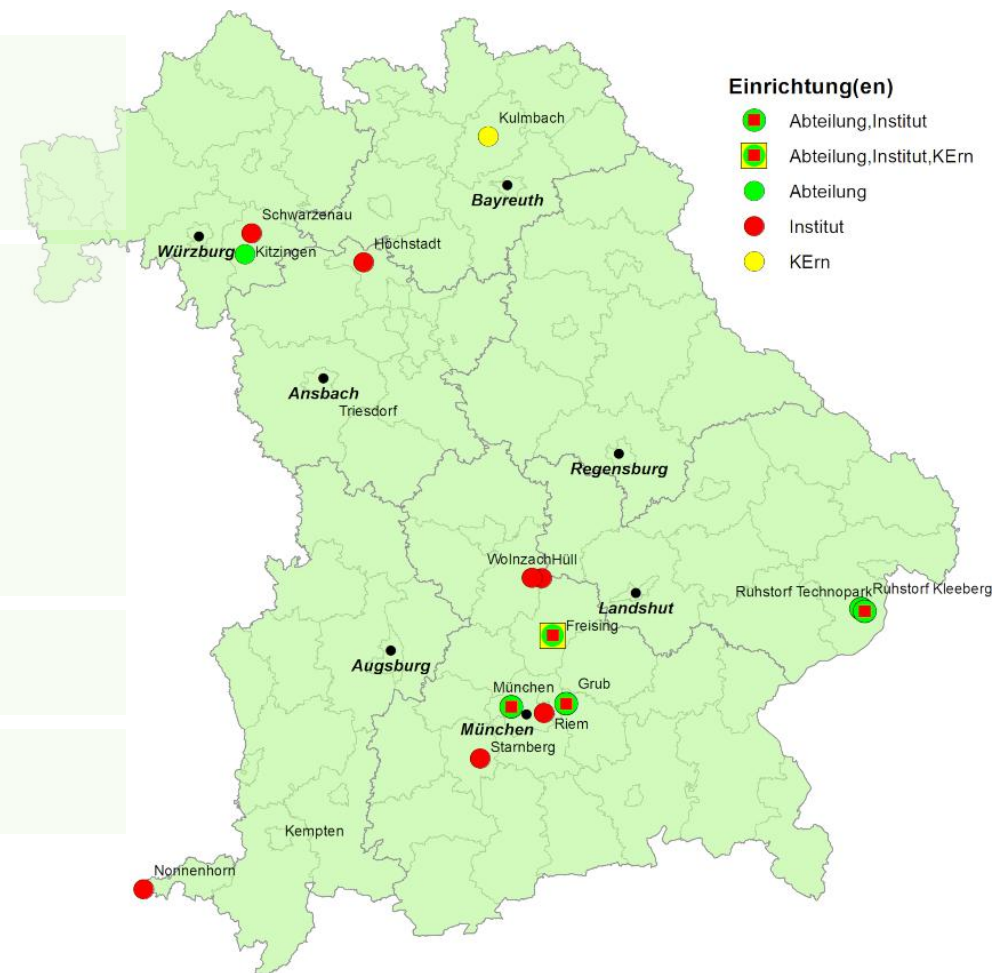
Wissens- & Dienstleistungszentrum
für die Landwirtschaft in Bayern

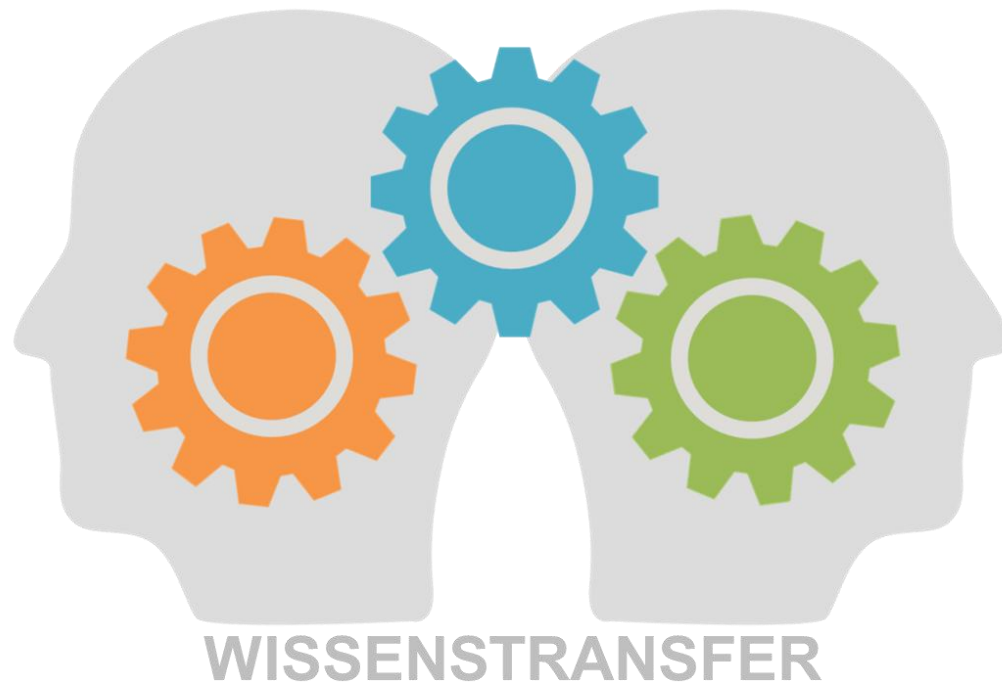
„forschen, fördern, bilden“

- Praxisorientierte Forschung
- Aus- und Fortbildung
- Beratung

Hoheitsvollzug

rund 1000 MitarbeiterInnen





Digitalisierung

Vielfältigen **Chancen** der Digitalisierung erkennen und gezielt nutzen:
Im landwirtschaftlichen Betrieb **und** in der Landwirtschaftsverwaltung.

Agrarökosysteme

Innovative, umweltverträgliche und an den Klimawandel **angepasste Anbauverfahren** unter besonderer Berücksichtigung der Biodiversität entwickeln und erproben.

Diversifizierung

Landwirtschaftliche Unternehmen unterstützen, passende **Zukunftslösungen** für ihre Betriebe und Familien finden und erfolgreich umsetzen.

Potenziale von Feldrobotern für die Landwirtschaft

- Steigerung der Effizienz von Dünger- und PSM-Ausbringung (Pearson et al., 2022)
- Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch Einsparung von Lohnkosten (Lowenberg-De Boer et al., 2020; Sørensen et al., 2005)
- Reduktion der Abhängigkeit von Saisonarbeit im Sonderkulturanbau (Mitaritonna & Ragot, 2020)
- Ermöglichung neuer Pflanzenbausysteme mit gesteigerter Biodiversität (Al-Amin et al., 2021; Daum, 2021; Gackstetter et al., 2023)

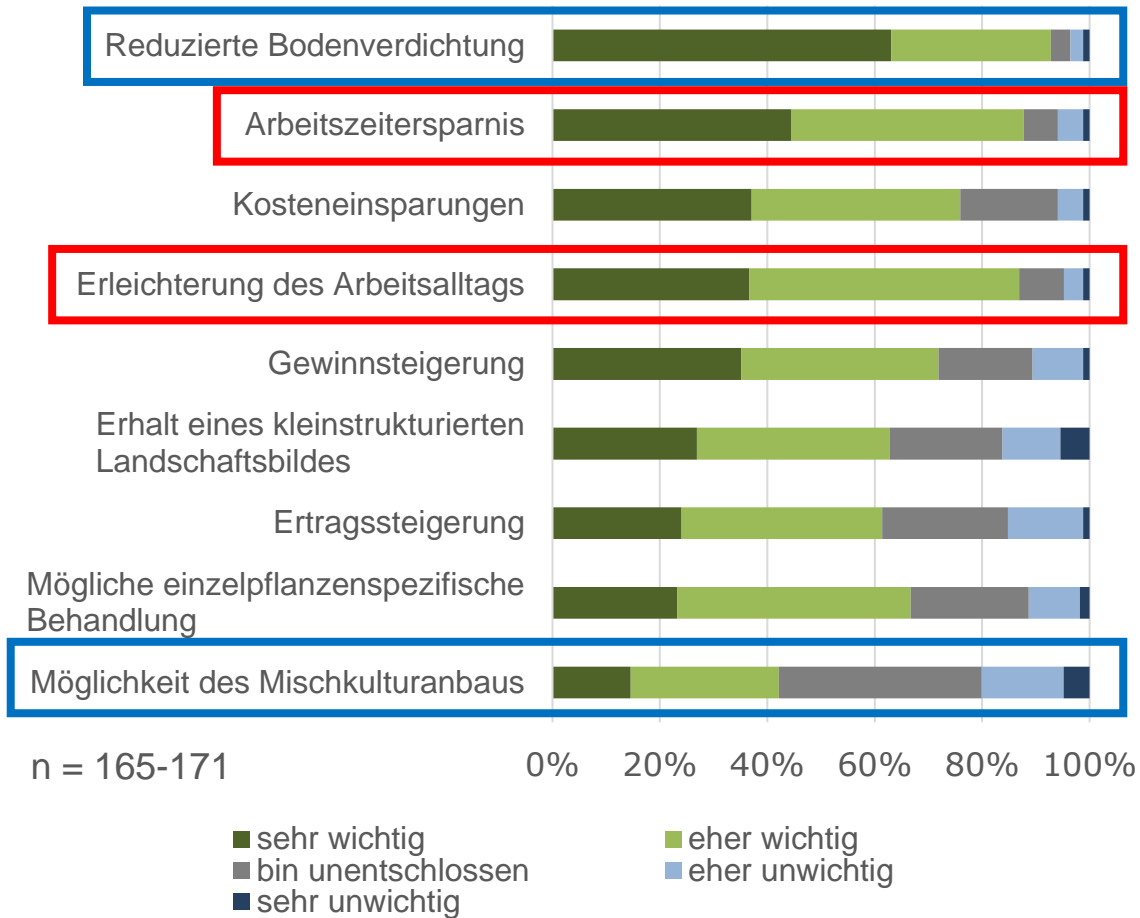


Bildquelle: Gackstetter et al. (2023)

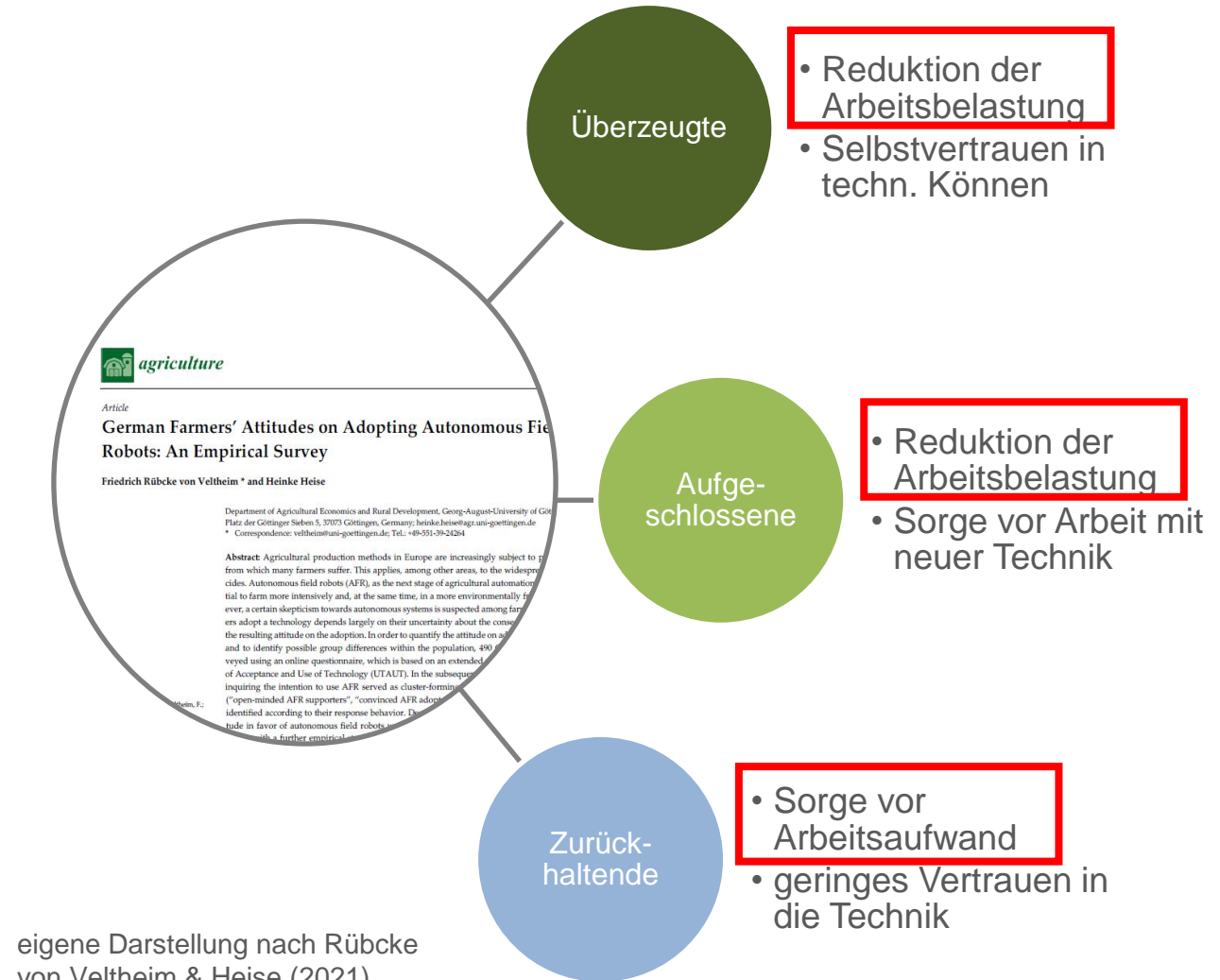


Bildquelle: LfL

Erwartungen der Landwirte an Feldroboter



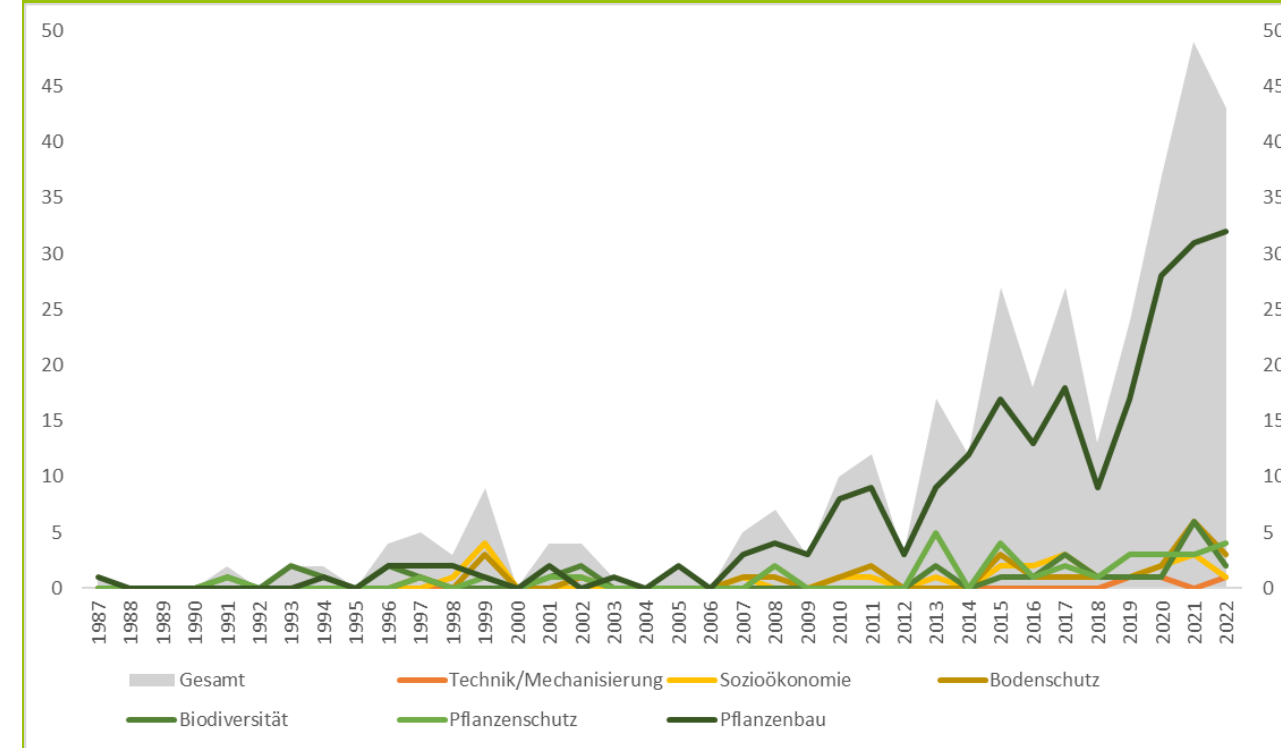
Spykman et al. (2021), *Computers and Electronics in Agriculture*



eigene Darstellung nach Rübcke von Veltheim & Heise (2021)

Streifenanbau

- Großes Potenzial - beispielsweise
 - Reduktion wirtschaftliches Risiko (Paut et al. 2020)
 - Reduktion Bodenerosion (Gilley et al. 1997)
 - Verbesserung Biodiversität (Brooker et al. 2016)
 - Anpassungsstrategie Wasserknappheit (Chen et al. 2018)
- Herausforderung Arbeitswirtschaft (Feike et al. 2012)
- Wachsendes Interesse in der wiss. Literatur seit 2000er Jahre
 - Fokus auf Pflanzenbau
 - Wenig Forschung zu: Mechanisierung, Arbeit, Systemorientierte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung



Spykman (2024), Schule und Beratung

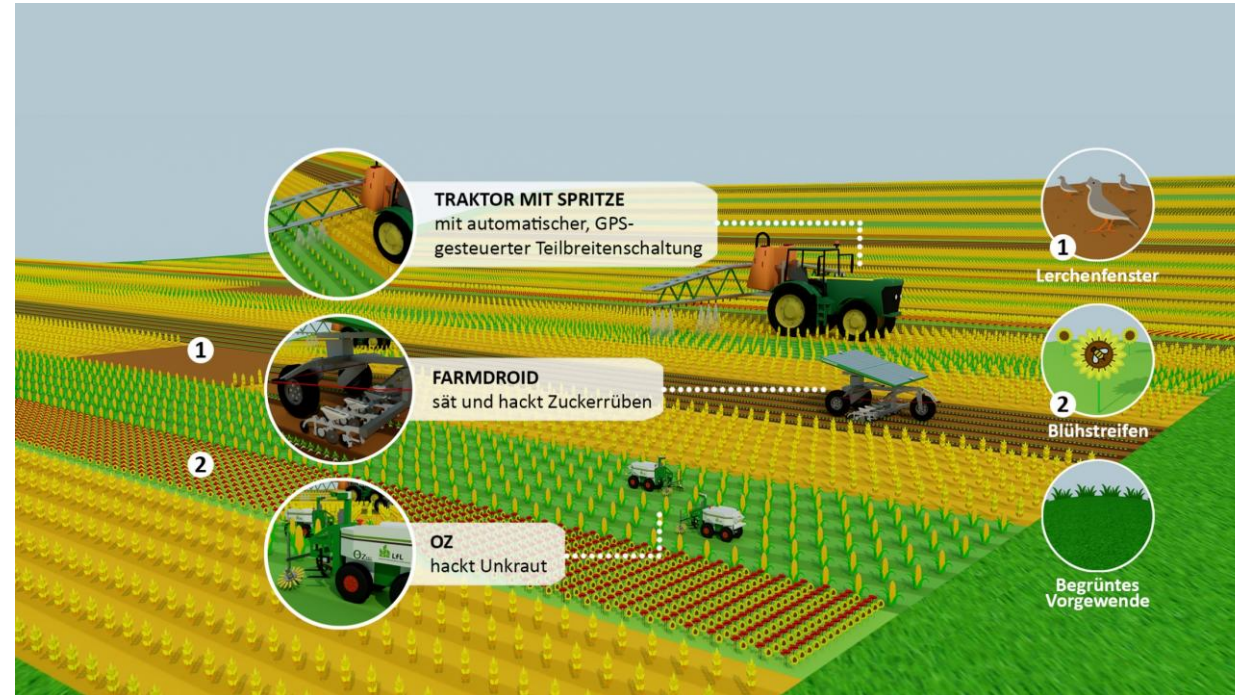
PFLANZENBAUSYSTEME DER ZUKUNFT

BIODIVERS – BODENSCHONEND – DIGITAL

...erhöhen die gesellschaftliche Akzeptanz der Landwirtschaft.

...reduzieren chemisch-synthetischen Pflanzenschutz.

...schaffen Wertschätzung und Akzeptanz über erfolgreichen Wissenstransfer.



...wirken positiv auf ausgewählte Biodiversitäts-indikatoren.

...reduzieren Bodenerosion.

...werden durch Feldrobotik ermöglicht.

...leisten einen Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit der Betriebe.

Strip-Intercropping Feldlabor an der LfL Ruhstorf (2022-2027)

Fruchtfolge –

~~ZR-WW-LU-WG-KM-SO-WR~~
ZR-WW-SO-WG-KM-SO-WW

Strukturelemente –

Blühstreifen als Beetle Banks

Versuchsaufbau –

15 m breite Kulturstreifen
6 m breite Blühstreifen
2 Varianten: integriert (I) und reduziert (R)
3 Wiederholungen je Variante

Innovativer Lehrpfad –
online und offline



Kooperationen



Feldroboter am Standort Ruhstorf



Agronomie | erste Ergebnisse

Kleinstrukturierte Anbau

- *negative Randeffekte durch Schattenwurf und langsames Abtrocknen*
- *Getreideschädlinge häufig unterhalb der Schadschwelle*
- *positive und negative Randeffekte auf den Ertrag durch Kleinräumigkeit*

Reduzierte csPSM-Intensität in Variante R

- *höhere Gesamtverunkrautung*
- *starker Witterungseinfluss auf Unkrautregulierung*
- *ökonomische Nachteile durch niedrigere PSM-Intensität*



Technische Umsetzung | erste Erfahrungen



Einsatz autonomer Technik

- *erhöhter Arbeitsaufwand durch Kleinräumigkeit (Feldeinmessung, Umsetzen)*
- *Unterschiedliche Arbeitskonzepte – autonomer Traktor vs. Reduktion Handarbeit*
- *Einschränkungen am Hang – Anpassungen Feldlabor*
- *Biodiversitätsstreifen als Störfaktor für Sicherheitssensorik*
- *Technische Probleme*
- *Regelmäßiger Austausch mit Herstellern bzw. Händlern*

Umweltwirkungen | erste Ergebnisse



Multifunktionale Biodiversitätsstreifen

- Artenvielfalt durch Beetle Banks, aber kein Schädlingsreservoir
- Anteil Reduktion Bodenerosion **35 %** bei noch nicht optimaler Verteilung (modelliert mit ABAG)

Positive Effekte durch Kleinräumigkeit und csPSM-Reduktion

- höhere Insektendichte an Getreide-Hackfrucht-Rändern
- signifikant mehr Interaktionen in Variante R als in Variante I
- Anteil Reduktion Bodenerosion **45 %**, wobei Streifen noch verbreitert werden könnten (modelliert mit ABAG)

Deutschlandweite Befragung der Bevölkerung

Wählen Sie unter den folgenden vier Möglichkeiten das Bild aus, das Sie am stärksten anspricht.

n = 2.022

Roboter



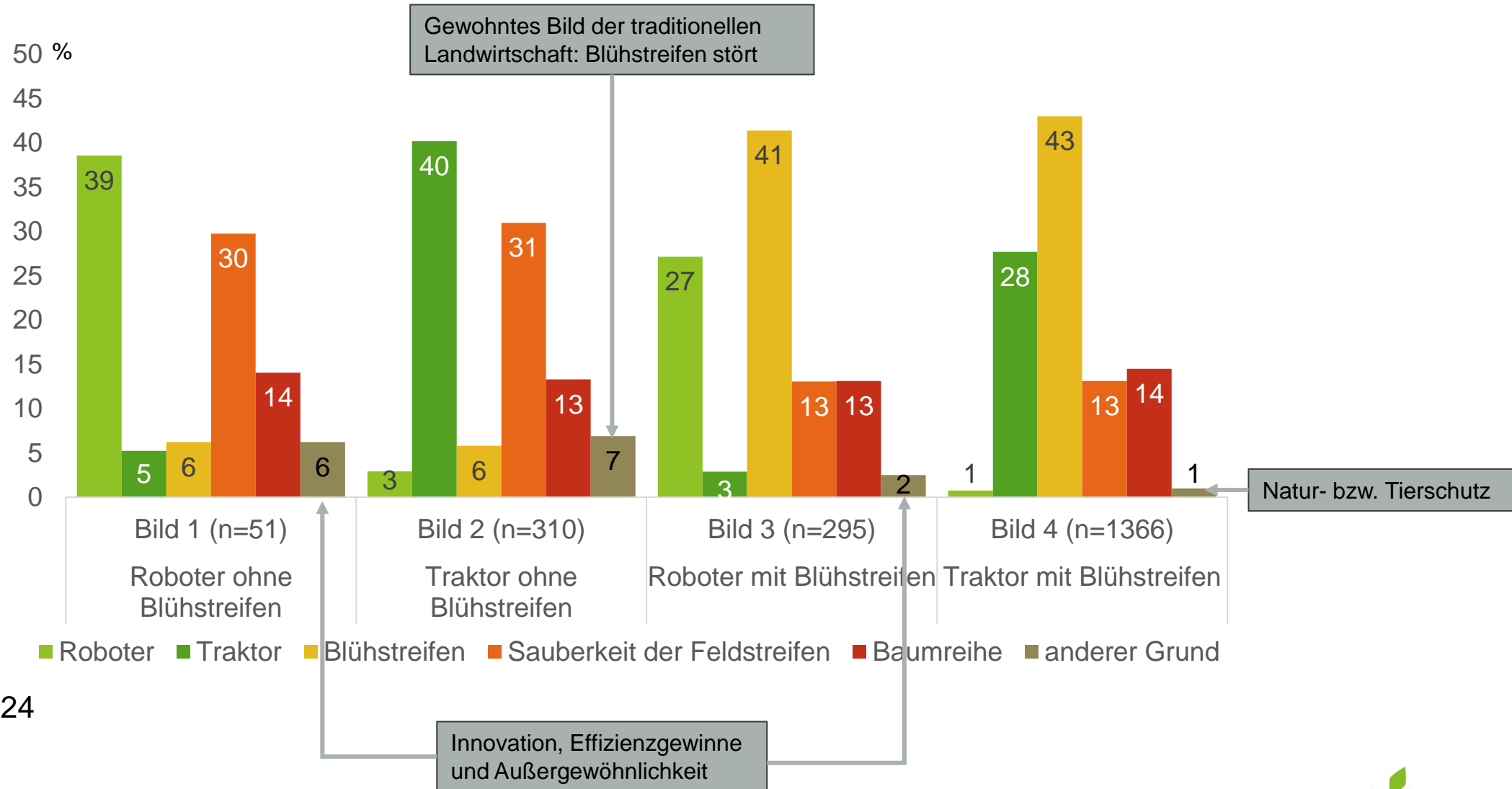
Traktor



Mit Blühstreifen

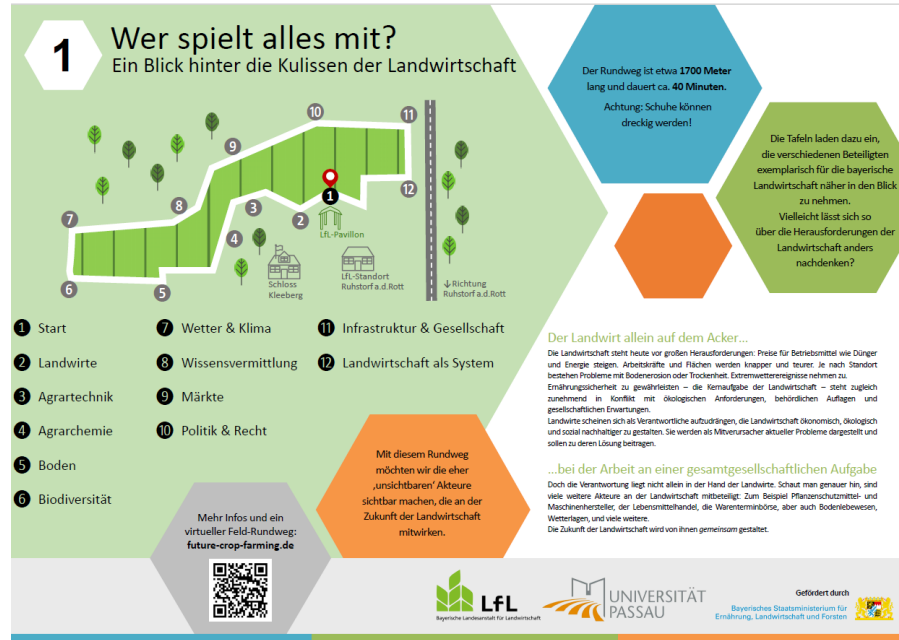
Gabriel et al., 2024

Ausschlaggebende Komponente



Gabriel et al., 2024

Feldrundweg als Grundlage für Wissenstransfer und Diskussion



Kernaussagen der Arbeitspakete

Technische Umsetzung

Verschiedene Feldrobotikkonzepte eignen sich für Bodenbearbeitung, Aussaat und Unkrautregulierung, **jedoch erreicht der aktuelle Stand der Technik noch nicht die erhoffte Arbeitszeiterparnis im Versuchskontext.**

Biodiversität

Der Streifenanbau ermöglicht eine **hohe Diversität und Anzahl an Insekten**. Die Beetle Banks stellen zudem aufgrund ihrer Mehrjährigkeit ein einzigartiges Habitat für detritivore und im Boden nistende Arten bereit. Weiterhin zeigt sich **ein positiver Effekt der reduzierten csPSM Intensität (Variante R) auf ausgewählte Biodiversitätsindikatoren.**

Bodenschutz

In einer Modellierung mit optimaler Ausrichtung zum Hang wird die **Erosion durch den Streifenanbau um 45 % und durch die Beetle Banks um 40 % relativ zum Vergleichsszenario** gemindert.

Streifenanbau und Beetle Banks wirken besonders gut in Kombination.

Pflanzenschutz

In der Versuchsvariante R (reduziert) konnte der **Behandlungsindex** chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel im Vergleich zur guten fachlichen Praxis (Versuchsvariante I) **um 50 % reduziert** werden – dies entspricht einem der Ziele des European Green Deal, geht jedoch mit wirtschaftlichen Einbußen einher.

Sozioökonomie

Die **Versuchsvariante R unterliegt der Variante I wirtschaftlich** – je nach Kultur in unterschiedlichem Ausmaß – allerdings weniger aufgrund der geringeren Ertragsleistung, sondern **aufgrund höherer Kosten.**

In der quantitativen Umfrage zeigt sich eine **positive Einstellung der Befragten gegenüber neuen Pflanzenbausystemen und Robotik**, auch wenn herkömmliche Traktoren bevorzugt werden. Besonderer Wert wird Biodiversitätsstreifen (Beetle Banks) zugesprochen.

Wissenstransfer

Der sowohl vor Ort begehbbare als auch digital verfügbare Feldrundweg zeigt auf, inwiefern **Landwirte im Zentrum eines komplexen Netzwerks** stehen, in dem verschiedene Akteure unter verschiedenen Zwängen und Zielkonflikten agieren und damit die Landwirtschaft entscheidend mitbeeinflussen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Olivia Spykman

Wiss. Mitarbeiterin

Arbeitsgruppe Digital Farming

olivia.spykman@lfl.bayern.de

Hans-Loher-Str. 32

94099 Ruhstorf a.d. Rott



**LfL – Bayerische Landesanstalt
für Landwirtschaft**

Vöttinger Straße 38
85354 Freising

Tel.: 08161 8640-5000

E-Mail: poststelle@LfL.bayern.de



Zitierte Literatur

Al-Amin, A.K.M.A.; Lowenberg-DeBoer, J.; Franklin, K.F.P.; Behrendt, K. (2021). Economic Implications of Field Size for Autonomous Arable Crop Equipment. Proceedings for the 4th Symposium on Agri-Tech Economics for Sustainable Futures.

Brooker, Rob W.; Karley, Alison J.; Newton, Adrian C.; Pakeman, Robin J.; Schöb, Christian (2016). Facilitation and sustainable agriculture: a mechanistic approach to reconciling crop production and conservation. In: Functional ecology, 30 (1), 98–107.

Chen, G.; Kong, X.; Gan, Y.; Zhang, R.; Feng, F.; Yu, A. et al. (2018). Enhancing the systems productivity and water use efficiency through coordinated soil water sharing and compensation in strip-intercropping. In: Scientific reports, 8 (1), 10494.

Daum, T. (2021). Farm robots: ecological utopia or dystopia? Trends in Ecology & Evolution, 2869.

Feike, T.; Doluschitz, R.; Chen, Q.; Graeff-Hönninger, Claupein, W. (2012). How to Overcome the Slow Death of Intercropping in the North China Plain. Sustainability, 4, 2550-2565

Gabriel, A.; Garnitz, J.; Spykman, O. (2024). Public Perception of Biodiversity Landscape Elements and Autonomous Technologies in Small-Scale Production Systems. Proceedings of the 7th Symposium on Agri-Tech Economics for Sustainable Futures, 12-21.

Gackstetter, D; von Bloh, M.; Hannus, V.; Meyer, S.T.; Weisser, W.; Luksch, C.; Asseng, S. (2023). Autonomous field management – An enabler of sustainable future in agriculture. Agricultural Systems, 206, 103607.

Gilley, J.E.; Kramer, L.A.; Cruse, R.M.; Hull, A. (1997). Sediment movement within a strip intercropping system. In: Journal of Soil and Water Conservation, 52(6), S. 443–447

Lowenberg-De Boer, J.; Huang, I.Y.; Grigoriadis, V; Blackmore, S. (2020). Economics of robots and automation in field crop production. Precision Agriculture, 21, 278-299.

Mitaritonna, C.; Ragot, L. (2020). After Covid-19, will seasonal migrant agricultural workers in Europe be replaced by robots? CEPII Policy Brief No. 33

Paut, R.; Sabatier, R.; Tchamitchian, M. (2020). Modelling crop diversification and association effects in agricultural systems. Agriculture, Ecosystems and Environment, 288, 106711.

Pearson, S.; Camacho-Villa, T.C.; Valluru, R.; Gaju, O.; Rai, M.C.; Gould, I. et al. (2022). Robotics and Autonomous Systems for Net Zero Agriculture. Current Robotics Reports, 3, 57-64.

Rübcke von Veltheim, F.; Heise, H. (2021). German Farmers' Attitudes on Adopting Autonomous Field Robots: An Empirical Survey. agriculture, 11, 216

Sørensen, C.G.; Madsen, N.A.; Jacobsen, B.H. (2005). Organic Farming Scenarios: Operational Analysis and Costs of implementing Innovative Technologies. Biosystems Engineering, 91 (2), 127-137,

Spykman, O.; Gabriel, A.; Ptacek, M.; Gandorfer, M. (2021). Farmers' perspectives on field crop robots – Evidence from Bavaria, Germany. Computers and Electronics in Agriculture, 186, 106176.