



Analyse der Nachhaltigkeitswirkung von Alternativen zum Pestizideinsatz und darauf aufbauende Untersuchung mehrdimensionaler Zielkonflikte

AZ 37279/01

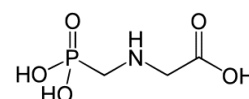
Abschlussbericht

Verfasser: Prof. Dr. Dirk Bunke, Lars Albus, Dr. Jenny Teufel,
Dr. Florian Antony, Carola Metz, Sara Lay, Lara Modispacher

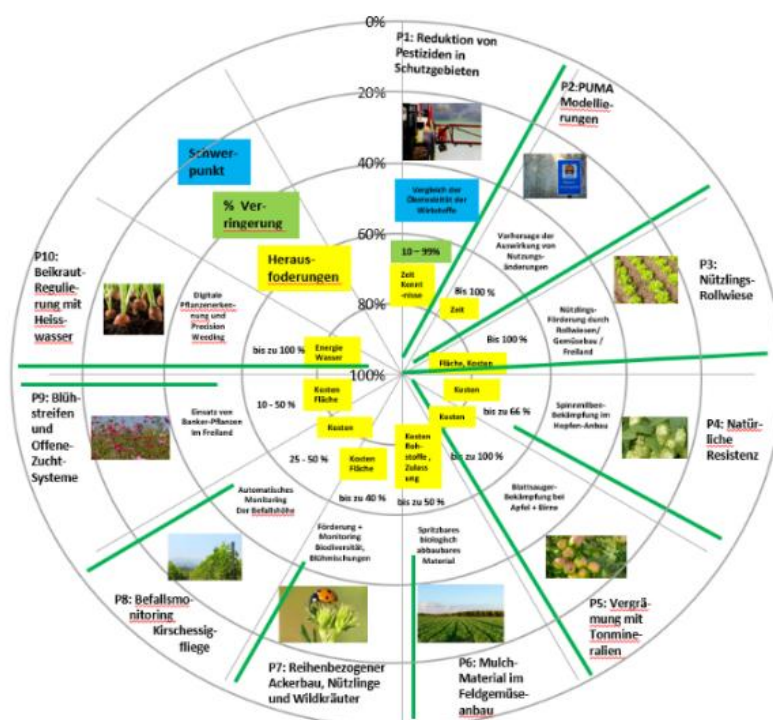
Projektleitung: Prof. Dr. Dirk Bunke

Projektlaufzeit: 1. Juni 2021 – 30. November 2025

Öko-Institut e.V., info@oeko.de



Freiburg, 19. Januar 2026





Dieses Werk bzw. Inhalt steht unter einer Creative Commons Namensnennung, Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 Lizenz. Öko-Institut e.V.

This work is licensed under Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0. Oeko-Institut e.V. 2017

Kontakt

info@oeko.de

www.oeko.de

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71

79017 Freiburg

Hausadresse

Merzhauser Straße 173

79100 Freiburg

Telefon +49 761 45295-0

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	6
Zusammenfassung	8
Abstract	9
Einleitung und Motivation: Hintergrund und Ziele der Arbeiten	10
Hauptteil	11
1 Methodik, Vorgehensweise und Projekt-Ablauf	11
1.1 Die Methodik und die Vorgehensweise im Projekt	11
1.2 Der Projekt-Ablauf	11
2 Projektergebnisse	11
2.1 Überblick	11
2.2 Die Ergebnisse zu den einzelnen geförderten Projekten	12
2.2.1 Heißwasser und Precision Weeding zur Beikrautregulierung (P 10)	12
2.2.2 Blühstreifen und Offene-Zucht-Systeme im Freiland-Gemüseanbau (P9)	15
2.2.3 Nützlings-Rollwiese statt Insektizide (P3)	20
2.2.4 Natürliche Abwehrmechanismen (P4)	23
2.2.5 Biologisches Vergrämungsmittel auf Tonbasis (P 5)	26
2.2.6 Mulchmaterial im Feldgemüseanbau (P 6)	30
2.2.7 Reihenbezogener Ackerbau, Nützlinge und Wildkräuter (P 7)	34
2.2.8 Befalls-Monitoring Kirschessigfliege (P8)	37
2.2.9 Reduktion von Pestiziden in Schutzgebieten (P1)	41
2.2.10 PuMa: Vorhersage von Belastungen in Schutzgebieten (P2)	43
2.3 Die Ergebnisse der orientierenden Ökobilanzen	47
2.3.1 Alternative Heißdampf (Projekt P10): Orientierende Ökobilanz	47
2.3.2 Alternative spritzbares Mulchmaterial (Projekt P6): orientierende Ökobilanz	47
2.3.3 Alternative Nützlingsrollwiese (Projekt P3): orientierende Ökobilanz	47
2.4 Methodische Hilfen für die Nachhaltigkeitsbewertung	48
2.4.1 Das Zielsystem	48
2.4.2 Strukturierte Übersichtsdarstellung der Reduktionsmöglichkeiten	49
2.4.3 Vorgehen bei mehrdimensionalen Zielkonflikten	53

2.4.4	Modellierung der Auswirkungen von Maßnahmen auf die Gewässerqualität mit PUMA 2	55
2.4.5	Vergleich von Pestizid-Wirkstoffen bezogen auf Ökotoxizität	56
2.4.6	Möglichkeiten der gezielten Nutzung bereits vorhandener Flächen	56
2.4.7	Biologische Vielfalt auf landwirtschaftlichen Flächen	56
2.4.8	Vergleichende Bewertung von Gefahrstoffen	58
3	Öffentlichkeitsarbeit	60
3.1	Die Woche der Umwelt: Das Fachforum zur Pestizidreduktion	60
3.2	Die Abschlussveranstaltung der DBU zur Förderinitiative „Pestizidvermeidung“	61
3.3	Der Jahresbericht 2024 der DBU	61
3.4	Themen für die zukünftige Kommunikation	61
4	Ausblick	64
5	Literatur	65
A	Anhang	A-1
	Anhang I. Die Projekte in der Übersicht	A-1
	Anhang II. SDGs als Bezugsrahmen	A-2
	Anhang III. Ökobilanz-Berechnungen zur Heißdampf-Anwendung	A-10
	Anhang IV. Ökobilanz-Berechnungen zum spritzbaren Mulchmaterial	A-22
	Anhang V. Ökobilanz-Berechnungen zur Nützlingsrollwiese	A-31
	Anhang VI. Risikoprofile und Vorkommen von Wirkstoffen	A-42
	Anhang VII. REACH Radar und die ECHA Datenbank zu registrierten Chemikalien	A-51
	Anhang VIII. Die Chemikalien-Bewertungshilfe ChemSelect	A-53

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Beim Möhrenbau ohne Pestizide wird Jäten von Hand zur Unkrautbekämpfung eingesetzt	13
Abbildung 2:	Artenreiche Randstreifen können die Häufigkeit von Nützlingen in ackerbaulich genutzte Flächen erhöhen.	16
Abbildung 3:	Im Salat-Anbau kann durch Nützlingsrollwiesen der Pestizideinsatz verringert werden.	20
Abbildung 4:	Im Hopfen-Anbau kann durch Resistenzförderung der Herbizideinsatz verringert werden.	24
Abbildung 5:	Beim Apfelanbau stehen zur Bekämpfung der Blattflöhe nur wenige Wirkstoffe zur Verfügung	27
Abbildung 6:	Spritzbares Mulchmaterial kann auch im konventionellen Ackerbau zur Unkrautbekämpfung eingesetzt werden	30
Abbildung 7:	Der Marienkäfer und seine Larven sind inzwischen bewährte Nützlinge, die statt Pestiziden eingesetzt werden können.	34
Abbildung 8:	Digital arbeitende automatische Kamerafallen können bisher verwendete Methoden des Befallsmonitorings z.B. im Weinbau ersetzen	38
Abbildung 9:	Pestizideinsatz in der konventionellen Landwirtschaft führt zu Gewässerbelastungen in angrenzenden Schutzgebieten	41
Abbildung 10:	Expositionsmodellierungen ermöglichen eine Abschätzung von Belastungen auch in Wasserschutzgebieten.	44
Abbildung 11:	Reduktionspotentiale, Schwerpunkte und Zielkonflikte in den einzelnen Projekten	53
Abbildung 12:	Die acht Schritte bei der Analyse von Zielkonflikten	54
Abbildung 13:	Die Start-Seite der online-Bewertungshilfe ChemSelect	59
Abbildung 14:	Die Prachtlibelle	62
Abbildung 15:	Ästhetischer Wert von Streuobstwiesen	62
Abbildung 16:	Für den Anbau von Birnen in Streuobstwiesen sind wirksame Bekämpfungsmöglichkeiten gegen Blattsauger erforderlich	62
Abbildung 17:	Blühstreifen können die Häufigkeit und die Vielfalt von Nützlingen in landwirtschaftlich genutzten Flächen erhöhen.	63

Abbildung 18:	Wildbienen können durch Blümmischungen mit regional vorkommenden Pflanzenarten gezielt gefördert werden	63
Abbildung 19:	Risikoprofil von Wirkstoffgruppen	64
Abbildung 20:	Die Nachhaltigkeitsziele der UN Agenda 2030	A-2
Abbildung 21:	Projekte der DBU-Pestizid-Initiative	A-8
Abbildung 22:	Veränderungen der Umweltwirkungen in verschiedenen Wirkungskategorien (Impact categories) bei Substitution von Herbiziden beziehungsweise der Handjäte mittels Beetflieger durch die Heißwasser-Beikrautbehandlung.	A-19
Abbildung 23:	Prozentuale Verteilung der Masse-bezogenen THG-Emissionen (links) und des kumulierten nicht erneuerbaren Energieaufwands (rechts) des Spritzmulch-Materials	A-25
Abbildung 24:	Differenz der Flächen-bezogenen THG-Emissionen und des nicht erneuerbaren Energieaufwands zwischen dem Spritzmulch-Verfahren und den herkömmlichen Anbauvarianten von Kopfsalat, Karotte und Einlegegurke	A-26
Abbildung 25:	Treibhausgasemissionen in kg CO ₂ -eq/ kg Kopfsalat im Referenzszenario und 3 Szenarien mit Nützlings-Rollwiese (NR) und reduzierter Insektizid-Menge.	A-39
Abbildung 26:	Treibhausgasemissionen in kg CO ₂ -eq/ Stück Kopfsalat im Referenzszenario und 3 Szenarien mit Nützlings-Rollwiese (NR) und reduzierter Insektizid-Menge.	A-40
Abbildung 27:	Frischwasser-Ökotoxizität durch Emission organischer Substanzen in CTUe/ kg Kopfsalat im Referenzszenario und 3 Szenarien mit Nützlings-Rollwiese (NR) und reduzierter Insektizid-Menge.	A-41
Abbildung 28:	Übersicht der Grenzwerte (RAKs) von Acetamiprid und tau-Fluvalinat im Vergleich zu allen den von uns bewerteten Pestiziden.	A-43
Abbildung 29:	Übersicht der Grenzwerte (RAKs) von Acetamiprid und tau-Fluvalinat im Vergleich zu allen den von uns bewerteten Neonikotinoiden bzw. Pyrethroiden.	A-44
Abbildung 30:	Anteil von tau-fluvalinat an verschiedenen TATs in Erdbeerkulturen in BaWü zwischen 2016 und 2021	A-46
Abbildung 31:	TAT für Rot- und Weißkohl (2021).	A-47
Abbildung 32:	Reduktionspotentiale durch das Wegfallen von Acetamiprid (bspw. Mospilan) in verschiedenen Kulturen und Organismengruppen zwischen 2000 und 2021.	A-48
Abbildung 33:	Auszug aus Pestizidanwendungsdaten für Hopfen in Sachsen.	A-49

Abbildung 34: Verteilung der Toxizität von 3 im Hopfen häufig angewendeten Insektizide / Akarizide zur Bekämpfung von Milbenbefall. A-49

Abbildung 35: Duftstoff-Analyse mit REACH Radar A-51

Abbildung 36: Duftstoff-Analyse mit Hilfe der ECHA Info Cards A-52

Abbildung 37: ChemSelec
t A-53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Stufe 3,
Einsparpotenziale	50
Tabelle 2:	Die 10 geförderten Projekte in der
Übersicht	A-1
Tabelle 3:	SDGs, die für die Förderinitiative wichtig sind, und Unterziele, die von Bedeutung
sind.	A-4
Tabelle 4:	Kostenvergleich konventioneller (konv) und ökologischer (öko) Möhrenerzeugung ohne
und mit Heißwasser-Beikrautbehandlung (HW).	A-13
Tabelle 5:	Wasserbedarf
Möhrenanabau.	A-14
Tabelle 6:	Aufwandsmengen
Pflanzenschutzmittel	A-18
Tabelle 7:	Ertrags- und Flächen.bezogener Treibhausgasausstoß der betrachteten Szenarien und
Anteil der Heißwasser-Beikrautbehandlung an den THG-Emissionen	A-20
Tabelle 8:	Bestandteile des Spritzmulch und Masse-bezogene Anteile an der
Gesamtrezeptur.	
	A-22
Tabelle 9:	Masse ausgebrachter Spritzmulch-Bestandteile pro Hektar bei einer Schichtdicke von
1 mm.	A-28
Tabelle 10:	Benötigte Mengen Rapsöl und daraus resultierender Flächenbedarf bei
konventionellem oder ökologischem Rapsanbau	A-29
Tabelle 11:	Zusammensetzung des Trägermaterials und verwendete Datensätze in der
Sachbilanz	A-33
Tabelle 12:	Zusammensetzung des verwendeten Bio-Substrats und verwendete Datensätze in der
Sachbilanz	A-34
Tabelle 13:	Sachbilanz der Produktion von 1 kg
Holzfaser	A-35
Tabelle 14:	Szenarien für die Bilanzierung der
Nützlingsrollwiese	A-36
Tabelle 15:	Ergebnisse der Ökobilanz zu Szenarien für den
Kopfsalatanbau	A-37
Tabelle 16:	Vergleich der Umweltwirkungen in verschiedenen Wirkungskategorien (Impact
categories) zwischen einem Referenzszenario ohne und mit Insektizid-Applikation und zwischen	
dem Referenzszenario und Anbauverfahren mit Nützlings-Rollwiese (NR) und auf 33 % oder	A-38

Zusammenfassung

Dieser Bericht dokumentiert die Ergebnisse und die Arbeiten im Projekt „Analyse der Nachhaltigkeitswirkung von Alternativen zum Pestizideinsatz und darauf aufbauende Untersuchung mehrdimensionaler Zielkonflikte“. Das Projekt wurde im Rahmen der Förderinitiative „Vermeidung und Verminderung von Pestiziden in der Umwelt“ der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) durchgeführt. Es startete im Juni 2021 und wurde im November 2025 abgeschlossen.

Im ersten Projektjahr konnte eine Übersicht erarbeitet werden zu den Nachhaltigkeitsbeiträgen, die von den verschiedenen Projekten der Förderinitiative erwartet werden können. Außerdem wurde deutlich, dass es viele Möglichkeiten für den Austausch zwischen den einzelnen Projekten gibt.

Im Mittelpunkt des zweiten Projektjahres standen die Selbsteinschätzungen der Partner zu ihren Beiträgen und die Förderung des Austausches zwischen den Partnern.

Aufgabe im dritten und vierten Projektjahr war es, die Ergebnisse aus den Selbsteinschätzungen durch vertiefende Ausarbeitungen zu ergänzen (Stufe 3) und Instrumente zur Bewertung zur Verfügung zu stellen, die auch in anderen Projekten der DBU genutzt werden können. Die Schwerpunkte lagen dabei auf den folgenden Arbeiten:

- Orientierende Ökobilanzierungen zu den Alternativmethoden Heißdampf, spritzbares Mulchmaterial und Nützlingsrollwiese;
- Strukturierte Darstellung zentraler Projekt-Kenngrößen (z.B. Pestizidverringerung und Haupt-Herausforderungen im Projekt)
- Erarbeitung einer Methodik zur Darstellung von mehrdimensionalen Zielkonflikten und zum Umgang mit ihnen
- Auswertungs- und Abschlußgespräche mit den Projektpartnern, die in der Initiative der DBU gefördert wurden.

Diese Arbeiten waren die Grundlage für drei Beiträgen auf der Abschlussveranstaltung der Pestizidinitiative. Sie fand bei der DBU in Osnabrück im Dezember 2024 statt.

Im Projekt konnte gezeigt werden, dass es eine Vielzahl von nachhaltigen Möglichkeiten gibt, auf unterschiedlichen Wegen die eingesetzten Pestizidmengen in unterschiedlichen Kulturen zu verringern. Mit der Umsetzung dieser Möglichkeiten können wichtige Beiträge geleistet werden, die Belastungen von Mensch und Umwelt durch Pestizide zu senken und die biologische Vielfalt in der Agrarlandschaft zu steigern. Anhand von begleitenden ökobilanziellen Berechnungen konnte gezeigt werden, dass die mit dem Pestizidverzicht verbundenen Mehraufwänden bei den betrachteten Methoden vertretbar sind.

Abstract

This report documents the results and work carried out in the project 'Analysis of the sustainability impact of alternatives to pesticide use and subsequent investigation of multidimensional conflicts of interest' – within the funding initiative "Prevention and reduction of pesticides in the environment" of the German Federal Environmental Foundation (DBU). The project started in June 2021 and was completed in November 2025.

In the first year of the project, an overview was compiled of the sustainability contributions that can be expected from the various projects in the funding initiative. It also became clear that there are many opportunities for exchange between the individual projects.

The second year of the project focused on the partners' self-assessments of their contributions and on promoting exchange between the partners.

The task in the third and fourth years of the project was to supplement the results of the self-assessments with in-depth analyses (stage 3) and to provide assessment tools that can also be used in other DBU projects. The focus was on the following tasks:

- Orientation life cycle assessments of the alternative methods of hot steam, sprayable mulch material and beneficial insect meadows;
- Structured presentation of key project parameters (e.g. pesticide reduction and main challenges in the project);
- Development of a methodology for presenting multidimensional conflicts of interest and dealing with them;
- Evaluation and final discussions with the project partners who were supported by the DBU initiative.

This work formed the basis for three presentations at the closing event of the pesticide initiative. It took place at the DBU in Osnabrück in December 2024.

The project demonstrated that there are a variety of sustainable ways to reduce the amount of pesticides used in different crops. Implementing these options can make an important contribution to reducing the impact of pesticides on humans and the environment and increasing biodiversity in the agricultural landscape. Accompanying life cycle assessments showed that the additional costs associated with avoiding pesticides are reasonable for the methods considered.

Einleitung und Motivation: Hintergrund und Ziele der Arbeiten

Der Pestizideinsatz in der konventionellen Landwirtschaft ist ein wesentlicher Grund für den Rückgang der Artenvielfalt in der Agralandschaft und für Belastungen von Oberflächengewässern mit Pestiziden. Wesentliche Ziele der Förderinitiative „Vermeidung und Verminderung von Pestiziden in der Umwelt“ der DBU waren daher

- der Schutz der Biodiversität durch eine Verringerung des Einsatzes von Pestiziden in der Landwirtschaft und
- die Entwicklung ressourcen- und energieeffizienter, nicht-chemischer Methoden des Pflanzenschutzes.

Im Rahmen dieser Initiative wurde auch das Projekt zur Analyse der Nachhaltigkeitswirkungen gefördert, dessen Ergebnisse in diesem Bericht beschrieben werden.

In der Initiative der DBU wurden dafür zehn Projekte gefördert, die auf ganz unterschiedliche Weise Beiträge zur Erreichung der beiden oben genannten Ziele leisten können. In dem in diesen Bericht beschriebenen Projekt standen folgende Aufgaben an:

- Der Aufbau bzw. die Stärkung der Nachhaltigkeits-Bewertungskompetenzen der einzelnen Fördernehmer und -nehmerinnen der Förderinitiative;
- die Erfassung, Darstellung und Dokumentation der Nachhaltigkeits-Beiträge, die die einzelnen Teilprojekte leisten (bezogen auf Landwirtschaft / Einsatz von Pestiziden) - berücksichtigt werden hierbei ökobilanzielle Aspekte, gefahrstoffbezogene Aspekte (REACH Radar) und weitere qualitative Aspekte;
- die Identifizierung und möglichst weitgehende Umsetzung von Möglichkeiten, innerhalb der Laufzeit der Teilprojekte die Nachhaltigkeits-Beiträge zu steigern;
- die Erarbeitung eines generellen methodischen Zugangs zur Aufarbeitung von potenziellen Zielkonflikten von Forschungsvorhaben zu Alternativen zum Pestizideinsatz, die Beschreibung positiver wie negativer Beiträge der einzelnen Teilprojekte in Hinblick auf die Sustainable Development Goals (SDG) der Agenda 2030 sowie das Aufzeigen von vorhandenen konkreten Zielkonflikten von Möglichkeiten ihrer Lösung;
- die Identifizierung von Spin-offs: Übertragungsmöglichkeiten der Ansätze und Erfahrungen aus den Teilprojekten in verwandte Bereiche des Themenfeldes „Vermeidung und Verminderung von Pestiziden in der Umwelt“ werden herausgearbeitet, und
- die Erarbeitung der Grundlage für eine transparente Kommunikation der tatsächlich oder potenziell erreichten Nachhaltigkeitswirkungen der einzelnen F&E-Projekte sowie damit einhergehend eine stärkere Sichtbarkeit der Thematik bei wichtigen Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern.

In enger Zusammenarbeit und im intensiven Austausch mit den Beteiligten der zehn geförderten Projekte konnten diese Aufgaben erfolgreich bearbeitet werden.

Hauptteil

1 Methodik, Vorgehensweise und Projekt-Ablauf

1.1 Die Methodik und die Vorgehensweise im Projekt

Für jedes Forschungsprojekt erfolgt eine Erfassung und Bewertung der Nachhaltigkeitsbeiträge in mehreren Stufen:

- Stufe 1: Orientierende Nachhaltigkeitsbetrachtung auf qualitativer Ebene
- Stufe 2: Schwerpunktsetzung und orientierende Quantifizierung der Nachhaltigkeitsbewertung
- Stufe 3: Vertiefte Quantifizierung der Nachhaltigkeitsbeiträge, Signifikanzanalyse und Gesamtbewertung.

Bei der orientierenden Nachhaltigkeitsbewertung in Stufe 1 wurden als Bezugspunkt für die Bewertung die Nachhaltigkeitsziele der Agenda 2030 gewählt. Die Schwerpunktsetzung und orientierende Quantifizierung geschah auf der Grundlage von Selbsteinschätzungen, die die geförderten Projektnehmer mit unserer Unterstützung durchführten. Die vertiefte Quantifizierung erfolgte durch ökobilanzielle Auswertungen, die wir für mehrere der geförderten Projekte vorgenommen haben. Die Gesamtbewertung und die Ableitung von Handlungsempfehlungen bildeten den Abschluss der Arbeiten.

Diese Vorgehensweise besteht aus acht Schritten. Sie ermöglicht die strukturierte Darstellung von Nachhaltigkeitsbeiträgen, die Darstellung und auch den Umgang mit mehrdimensionalen Zielkonflikten. Sie wird im Kapitel 2.4.3 beschrieben.

1.2 Der Projekt-Ablauf

Das Projekt begann mit dem Auftakttreffen der Initiative bei der DBU im Juni 2021. Die orientierende Nachhaltigkeitsbetrachtung (Stufe 1) war im Sommer 2022 abgeschlossen. Die Schwerpunktsetzungen und Selbsteinschätzungen wurden bis Sommer 2024 vorgenommen. Die Vertiefungen und die Ableitung der Empfehlungen geschah bis Sommer 2025. Die Ergebnisse wurden u.a. bei der Woche der Umwelt im Berlin (Herbst 2024) und bei der Abschlußveranstaltung der DBU Pestizid-Initiative (Dezember 2024) vorgestellt.

2 Projektergebnisse

2.1 Überblick

Im Projekt wurden zum einen die zehn Projekte der Initiative untersucht. Zum anderen wurden methodische Hilfen für die Nachhaltigkeitsbewertung erarbeitet. Sie können auch in anderen Projekten, die von der DBU gefördert werden, eingesetzt werden. Die Projektpartner können sie auch eigenständig anwenden.

Im jetzt folgenden Kapitel 2.2 werden die Ergebnisse zu den einzelnen Projekten dargestellt. Im Kapitel 2.3 geht es dann um die methodischen Hilfen.

2.2 Die Ergebnisse zu den einzelnen geförderten Projekten

2.2.1 Heißwasser und Precision Weeding zur Beikrautregulierung (P 10)

Erprobung eines computergesteuerten Prototyps zur Regulierung von Beikraut durch Heißwasser

-1- Ergebnisse und Empfehlungen: Im Projekt konnte gezeigt werden, dass Heißwasser erfolgreich zur Beikrautregulierung im Gemüseanbau eingesetzt werden kann. Hierbei stand die Anwendung im Bio-Möhrenanbau im Vordergrund. Hier wird bislang auf Pestizide verzichtet. Dies macht es allerdings erforderlich, das Beikraut von Hand zu entfernen. Diese Arbeit ist körperlich sehr anstrengend und mit hohem Kostenaufwand (Personalkosten) verbunden. Es wird zunehmend schwieriger, überhaupt Arbeitskräfte zu finden, die bereit sind, das händische Jäten durchzuführen. Entsprechend hoch ist der Bedarf an Alternativen.

Im Projekt wurde eine Behandlungseinheit („Kelvin 2“) entwickelt, die an einen üblichen Traktor angekoppelt werden kann. Das Heißwasser wird über Düsen nur dort ausgebracht, wo vorher mittels optoelektronischer Überprüfung festgestellt wurde, dass Beikraut wächst. Die Unterscheidung zwischen Beikraut und den angebauten Möhren geschieht durch eine digitale Bilderkennung. Das Computerprogramm wurde mit umfangreichem Bildmaterial von Beikraut und Möhrenpflanzen trainiert und als selbstlernende künstliche Intelligenz strukturiert. Während der Heißwasser-Anwendung werden die Kulturpflanzen in der Nähe durch eine Kaltwasser-Behandlung geschützt.

Inzwischen ist Kelvin 2 mit zufriedenstellenden Ergebnissen im Feld eingesetzt worden. Es findet eine ausreichend gute Unterscheidung zwischen Beikraut und Möhrenpflanzen statt. Es kommt nur in so geringem Maße zu Schädigungen der Kulturpflanzen, dass es für die Landwirte akzeptable ist. Die Methode ermöglicht eine starke Verringerung des Bedarfs an manuellem Jäten, das zudem auch teurer ist. Damit ermöglicht die Methode einen Möhrenanbau ohne Pestizide auch dann, wenn manuelles Jäten nur noch in geringerem Umfang verfügbar ist. Der Verzicht auf Pestizide und der Möhrenanbau nach den Richtlinien des Bioanbaus führt zu einer Verbesserung der Biodiversität in den Böden und in Oberflächengewässern und eine Verringerung der Schadstoffkonzentration in den Gewässern. Ausserdem werden die Arbeitsbedingungen auf den landwirtschaftlichen Betrieben verbessert, da auf das manuelle Jäten zu einem großen Teil verzichtet werden kann.

Die Bereitstellung des heißen Wassers erfordert jedoch Energie und Wasser. Daher sind hier der Energieaufwand und die hiermit verbundenen Freisetzen treibhaus-wirksamer Gase größer als beim manuellen Jäten und auch größer als bei der konventionellen Herbizidanwendung. Durch ökobilanzielle Berechnungen konnte gezeigt werden, dass der Mehraufwand vergleichsweise gering ist, verglichen mit dem insgesamt für den Möhrenanbau notwendigen Energie- und Wasserbedarf (siehe Anhang III). Der Mehraufwand ist akzeptabel, da durch die Methode manuelles Jäten und Pestizid-Einträge vermieden werden können. Dies ermöglicht es, sowohl bei den Schadstoffeinträgen als auch beim Schutz der biologischen Vielfalt wichtige Verbesserungen zu erreichen. Daher sollte die Methode breit eingesetzt und möglichst auch bei andere Kulturpflanzen zur Anwendung kommen.

-2- Zur Vertiefung: Zusatzinformationen aus den einzelnen Stufen des Projektes

Internetseite des Projektes bei der DBU: https://www.dbu.de/123artikel39074_2430.html

Abbildung 1: Beim Möhrenbau ohne Pestizide wird Jäten von Hand zur Unkrautbekämpfung eingesetzt



Quelle 1 <https://unsplash.com/de>

Kurzbeschreibung durch die Projektnehmer: Ökologische landwirtschaftliche Anbauverfahren leisten einen Beitrag zur Biodiversität und zu einem funktionierenden Ökosystem. Aber im ökologischen Anbau sind die Kosten für die nichtchemische Unkrautbekämpfung deutlich höher, insbesondere für manuelles Jäten, das in langsam wachsenden Kulturen wie Möhren und anderen Hackfrüchten bisher unverzichtbar ist.

Im Projekt wird angestrebt, die nichtchemische Unkrautbekämpfung aus der Nische des Ökoanbaus in die breite Anwendung zu bringen. Dafür soll mit einer Heißwasser-Beikrautregulierung auf Basis selbstlernender Pflanzenerkennung eine Methode entwickelt und zur Praxisreife gebracht werden. Es soll als erster Schritt eine Demonstrationsmaschine für die Unkrautbekämpfung im ökologischen Möhrenanbau entwickelt werden, die den praktischen Nutzen des Heißwassereinsatzes zur Unkrautbekämpfung aufzeigt. Die Maschine soll kamerabasiert Kultur- und Unkrautpflanzen unterscheiden und die Unkräuter punktgenau mit einem kurzen Heißwasserstrahl verbrühen. Die Heißwassermethode kann bei richtiger Dosierung und zuverlässiger Steuerung mittels künstlicher neuronaler Netze zur Bilderkennung hochwirksam, präzise und sicher sein. Der Projektinhalt geht bis zur Felderprobung eines Geräteprototyps sowie bis zu der darauf aufbauenden Umsetzung in einer Demonstrationsmaschine. Als Projektabschluss sind öffentliche Vorführungen für landwirtschaftliche Praktiker vorgesehen.

Projektdurchführung: tiefgrün precision weeding, 34130 Kassel **DBU-AZ:** [37486/01](#)

Welche Beiträge zu mehr Nachhaltigkeit werden erwartet?

- Verzicht/Verringerung des Herbizideinsatzes zur Beikrautregulierung (Merkmale: Quantifizierungen möglich/Derzeit Einsatz geplant für biologischen Anbau ohne Pestizide/Übertragbarkeit auf konventionellen Anbau: zu prüfen)
- Vermeidung/Verringerung von Handarbeit (Merkpunkt: Ersatz von sehr anstrengender körperlicher Arbeit, Bezug zu SDG 8).

- Der ökologische Anbau wird wirtschaftlicher (Merkpunkt: erste Kosten-Berechnungen liegen bereits vor).

Welche Schwierigkeiten können auftreten?

- Höchste Genauigkeit erforderlich bei der Geschwindigkeitserfassung.
- Höchste Genauigkeit bei der Pflanzenerkennung.
- Höchste Genauigkeit erforderlich bei der Applikation (Treffen der Wurzelpunkte mit dem Heißwasser, Schutz der Kulturpflanzen mit dem Kaltwasser).

Ergebnisse aus dem Gespräch mit dem Projektpartner im November 2021:

- Hoher Bedarf an Alternativen zum händischen Jäten (sehr teuer, kaum Personal, sehr belastende Arbeit!)
- Daher hohe Bereitschaft zum Einsatz der Methodik, auch bei einem Wirkungsgrad deutlich unter 100 %. Akzeptanz von Fehlerkennung gegeben, kann quantifiziert werden.
- Heißwasser deutlich preiswerter als händisches Jäten, Beispielrechnungen liegen vor.
- Künstliche Intelligenz zur Pflanzenerkennung wird bereits in anderen Anwendungen eingesetzt. Hohes Austauschpotenzial mit anderen Institutionen.
- Interessante Kontakte zum Anbauverband Möhre Nord. Vielzahl von einzelnen Anwendern. Das könnte in PUMA modelliert werden.

Auswertung 1: Mögliche Nachhaltigkeitsbeiträge

- Verringerung des Pestizideinsatzes
 - Vermeidung der Schädigung von terrestrischen Lebensgemeinschaften durch Pestizide (SDG 15, Leben an Land).
 - Vermeidung der Schädigung aquatischer Lebensgemeinschaften durch Pestizide (SDG 14, Leben unter Wasser + SDG 15).
 - Vermeidung gesundheitlicher Schäden bei der Ausbringung der Pestizide (SDG 3, Gesundheit und Wohlergehen).
 - Vermeidung von Boden- und Wasserbelastungen durch Pestizide (SDG 6, Sauberes Wasser/ SDG 14,15).
- Vermeidung von manuellem Jäten als sehr anstrengender körperlicher Tätigkeiten (SDG 8, Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum / SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion).
- Kosteneinsparungen durch eine geringere Zahl an Pestizidanwendungen / Jahr (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion).

Auswertung 2: Mögliche Zielkonflikte

- Mehraufwand (Kosten) verglichen mit der Pestizidanwendung (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion).
- Höherer Energieaufwand und höherer Wasserverbrauch, verglichen mit manuellem Jäten bzw. Pestizidanwendungen (SDG 13, Maßnahmen zum Klimaschutz / SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion).

Auswertung 3: Möglichkeiten zum Austausch zwischen den Projekten

- Einschätzung der erzielbaren Pestizideinsparungen
- Möglichkeiten des Einsatzes von Optoelektronik zur Düsensteuerung bei der Pestizidanwendung
- Möglichkeiten zum Einsatz des Heißwasser-Roboters zur Beikrautbekämpfung
- Möglichkeiten zur Akzeptanzänderung hinsichtlich geringen, nicht schädlichen Beikraut-Dichten
- Nutzung von optoelektronischen Monitoringsystemen für die Messung der Befallshöhe

Mögliche Themen für die Selbstbewertung (in Stufe 2, durch den Projektpartner)

- Einschätzung der Pestizid-Einsparpotenziale
- Einschätzung Kosten für die Heißwasseranwendung, verglichen mit manuellem Jäten und verglichen mit Pestizidanwendungen.
- Darstellung der Akzeptanz-Räume für Schädigungen an den Möhren-Pflanzen und für verbleibende Beikraut-Dichten.
- Orientierende Einschätzung zum Energieaufwand und zum Wasserverbrauch, als Vorbereitung für vertiefende Bewertungen in Stufe 3.

Mögliche Themen für die vertiefende Bewertung (in Stufe 3, durch das Öko-Institut)

- Ökobilanzielle Einschätzung der Aufwendungen für die Heißwasser-Anwendung, verglichen mit dem manuellen Jäten bzw dem Pestizideinsatz. Gegebenenfalls Ergänzung um Einschätzungen zum Aufwand für (ausschließliches oder unterstützendes) manuelles Jäten.

2.2.2 Blühstreifen und Offene-Zucht-Systeme im Freiland-Gemüseanbau (P9)

Effektiver Einsatz von Nützlingen beim Anbau von Gemüse im Freiland durch maßgeschneiderten Blühstreifen

-1- Ergebnisse und Empfehlungen: Im Projekt konnte gezeigt werden, dass der Nützlingseinsatz im Freiland durch den Anbau von Wirtspflanzen („Bankerpflanzen“) gefördert wird. Im Projekt unterstützten sie die gezielte Ausbreitung von Schlupfwespen. Außerdem wurde der Einfluss artenreicher Blühstreifen auf die Nützlingspopulationen untersucht. Die Schlupfwespen parasitieren die Kohlmottenschildlaus, einen wichtigen Schädling im Rosenkohlanbau. Im Projekt war es das

Ziel, Erfahrungen mit dem Nützlingseinsatz im Freiland zu gewinnen. Unter Glas (in Gewächshäusern) ist der Einsatz von Nützlingen inzwischen bei vielen Kulturpflanzen etabliert. Dadurch kann in vielen Fällen auf den Einsatz von Pestiziden verzichtet werden. Allerdings sind die Bedingungen in Gewächshäusern auch wesentlich leichter zu kontrollieren als im Freiland. Daher werden im Freiland bisher Nützlinge nur in wesentlichen geringerem Umfang eingesetzt (z.B. Nematoden).

Der Mehraufwand an Rohstoffen und Energie für den Anbau der Bankerpflanzen und die Anzucht der Nützlinge sind voraussichtlich annehmbar gering, verglichen mit dem Gesamtaufwand für den Anbau von Rosenkohl.

Es ist zu erwarten, dass der Nützlingseinsatz im Freiland eine Verringerung der benötigten Herbizidmengen ermöglicht. Dies führt zu Verbesserung der Wasserqualität in Oberflächengewässern und zum Schutz der biologischen Vielfalt dort und im Acker. Für die Quantifizierung dieser Entlastungen sind Daten aus längeren Versuchszeiträumen erforderlich.

-2- Zur Vertiefung: Zusatzinformationen aus den einzelnen Stufen des Projektes

Internetseite des Projektes bei der DBU: https://www.dbu.de/123artikel39073_2430.html

Abbildung 2: Artenreiche Randstreifen können die Häufigkeit von Nützlingen in ackerbaulich genutzte Flächen erhöhen.



Quelle 2: <https://unsplash.com/de>

Kurzbeschreibung durch die Projektnehmer: Der biologische Pflanzenschutz mit Nützlingseinsatz gegen Schädlinge ist in Gewächshauskulturen relativ gut etabliert. Im Gegensatz dazu kommen gezielte biologische Verfahren im Freiland sehr viel seltener zum Einsatz, wo die Förderung von natürlich vorkommenden Gegenspielern durch Blühstreifen, Ackerrandstreifen sowie Habitat- und Biotopvernetzung eine große Rolle spielt, um die Lebensbedingungen in der ausgeräumten Agrarlandschaft zu verbessern. Im Projekt soll diese Situation verbessert werden. Dazu sollen wichtige Gegenspieler abhängig von ihrem Vorkommen im Freiland mittels sogenannter Offene-Zucht-Systeme etabliert und zur gezielten Bekämpfung eingesetzt werden. Mit dem Vorhaben soll die Praxistauglichkeit von biologischen Pflanzenschutzverfahren unter Beweis gestellt bzw. die Wirksamkeit von Alternativen überprüft werden.

Projektdurchführung:

[Leibniz Universität Hannover, Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Abteilung](#)

Phytomedizin

30419 Hannover

Förderzeitraum: Juni 2021 – Juni 2024 **DBU-AZ:** 37485/01**Welche Beiträge zu mehr Nachhaltigkeit werden erwartet?**

- Stärkung und Weiterentwicklung von nicht-chemischen, d.h. biologischen Pflanzenschutzverfahren im Freiland
 - Reduktion von Pflanzenschutzmitteln
 - Schließen von Lückenindikationen
 - Neuartige Verfahren für den ökologischen Anbau (Merkpunkt: Potential auch für konventionellen Anbau/Übergänge?)
- Steigerung der Wirkungssicherheit und Effizienz durch innovative Kombination verschiedener Verfahren (Merkpunkt: auch Einsatz von Optoelektronik vorstellbar?).
- Hohes Potential zur Übertragung auf andere Freilandkulturen in Gartenbau und Ackerbau
 - Gezielter Nützlingseinsatz im Freiland mit weiteren Arten.
 - Bekämpfung von Virusvektoren im Kartoffelanbau.
- Diversifizierung der Land(wirt)schaft
- Steigerung der (Insekten-) Biodiversität
- Maßnahmen gegen das Insektensterben.

Welche Schwierigkeiten können auftreten?**Wissenschaftliche Hindernisse (im Sinne offener Fragen zu der Wirksamkeit des Ansatzes und möglichen Nebenwirkungen)**

- Negative Wechselwirkungen zwischen Blühstreifen und dem Offene-Zucht-System.
- Effektivität lässt sich nur durch größere Flächen steigern
- Wirkung nicht gegen alle Kohlschädlinge zufriedenstellend
- Aussagekraft der Ergebnisse für die Praxis begrenzt (geringe Schädlingsdichten, Wetterextreme etc.)

Ökonomische Hindernisse.

- Anbauflächenverbrauch (verringertes Ertrag)
- Segregation (Trennung der Flächen?) erhöht Pflegeaufwand (höhere Kosten)
- Geringe Effizienz/Wirksamkeit: zusätzlicher Insektizideinsatz nötig (verringertes Ertrag, höhere Kosten)
- Hohe Kosten für Bereitstellung und Pflege von Offener Zucht und/oder Blühstreifen

Ergebnisse aus dem Gespräch mit dem Projektpartner Ende Mai 2022:

- Im Biolandbau gibt es keine effektive Maßnahmen zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus. Daher gibt es hier eine große Nachfrage nach pestizidfreien Behandlungsmethoden.
- Im konventionellen Anbau gibt es nur eine begrenzte Zahl an Wirkstoffen gegen die Kohlmottenschildlaus. Es ist zu erwarten, dass sich durch Nicht-Verlängerung von Zulassungen diese Zahl noch verringern wird. Das führt auch hier zur Nachfrage nach alternativen Methoden.
- Derzeit wird der Gemüsekürbis eingesetzt als Wirtspflanze für die Kürbismottenschildlaus und den zugehörigen Nützling, die Schlupfwespe *Encarsia tricolor*. Die Kürbismottenschildlaus geht nicht an die Kulturpflanzen. Sie dient als Nahrungsgrundlage für die Schlupfwespe. Die Schlupfwespe geht dann in die Kultur und parasitiert die Kohlmottenschildlaus.
- Für den Kürbis wird ein Ersatz gesucht, der leichter versandt werden kann, d.h. nicht so groß und schwer ist.
- Für den Versand sollen nach Möglichkeit in der Landwirtschaft bereits bestehende Distributions-Systeme und -wege genutzt werden.
- Die Verbindung von Offene-Zucht-Systemen für die Nützlinge (die Schupfwespen) und maßgeschneidertem Blühstreifen führt zu mehr funktioneller Biodiversität im Freiland. Die Blühstreifen sind ein zusätzliches Nektar- und Pollenangebot, sie bieten alternative Beute- und Wirtsorganismen und zusätzliche Habitate.
- Bei der Zusammensetzung der Blühstreifen ist darauf zu achten, dass möglichst keine Schädlinge (z.B. Kohlweislingsarten) angelockt werden.
- Die Zusammensetzung der umgebenden Landschaft und die vorherrschenden klimatischen Bedingungen haben einen sehr hohen Einfluss auf die wirksam werdende Nützlingsdichte. Durch koordinierte regionsübergreifende Anbaukonzepte können die lokalen Bedingungen besser genutzt werden.

Auswertung 1: Mögliche Nachhaltigkeitsbeiträge

- Verringerung des Pestizideinsatzes
 - Vermeidung der Schädigung von terrestrischen Lebensgemeinschaften durch Pestizide (SDG 15, Leben an Land)
 - Vermeidung der Schädigung aquatischer Lebensgemeinschaften durch Pestizide (SDG 14, Leben unter Wasser + SDG 15)
 - Vermeidung gesundheitlicher Schäden bei der Ausbringung der Pestizide (SDG 3, Gesundheit und Wohlergehen)
 - Vermeidung von Boden- und Wasserbelastungen durch Pestizide (SDG 6, Sauberes Wasser/ SDG 14,15)
- Schließen einer Lücke in den Behandlungsmöglichkeiten gegen Kohlmottenschildläuse im Bioanbau (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)

- Schließen einer Wirkstofflücke gegen Kohlmottenschildläuse auch im konventionellen Pflanzenschutz (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)
- Förderung der Biodiversität im Feld durch Blühstreifen (SDG 15)
- Kosteneinsparungen durch eine geringere Zahl an Pestizidanwendungen/Jahr (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)

Auswertung 2: Mögliche Zielkonflikte

- Mehraufwand (Kosten) verglichen mit der Pestizidanwendung (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)
- Konkurrenz zwischen Kulturpflanzen und Blühstreifen bzw. Offene-Zucht-Plätzen um die Fläche (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)

Auswertung 3: Möglichkeiten zum Austausch zwischen den Projekten

- Verwendete Pestizide
- Einschätzung der erzielbaren Pestizideinsparungen
- Möglichkeiten des Erkennens von Hinweisen zu Auswirkungen auf die Biodiversität innerhalb des sehr kurzen Projektzeitraumes
- Erfahrungen mit der Zusammensetzung und der Anordnung von maßgeschneiderten Blühstreifen
- Möglichkeiten zur Förderung der Biodiversität im Feld und zur Vernetzung innerhalb und über eine Region hinaus
- Möglichkeiten des Einsatzes von Optoelektronik zur Düsensteuerung bei der Pestizidanwendung
- Möglichkeiten zum Einsatz des Heißwasser-Roboters zur Beikrautbekämpfung
- Möglichkeiten zur Anwendung des spritzbaren Mulchmaterials zur Beikrautbekämpfung
- Möglichkeiten zur Akzeptanzänderung hinsichtlich geringen, nicht schädlichen Beikraut-Dichten
- Nutzung von optoelektronischen Monitoringsystemen für die Messung der Befallshöhe

Mögliche Themen für die Selbstbewertung (in Stufe 2, durch den Projektpartner)

- Auflistung der eingesetzten Wirkstoffe
- Einschätzung der Einsparpotenziale
- Beschreibung von Hinweisen auf Auswirkungen auf die Biodiversität
- Einschätzung Kosten für die Offene-Zucht-Systeme und die maßgeschneiderten Blühstreifen
- Einschätzung zum Flächenbedarf für die Rollwiese, Konkurrenz zur Nutzung der Fläche für die Kulturpflanzen und Möglichkeiten der Verringerung der Konkurrenz.

Mögliche Themen für die vertiefende Bewertung (in Stufe 3, durch das Öko-Institut)

- Ökobilanzielle Einschätzung der Aufwendungen für Offene-Zucht-Systeme und Blühstreifen. Ggf. Ergänzung um Einschätzungen zum Aufwand für unterstützende Hacksysteme.

2.2.3 Nützlings-Rollwiese statt Insektizide (P3)

Nützlinge statt Insektizide: Entwicklung einer Nützlingsrollwiese für den Anbau von Gemüse

-1- Ergebnisse und Empfehlungen: Der Einsatz der Nützlingsrollwiese ermöglicht eine deutliche Verringerung der ausgebrachten Insektizidmenge. Der Flächenbedarf für die Rollwiese ist hierbei geringer als erwartet. Er liegt bei weniger als 1 % der Ackerfläche.

Mit der Herstellung der Rollwiese sind Mehraufwände beim Rohstoffverbrauch, beim Energieverbrauch und bei der Freisetzung von Treibhausgasen verbunden, verglichen mit dem konventionellen Pestizideinsatz. Durch ökobilanzielle Berechnungen konnte gezeigt werden, dass diese Mehraufwände vernachlässigbar gering sind, bezogen auf die Gesamtbelastungen, die mit dem Salatanbau verbunden sind. Die Berechnungen werden im Kap. 2.3.3 und im Anhang V dargestellt.

Wenn durch günstige Wachstumsbedingungen sehr viel Salat angeboten wird, werden mitunter vom Abnehmer sehr hohe Anforderungen an die Ware gestellt. Es wird eine völlige Blattlausfreiheit gefordert, Dies kann wahrscheinlich nur mit einem wesentlich großflächigeren Einsatz der Nützlingsrollwiese erzielt werden.

Insgesamt stellt die Nützlingsrollwiese eine nachhaltige Alternative zum Pestizideinsatz dar. Ihr verstärkter Einsatz ist zu empfehlen. Er führt zu einer Verbesserung der Gewässerqualität und zur Steigerung der biologischen Vielfalt im Acker.

-2- Zur Vertiefung: Zusatzinformationen aus den einzelnen Stufen des Projektes

Internetseite des Projektes bei der DBU: https://www.dbu.de/123artikel39067_2430.html

Abbildung 3: Im Salat-Anbau kann durch Nützlingsrollwiesen der Pestizideinsatz verringert werden.



Quelle 3 <https://unsplash.com/de>

Kurzbeschreibung durch die Projektnehmer: Der Einsatz von Nützlingen zur Bekämpfung von Schaderregern ist beim Anbau von Gemüse im Gewächshaus weit verbreitet. Dadurch kommen deutlich weniger chemisch-synthetische Insektizide zur Anwendung. Diese Methode ist im Freiland mit unkontrollierbaren Bedingungen jedoch schwierig umzusetzen.

Die Staatsschule für Gartenbau Stuttgart-Hohenheim entwickelt in Kooperation mit der Hermann Welzel Gartenbau GbR ein Nützlingssystem basierend auf einer schnell ausbringbaren Nützlingsrollwiese für Salatkulturen und Kohlrabipflanzen. Das Ziel des Projekts ist es, die Auswirkungen der Schädlinge auf die Gemüsekulturen bereits in einem frühen Stadium durch Ausbringen von Nützlingen zu minimieren und somit den Einsatz von Insektiziden deutlich zu reduzieren.

Die Nützlingsrollwiese entsteht nach dem Vorbild eines Rollrasens, der schnell und flexibel ausgebracht werden kann. Dabei werden im Projekt passende Nützlinge für die wichtigsten Schädlinge im Salat identifiziert und daraufhin passende Nahrungspflanzen für die Nützlinge zusammengestellt. Zudem wird untersucht, wann der optimale Zeitpunkt für die Ausbringung der Rollwiese ist, ebenso wie das optimale Entwicklungsstadium der Nützlinge, welche auf der Rollwiese schon vorab etabliert werden. Im Projekt wird dann ein Verfahren zur Aussaat, Anzucht, Verpackung, Transport und Ausbringung der Nützlingsrollwiese entwickelt.

Projektdurchführung: [Staatsschule für Gartenbau Stuttgart-Hohenheim](#) 70599 Stuttgart

Förderzeitraum: Januar 2021 – Januar 2023 **DBU-AZ:** 35949/01

Hinweis: Zu den jetzt folgenden Leitfragen gab es bei diesem Projekt keine Zusammenstellung auf der Auftaktveranstaltung. Die Punkte wurden von uns aus dem Antrag und aus dem Gespräch in Stuttgart-Hohenheim abgeleitet.

Welche Beiträge zu mehr Nachhaltigkeit werden erwartet?

- Verringerung der Insektizidmenge (Merkpunkt: Erste Abschätzungen zur Höhe der Einsparung?)
- Förderung der Biodiversität (Schwerpunkt Insekten) im Feldanbau
- Erhöhung der landschaftlichen Vielfalt im Feldanbau. Einbettung der Rollwiesen und ähnlicher Ansätze in den landwirtschaftlichen Betrieb
- Quantifizierung der erforderlichen Effektivität und der Toleranz gegenüber geringfügigen Ertragsausfällen

Welche Schwierigkeiten können auftreten?

- Nicht-Vorhersagbarkeit der klimatischen Bedingungen in der Saison und mangelnde Vergleichbarkeit der Versuchsjahre
- Erhöhte Kosten durch den Einsatz von Nützlingsrollwiesen (Merkpunkt: erste ökonomische Abschätzungen liegen bereits vor)
- Unterschiedliche Akzeptanz im biologischem und konventionellen Anbau. (Merkpunkt: vorhandene Erfahrungen wertvoll zur zielgenauen Ausrichtung der Methoden auf unterschiedliche Typen landwirtschaftlicher Betriebe)

Ergebnisse aus dem Besuch bei dem Projektpartner im August 2021:

- Die besondere Bedeutung des Projektes liegt in der Anwendung von Nützlingen im Freiland. Hier sind viele Einflussfaktoren viel stärkeren Schwankungen unterworfen als im Gewächshaus.
- Es liegen bereits belastbare Methoden zur Erfassung der Kosten vor, die mit dem Ansatz verbunden sind.
- Es gibt Akzeptanzbereiche für Verringerungen des Ertrages pro Hektar, wenn dadurch Pestizide eingespart werden können.
- Es werden genaue Bonitierungen der Schädlinge und der Nützlinge durchgeführt.
- Je nach Art des landwirtschaftlichen Betriebes (Flächengröße, Erzeugung für Großabnehmer oder, Marktbeschickung, Direktvermarktung) können die eingesetzten Rollwiesen verschiedene zusätzliche Funktionen haben. Es gibt im Umfeld Beispiele für Höfe, die im gesamten Umfeld mit Maßnahmen arbeiten, um die Biodiversität zu fördern. Das kann auch zu einem ästhetischen Gewinn führen.
- Es besteht Interesse am Testen robotergesteuerter Beikrautbekämpfung (erwartete Ergebnisse aus dem Projekt Möhrenanbau, Möglichkeit zum Austausch zwischen den Projekten).

Auswertung 1: Mögliche Nachhaltigkeitsbeiträge

- Verringerung des Pestizideinsatzes
 - Vermeidung der Schädigung von terrestrischen Lebensgemeinschaften durch Pestizide (SDG 15, Leben an Land)
 - Vermeidung der Schädigung aquatischer Lebensgemeinschaften durch Pestizide (SDG 14, Leben unter Wasser + SDG 15)
 - Vermeidung gesundheitlicher Schäden bei der Ausbringung der Pestizide (SDG 3, Gesundheit und Wohlergehen)
 - Vermeidung von Boden- und Wasserbelastungen durch Pestizide (SDG 6, Sauberes Wasser/ SDG 14,15)
- Förderung der Biodiversität im Feld durch Blühstreifen (SDG 15)
- Kosteneinsparungen durch eine geringere Zahl an Pestizidanwendungen/Jahr (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)

Auswertung 2: Mögliche Zielkonflikte

- Mehraufwand (Kosten) verglichen mit der Pestizidanwendung (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)
- Konkurrenz zwischen Kulturpflanzen und Rollwiese um die Fläche (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)

Auswertung 3: Möglichkeiten zum Austausch zwischen den Projekten.

- Verwendete Pestizide (Wirkstoffe, Aufwandmenge/ha).
- Einschätzung der erzielbaren Pestizideinsparungen
- Erfahrungen mit der Zusammensetzung und der Anordnung von maßgeschneiderten Blühstreifen
- Möglichkeiten des Erkennens von Hinweisen zu Auswirkungen auf die Biodiversität innerhalb des sehr kurzen Projektzeitraumes
- Möglichkeiten zur Förderung der Biodiversität im Feld und zur Vernetzung innerhalb und über eine Region hinaus
- Möglichkeiten des Einsatzes von Optoelektronik zur Düsensteuerung bei der Pestizidanwendung
- Möglichkeiten zum Einsatz des Heißwasser-Roboters zur Beikrautbekämpfung
- Möglichkeiten zur Anwendung des spritzbaren Mulchmaterials zur Beikrautbekämpfung
- Möglichkeiten zur Akzeptanzänderung hinsichtlich geringen, nicht schädlichen Beikraut-Dichten

Mögliche Themen für die Selbstbewertung (in Stufe 2, durch den Projektpartner).

- Auflistung der eingesetzten Wirkstoffe
- Einschätzung der Einsparpotenziale
- Beschreibung von Hinweisen auf Auswirkungen auf die Biodiversität bzw. Artenvielfalt
- Einschätzung zum Flächenbedarf für die Rollwiese, Konkurrenz zur Nutzung der Fläche für die Kulturpflanzen und Möglichkeiten der Verringerung der Konkurrenz
- Einschätzung zu den Kosten für die Rollwiese und ihre Anwendung, verglichen mit der Pestizidbehandlung
- Aufstellung der benötigten Materialmengen pro Fläche als Vorbereitung für eine erste ökobilanzielle Einschätzung

Mögliche Themen für die vertiefende Bewertung (in Stufe 3, durch das Öko-Institut).

- Ökobilanzielle Einschätzung der Aufwendungen für eine Nützlingsrollwiese, verglichen mit dem Pestizideinsatz. Ggf. Einbezug eines ergänzenden Hack-Einsatzes.

2.2.4 Natürliche Abwehrmechanismen (P4)

Förderung natürlicher Abwehrmechanismen von Hopfenpflanzen gegen Spinnmilben zur Reduzierung von Pflanzenschutzmitteln

-1- Ergebnisse und Empfehlungen: Durch die im Projekt entwickelte Vorbehandlung mit Spinnmilben werden Hopfenpflanzen widerstandsfähiger. Dieser frühzeitige Kontakt der Jungpflanzen mit dem Schädling geschieht im Gewächshaus. Nach Pflanzung im Freiland sind die

Pflanzen dann weniger empfindlich, wenn ein natürlicher Spinnmilbenbefall auftritt. Die entstehenden Schäden sind deutlich geringer als bei unbehandelten Pflanzen.

Im Projekt wurde diese induzierte Resistenz durch weitere Maßnahmen ergänzt. In einigen Hopfengärten wurden biotechnologisch vermehrte Raubmilben als Nützlinge ausgebracht. Ausserdem wurden Flächen, die in den Hopfengärten ungenutzt zur Verfügung standen (sog. „Eh da – Flächen“) gezielt verwendet. Auf ihnen wurden breitblättrige Pflanzen eingesetzt. Sie dienen den Raubmilben als Rückzugsort und Überwinterungsplatz. Das unterstützt den Aufbau mehrjähriger Nützlingspopulationen, die sich selber erhalten. In diesem Fall müssen die Raubmilben nicht jedes Jahr aufs Neue ausgebracht werden.

Insgesamt ermöglicht die Nutzung der induzierten Resistenz eine deutliche Verringerung des Akarizideinsatzes im Hopfengarten. Der Zusatzaufwand für die induzierte Resistenz ist gering. Es können Verbesserungen der Wasserqualität in Oberflächengewässern, eine Steigerung der biologischen Vielfalt im Hopfengarten und deutliche Senkungen der Pestizidkosten erreicht werden. Die Methode sollte daher verstärkt genutzt werden. Möglichkeiten der Übertragung auf andere Kulturpflanzen sollten geprüft werden.

-2- Zur Vertiefung: Zusatzinformationen aus den einzelnen Stufen des Projektes

Internetseite bei der DBU: https://www.dbu.de/123artikel39072_2430.html

Abbildung 4: Im Hopfen-Anbau kann durch Resistenzförderung der Herbizideinsatz verringert werden.



Quelle 5: <https://unsplash.com/de>

Kurzbeschreibung durch die Projektnehmer: Spinnmilben sind ein Hauptschädling für Hopfen. Bei starkem Befall kann das zu Qualitäts- und Ernteverlusten oder sogar zum Totalausfall führen. Da Spinnmilben besonders warme und trockene Verhältnisse bevorzugen, wird durch den Klimawandel die Bedeutung weiter zunehmen. Zum Schutz werden bislang regelmäßig umweltschädliche Pflanzenschutzmittel aus der Gruppe der Akarizide verwendet, gegen die Spinnmilben jedoch zunehmend Resistenzen entwickeln.

Ziel des Projektes ist es, den Einsatz von Akariziden deutlich zu reduzieren. Dazu wird im Projekt systematisch untersucht, inwieweit anfänglich starker Befall mit Spinnmilben die Anfälligkeit der Hopfenpflanze im Folgejahr reduziert (induzierte Resistenz).

Im Rahmen des Projektes werden Versuche im Freiland auf 30 Praxisflächen (Hopfengärten) und im Gewächshaus durchgeführt. Dabei werden behandelte und unbehandelte Hopfenpflanzen bezüglich des Spinnmilbenbefalls und die Anfälligkeit verschiedener Hopfensorten miteinander verglichen. Im Gewächshausversuch werden junge Hopfenpflanzen gezielt mit Spinnmilben besiedelt, um starken Anfangsbefall auszulösen. Kontrollpflanzen werden dagegen durch Akarizidbehandlungen komplett spinnmilbenfrei gehalten. Die so vorbereiteten Hopfenpflanzen werden anschließend ins Freiland gesetzt und in den Folgejahren beobachtet. Aus diesen Pflanzversuchen werden Erkenntnisse für den Pflanzenschutz in der Praxis erarbeitet, die zu einer signifikanten Reduktion des Akarizideinsatzes beim Anbau von Kulturhopfen beitragen sollen.

Projektdurchführung:

[Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft \(LfL\), Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung \(IPZ\)](#)

85283 Wolnzach

Förderzeitraum: März 2021 – März 2026 **DBU-AZ:** 35937/01

Welche Beiträge zu mehr Nachhaltigkeit werden erwartet?

- Verringerung des Akarizideinsatzes im Hopfenanbau. Mittel- bis langfristig Verzicht auf durchschnittlich 1 Behandlung/ha/Jahr. Dies entspricht 40 Tonnen Akarizide/Jahr
- Ökonomische Einsparungen (DE: 5,5 Mio € Akarizidkosten (> 30.000 ha))

Welche Schwierigkeiten können auftreten?

- Unterschiede in den klimatischen Bedingungen während der Erntesaison, die eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen den Jahren erschweren
- Unterschiede zwischen den Sorten in dem Erfolg der Resistenzinduktion
- Verringerung des Ertrags pro Parzelle
- Erhöhtes Risiko des Ernteausfalls durch Spinnmilbenbefall
- Erhöhter Kosten für Hopfenpflanzen mit induzierter Resistenz? Vergleichende Aufstellung der Gesamtkosten (Merkpunkt: Liegen hier schon Erfahrungen bzw. erste Abschätzungen vor?)
- Rund um die Holzmasten, die zur Befestigung der Verankerungsdrähte dienen, kann Unterkraut angesät werden. Dies fördert die Artenvielfalt im Feld und kann Nützlingen als Lebensraum dienen, ohne dass zusätzliche Flächen benötigt werden
- Pro Jahr werden 10 – 15 Pestizidbehandlungen durchgeführt – gegen Pilze, Milben, Beikräuter und andere Schädlinge. Dies ist insgesamt mit hohen Kosten verbunden

Auswertung 1: Mögliche Nachhaltigkeitsbeiträge

- Verringerung des Akarizideinsatzes
 - Vermeidung der Schädigung von terrestrischen Lebensgemeinschaften durch Pestizide (SDG 15, Leben an Land)

- Vermeidung der Schädigung aquatischer Lebensgemeinschaften durch Pestizide (SDG 14, Leben unter Wasser + SDG 15)
- Vermeidung gesundheitlicher Schäden bei der Ausbringung der Pestizide (SDG 3, Gesundheit und Wohlergehen)
- Vermeidung von Boden- und Wasserbelastungen durch Pestizide (SDG 6, Sauberes Wasser/ SDG 14,15)
- Förderung der Biodiversität im Feld durch Nutzung verfügbarer Flächen, die nicht von den Pflanzen beansprucht werden (SDG 15)
- Kosteneinsparungen durch eine geringere Zahl an Akarizidanwendungen/Jahr SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)

Auswertung 2: Mögliche Zielkonflikte

- Mehraufwand (Kosten) für die Vorbereitung der Pflanzen (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)

Auswertung 3: Möglichkeiten zum Austausch zwischen den Projekten

- Verwendete Pestizide
- Nutzung verfügbarer Flächen um die Holzmasten

Themen für die Selbstbewertung (in Stufe 2, durch den Projektpartner)

- Auflistung der eingesetzten Wirkstoffe
- Einschätzung der Pestizid-Einsparpotenziale

2.2.5 Biologisches Vergrämungsmittel auf Tonbasis (P 5)

Entwicklung eines biologischen Vergrämungsmittels (Repellent) gegen Blattflöhe (Psylliden)

-1- Ergebnisse und Empfehlungen: Im Projekt wurde ein Vergrämungsmittel für den Obstbau (Apfel, Birne, Aprikose) gegen Blattflöhe entwickelt. Bereits eingesetzt werden Produkte auf Basis von des weiß gefärbten Tonminerals Kaolin. Sie sind wirksam. Allerdings führt ihre Anwendung zu weithin sichtbaren weißen Färbungen der Obstbaum-Stämme. Dies wird in Gebieten mit hohem Tourismus-Aufkommen als nachteilig empfunden. Die im Projekt entwickelten Vergrämungsmittel nutzen andere Tonfraktionen. Sie sind erdfarben. Ihre Anwendung ist am Stamm nicht zu erkennen.

Im Projekt konnte zu Beginn gezeigt werden, dass bestimmte Tonfraktionen eine abstoßende Wirkung aufweisen und zu geringerem Befall durch Blattflöhe führten. Die Versuche wurden sinnvollerweise zunächst mit kleineren Mengen an Tonfraktionen durchgeführt. Für die Anwendung in der Praxis sind größere Mengen erforderlich. Um sie zu gewinnen, musste eine andere Mahltechnik eingesetzt werden, die für den großtechnischen Einsatz geeignet ist. Bei den auf diese Weise hergestellten Produkten konnte die vergrämende Wirkung nicht mehr festgestellt werden. Der Grund hierfür ist vermutlich eine Änderung der Oberflächenstruktur der Tonpartikel aufgrund des geänderten Mahlverfahrens. Hier sind weitere Versuche erforderlich, um herauszufinden, mit welcher Technik wirksame Tonmaterialien in ausreichender Menge hergestellt werden können.

Ursprünglich war vorgesehen, die Wirksamkeit der Tonmineralien durch Kiefernextrakte zu steigern. Im Projektverlauf wurde dann klar, dass in diesem Fall die Tonmineralien als Pflanzenschutzmittel zugelassen werden müssen. Dies ist mit einem sehr hohen finanziellen Aufwand verbunden. Im Projekt wurde dieser Ansatz daher nicht weiter verfolgt.

Insgesamt ermöglicht der Wechsel der Tonmineralien eine Behandlung von Obstbäumen, die nicht sichtbar ist. Dies erhöht die Akzeptanz des Verfahrens. Wenn die benötigten Mengen großtechnisch hergestellt werden können, ermöglicht ihre Verwendung eine Verringerung des Pestizidbedarfs. Dies führt zu Verbesserungen der Gewässerqualität und einer Erhöhung der biologischen Vielfalt auf den Anbauflächen. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Wechsel der verwendeten Tonfraktion nicht zu Mehraufwendungen bei Rohstoff- und Energieeinsatz führt, verglichen mit den bereits verwendeten Kaolin-Produkten.

Hinzu kommt, dass für einige Obstarten zunehmend weniger Wirkstoffe gegen Blattflöhe verfügbar sind. Tonmineralien können in diesem Fall Wirkstoff-Lücken schließen und sicherstellen, dass z.B. Birnen auch weiterhin angebaut werden können.

-2- Zur Vertiefung: Zusatzinformationen aus den einzelnen Stufen des Projektes

Internetseite des Projektes bei der DBU: https://www.dbu.de/123artikel39068_2430.html

Abbildung 5: Beim Apfelanbau stehen zur Bekämpfung der Blattflöhe nur wenige Wirkstoffe zur Verfügung



Quelle 4: <https://unsplash.com/de> /

Kurzbeschreibung durch die Projektnehmer: Phytoplasmosen stellen in Obstbaumanlagen gefährliche Krankheiten dar, die hauptsächlich durch Blattflöhe übertragen werden. In den letzten Jahren breiten sich diese Krankheiten immer weiter aus. Sie mindern die Qualität des Obsts oder lassen Obstbäume komplett absterben. Die Blattflöhe können durch Insektizide bekämpft werden, dabei handelt es sich aber um eine stark umweltbelastende Maßnahme.

Im ökologischen Birnenanbau wird teilweise Kaolin verwendet, ein weißes Gesteinspulver, das jedoch nicht regenfest ist und einen weißen Film auf den Bäumen hinterlässt. Die Tonmineralien machen es den Insekten äußerst schwer, sich auf den Blättern zu halten, da ihre Füßchen (Tarsen) abrutschen. Zudem ist bekannt, dass einige Blattfloharten an Nadelhölzern (Koniferen) überwintern. Im Frühjahr wirkt dagegen der Koniferenduftstoff abweisend (repellent) auf die Insekten.

Die RLP AgroScience GmbH entwickelt deshalb in einem von der DBU geförderten Projekt in Kooperation mit der Stephan Schmidt KG einen aufsprühbaren, stammfarbenen Film, der auf Tonmaterialien basiert und regenfest ist. Im Entwicklungsprozess werden unterschiedliche Zusammensetzungen von Sprühlösungen aus verschiedenen mineralischen Rohstoffen ausgewählt. Außerdem soll der Film mit einem Koniferenduftstoff versetzt werden, um die repellente Wirkung zu verstärken. Zusätzlich werden Untersuchungen vorgenommen, um sicherzustellen, dass kein negativer Effekt auf die Pflanzen oder die Umwelt entsteht, die Lösung aber dennoch biologisch wirksam bleibt. Durch die Sprühlösung soll die Übertragung von Phytoplasmen durch das Fernhalten von Blattsaugern deutlich verringert und somit der Einsatz von Insektiziden vermieden werden. Am Ende soll ein einsatzbereiter Sprühfilm stehen, der in ein Zulassungsverfahren überführt werden kann.

Projektdurchführung: [RLP AgroScience GmbH](#) 67435 Neustadt

Förderzeitraum: Dezember 2020 – Dezember 2023 **DBU-AZ:** 35316/01

Welche Beiträge zu mehr Nachhaltigkeit werden erwartet?

- Verringerung synthetischer Insektizide
- Keine Krankheitsübertragung auf die Pflanzen
- Erhalt der Kulturlandschaft

Welche Schwierigkeiten können auftreten?

- Nicht ausreichende Wirksamkeit
- Zu hohe Hürden bei der Zulassung
- Fehlende Akzeptanz bei den Anwendern

Ergebnisse aus dem Besuch bei dem Projektpartner im April 2022:

- Einige Blattfloh-Arten (z.B. Birnblattsauger) überwintern in der Nähe von Kulturen z.B. in alten Birnbäumen. Um die Übertragung zu verhindern, werden oftmals diese Birnbäume dann abgeholzt. Dadurch werden wichtige Biotope (Streuobstwiesen) zerstört, die sich durch eine hohe Artenvielfalt auszeichnen und das Bild einer Kulturlandschaft prägen können.
- Die bisher verwendeten Kaolin-Produkte zeichnen sich durch eine Weißfärbung der Baumstämme bei der Anwendung aus. Dies wird von den Anwendern oft nicht akzeptiert, da es auffällig ist. Besucher (Touristen) verbinden damit automatisch Pestizideinsatz, der kritisch gesehen wird.
- Beim Pestizideinsatz sehen die Landwirte einen scheinbaren Erfolg – die Blattsauger fallen von den Blättern. Vielen ist nicht bewußt, dass dann aber bereits eine Infektion der Pflanzen mit den Phytoplasmen stattgefunden hat.
- Es gibt derzeit keine ausreichend wirksamen Pestizide gegen die Blattsauger. Es ist ausserdem zu erwarten, dass einigen der – in geringem Umfang wirkenden – Stoffe in der EU die Zulassung entzogen wird.

Auswertung 1: Mögliche Nachhaltigkeitsbeiträge

- Verringerung des Pestizideinsatzes
 - Vermeidung der Schädigung von terrestrischen Lebensgemeinschaften durch Pestizide (SDG 15, Leben an Land)
 - Vermeidung der Schädigung aquatischer Lebensgemeinschaften durch Pestizide (SDG 14, Leben unter Wasser + SDG 15)
 - Vermeidung gesundheitlicher Schäden bei der Ausbringung der Pestizide (SDG 3, Gesundheit und Wohlergehen)
 - Vermeidung von Boden- und Wasserbelastungen durch Pestizide (SDG 6, Sauberes Wasser/ SDG 14,15)
- Schließen einer Wirkstofflücke auch im konventionellen Pflanzenschutz (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)
- Förderung der Biodiversität im Feld durch Nutzung verfügbarer Flächen, die nicht von den Pflanzen beansprucht werden (SDG 15)
- Kosteneinsparungen durch eine geringere Zahl an Pestizidanwendungen/Jahr (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)

Auswertung 2: Mögliche Zielkonflikte

- Mehraufwand (Kosten) verglichen mit den derzeit verfügbaren Produkten auf Kaolinbasis (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)

Auswertung 3: Möglichkeiten zum Austausch zwischen den Projekten

- Verwendete Pestizide
- Möglichkeiten des Schutzes der Kulturlandschaft (Streuobstwiesen)
- Vermeidung auffälliger Behandlungstechniken (weiss gefärbte Stämme nach Kaolinbehandlung)

Mögliche Themen für die Selbstbewertung (in Stufe 2, durch den Projektpartner)

- Auflistung der eingesetzten Wirkstoffe
- Einschätzung der Einsparpotenziale
- Einschätzung Mehraufwand/Kosten für die Vorbehandlung der Pflanzen

Mögliche Themen für die vertiefende Bewertung (in Stufe 3, durch das Öko-Institut)

Nicht erkennbar.

2.2.6 Mulchmaterial im Feldgemüseanbau (P 6)

Einsatz von Mulchmaterial zur Unterdrückung von Beikräutern im Feldgemüsebau

-1- Ergebnisse und Empfehlungen: Im Projekt wurde ein spritzbares Mulchmaterial aus nachwachsenden Rohstoffen entwickelt. Bei einigen Kulturarten konnte durch dieses Material Unkraut erfolgreich unterdrückt werden. Dadurch ist eine Verringerung der Eingesetzten Herbizidmengen möglich. Dies führt zu Verbesserungen der Wasserqualität in Oberflächengewässern und zu einer Erhöhung der biologischen Vielfalt in den Gewässern und auf den landwirtschaftlichen Betrieben.

Die ökobilanziellen Berechnungen zeigen, dass mit der Methode deutlich höhere Rohstoffaufwendungen und dadurch bedingt höhere Energieverbräuche und höhere Freisetzungen treibhauswirksamer Gase verbunden sind (Kapitel 2.3.2 und Anhang IV). Erste weiterführend Versuche zeigen, dass die Mehraufwendungen auf ein vertretbares Maß verringert werden können, wenn statt Rapsöl andere pflanzliche Materialien verwendet werden. Dadurch ist es wahrscheinlich auch möglich, die derzeit hohen Mehrkosten des Verfahrens zu senken. Zur Überprüfung dieser Möglichkeiten sind weitergehende Versuche erforderlich.

-2- Zur Vertiefung: Zusatzinformationen aus den einzelnen Stufen des Projektes

Internetseite des Projektes bei der DBU: https://www.dbu.de/123artikel39069_2430.html

Abbildung 6: Spritzbares Mulchmaterial kann auch im konventionellen Ackerbau zur Unkrautbekämpfung eingesetzt werden



Quelle 5: <https://unsplash.com/de>

Kurzbeschreibung durch die Projektnehmer: In dem Projekt des Technologie- und Förderzentrums im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) wird ein neuartiges Mulchverfahren für den Feldgemüseanbau entwickelt, das die Verwendung von Herbiziden überflüssig machen soll. Kooperationspartner sind dabei das Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Kitzingen, die Amazonen-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG Hasbergen und die Schmotzer Hacktechnik GmbH & Co. KG aus Bad Windsheim.

Als Mulchmaterial dient dabei eine Zwei-Komponenten-Mischung aus nachwachsenden Rohstoffen, die mit einem Spritzgerät ausgebracht wird. Es handelt sich um ein biologisch abbaubares Material, das schnell auf der Erdoberfläche geliert und aushärtet. Dadurch werden Beikräuter in ihrer Keimung gehemmt und bereits gekeimte Pflanzen am Wachstum gehindert.

Im Rahmen des Projekts werden am TFZ mithilfe von Versuchen geeignete Rezepturen für das Mulchmaterial ausgewählt. Zudem wird ein Applikationsgerät optimiert, das die streifenförmige Ausbringung in Gemüsekulturen ermöglichen soll. Es werden verschiedene Variationen bezüglich der Rezeptur des Mulchmaterials, der Schichtdicke, der Kombination des Mulchverfahrens mit mechanischer Beikrautbekämpfung, der Gemüsekulturen und der Standorte untersucht und optimiert. Auch Treibhausgas- und Energiebilanzen sowie ökonomische Bewertungen werden vorgenommen.

Projektdurchführung:

[Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe TFZ](#) 94315 Straubing

Förderzeitraum: Januar 2021 – Dezember 2022 **DBU-AZ:** [35896/01](#)

Welche Beiträge zu mehr Nachhaltigkeit werden erwartet?

- Verringerung oder gänzlicher Verzicht auf Herbizideinsatz
- Ersatz von Plastikmulchfolien
- Vermeidung von Makro- und Mikroplastik
- Ressourcenschonung
- Geschlossener Stoffkreislauf/biologisch abbaubar/auf Basis nachwachsender Rohstoffe
- Physikalische Barrierewirkung, geeignet für biologischen Landbau

Welche Schwierigkeiten können auftreten?

- Kosten des alternativen Verfahrens
- Wechselwirkungen mit Kulturpflanzen
- Rechtliche Einordnung: Pflanzenschutzmittel ja oder nein?
- Noch nicht abschätzbare Umweltwirkungen (Bodenlebewesen, Insekten, Wildtiere)

Ergebnisse aus dem Gespräch mit dem Projektpartner im März 2022:

- Die Besonderheit dieses Projektes ist die Ausbringung des Materials in Kulturen mit geringer Standzeit. Dies bedingt große Unterschiede zu bisherigen Anwendungen im Wein- und Obstbau mit langer Standzeit.
- Im Weinbau gibt es Akzeptanzprobleme mit Herbizidspritzungen. Daher wurde die Methode hier nachgefragt.

- Beim Einsatz von weißen Folien kommt es zu auffälligen Mustern in der Landschaft („Zebrastrreifen“, weisse Streifen zwischen den Reben). In Gegenden mit viel Tourismus gibt es hierfür wenig Akzeptanz.
- Die benötigte Menge pro Hektar ist der entscheidende Kostenfaktor. Daher werden Möglichkeiten der Aufwandsminimierung getestet. Im ersten Jahr wurden die Seitenstreifen neben den Kulturen behandelt. Dafür wurde viel Material benötigt. Im zweiten Jahr erfolgt eine Ausbringung nur um die Pflanzen selber herum. Die Seitenstreifen bleiben unbehandelt.
- Auf den Seitenstreifen wird verglichen zwischen keiner Behandlung, Pestizidbehandlung und maschinell Hacken.
- Ein Vorteil des spritzbaren Materials gegenüber der Folie ist, dass kein Wegfliegen stattfinden kann (wie bei der Folie). Sehr gute Bodenhaftung des Materials und guter Abbau.
- Bei einigen Versuchs-Flächen sind keine Unterschiede zu sehen zwischen Parzellen mit Pestizidbehandlung und ganz ohne Behandlung. Das liegt auch an der „Geschichte“ der Parzellen. Wenn jahrelang mit Pestiziden behandelt wurde, ist der Bewuchs-Druck klein. Auch ohne Behandlung wächst dann wenig Beikraut. Wenn mehrere Jahre nicht behandelt wird, nimmt der Bewuchsdruck von Jahr zu Jahr bei den unbehandelten Flächen zu.
- Derzeit sind die Kosten nicht angebar. Dafür ist das Projekt noch in einem zu frühen Stadium.
- Einstellungsänderung ist wichtig. Lange Zeit galt es als schlechte Bewirtschaftung, wenn überhaupt Beikraut wuchs. Durch einfaches Pestizidspritzen wurde alles unterdrückt. Das war der Standard. Jetzt wird deutlich, dass es gar nicht schädlich ist, wenn ein wenig Beikraut da ist. Das muss aber erst einmal akzeptiert werden.
- Möglicher unerwarteter positiver Nebeneffekt: im Weinbau unterdrückt das Material eventuell den Echten Mehltau.
- Möglicher unerwarteter positiver Nebeneffekt: Verringerung des Befalls durch den Erdflöhen beim Kohlanbau. Dadurch könnte eine Insektizidbehandlung eingespart werden.

Auswertung 1: Mögliche Nachhaltigkeitsbeiträge

- Verringerung des Pestizideinsatzes
 - Vermeidung der Schädigung von terrestrischen Lebensgemeinschaften durch Pestizide (SDG 15, Leben an Land)
 - Vermeidung der Schädigung aquatischer Lebensgemeinschaften durch Pestizide (SDG 14, Leben unter Wasser + SDG 15)
 - Vermeidung gesundheitlicher Schäden bei der Ausbringung der Pestizide (SDG 3, Gesundheit und Wohlergehen)
 - Vermeidung von Boden- und Wasserbelastungen durch Pestizide (SDG 6, Sauberes Wasser/SDG 14,15)
- Vermeidung von Makro- und Mikroplastik, da Folienanwendung ersetzt wird (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)

- Vermeidung des Verbrauches fossiler Rohstoffe (da keine Plastikfolien verwendet werden (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion))
- Kosteneinsparungen durch eine geringere Zahl an Pestizidanwendungen/Jahr, falls es tatsächlich eine Unterdrückungswirkung gegenüber dem Echtem Mehltau und dem Erdfloh gibt (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)
- Schutz der Kulturlandschaft (Vermeidung des Einsatzes sehr gut sichtbarer und störend wirkender Folien)

Auswertung 2: Mögliche Zielkonflikte

- Mehraufwand (Kosten) verglichen mit der Pestizidanwendung (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)
- Höher Rohstoff- und Energieaufwand verglichen mit Pestizidanwendung (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)
- Umweltauswirkungen aus dem Anbau der nachwachsenden Rohstoffe (SDG 14, SDG 15). Hierzu zählt auch der Pestizideinsatz beim Anbau von Kartoffeln für die Stärke und Raps für das Öl
- Einsatz problematischer Chemikalien für die Herstellung des spritzbaren Mulchmaterials Pestizidanwendung (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)/bereits geprüft, kein Gefahrstoffeinsatz, kein Konflikt
- Höherer Arbeits- und Kostenaufwand durch maschinelles Hacken, verglichen mit Pestizidbehandlung (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)

Auswertung 3: Möglichkeiten zum Austausch zwischen den Projekten

- Verwendete Pestizide
- Möglichkeiten des Schutzes der Kulturlandschaft (Streuobstwiesen)
- Vermeidung auffälliger Behandlungstechniken (weiße Streifen durch Folien)
- Möglichkeit zur Verringerung des Befalls mit Echtem Mehltau (Weinbau) bzw. Erdfloh (Kohlanbau)

Mögliche Themen für die Selbstbewertung (in Stufe 2, durch den Projektpartner)

- Auflistung der eingesetzten Wirkstoffe
- Einschätzung der Einsparpotenziale
- Einschätzung Mehraufwand / Kosten für die Produktion des spritzbaren Mulchmaterials
- Ökobilanz und Energiebilanz der Produktion des Mulchmaterials
- Beschreibung der Herkunft der Rohstoffe für das Mulchmaterial (konventioneller Anbau)
- Einschätzung Kosten für das maschinelle Hacken

Themen für die vertiefende Bewertung (in Stufe 3, durch das Öko-Institut)

- Vertiefende ökobilanzielle Bewertung der Herstellung des spritzbaren Mulchmaterials

2.2.7 Reihenbezogener Ackerbau, Nützlinge und Wildkräuter (P 7)

Weniger chemische Pflanzenschutzmittel durch reihenbezogenen Ackerbau und Einsatz von Nützlingen und Wildkräutern in der Fläche

-1- Ergebnisse und Empfehlungen: Der reihenbezogene Ackerbau ermöglicht eine deutliche Verringerung der ausgebrachten Pestizidmengen. Die Verringerung der Anbaufläche führt bei Böden mit durchschnittlichem Ertrag nicht zu einer Verringerung des Ertrages. Den Kulturpflanzen stehen im reihenbezogenen Ackerbau mehr Nährstoffe und mehr Wasser zur Verfügung als im flächigen Anbau. Nur bei extrem ertragreichen Böden werden von den Landwirten alle verfügbaren Flächen maximal für den Anbau genutzt. Hier kann der reihenbezogene Anbau nicht angewendet werden.

Im Projekt wurden zusätzlich verschiedene Wildkräutermischungen in Blühstreifen ausgebracht. Bei verschiedenen Tiergruppen konnten eine Erhöhung der Artenzahl und der Individuenzahl gemessen werden. Für eine genaue Quantifizierung der Bandbreite der Einsparpotenziale ist eine Überprüfung über einen längeren Zeitraum erforderlich, um den Einfluss der Wetterschwankungen einzelner Jahre verstehen und einbeziehen zu können. Aber die bisher vorliegenden Ergebnisse ermöglichen bereits jetzt einen verstärkten Einsatz des reihenbezogenen Ackerbaues und von Wildkräuter-Blühstreifen zu empfehlen. Verringerungen des Pestizideinsatzes, Verbesserungen der Gewässerqualität und eine Erhöhung der biologischen Vielfalt sind zu erwarten. Es fanden sich keine Hinweise, dass hiermit nicht annehmbare zusätzliche Rohstoff- und Energieaufwendungen verbunden sind. Für den Nachweis der Erhöhung der Artenvielfalt sind einfache qualitative Möglichkeiten zu empfehlen (siehe Kap. 2.3.8).

-2- Zur Vertiefung: Zusatzinformationen aus den einzelnen Stufen des Projektes

Internetseite des Projektes bei der DBU: https://www.dbu.de/123artikel39070_2430.html

Abbildung 7: Der Marienkäfer und seine Larven sind inzwischen bewährte Nützlinge, die statt Pestiziden eingesetzt werden können.



Quelle 6 : Unsplash <https://unsplash.com/de>

Kurzbeschreibung durch die Projektnehmer: Um die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren und gleichzeitig Nützlinge, Agrobiodiversität und Bodengesundheit zu fördern, ist die Entwicklung neuer Anbaumethoden von entscheidender Bedeutung.

In dem Projekt mit dem Internationalen Pflanzenbauzentrum (IPZ) der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG), der Hochschule Anhalt und der Schmotzer Hacktechnik GmbH & Co. KG wird deshalb der reihenbezogene Anbau von Flächenkulturen erstmals auch im konventionellen Ackerbau umgesetzt. Die Projektpartner entwickeln ein System, in dem beim Anbau gezielt Wildkrautmischungen in den Kulturzwischenreihen eingesetzt werden, die zur Gesunderhaltung und Unkrautunterdrückung in der Erntekultur beitragen. Für das Anbausystem ist die Entwicklung von exakt geführten mechanischen Hack- und Pflegetechnologien erforderlich.

Indem Wildpflanzen langfristig auf Anbauflächen integriert werden, kann die Agrobiodiversität erhöht und die Bodengesundheit gefördert werden. Außerdem sind positive Effekte auf Nützlingspopulationen zu erwarten und die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln wird reduziert. Im Projekt werden auch die wirtschaftlichen Auswirkungen der neuen Anbauverfahren untersucht und berücksichtigt.

Projektdurchführung:

[Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft \(DLG\) e. V., Internationales Pflanzenbauzentrum \(IPZ\)](#)
60489 Frankfurt

Förderzeitraum: Dezember 2020 – Dezember 2023

DBU-AZ: 35918/01

Welche Beiträge zu mehr Nachhaltigkeit werden erwartet?

- Verringerung chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel durch Applikation ausschließlich auf der Zielfläche mittels Bandspritzung und/oder Doppelsystem
- Integration von Biodiversität statt Abgrenzung durch Anbau in weiten Reihen und Zwischensaat von Wildkräutern
- Bessere Bestandsdurchlüftung und Förderung von Nützlingen als natürliche Gegenspieler
- Verbesserung von Bodengesundheit und Erosionsschutz, da keine offenen Flächen bleiben

Welche Schwierigkeiten können auftreten?

- Ertrags- und Qualitätsverluste möglich

Ergebnisse aus dem Gespräch mit dem Projektpartner im November 2021:

- Es liegen mehrjährige Erfahrungen in der „Biodiversitäts“-Bewertung in der Landwirtschaft vor.
- Aus Weinbau-Projekten gibt es gute Beispiele, wie Steigerungen der Artenhäufigkeit und Erhalt bzw. Verbesserung der Ökosystemdienstleistungen veranschaulicht und kommuniziert werden können.
- Blühstreifen müssen nicht zu Verringerungen des Ertrages aufgrund geringerer verfügbarer Fläche führen (Ergebnisse hierzu liegen vor).
- Verbleibende Restbestände an Beikraut im Bestand können mit gezieltem Herbizideinsatz beseitigt werden (geringerer Aufwand).
- Evtl. Einsatz von Optoelektronik zur Düsensteuerung bei der Pestizidbehandlung.
- Eventuell händisches Entfernen von Rest-Beikraut – ggf. Einsatz von Robotern.

Auswertung 1: Mögliche Nachhaltigkeitsbeiträge

- Verringerung des Pestizideinsatzes
 - Vermeidung der Schädigung von terrestrischen Lebensgemeinschaften durch Pestizide (SDG 15, Leben an Land)
 - Vermeidung der Schädigung aquatischer Lebensgemeinschaften durch Pestizide (SDG 14, Leben unter Wasser + SDG 15)
 - Vermeidung gesundheitlicher Schäden bei der Ausbringung der Pestizide (SDG 3, Gesundheit und Wohlergehen)
 - Vermeidung von Boden- und Wasserbelastungen durch Pestizide (SDG 6, Sauberes Wasser/ SDG 14,15)
- Förderung der Biodiversität im Feld durch Blühstreifen (SDG 15)
- Kosteneinsparungen durch eine geringere Zahl an Pestizidanwendungen/Jahr (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion).

Auswertung 2: Mögliche Zielkonflikte.

- Mehraufwand (Kosten) verglichen mit der Pestizidanwendung (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)
- Konkurrenz zwischen Kulturpflanzen und Blühstreifen um die Fläche (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)

Auswertung 3: Möglichkeiten zum Austausch zwischen den Projekten

- Verwendete Pestizide (Wirkstoffe, Aufwandmenge/ha)
- Einschätzung der erzielbaren Pestizideinsparungen
- Erfahrungen mit der Zusammensetzung und der Anordnung von maßgeschneiderten Blühstreifen
- Möglichkeiten des Erkennens von Hinweisen zu Auswirkungen auf die Biodiversität innerhalb des sehr kurzen Projektzeitraumes
- Möglichkeiten zur Förderung der Biodiversität im Feld und zur Vernetzung innerhalb und über eine Region hinaus
- Möglichkeiten des Einsatzes von Optoelektronik zur Düsensteuerung bei der Pestizidanwendung
- Möglichkeiten zum Einsatz des Heißwasser-Roboters zur Beikrautbekämpfung
- Möglichkeiten zur Anwendung des spritzbaren Mulchmaterials zur Beikrautbekämpfung
- Möglichkeiten zur Akzeptanzänderung hinsichtlich geringen, nicht schädlichen Beikraut-Dichten

Mögliche Themen für die Selbstbewertung (in Stufe 2, durch den Projektpartner)

- Auflistung der eingesetzten Wirkstoffe

- Einschätzung der Einsparpotenziale
- Beschreibung von Hinweisen auf Auswirkungen auf die Biodiversität bzw. Artenvielfalt
- Einschätzung zum Flächenbedarf für die Blühstreifen, Konkurrenz zur Nutzung der Fläche für die Kulturpflanzen und Möglichkeiten der Verringerung der Konkurrenz
- Einschätzung zu den Kosten für den Blühstreifen und ihre Anwendung, verbunden mit dem Hacken oder Jäten, verglichen mit der Pestizidbehandlung

Mögliche Themen für die vertiefende Bewertung (in Stufe 3, durch das Öko-Institut)

Nicht erkennbar

2.2.8 Befalls-Monitoring Kirschessigfliege (P8)

Verminderung des Pestizideinsatzes durch frühzeitige Ermittlung des Kirschessigfliegen-Befalls im Wein- und Obstbau

-1- Ergebnisse und Empfehlungen: Die im Projekt untersuchte Kamerafalle sollte ein automatisches Messen und Anzeigen der Befallshöhe ermöglichen. Zielart ist die Kirschessigfliege (KEF). Sie verursacht beträchtliche Schäden im Wein- und Beerenanbau. Ein automatisiertes Erfassen der Befallshöhe unterstützt den Landwirt bei der Entscheidung, ob und wann gespritzt werden soll. Dies kann zu einer Verringerung der eingesetzten Pestizidmenge führen.

Mit der Kameraherstellung sind zusätzliche Materialaufwände erforderlich. Die zu erwartenden Mehrbelastungen können aber durch die Auswahl langlebiger und schadstoffarmer Materialien voraussichtlich gering gehalten werden. Dadurch sind die Mehraufwendungen annehmbar. In den Modellierungen zeigten sich Verbesserungen der Gewässerqualität durch die theoretisch möglichen Pestizideinsparungen. Insgesamt ist das automatische Monitoring der Befallshöhe eine wichtige Möglichkeit. Sie verringert für den Landwirt das Risiko, durch den zu späten oder zu geringen Einsatz von Pestiziden zu geringe Erträge zu erwirtschaften.

Im zeitlichen Rahmen des Projektes war es nicht möglich, einen in der Praxis anwendbaren Fallen-Prototyp zu entwickeln. Hier sind weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten von Nöten.

-2- Zur Vertiefung: Ergebnisse aus den einzelnen Stufen des Projektes

Internetseite des Projektes bei der DBU: https://www.dbu.de/123artikel39071_2430.html

Abbildung 8: Digital arbeitende automatische Kamerafallen können bisher verwendete Methoden des Befallsmonitorings z.B. im Weinbau ersetzen



Quelle 7: OBI-Webseite

Kurzbeschreibung durch die Projektnehmer: Die aus Südostasien eingewanderte Kirschessigfliege ist einer der gefährlichsten Schädlinge im Obst- und Weinbau. Sie befällt reifes Weichobst und kann in kurzer Zeit zum Totalausfall ganzer Kulturbestände führen. Insbesondere kurz vor der Ernte wird die Kirschessigfliege zum Problem und es muss kurzfristig entschieden werden, ob früher geerntet wird oder Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden. Bislang gibt es keine umweltfreundliche Methode zur Kontrolle dieser Art und alle bisherigen Bekämpfungsansätze weisen Wirkungslücken auf. Im Projekt wird eine effiziente, praktikable und umweltgerechte Methode zur Bekämpfung der Kirschessigfliege entwickelt.

Das Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz, die MABRI.VISION GmbH und die 3win Maschinenbau GmbH entwickeln eine sensorbasierte Monitoringfalle für Kirschessigfliegen. Die bislang genutzten Becherfallen dienen dabei als Grundlage. Diesen wird eine Sensorik hinzugefügt, die die Menge der gefangenen Insekten auswerten kann. Über eine App erhalten Bauern und Winzer dann als Entscheidungsgrundlage die Daten zur aktuellen lokalen Insektenbelastung in Echtzeit.

Diese sensorbasierte Monitoringfalle unterstützt Bauern und Winzer bei der Beobachtung des Befalls und erleichtert somit die Entscheidungsfindung für das weitere Vorgehen. Bei der Entscheidung, ob früher geerntet wird, ist besonders die aktuelle Fliegenpopulation in Verbindung mit den Wetterprognosen bis zum Erntezeitpunkt entscheidend. Dadurch kann der unnötige Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel verringert werden.

Projektdurchführung:

[Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz, Institut für Phytomedizin, Fachgebietsleitung Entomologie](#) 67435 Neustadt

Förderzeitraum: Januar 2021 – Dezember 2023 **DBU-AZ:** 35936/01

Welche Beiträge zu mehr Nachhaltigkeit werden erwartet?

- Verringerter Insektizideinsatz
- Langlebiges System

- Die Falle soll von Zuhause aus überwacht werden können. Dadurch ist der Aufwand für den Winzer/Weinbauer gering.
- Genaue Einstufung des Befalls. Langfristig lässt sich eine Statistik erstellen, wie die Entwicklung in den verschiedenen Jahren ist. Mittels Data-Loggern kann man den Befall noch in Zusammenhang stellen mit den aktuellen Witterungsverhältnissen.
- Suche nach umweltfreundlichen und langlebigen Materialien, vorwiegend beim Gehäuse.
- Einzelne Komponenten können bei Bedarf getauscht werden, ohne dass das ganze System entsorgt werden muss.

Welche Schwierigkeiten können auftreten?

- Ein kleines Solarmodul würde nicht genug Energie liefern. Auf einen Akku bzw. ein Energiespeichermittel kann wegen der Energiespeicherung nicht verzichtet werden.
- Gesucht ist ein UV-beständiges, druckbares und gleichzeitig umweltfreundliches Material für das Gehäuse.

Ergebnisse aus dem Gespräch mit dem Projektpartner Ende Juni 2022:

- Die Fallengeometrie wurde geändert, um die automatisierte Auswertung zu verbessern. Optische Detektoren erkennen, ob die Tiere in der Falle die charakteristischen dunklen Kreise an den Hinterflügeln tragen. Dann handelt es sich um Männchen der Kirchessigfliege (KEF).
- In den Fallen werden als Beifang auch andere Drosophila-Arten gefangen, z.B. *Drosophila obscura*. Sie schädigen die Kulturpflanzen nicht. Die verwendete Erkennungselektronik kann zwischen den Arten unterscheiden. Voraussetzung ist, dass nicht durch einen zu hohen Fang wichtige Strukturen in der Falle verdeckt werden.
- Durch die rote Farbe der Fallenbehälter wird wahrscheinlich der Fangerfolg noch gesteigert. Diese Farbe lockt die KEF an. Das wird derzeit getestet.
- Die Fallen werden voraussichtlich zu Beginn mehrere Hundert Euro kosten. Die Obergrenze von 500 € pro Falle wird fast erreicht, aber nicht überschritten. Dadurch sind die Fallen durchaus eine Investition für den Anwender.
- Blätter unter den Kulturpflanzen durch Beikraut oder gezielte Bepflanzung können der KEF als Unterschlupf und Sonnenschutz dienen und so den Befall fördern.

Auswertung 1: Mögliche Nachhaltigkeitsbeiträge

- Verringerung des Pestizideinsatzes
 - Vermeidung der Schädigung von terrestrischen Lebensgemeinschaften durch Pestizide (SDG 15, Leben an Land)
 - Vermeidung der Schädigung aquatischer Lebensgemeinschaften durch Pestizide (SDG 14, Leben unter Wasser + SDG 15)
 - Vermeidung gesundheitlicher Schäden bei der Ausbringung der Pestizide (SDG 3, Gesundheit und Wohlergehen)

- Vermeidung von Boden- und Wasserbelastungen durch Pestizide (SDG 6, Sauberes Wasser/SDG 14,15)
- Verringerung des Risikos für Landwirte durch besseres Monitoring der Befallshöhe (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)
- Verbesserung der Akzeptanz in der Bevölkerung durch Vermeidung des unnötigen Einsatzes von Pestiziden (Vermeidung des Einsatzes sehr gut sichtbarer und störend wirkender Folien)

Auswertung 2: Mögliche Zielkonflikte

- Mehraufwand (Kosten) verglichen mit der Pestizidanwendung (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)
- Höher Rohstoff- und Energieaufwand verglichen mit Pestizidanwendung (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)
- Einsatz problematischer Chemikalien für die Herstellung der Fangbehälter und der Elektronik (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)

Auswertung 3: Möglichkeiten zum Austausch zwischen den Projekten

- Verwendete Pestizide
- Erwartete Einsparmöglichkeit bei den Pestiziden
- Möglichkeiten zur Akzeptanzsteigerung in der Bevölkerung
- Einsatz automatischer Monitoring-Systeme in anderen Kulturen
- Einbindung des Monitoringsystems in bestehende IT-Anwendungen für Landwirte

Mögliche Themen für die Selbstbewertung (in Stufe 2, durch den Projektpartner)

- Auflistung der eingesetzten Wirkstoffe
- Einschätzung der Einsparpotenziale
- Einschätzung Materialaufwand und Kosten für die Produktion der Fallenbehälter
- Einschätzung Energieaufwand des Systems und Beschreibung der verwendeten Sendetechnik
- Erstbewertung der eingesetzten Chemikalien für die Fallenherstellung und die Lockflüssigkeit (Nutzung von REACH Radar).

Mögliche Themen für die vertiefende Bewertung (in Stufe 3, durch das Öko-Institut)

- Empfehlungen für alternative Materialien für das Gehäuse
- Empfehlungen für Verlängerung der Lebensdauer der Fallen

2.2.9 Reduktion von Pestiziden in Schutzgebieten (P1)

Reduktion von Pestiziden in Schutzgebieten

-1- Ergebnisse und Empfehlungen: Im Projekt sind eine große Zahl von Messdaten zur Pestizidbelastung von Oberflächen- und Grundwasser ausgewertet worden. Der Schwerpunkt lag hierbei auf Messdaten aus Schutzgebieten. Das wesentliche – und erstaunliche – Ergebnis ist eine große Übereinstimmung zwischen den Pestizid-Belastungen in und ausserhalb von Schutzgebieten. In vielen Schutzgebieten wurden Wirkstoffe in Konzentrationen gefunden, die ähnlich hoch waren wie die in Gewässern außerhalb der Schutzgebiete. Dies zeigt die Bedeutung des Austrags von Pestiziden aus den Anwendungsflächen ausserhalb der Schutzgebiete in die Schutzgebiete hinein. Das in der Regel bestehende Verwendungsverbot von Pestiziden in Schutzgebieten alleine kann daher keinen ausreichenden Schutz empfindlicher Tier- und Pflanzenarten sicherstellen. Für sie ergeben sich kritische Belastungen aus Pestizidanwendungen in landwirtschaftlich genutzten Flächen. Diese Flächen liegen zwar ausserhalb der Schutzgebiete. Pestizidwirkstoffe können aber auf unterschiedlichen Wegen in die Schutzgebiete hineingelangen (z.B. Abdrift oder Eintrag über Oberflächengewässer).

Die Projektergebnisse zeigen, wie wichtig es ist, auf landwirtschaftlichen Flächen weniger Pestizide einzusetzen, um schädigende Einflüsse auf empfindliche Arten auch in Schutzgebieten zu verhindern.

-2- Zur Vertiefung: Zusatzinformationen aus den einzelnen Stufen des Projektes

Internetseite des Projektes bei der DBU:

Abbildung 9: Pestizideinsatz in der konventionellen Landwirtschaft führt zu Gewässerbelastungen in angrenzenden Schutzgebieten



Quelle 8: <https://unsplash.com/de>

Kurzbeschreibung durch die Projektnehmer: Pestizide werden in Schutzgebieten nur in Einzelfällen eingesetzt. Trotzdem ist die Pestizidkonzentration in Gewässern dort aufgrund des indirekten Eintrags durch umliegende landwirtschaftlich genutzte Flächen teilweise fast genauso hoch wie außerhalb von Schutzgebieten. Für den Schutz der Biodiversität ist das ein Problem.

Ziel des Projekts ist es, Vorschläge für Maßnahmen zur Reduktion von Pestizideinträgen in Schutzgebieten zu entwickeln. Dazu tragen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des iES Landau vorhandene Daten aus behördlichen und wissenschaftlichen Messungen nach Wirkstoff- und kulturspezifischen Pestizidanwendungen zusammen und analysieren sie. Der Fokus liegt auf der Belastung von Grund- und Oberflächengewässern in Schutzgebieten, da diesbezüglich viele Daten verfügbar sind. Außerdem werden die über 10.000 verschiedenen Schutzgebietsverordnungen hinsichtlich der Ausnahmegenehmigungen für die Anwendung von Pestiziden mittels „Machine-Learning“ analysiert.

Projektdurchführung: Universität Koblenz-Landau, Institut für Umweltwissenschaften (iES) 76829 Landau **Förderzeitraum:** Januar 2021 – Dezember 2021 **DBU-AZ:** 35919/01

Welche Beiträge zu mehr Nachhaltigkeit werden erwartet?

- Toxizitätsbasierte substanzspezifische Einstufung der Wirkstoffe
- Fortgeschrittene Datenanalyse
- Blick auf Biodiversität und Wasserressourcen

Welche Schwierigkeiten können auftreten?

- Mangelnde Verfügbarkeit von Daten
- Große Heterogenität von Daten
- Einbezug ökonomischer bzw. agronomischer Daten noch offen

Ergebnisse aus dem Gespräch mit dem Projektpartner im Dezember 2021:

- Die im Projekt angewandte Methodik der „Total Applied Toxicity“ kann ein interessantes Maß sein, um Landwirten ein Gefühl für mögliche Folgen ihres Herbizideinsatzes zu geben.
- Ergebnisse des Vergleichs zwischen Schutzgebieten und Nichtschutzgebieten zeigen die Bedeutung des Umfeldes für die Belastungen in Schutzgebieten.
- In anderen Projekten der Initiative eingesetzte Wirkstoffe können hinsichtlich ihrer Schadwirkung für die Umwelt miteinander verglichen werden.
- Es könnten Empfehlungen für weniger problematische Wirkstoffe gegeben werden.

Auswertung 1: Mögliche Nachhaltigkeitsbeiträge

- Unterstützung von Anwendern und Planern zur Verringerung des Pestizideinsatzes (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion) und zur vergleichenden Bewertung von Wirkstoffen
 - Vermeidung der Schädigung von terrestrischen Lebensgemeinschaften durch Pestizide (SDG 15, Leben an Land)
 - Vermeidung der Schädigung aquatischer Lebensgemeinschaften durch Pestizide (SDG 14, Leben unter Wasser + SDG 15)

- Vermeidung gesundheitlicher Schäden bei der Ausbringung der Pestizide (SDG 3, Gesundheit und Wohlergehen)
- Vermeidung von Boden- und Wasserbelastungen durch Pestizide (SDG 6, Sauberes Wasser/SDG 14,15)
- Förderung der Akzeptanz von Alternativen durch Bewußtmachung von Folgen des Pestizideinsatzes (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)
- Verdeutlichung der Auswirkung des Einsatzes von Pestiziden auch ausserhalb von Schutzgebieten – auf die Ökosysteme in Schutzgebieten (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)

Auswertung 2: Mögliche Zielkonflikte

- Zeitaufwand für die Nutzung der Ergebnisse (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)

Auswertung 3: Möglichkeiten zum Austausch zwischen den Projekten

- Hinweise und Beispiele zu Auswirkungen der in den anderen Projekten verwendeten Pestizide auf Lebensgemeinschaften
- Unterstützung beim Wirkstoff-Vergleich und bei der Auswahl weniger belastender Wirkstoffe

Themen für die Selbstbewertung (in Stufe 2, durch den Projektpartner)

- Einschätzung zu den Auswirkungen (auf Lebensgemeinschaften) der in den anderen Projekten eingesetzten Wirkstoffe
- Exemplarische Verdeutlichung der Auswirkungen
- Hinweise auf weniger belastende Ersatzstoffe
- Beschreibung der Total Applied Toxicity als verständliches Maß und als Instrument für Landwirte

Themen für die vertiefende Bewertung (in Stufe 3, durch das Öko-Institut)

Keine.

2.2.10 PuMa: Vorhersage von Belastungen in Schutzgebieten (P2)

Webanwendung zur Ermittlung und Vermeidung des Eintrags von Pflanzenschutzmitteln in aquatischen Schutzgebieten

-1- Ergebnisse und Empfehlungen: Im Projekt war es das Ziel, Pestizidkonzentrationen in Gewässern vorher zu sagen. Dafür wurde eine GIS-basierte Webanwendung (PuMa, Pestizid-Schutzgebiets-Management) entwickelt. Anwender können auf einer interaktiven Karte für einen Ort ihrer Wahl die zu erwartenden Pestizidkonzentrationen in einem Gewässer anzeigen lassen. Die Konzentrationen können dann mit Schwellenwerten für Auswirkungen auf aquatisch Lebewesen verglichen werden.

Eine wesentliche Datengrundlage für diese Vorhersagen sind Schlagdaten zur landwirtschaftlichen Nutzung im Einzugsgebiet des Gewässers. Hierbei werden Informationen zu den angebauten

Kulturpflanzen und den eingesetzten Wirkstoffmengen in PuMa hinterlegt. PuMa ermöglicht es, die Auswirkungen von Alternativen in der Landnutzung (andere Kulturen, andere Wirkstoffe, weniger Wirkstoffe) schnell und einfach in der Modellierung abzubilden.

Im Projekt wurde zur Vorhersage der Konzentrationen ein eigenes Modell entwickelt. In ihm wurde davon ausgegangen, dass allein durch eine Berücksichtigung der Entfernung zwischen Anwendungs- und Eintragsort eine Vorhersage der Konzentrationen im Gewässer möglich ist. Zur Validierung wurden Messdaten aus dem Kleingewässermonitoring verwendet.

Im Projektverlauf zeigte sich, dass eine Validierung der vorhergesagten Konzentrationen anhand der Messdaten nicht möglich war. Es ist daher davon auszugehen, dass für die tatsächlich im Gewässer auftretenden Konzentrationen noch weitere Größen verantwortlich sind, die in PuMa nicht abgebildet werden konnten.

Auf der Grundlage der Erfahrungen im Projekt ist inzwischen ein Folgeprojekt entwickelt und begonnen worden. In ihm werden dem Anwender in einer Software verschiedene bereits genutzte Expositionsmodelle in einem GIS-gestützten System zur Verfügung gestellt (PuMa 2). PuMa 2 erleichtert die Anwendung bestehender Modelle und ermöglicht auch die Modellierung unterschiedlicher Anwendungsszenarien.

-2- Zur Vertiefung: Zusatzinformationen aus den einzelnen Stufen des Projektes

Internetseite des Projektes bei der DBU:

Abbildung 10: Expositionsmodellierungen ermöglichen eine Abschätzung von Belastungen auch in Wasserschutzgebieten.



Quelle 9: Zeitung

Kurzbeschreibung durch die Projektnehmer: Aquatische Schutzgebiete sind ein wichtiger Rückzugsort für sensitive Arten. Durch den Eintrag von Pflanzenschutzmitteln sind diese Lebensräume zunehmend gefährdet. Ursache ist zum Beispiel die Abdrift von Pestiziden bei der Anwendung auf benachbarten Flächen.

Bislang gibt es jedoch keine Möglichkeit, die Quelle von Pestiziden zu lokalisieren. In einem Projekt des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ) wird deshalb eine GIS-basierte Webanwendung entwickelt, die es Landnutzern ermöglicht, Einträge von Pestiziden räumlich zu verfolgen. Durch das sogenannte Pestizid-Schutzgebiet-Management (PuMa) können dann Alternativszenarien für die Pestizidanwendung entwickelt werden.

PuMa wird für Personen aus der Landwirtschaft entwickelt. Anwenderinnen und Anwender können auf einer interaktiven Karte einen Ort in einem aquatischen Schutzgebiet auswählen und sich die umliegenden landwirtschaftlichen Nutzflächen anzeigen lassen. Dann können sie ein Nutzungsszenario auswählen und die jeweilige Auswirkung auf umliegende Gewässer berechnen lassen. Indem die Auswirkungen unterschiedlicher Produkte und Techniken angezeigt und verglichen werden, können Reduktionsszenarien für die eingesetzten Pflanzenschutzmittel entwickelt werden.

Projektdurchführung:

[Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung \(UFZ\), Department System-Ökotoxikologie](#) 04318 Leipzig

Förderzeitraum: Juli 2021 – Juli 2023 **DBU-AZ:** 35922/01

Welche Beiträge zu mehr Nachhaltigkeit werden erwartet?

- Verringerter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (Merkpunkt: Bandbreite der zu erwartenden Verringerung? Beispiel-Modellierungen?)
- Identifikation von Risikoflächen (Merkpunkt: Zielgruppe des Instrumentes)
- Wissenstransfer (Merkpunkt: Haupteinflussfaktoren für hohe Konzentrationen in den Schutzgebieten)
- Instrument mit beratender Funktion (Merkpunkt: Zielgruppe (s.o.). Bandbreite von dem einzelnen Landwirt über Verbände bis zur Regionalplanung)
- Vermittlung von Methoden mit geringeren Auswirkungen

Welche Schwierigkeiten können auftreten?

- Ertragsausfall
- Anwenderfreundlichkeit
- Modellierungsgenauigkeit
- Transparente Darstellung

Ergebnisse aus dem Gespräch mit dem Projektpartner im Dezember 2021:

- Das Modellierungs-Instrument ermöglicht eine vergleichende Abschätzung, welche Standorte bei vorgegebener Maßnahme zu besonders hohen Entlastungen führen (Konzentration in Oberflächengewässern).
- Bei der Ausgestaltung des Modelles können Spezifizierungen eingeplant werden für Kulturen, die in anderen Projekten Verwendung finden.
- Die Bedeutung der Abstimmung der Maßnahmen zwischen den Landwirten und des großflächigen Einsatzes von Alternativen kann verdeutlicht werden (z.B. Maßnahmen auf Verbandsebene).
- Aufstellungen der in den anderen Projekten verwendeten Wirkstoffe sind für die Ausgestaltung der Modellierungen sehr interessant.

- Bei der Auswahl von „Beispiel-Standorten“ können die Lage der Anbauflächen, die Kulturarten und die Wirkstoffe berücksichtigt werden, die in den anderen Projekten Verwendung finden.
- Alternative Behandlungskonzepte aus den anderen Projekten können in PUMA als Alternativszenarien hinterlegt werden.
- Für Einschätzungen zu Auswirkungen auf die Biodiversität können im Projekt verwendete Ansätze (z.B. empfindliche Arten) in der Praxis erprobt werden.
- Für die Ergänzung der Modellierungen um ökonomische Gesichtspunkte sind die Kostenabschätzungen sehr interessant, die in anderen Projekten vorgenommen werden.

Auswertung 1: Mögliche Nachhaltigkeitsbeiträge.

- Unterstützung von Anwendern und Planern zur Verringerung des Pestizideinsatzes (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion) und zur vergleichenden Bewertung von Wirkstoffen
 - Vermeidung der Schädigung von terrestrischen Lebensgemeinschaften durch Pestizide (SDG 15, Leben an Land)
 - Vermeidung der Schädigung aquatischer Lebensgemeinschaften durch Pestizide (SDG 14, Leben unter Wasser + SDG 15)
 - Vermeidung gesundheitlicher Schäden bei der Ausbringung der Pestizide (SDG 3, Gesundheit und Wohlergehen)
 - Vermeidung von Boden- und Wasserbelastungen durch Pestizide (SDG 6, Sauberes Wasser/SDG 14,15)
- Förderung der Akzeptanz von Alternativen durch Bewußtmachung von Folgen des Pestizideinsatzes (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)
- Verdeutlichung der Auswirkung des Einsatzes von Pestiziden auch ausserhalb von Schutzgebieten – auf die Ökosysteme in Schutzgebieten (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)

Auswertung 2: Mögliche Zielkonflikte

- Zeitaufwand für die Nutzung der Modellierungs-Software (SDG 12, Nachhaltiger Konsum und Produktion)

Auswertung 3: Möglichkeiten zum Austausch zwischen den Projekten

- Hinweise und Beispiele zu Auswirkungen der in den anderen Projekten verwendeten Pestizide auf Lebensgemeinschaften
- Unterstützung beim Wirkstoff-Vergleich und bei der Auswahl weniger belastender Wirkstoffe
- Einbezug der Wirkstoffe, der verwendeten Kulturen und der erwarteten Einsparpotenziale in die Modellierungen
- Nutzung zu den Abschätzungen der Kosteneinsparungen aus den Projekten in der Modellierung

Mögliche Themen für die Selbstbewertung (in Stufe 2, durch den Projektpartner).

- Einschätzung zu den Auswirkungen (auf Lebensgemeinschaften) der in den anderen Projekten eingesetzten Wirkstoffe
- Exemplarische Verdeutlichung der Auswirkungen
- Hinweise auf weniger belastende Ersatzstoffe
- Entscheidung für einen Beispiel-Ort in den Modellierungen, an dem Entscheidungen für oder gegen einen Wirkstoff durch einen Anwender zu klar sichtbaren Auswirkungen auf die Pestizidbelastung führen.

Mögliche Themen für die vertiefende Bewertung (in Stufe 3, durch das Öko-Institut)

Keine.

2.3 Die Ergebnisse der orientierenden Ökobilanzen

2.3.1 Alternative Heißdampf (Projekt P10): Orientierende Ökobilanz

Die Anwendung von Heißwasser zur Beikrautbekämpfung kann sowohl für den Bioanbau als auch für den konventionellen Anbau wichtig werden. Im Bioanbau wird aktuell das Beikraut händisch entfernt. Es ist sehr schwierig und teuer, hierfür Personal zu bekommen. Im konventionellen Anbau werden Pestizide zur Beikrautbekämpfung eingesetzt.

Unter Nutzung von Daten von Herrn Wolf aus dem geförderten Projekt P10 konnten ökobilanzielle Berechnungen zum Energieaufwand, zu CO₂-Freisetzungen, zum Wasserverbrauch und zu den ökotoxischen Auswirkungen für die Heißwasser-Anwendung, die manuelle Beikrautbekämpfung und den konventionellen Anbau durchgeführt werden. Sie werden im Anhang IV dieses Berichtes dokumentiert.

Die Berechnungen zeigen, dass die Mehraufwendungen bei Energie und bei der Freisetzung treibhausrelevanter Gase relativ gering sind und akzeptabel, da sie erhebliche Pestizideinsparungen ermöglichen. Der zusätzliche Wasserverbrauch ist nicht von Bedeutung angesichts der Gesamt-Wassermenge, die beim Möhrenanbau erforderlich ist. Einzelheiten zu den gerechneten Szenarien, zu den zugrunde gelegten Annahme und zu den Ergebnissen beschreiben wir im Anhang IV.

2.3.2 Alternative spritzbares Mulchmaterial (Projekt P6): orientierende Ökobilanz

Beim spritzbaren Mulchmaterial (Projekt P6) lag der Schwerpunkt der Berechnungen auf der Freisetzung klimarelevanter Gase und dem Energieverbrauch.

Angesichts der möglichen Herbizideinsparungen von bis zu 100 % sind die gefundenen Mehraufwendungen akzeptabel. Einzelheiten zu den von uns durchgeführten Berechnungen stehen im Anhang IV dieses Berichtes.

2.3.3 Alternative Nützlingsrollwiese (Projekt P3): orientierende Ökobilanz

Die Nützlingsrollwiese (Projekt P3) besteht aus Hanffasern und Schafwolle. Es gab zu Projektbeginn keine Daten, die den Mehraufwand an Rohstoffen bei dieser Alternative beschreiben. Daher werden

hierzu von uns ökobilanzielle Berechnungen durchgeführt. Sie werden im Anhang V dieses Berichtes dokumentiert.

Im Projekt konnte gezeigt werden, dass eine erstaunlich geringe Fläche an Nützlingsrollwiese genügt, um eine Insektizidverringerung zu erreichen (24 m² auf 1 Hektar Ackerfläche). Aufgrund dieses Anteils sind auch die zusätzlichen Treibhausgas-Freisetzungen für die Herstellung der Rollwiese relativ gering und akzeptabel. Im Anhang V gibt es die Einzelheiten zu unseren Berechnungen.

2.4 Methodische Hilfen für die Nachhaltigkeitsbewertung

2.4.1 Das Zielsystem

Im Projekt wird gemeinsam mit den beteiligten Institutionen erarbeitet, welche Vorteile für Mensch und Umwelt, gegebenenfalls aber auch, welche Herausforderungen sich aus den geförderten Ansätzen ergeben. Dies soll nach Möglichkeit auch quantitativ erfolgen. Auf der Ebene der erhobenen Daten kann dies z.B. heißen, dass durch ein frühzeitiges und erfolgreiches Monitoring des Kirschessigfliegenbefalles

- die aufgewendete Menge an Pestiziden um 40 % gesenkt und
- das Risiko eines Ernteausfalles um 70 % gesenkt werden kann.

Diese Zahlen alleine sind schon wertvoll.

- Verringerungen des Herbizideinsatzes führen in vielen Fällen zu einer Senkung der Schadstoffbelastung der terrestrischen und aquatischen Ökosysteme – eine wichtige Voraussetzung zur Steigerung der Biodiversität.
- Ernteaufälle haben erhebliche ökonomische und soziale Konsequenzen für die Landwirte. Eine deutliche Senkung dieses Risikos macht es daher für Landwirte attraktiv, eine Behandlungs- bzw. Monitoringmethode in der Praxis umzusetzen.

Die zusätzliche Verknüpfung solcher Ergebnisse mit den Nachhaltigkeitszielen der UN Agenda 2030 ermöglicht weitere Aussagen. Sie zeigt, dass die geförderten Ansätze bei ihrer Umsetzung auch einen Beitrag leisten zu den Zielen, die sich die Menschheit 2015 weltweit gesetzt hat, um auf Dauer die Grundlagen des Lebens auf der Erde zu schützen.

Zu der Erreichung dieser Ziele haben sich sehr viele Länder verpflichtet. Hieraus ergibt sich auch die staatliche Notwendigkeit, in Umsetzungsplänen Aktivitäten zu fördern, die einen Beitrag hierzu leisten können. In diesem Fall können auch die Projekte dieser Förderinitiative eine zusätzliche Bedeutung bekommen.

Von den 17 Nachhaltigkeitszielen der UN Agenda 2030 sind einige für das Thema „Pestizid-Alternativen“ besonders wichtig. Sie wurden in einem projektspezifischen Zielsystem zusammen gestellt und für die Bewertungsarbeiten im Projekt genutzt. Dieses Zielsystem wird in seinen Einzelheiten im Anhang II dieses Berichtes dargestellt.

2.4.2 Strukturierte Übersichtsdarstellung der Reduktionsmöglichkeiten

In der folgenden Tabelle sind die Informationen zusammengestellt, die die Projektpartner zur Höhe der erwarteten Wirkstoff-Verringerungen gemacht haben. Diese Angaben gelten für unterschiedliche Kulturen und die dort eingesetzten Pestizid-Klassen.

Tabelle 2-1: Stufe 3, Einsparpotenziale

Nr.	Titel	Kultur	Pestizidtyp	Reduktion	Produkte	Wirkstoffe
P3	Nützlings-Rollwiese	Kopfsalat = Feldgemüse	Insektizid	bis zu 100%	Mospilan SG, Mavrik Vita	Acetamiprid (Neonikotinoid, Ins.), Tau-Fluvalinat (Pyrethroid)
P4	Spinnmilben-Resistenz	Hopfen	Akarizide	bis zu 66%		Acequinocyl, Hexythiazox, Maltodextrin, Milbernectin, Spirodiclofen
P5	Biologisches Vergrämungsmittel	Birne	Insektizid	Bis zu 100%	Movento SC 100	Spirotetramat (ACC-Hemmer)
		Apfel	Insektizid	Bis zu 100%	Trebon , Mavrik Smart, Epik SL	Ethofenprox, Tau-Fluvalinat (Pyrethroid), Acetamiprid (Neonikotinoid, Ins.)
P6	Mulchmaterial	Kopfsalat	Insektizid	ca. 50%	Kerb Flo, Cadou SC	Propyzamid, Flufenacet
		Kohlrabi	Insektizid	ca. 50%	Butisan	Metazachlor
		Karotte		ca. 50%	Stomp	Pendimethalin
16				ca. 50%	Stomp Aqua	Pendimethalin
17				ca. 50%	Sencor liquid	Metribuzin
18				ca. 50%	Bandur	
19				ca. 50%	Centium 36 CS	Chlornazone
20		Einlegegurke	Herbizid	ca. 50%		Glyphosat
P7	Reihenbezogener Ackerbau	(Hartweizen, Durum)	Herbizid	ca. 60%	Zypar,	Acrylex, Florasualm
		Weizen	Fungizid		Protec,	Tebuconazol Prothioconalzol
		Ackerbohne	Herbizid	ca. 60%	Agil S	Propaquizafop
				ca. 60%	Spectrum Plus	Pendimethalin

Nr.	Titel	Kultur	Pestiztyp	Reduktion	Produkte	Wirkstoffe
				ca. 60%	Teppeki	Flonicamid
		Mais		ca. 60%	Arrat	Tritosulfuron, Dicarbamit
				ca. 60%	Meister Power	Foramsulfuron-Natrium, Thiencarbazone-Methyl, Iododsulfuron-Methyl
P8	Befallsmonitoring KEF	Kirsche	Insektizid	Ca. 25 – 50%	Minecto One, Mospilan SG, Spintor oder	Acetamiprid (Neonikotinoid, Ins.)
P9	Blühstreifen + Offene-Zucht-Systeme	Rosenkohl (Kohl-motten-schildlaus)	Insektizid	ca. 10 – 50%	Movento OD, Mospilan, Tepekki	Spirotetramat, Acetamiprid, Flonicamid
P10	Heißwasser /Precision Weeding	Karotte = Feldgemüse	Herbizid	80 - 100%	Roundup Express	Glyphosat (Phosphonsäure)

Quelle: Eigene Zusammenstellung auf Grundlage der Kurzbeschreibungen der Projekte in der DBU Datenbank, Juli 2021

Diese Reduktionspotenziale aller geförderten Projekte sind in der folgenden Abbildung übersichtlich dargestellt worden. Für die Abbildung ist ursprünglich Form eines Spinnennetz-Diagrammes verwendet worden. Es wurde leicht abgeändert. Um den Gedanken der Zielerreichung zu verdeutlichen, wird die Struktur einer Zielscheibe genutzt. Für jedes Projekt steht ein Abschnitt (Segment) des Kreises zur Verfügung. Es werden für jedes Projekt vier Informationen gegeben:

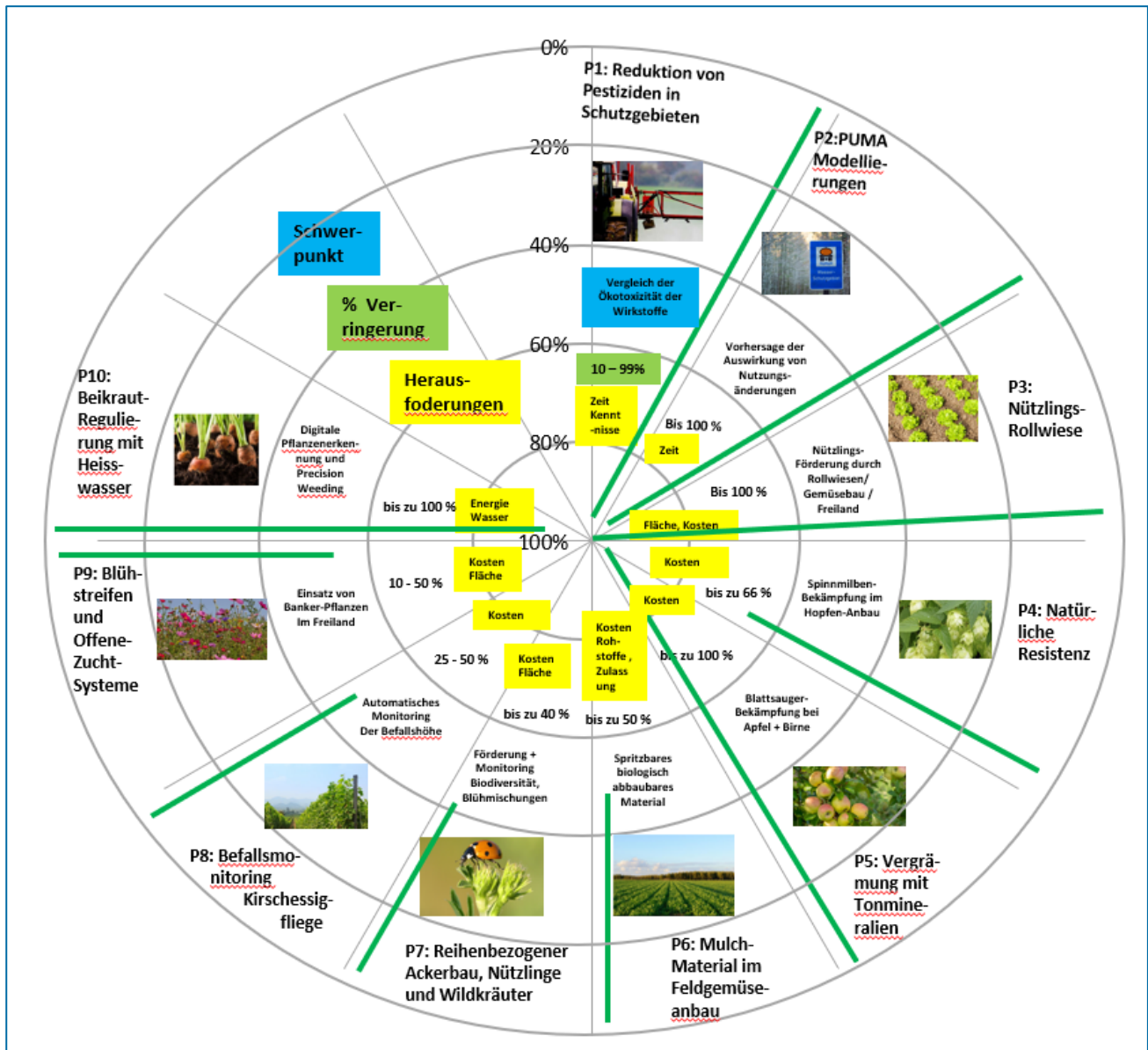
- Die Höhe der erwarteten Pestizidreduktion: Durchschnittswert und Spannbreite. Z.B. 40 %, 20 – 80 %.
- Das zentrale Thema: z.B. automatisches Monitoring der Kirschessigfliege.
- Der wichtigste Vorteil der Methode (abgesehen von Pestizideinsparungen): z.B. Förderung der biologischen Vielfalt.
- Die größte Herausforderung, die auch zu Zielkonflikten führt: z.B. höherer Energieverbrauch.

Für die Abbildung wurden die Informationen genutzt, die von den geförderten Institutionen in ihren Projekten erarbeitet wurden. Die meisten hiervon wurden von uns in der Phase 2 des Projektes erhoben.

Im Diagramm gibt es für jedes geförderte Projekt eine Achse. Die Achsenbeschriftung ist ein Kurztitel des Projektes, z.B. P5 Biologische Vergrämung. Die Achsen selber sind skaliert von 0 – 100 % (von innen nach außen: 100 – 80 – 60 – 40 – 20 – 0 %, 5 konzentrische Kreise). Dies ermöglicht es, die Reduktionswerte einzutragen (grüne Karten). Außerdem können in den Abschnitten die Stichworte zu den Hauptvorteilen der Methode und zu den Herausforderungen (gelbe Karte) im Netz angebracht werden.

Auf diese Weise können zentrale Ergebnisse der verschiedenen Projekte zusammengeführt werden. Die Abbildung zeigt die Vielfalt der Herangehensweisen, die Unterschiedlichkeit der Schwerpunkte, die Bandbreite der Reduktionspotentiale und die wichtigsten Herausforderungen.

Abbildung 11: Reduktionspotentiale, Schwerpunkte und Zielkonflikte in den einzelnen Projekten



Quelle 10 Eigene Abbildung, Öko-Institut 2025

2.4.3 Vorgehen bei mehrdimensionalen Zielkonflikten

Am 3. und 4. Dezember 2024 wurde von der DBU die Abschlussveranstaltung der Förderinitiative „Vermeidung und Verminderung von Pestiziden in der Umwelt“ im Zentrum für Umweltkommunikation in Osnabrück durchgeführt.

Von uns wurde hierfür u.a. der Impulsvortrag „Alles hat seinen Preis – mehrdimensionale Zielkonflikte und Handlungsmöglichkeiten“ vorbereitet. Er bildete den Auftakt zur Podiumsdiskussion „Geht's ohne Pestizide? Ernährungssicherung in intakten Ökosystemen“. In diesem Vortrag stellten wir die Vorgehensweise vor, die sich bei der Betreuung der Projekte zur Darstellung von Zielkonflikten, zu ihrer Analyse und ihrer Bearbeitung bewährt hat. Sie kann auch bei zukünftigen Projekten der DBU und der Projektpartner erfolgreich angewendet werden.

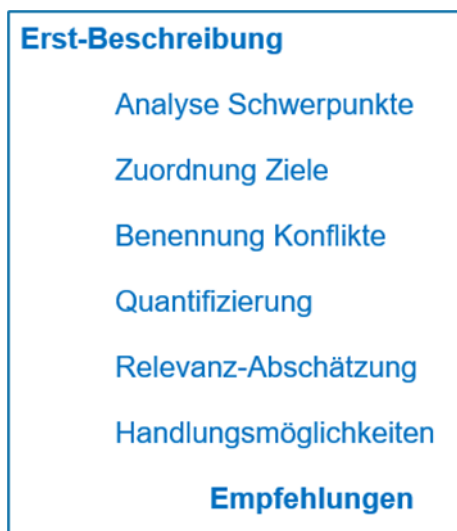
In mehreren der geförderten Projekte werden Alternativen ausgearbeitet, die zu deutlichen Verringerungen der Pestizideinsatzmengen führen. Im Beispiel der Nützlingsrollwiese können das bis zu 100 % der sonst benötigten Insektizide sein. Im Beispiel des Precision Weeding kann auf das kostenaufwändige und für die Arbeiter körperlich sehr anstrengende manuelle Jäten verzichtet werden.

In allen untersuchten Fällen sind mit diesen positiven Auswirkungen erhöhte Aufwendungen verbunden. Zum Beispiel Flächen, die nicht mehr für die Kulturen zur Verfügung stehen bei der Rollwiese, erhöhter Wasser- und Energieverbrauch beim Precision Weeding. Dadurch kommt es zu Zielkonflikten. Das Ziel, Pestizide einzusparen, wird erreicht. Zu den Zielen, Energieverbräuche und Wasserverbräuche zu reduzieren, können allerdings im Einzelfall keine positiven Beiträge geleistet werden. In einigen Fällen sind auch die Kosten höher. Diese Zielkonflikte sind mehrdimensional. Die Verfahren haben gegensätzliche Auswirkungen auf die Dimensionen Biodiversität, menschliche Gesundheit, Gesundheit von Tieren und Pflanzen, Flächenbedarf, Rohstoffeinsätze und Kosten.

Die im Austausch mit den Projektpartnern erzielten Ergebnisse haben bestätigt, dass es diese Zielkonflikte gibt, aber auch Handlungsmöglichkeiten aufzeigen. Wichtige Voraussetzung für einen erfolgreichen Umgang mit den Zielkonflikten ist es, sie darzustellen und nach Möglichkeit auch zu quantifizieren. Dies konnte bei den beteiligten Projekten gemacht werden. Dadurch wurde deutlich, dass in vielen Fällen der Preis für die Pestizid-Einsparungen annehmbar ist und es in vielen, wenn auch nicht allen Fällen, Möglichkeiten gibt, ihn auszugleichen. Dies wurde im Impulsvortrag an Beispielen aufgezeigt.

Für die Analyse und den Umgang mit Zielkonflikten empfehlen wir ein Vorgehen in acht Schritten:

Abbildung 12: Die acht Schritte bei der Analyse von Zielkonflikten



Quelle 11 Eigene Abbildung, Öko-Institut 2025

Die Schritte wurden unter Nutzung der Daten aus den ökobilanziellen Berechnungen für die einzelnen Projekte der Initiative erfolgreich durchgeführt.

2.4.4 Modellierung der Auswirkungen von Maßnahmen auf die Gewässerqualität mit PUMA 2

In der Fortführung des Projektes des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (P2) wird das Instrument PUMA 2 entwickelt. Diese Arbeiten von Herrn Liess, Herrn Voit und Herrn Jonas werden voraussichtlich im Herbst 2027 abgeschlossen sein. PUMA 2 ist ein im Internet online nutzbares Hilfsmittel. Es ermöglicht die Nutzung verschiedener Ausbreitungs-Modelle. Sie werden nicht neu entwickelt, sondern bereits verwendet, z.B. in der Zulassung von Pestizidwirkstoffen in der Europäischen Gemeinschaft. Die verschiedenen Modelle können vom Nutzer ausgewählt werden. Die Ergebnisse können dann miteinander verglichen werden.

Mit Hilfe von PUMA 2 wird modelliert werden können, welche Auswirkungen Verringerungen der Pestizid-Eintragsmengen haben. Ergebnisse der Modellierungen sind:

- Aussagen über die zu erwartenden Konzentrationen der Wirkstoffe in Oberflächengewässern;
- Aussagen über die Veränderungen verschiedener Risikoquotienten. In ihnen werden die modellierten Konzentrationen mit Schwellenwerten für die Toxizität gegenüber verschiedenen Organismengruppen verglichen. Hierbei kann zwischen Werten für die akute Toxizität (direkt auftretende Wirkungen) und die chronische Toxizität (längerfristig auftretende Wirkungen) unterschieden werden.

Die Werte für diese Risikoquotienten ermöglichen dann im Folgeschritt auch Aussagen über wahrscheinliche Auswirkungen auf empfindliche Organismen (Zeigerarten). PUMA 2 wird auch Vorhersagen zur Wirksamkeit der Kombination von Maßnahmen ermöglichen. Ein Beispiel ist die Verringerung des Pestizideinsatzes durch Nutzung induzierter Resistenz, kombiniert mit gezieltem Randstreifenbewuchs oder dem Einsatz von Nützlingen.

Wenn PUMA 2 zur Verfügung steht, können für diese Modellierungen die Daten der Projektpartner der DBU-Initiative genutzt werden. Für jedes der geförderten Projekte P3 – P10 kann dann gezeigt werden, welche Verbesserungen der Gewässerqualität durch die zu erwartenden Pestizideinsparungen erreicht werden können. Dies ermöglicht auch Rückschlüsse auf das Vorkommen besonders empfindlicher Tierarten und Lebensgemeinschaften. Solche Informationen können die Bereitschaft aller Beteiligten steigern, Pestizideinsparmöglichkeiten tatsächlich auch umzusetzen.

Bereits im Sommer 2025 sind für das Projekt dieses Berichtes zur Nachhaltigkeit von Pestizidalternativen erste Modellierungen mit den Daten der Projektpartner vorgenommen worden. Die Ergebnisse dieser vorläufigen Modellierungen liegen inzwischen vor. Sie zeigen, dass die in den Verfahren entwickelten Pestizideinsparungen zu Verringerungen des Risikos für Lebensgemeinschaften in Gewässern führen. Damit werden die Lebensgrundlagen vieler Tier- und Pflanzenarten in Gewässern verbessert. Dies ist in einem umso höheren Maße der Fall, wenn die Maßnahmen möglichst flächendeckend von einer großen Zahl von Landwirten umgesetzt werden und jeweils ganze Gruppen von Pestiziden (z.B. alle Herbizide) verringert werden.

Da PUMA 2 noch in der Entwicklung ist, sind die hier erzielten Ergebnisse vorläufiger Natur und sollten überprüft werden, wenn die Arbeiten zu PUMA 2 abgeschlossen sind. Es ist aber zu erwarten, dass die vorläufigen Ergebnisse richtungssicher sind und bestätigt werden.

2.4.5 Vergleich von Pestizid-Wirkstoffen bezogen auf Ökotoxizität

Für einige der in den Projekten wichtigen Kulturen stehen verschiedene Wirkstoffe zur Verfügung. Sie können sich stark in ihren Auswirkungen auf aquatische und terrestrische Lebewesen unterscheiden. Exemplarisch ist das im Projekt für verschiedene Wirkstoffgruppen dankenswerterweise von Herrn Wolfram (Universität Landau) ausgearbeitet worden (siehe Anhang VI).

Von Herrn Liess (UFZ Leipzig) sind umfangreiche Untersuchungen zur Auswirkung von Pestiziden auf empfindliche Lebewesen durchgeführt worden. Sie werden als Wächterorganismen (für gute Wasserqualität) bezeichnet. Eine Kenngröße für die Gefährlichkeit eines Pestizidwirkstoffes gegenüber solchen Wächterorganismen ist seine effektive Wirkungsschwelle im Feld. Sie kann deutlich niedriger liegen als die regulatorische Schwellenkonzentration. Diese Information kann Landwirten helfen, sich im Falle einer Wahlmöglichkeit für die weniger belastenden Wirkstoffe zu entscheiden.

2.4.6 Möglichkeiten der gezielten Nutzung bereits vorhandener Flächen

Im Projekt zur induzierten Resistenz (Projekt P4) werden auf im Hopfengarten vorhandenen Freiflächen Sträucher als Überwinterungsorte für Nützlinge angepflanzt. Diese Nutzung der Flächen um die Hopfenstangen unterstützt als weitere Maßnahme die Nützlingsförderung. Die erforderliche Fläche steht zur Verfügung. Sie wird nicht für die Hopfenpflanzen gebraucht. Es tritt also durch die Maßnahme keine Flächenkonkurrenz auf. Dies ist ein Beispiel für die Verwendung nicht-landwirtschaftlich genutzter Flächen zur Förderung der Biodiversität. Solche Flächen werden auch als „Eh-da“-Flächen bezeichnet. In Untersuchungen des Instituts für Agrarökologie konnte gezeigt werden, dass diese Flächen sehr gute Möglichkeiten bieten, mit geringem Kostenaufwand die biologische Vielfalt zu fördern. Daher sollten diese Möglichkeiten verstärkt genutzt werden. (Deubert et al. 2014)

2.4.7 Biologische Vielfalt auf landwirtschaftlichen Flächen

In mehreren Projekten der Initiative wurden die Auswirkungen der Maßnahmen auf die biologische Vielfalt in den Flächen untersucht. Hierbei wurden die Artenzahl und die Häufigkeit einzelner Arten von Schwebfliegen, Laufkäfern, Spinnen und anderen Tiergruppen erfasst. Diese Vorgehensweise war in den Projekten sehr wertvoll, erfordert aber ein hohes Maß an Artenkenntnissen und ist zeitaufwändig.

Aus Nachhaltigkeitssicht besteht ein hoher Problem- und Zeitdruck, um eine Richtungsänderung hin zu nachhaltigeren Produktions- und Konsummustern zu erreichen. Das gilt vor allem auch für den Schutz und die nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt. Die in Industrie- und Schwellenländern vorherrschenden Konsummuster gehen mit einer rasanten Zerstörung von natürlichen und naturnahen Ökosystemen und dem Verlust der Artenvielfalt einher (siehe zum Beispiel Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2014; Wilting et al. 2017; Romão et al. 2015).

Als Hauptursachen für den Verlust an Biodiversität und Ökosystemleistungen benennt das IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) folgende Ursachen:

- Die direkte Zerstörung von Lebensräumen (z.B. durch den Bau von Siedlungen und Infrastrukturen, Tagebau, Entwässerung, Abholzung etc.);
- Übernutzung und Degradation von Ökosystemen (z.B. durch Überweidung, Bodenerosion, Schadstoffeinträge, Überfischung etc.);

- Nutzungswandel (z.B. durch Aufgabe von extensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen, Intensivierung der Landwirtschaft, Umwandlung von Grünlandnutzung in Ackerbau etc.);
- Einschleppung von gebietsfremden Arten und
- Klimawandel. (ipbes 2019)

Der Sektor Landwirtschaft wird als einer der wichtigsten verursachenden Sektoren für die Gründe für den Verlust an Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen angesehen (FAO 2013). In vielen Ländern ist der Nahrungsmittelkonsum die wichtigste Ursache für den Verlust der biologischen Vielfalt (Wilting et al. 2017). Eine intensive Landbewirtschaftung, die sich durch einen hohen Mineraldünger- und Pflanzenschutzmitteleinsatz, der Vereinheitlichung von Fruchtfolgen, Melioration und Flurbereinigungsmaßnahmen auszeichnet, muss als einer der Hauptverursacher für den Verlust der biologischen Vielfalt genannt werden (vergleiche z.B. Beketov et al. 2013; Haber 2014; Isbell et al. 2013; Uchida und Ushimaru 2014; van Bruggen et al. 2018). Auch Dudley und Alexander (2017) benennen auf Basis der Ergebnisse einer Review-Studie explizit intensive Formen der Landbewirtschaftung als einen wesentlichen Treiber für den Verlust der Biodiversität und Ökosystemleistungen.

Vor diesem Hintergrund ist es von großem Interesse, Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie sich die im Rahmen der Förderinitiative entwickelten Maßnahmen auf die Biodiversität auswirken. So wurden in mehreren Projekten der Initiative die Auswirkungen der Maßnahmen auf die biologische Vielfalt in den Flächen untersucht. Hierbei wurden die Artenzahl und die Häufigkeit einzelner Indikatorarten von ausgewählten Tiergruppen, wie beispielsweise Schwebfliegen, Laufkäfer oder Spinnen, erfasst. Diese Vorgehensweise war in den Projekten sehr wertvoll, erfordert aber ein hohes Maß an Artenkenntnissen und ist zeitaufwändig. Einschränkend muss auch dargelegt werden, dass die Erfassung verschiedener Charakterarten über einen Projektverlauf von 2 - 3 Jahren nur bedingt aussagekräftig ist. Nicht immer lassen sich Veränderungen bei den erfassten Indikatorarten als Auswirkung der Maßnahme interpretieren. Klimatische Unterschiede zwischen den Jahren im Verlauf eines 2 - 3 Jahre durchgeführten Monitorings können ebenfalls große Schwankungen bei den untersuchten Arten hervorrufen. Letztendlich kann nur über ein begleitendes Langzeit-Monitoring von ausgewählten Indikatorarten die Auswirkung der geförderten Maßnahmen auf die Biodiversität erfasst werden. Ein solch begleitender und nach Projektende fortgeführter Ansatz war im Rahmen der Förderinitiative nicht vorgesehen.

Im Rahmen der Begleitforschung ist mit Hilfe ökobilanzieller Ansätze untersucht worden, welche Belastungen die in der Förderinitiative entwickelten Ansätze zur Pestizidreduktion hinsichtlich verschiedener Umweltwirkungskategorien im Vergleich zu traditionell eingesetzten Methoden haben (vergleiche Kapitel 2.3 und Anhänge III, IV und V). Mittlerweile sind auch eine Reihe von verschiedenen methodischen Ansätzen zur Quantifizierung von Biodiversität in Ökobilanzen entwickelt worden. Eine Übersicht über existierende Ansätze findet sich in Kapitel 3 (Antony et al. 2025). Zusammenfassend muss man hinsichtlich ihrer Anwendungsmöglichkeit im Rahmen der Begleitforschung der Förderinitiative aber die Schlussfolgerung treffen, dass diese Ansätze zur Beurteilung der Auswirkung der im Rahmen der Förderinitiative entwickelten Maßnahmen auf die Biodiversität nicht geeignet sind. Diese Schlussfolgerung begründet sich wie folgt:

- Alle derzeit existierenden Ansätze befinden sich derzeit noch in Entwicklung. Das hat zur Folge, dass man zur Beurteilung der Biodiversität nicht auf einschlägige Datenbanken zurückgreifen kann, wie das bei der Beurteilung von anderen Umweltwirkungskategorien der Fall ist.

- Die Datenerhebung zur Beurteilung von Biodiversität ist aufwändig, erfordert daher einen hohen zeitlichen Aufwand und eine entsprechende Fachexpertise.

In der Theorie sind die bislang existierenden Ansätze zwar tragfähig. In der Umsetzung bei praxisbezogenen Fragestellungen stellen sich jedoch Herausforderungen, die nicht mit vertretbarem Aufwand überwunden werden können.

Eine Überlegung wäre jedoch für diejenigen Maßnahmen, die Eingang in die landwirtschaftliche Praxis finden, ein einfaches Monitoringsystem zu entwickeln, das von den Landwirten selbst angewandt werden kann. Entsprechende Monitoringsysteme, die auf dem sogenannten Citizen-Science-Ansatz basieren, sind auch schon für das Monitoring von landwirtschaftlichen Flächen entwickelt worden. So ist mit dem Projekt „Biodiversitätsmonitoring mit LandwirtInnen – ein österreichweites Laienmonitoring“ ein Beobachtungssystem für Magerwiesen aufgebaut worden¹.

Auch in Deutschland nutzt man mittlerweile - neben anderen Methoden - den Citizen-Science-Ansatz, um Daten zum Zustand und der Entwicklung der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften zu erfassen. Im Frühjahr 2019 ist das Vorhaben „Nationale Monitoring der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften“ MonViA in Deutschland gestartet. Im Auftrag des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat wird MonViA vom Thünen-Institut, dem Julius Kühn-Institut sowie der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung durchgeführt. Ziel ist es, belastbare Daten für Politik, Landwirtschaft und Naturschutz zur Erhebung des Zustands und der Entwicklung der Biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften zu gewinnen. „Die Daten werden mithilfe moderner Technologien erhoben, wie Citizen Science, Fernerkundung und Metabarcoding“².

Neben der Entwicklung eines auf die im DBU-Förderprogramm entwickelten Maßnahmen zugeschnittenen Monitoringprogramm sollte jedoch auch darüber nachgedacht werden, wie Landwirte für ein solches Monitoring gewonnen werden können. Auch hier kann man möglicherweise auf den Erfahrungen der zitierten Programme aufbauen.

2.4.8 Vergleichende Bewertung von Gefahrstoffen

In vielen von der DBU geförderten Projekten werden Chemikalien als Prozess-Hilfsmittel oder Rohstoffe eingesetzt. Bei der Entwicklung von Alternativen ist es wichtig zu prüfen, ob sich die in den verschiedenen Ansätzen verwendeten Chemikalien in ihrer Gefährlichkeit unterscheiden. Außerdem ist sicher zu stellen, dass keine besonders problematischen Chemikalien eingesetzt werden.

Bereits vor einigen Jahren ist mit Unterstützung der DBU das Excel-gestützte und frei verfügbare Hilfsmittel REACH Radar entwickelt worden. Es ermöglicht Projektpartnern eine erste rasche Analyse, ob sie sehr problematische Stoffe einsetzen. Hierzu gehören z.B., besonders besorgniserregende Stoffe. Sie werden auf der REACH Kandidatenliste aufgeführt. Aber auch krebserzeugende, erbgutverändernde und die Fortpflanzung gefährdende Stoffe (KMR-Stoffe) gehören hierzu. REACH Radar ist kostenlos öffentlich verfügbar (<https://www.oeko.de/magazin/alles-geregelt/reach-radar/> , www.oeko.de/reach-radar).

Eine weitere wichtige Bewertungsgrundlage sind die Gefahrenhinweise (H-Sätze), mit denen gefährliche Stoffe gekennzeichnet sein müssen. Sie sollten beim Vergleich von Stoffen berücksichtigt

¹ Siehe [Biodiversitätsmonitoring durch Landwirtinnen](#), zuletzt abgerufen am 24.10.2025

² Siehe [MonViA](#), zuletzt abgerufen am 24.10.2025

werden. Hierfür kann das Bewertungsinstrument „ChemSelect“ genutzt werden. Es ist aktuell für das Umweltbundesamt entwickelt worden und kostenfrei verfügbar unter <https://chemselect.uba.de/>.

ChemSelect unterstützt und vereinfacht die Bewertung der Nachhaltigkeit von Chemikalien.

Abbildung 13: Die Start-Seite der online-Bewertungshilfe ChemSelect

The screenshot shows the ChemSelect web application interface. At the top, there is a header with the text 'ChemSelect' on the left and 'Export Anmelden' on the right. Below the header, the main title reads 'ChemSelect Auswahl nachhaltigerer Chemikalien für Prozesse und Produkte'. A section titled 'Was kann ChemSelect?' lists three key features: 'Bewertung' (Evaluation), 'Substitution', and 'Kommunikation', each with a brief description. To the right of this text is a circular logo with 17 colored segments, resembling the UN Sustainable Development Goals, with a central flask icon and the text 'ChemSelect'. Below the text, there is a language selection dropdown menu set to 'DEUTSCH'. Further down, a section titled 'Start der Nachhaltigkeitsbewertung' contains four buttons: 'Erfassung von Stoffen' (purple), 'Erfassung von Gemischen' (blue), 'Erfassung von Lieferanten' (dark grey), and 'Anlegen von Anwendungsszenarien' (green). Below these buttons is a note about account creation. To the right of this section is an illustration of a computer monitor displaying a grid of chemical flasks, with a magnifying glass and a question mark above it.

Quelle 12 Eigene Abbildung, Öko-Institut 2025E

REACH Radar und die Gefahrenhinweise wurden in der Förderinitiative zur Bewertung eingesetzt. Ein Beispiel wird im Anhang VII gezeigt. Weitere Hinweise zu ChemSelect werden im Anhang VIII I gegeben.

3 Öffentlichkeitsarbeit

Im Projekt sind die Ergebnisse bei mehreren Gelegenheiten einer größeren Öffentlichkeit vorgestellt worden. Ausserdem wurden Vorschläge für die zukünftige Kommunikation entwickelt.

3.1 Die Woche der Umwelt: Das Fachforum zur Pestizidreduktion

Die von der DBU veranstaltete Woche der Umwelt fand am 4. und 5. Juni 2024 in Berlin im Park Bellevue statt. Auf Anregung von Herrn Schäfer hin hatten wir uns um ein Fachforum zum Thema „Pestizideinsparungen in der Landwirtschaft“ beworben. Diese Bewerbung war erfreulicherweise erfolgreich. Unser Fachforum fand am Dienstag, dem 4. Juni 2024, von 12 – 13 Uhr statt. Das Thema und die verteilten Materialien fanden beim Publikum großes Interesse.

Das Fachforum hatte den Titel: „Biologische Vielfalt und Landwirtschaft: Möglichkeiten zur Vermeidung von Pestiziden“. Ziel war es, den Teilnehmern die Wichtigkeit der Einsparung von Pestiziden zu verdeutlichen und Möglichkeiten hierfür aufzuzeigen. Hierzu konnten erfreulicherweise entsprechende Erfahrungen aus den Projekten der Förderinitiative genutzt werden.

Zu den Inhalten wurde vorab die folgende Kurzbeschreibung veröffentlicht:

- Der massive Einsatz von Pestiziden in der Landwirtschaft führt zu gravierenden Verlusten der Vielfalt an Pflanzen und Tieren. Nicht nur in den Anbaugebieten, sondern auch in angrenzenden und weiter entfernten Schutzgebieten. Inzwischen stehen zahlreiche Möglichkeiten zur Verfügung, die Einsatzmengen an Pestiziden stark zu verringern - oder ganz auf sie zu verzichten. Vorgestellt werden u.a. die Nutzung bereits vorhandener Flächen, um Lebensräume für andere Arten zu schaffen, der Einsatz von Nützlingen, resistenter Sorten und Methoden des precision weedings. (Wahrscheinlich nur auf Fotos) werden die Arten zu sehen sein, die dadurch zurückkommen. Thema sind auch automatische Methoden, die dem Landwirt mit geringem Aufwand eine exakte Erfassung der Befallshöhe erlauben und so Sicherheit geben, wann Bekämpfungsmaßnahmen erforderlich werden. Für die Teilnehmer wird Material zum Mitnehmen ausliegen, mit dem sie direkt nach der Veranstaltung selber aktiv werden können.

Die Referenten unseres Fachforums kamen sowohl aus der landwirtschaftlichen Praxis als auch aus der angewandten Forschung. Es waren dabei:

- Herr Rademacher von der Firma Katz BioTech AG. Er berichtete über Erfahrungen zum Einsatz von Nützlingen in der Landwirtschaft. Hierbei wurde verdeutlicht, was möglich ist und auch, wo die Grenzen der verschiedenen alternativen Verfahren sind. Herr Rademacher ist Partner im Projekt P9 von Herrn Meyhöfer, Universität Hannover (Blühstreifen und Offene-Zucht-Systeme im Freiland-Gemüseanbau). Ausserdem war noch seine Kollegin Frau Hinrichs dabei, die ebenfalls in dem von der DBU geförderten Projekt mitarbeitet.
- Frau Siv Biada. Sie ist Leiterin des internationalen DLG-Pflanzenbauzentrums in Bernburg. Sie hat jahrzehntelange Erfahrung mit Möglichkeiten der Verringerung des Pestizideinsatzes in der Praxis. Sie ist Partnerin im Projekt P7, gemeinsam mit Frau Kirmer, Bernburg (Reihenbezogener Ackerbau, Nützlinge und Wildkräuter).
- Frau Anita Kirmer. Sie arbeitet an der Hochschule Anhalt im Fachbereich Vegetationskunde. Sie stellte Erfahrungen zur Förderung der Biodiversität, zum reihenbezogenen Ackerbau und zu anderen Maßnahmen zur Pestizidverringern vor.

- Frau Inka Lusebrink und Herr Florian Weihrauch aus der Arbeitsgruppe Ökologische Fragen des Hopfenbaus (Projekt P4, induzierte Spinnmilbenresistenz). Sie berichteten von der Nutzung induzierter Resistenzen gemeinsam mit der Nutzung unterstützender Maßnahmen auf Flächen, die nicht in Konkurrenz zum Anbau der Kulturen stehen.

Das Fachforum wurde von Herrn Dirk Bunke moderiert. Auswirkungen auf die biologische Vielfalt wurden an Beispielen verdeutlicht. Ziel war es, anschaulich zu machen, welcher Gewinn an biologischer Vielfalt durch die gezielte Auswahl und die Verringerung von Pestizidwirkstoffen erreicht werden kann. Aus den Ergebnissen der Projekte können hierfür konkrete Empfehlungen für die Umsetzung durch die Landwirte vor Ort gegeben werden.

Ein Teilnehmer empfahl, diese Art von Projekten nicht weiter zu fördern, da sie doch nur in kleinen Nischen zu Anwendung kämen. Herr Rademacher konnte aufzeigen, dass ganz im Gegenteil der Einsatz von Nützlingen inzwischen im Bereich des Gewächshaus-Anbaus großflächig Praxis ist. Entsprechend wichtig ist es, Möglichkeiten der Übertragung in das Freiland zu entwickeln, zu testen und dann auch umzusetzen. Herr Weihrauch vom Hopfenzentrum berichtete, dass die konventionellen Hopfenbauern, die auf synthetische Akarizide setzen, durch die Verringerung der Anzahl der hierfür zugelassenen Wirkstoffe zunehmend unter Druck kommen. Die ursprünglich eher belächelten Alternativen, z.B. der induzierten Resistenz, werden jetzt gerade von konventionell arbeitenden Betrieben mit großem Interesse verfolgt, um Ernteaufträge aufgrund fehlender Maßnahmen zu vermeiden.

Wir hatten etwa 80 Teilnehmer und eine lebhafte Diskussion. Die Gespräche wurden auch nach dem Fachforum fortgesetzt.

3.2 Die Abschlussveranstaltung der DBU zur Förderinitiative „Pestizidvermeidung“

Am 3. und 4. Dezember 2024 wurde von der DBU die Abschlussveranstaltung der Förderinitiative „Vermeidung und Verminderung von Pestiziden in der Umwelt“ im Zentrum für Umweltkommunikation in Osnabrück durchgeführt.

Von uns wurde hierfür u.a. der Impulsvortrag „Alles hat seinen Preis – mehrdimensionale Zielkonflikte und Handlungsmöglichkeiten“ gehalten. Er bildete den Auftakt zur Podiumsdiskussion „Geht's ohne Pestizide? Ernährungssicherung in intakten Ökosystemen“. In diesem Vortrag stellten wir die Vorgehensweise vor, die sich bei der Betreuung der Projekte zur Darstellung von Zielkonflikten, zu ihrer Analyse und ihrer Bearbeitung bewährt hat. Sie kann auch bei zukünftigen Projekten der DBU und der Projektpartner erfolgreich angewendet werden.

3.3 Der Jahresbericht 2024 der DBU

Im Jahresbericht 2024 der DBU sind die wichtigsten Schlussfolgerungen aus dem Projekt in dem Beitrag „Einsparpotenziale und Zielkonflikte benennen“ von Frau Magiera zur Pestizidinitiative veröffentlicht worden.

3.4 Themen für die zukünftige Kommunikation

Die in Kapitel 2 beschriebenen Ergebnisse bieten eine ganze Reihe wichtiger und ansprechender Möglichkeiten für die Kommunikation zu Pestizid-Verringerungs-Initiative. Beispiele sind:

- Rückkehr empfindlicher „Anzeiger-Tierarten“ (Wächterorganismen), wenn die Gewässerqualität durch andere Formen der Beikrautbekämpfung besser wird. Ein Beispiel ist die Blauflügel-Prachtlibelle.

Abbildung 14: Die Prachtlibelle



Quelle 13 : Eigenes Foto, Bunke 2025

- Förderung und Erhalt schöner Formen heimischer Landwirtschaft, z.B. Streuobstwiesen

Abbildung 15: Ästhetischer Wert von Streuobstwiesen



Quelle: 14 : <https://unsplash.com/de>

- Sicherstellung der Verfügbarkeit von alten Obstsorten aus heimischem Anbau, z.B. Birnen.

Abbildung 16: Für den Anbau von Birnen in Streuobstwiesen sind wirksame Bekämpfungsmöglichkeiten gegen Blattsauger erforderlich



Quelle 15 : <https://unsplash.com/de>

- Erhöhung der Artenvielfalt in der Agrar-Landschaft durch Blühstreifen und Nutzung vorhandener Flächen.

Abbildung 17: Blühstreifen können die Häufigkeit und die Vielfalt von Nützlingen in landwirtschaftlich genutzten Flächen erhöhen.



Quelle 16 : <https://unsplash.com/de>

- Schutz von Wildbienen und anderen Nützlingen durch Verzicht auf Insektizide.

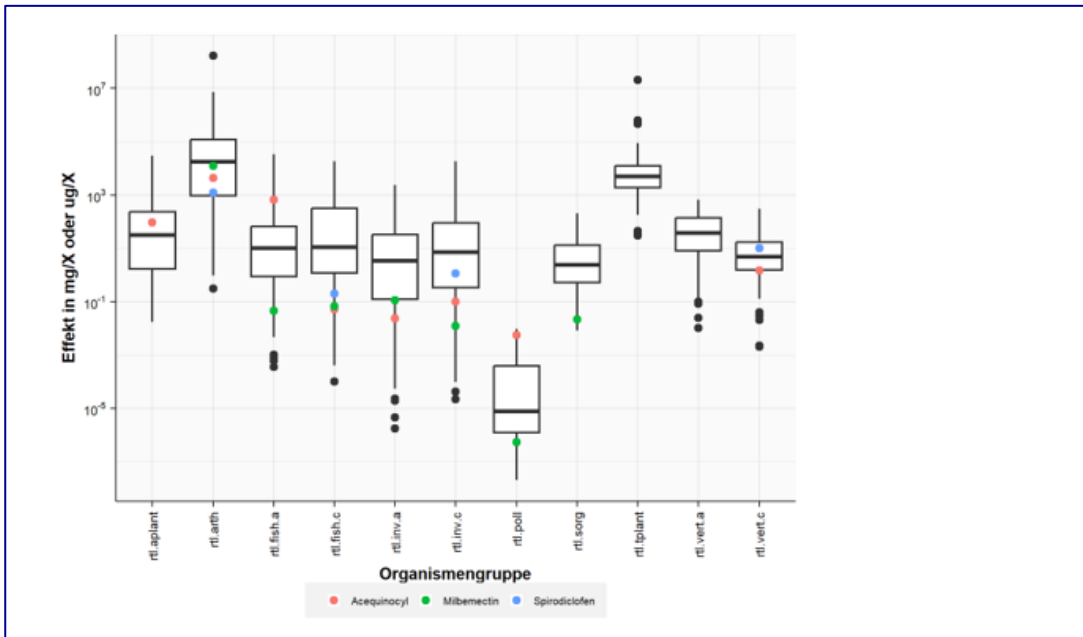
Abbildung 18: Wildbienen können durch Blümmischungen mit regional vorkommenden Pflanzenarten gezielt gefördert werden



Quelle 17: <https://unsplash.com/de>

Natürlich werden zusätzlich auch Ergebnisse und Abbildungen verfügbar, die mehr wissenschaftliche Informationen darstellen. Ein Beispiel ist die folgende Abbildung. Sie zeigt die Verteilung der Toxizität von drei im Hopfenanbau häufig angewendeten Akariziden, bezogen auf verschiedene Tiergruppen. Abbildungen dieser Art können dann ergänzend für die Fachkommunikation verwendet werden.

Abbildung 19: Risikoprofil von Wirkstoffgruppen



Quelle 18: Zusammenstellung von Herrn Dr. Jakob Wolfram, Universität Landau

4 Ausblick

Im Projekt konnte gezeigt werden, dass es eine Vielzahl von nachhaltigen Möglichkeiten gibt, auf unterschiedlichen Wegen die eingesetzten Pestizidmengen in unterschiedlichen Kulturen zu verringern. Mit der Umsetzung dieser Möglichkeiten können wichtige Beiträge geleistet werden, die Belastungen von Mensch und Umwelt durch Pestizide zu senken und die biologische Vielfalt in der Agrarlandschaft zu steigern. Anhand von begleitenden ökobilanziellen Berechnungen konnte gezeigt werden, dass die mit dem Pestizidverzicht verbundenen Mehraufwendungen bei den betrachteten Methoden vertretbar sind. Einige der Methoden bieten auch die Möglichkeit, die aktuell aufwändige manuelle Beikrautbekämpfung zu verringern und bestehende oder zukünftige Wirkstoff-Lücken zu schließen. Daher sollten die in den Projekten aufgezeigten Möglichkeiten genutzt und möglichst umfassend eingesetzt werden.

5 Literatur

- Antony, F.; Grahl, B.; Nungesser, L.; Quack, D. (2025): Beurteilung biodiversitätsrelevanter Aspekte im Zuge der Ökobilanzierung ausgewählter Milchproduktionssysteme, GOBIOM. Öko-Institut e.V (Hg.). Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/publikation/beurteilung-biodiversitaetsrelevanter-aspekte-im-zuge-der-oekobilanzierung-ausgewaehlter-milchproduktionssysteme/>, zuletzt geprüft am 11.12.2025.
- Beketov, M. A.; Kefford, B. J.; Schäfer, R. B.; Liess, M. (2013): Pesticides reduce regional biodiversity of stream invertebrates. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110 (27), S. 11039–11043. DOI: 10.1073/pnas.1305618110.
- Birkenmaier, F.; Schuchter, L.; Pillei, M.; Bach, K. (2024): Assessing Environmental and Economic Sustainability of Fresh Unpacked, Fresh Packed, and Frozen Carrots in Austria: A Case Study with a Life Cycle Assessment (LCA) Approach. In: *Sustainability* 16 (17), S. 7513. DOI: 10.3390/su16177513.
- BLE (2021): Ökologischer Rapsanbau. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (Hg.). Online verfügbar unter <https://www.oekolandbau.de/bio-in-der-praxis/oekologische-landwirtschaft/oekologischer-pflanzenbau/bio-anbausteckbriefe/oelfruechte/raps/>, zuletzt aktualisiert am 16.09.2021, zuletzt geprüft am 26.02.2025.
- BMEL (2023): Winterrapsernte. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hg.). Online verfügbar unter <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/ernte-und-qualitaet/winterrapsernte>, zuletzt geprüft am 26.02.2025.
- BVL (2002): Mittlere Gewichte einzelner Obst- und Gemüseerzeugnisse. Unter Mitarbeit von Prüße, U.; Hüther, L. und Hohgardt, K. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (Hg.), zuletzt geprüft am 21.02.2025.
- Deubert, M.; Ullrich, K.; Trapp, M. (2014): Eh da-Flächen in Agrarlandschaften und im Siedlungsbereich. Studie zur Erfassung und Bewertung quantitativer und qualitativer Flächenpotenziale. Innovation Naturhaushalt (Hg.). Online verfügbar unter <http://www.eh-da-flaechen.de/files/ifa-potenzialstudie.pdf>, zuletzt geprüft am 29.01.2026.
- Die Bundesregierung (2015): Die 17 globalen Nachhaltigkeitsziele. Die Bundesregierung (Hg.). Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/nachhaltigkeitsziele-erklaert-232174>, zuletzt geprüft am 29.01.2026.
- Dressler, D. (2020): Treibhausgas-Minderungspotenzial ausschöpfen. Systemgrenzen bei der Bewertung der Rapserzeugung und -verwendung überdenken. In: *Raps* 38 (2), S. 34–35.
- Dressler, D.; Haas, R.; Remmele, E. (2018): Berichte aus dem TFZ 59: Regionalspezifische Treibhausgasemissionen der Rapserzeugung in Bayern. Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (Hg.). Straubing. Online verfügbar unter https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/biokraftstoffe/dateien/tfz_bericht_59_regiothgraps_ges.pdf, zuletzt geprüft am 19.02.2026.
- Dudley, N.; Alexander, S. (2017): Agriculture and biodiversity, A review. In: *Biodiversity* 18 (2-3), S. 45–49. DOI: 10.1080/14888386.2017.1351892.
- Eberle, U.; Wenzig, J. (2020): SDG-Evaluation of Products - SEP, Nachhaltigkeitsbewertung von Produkten und Dienstleistungen anhand der Sustainable Development Goals. ZNU-Zentrum für Nachhaltige Unternehmensführung (Hg.). Online verfügbar unter https://mehrwert-nachhaltigkeit.de/media/pages/mediapool/ee04842202-1741246836/sep_broschuere_de.pdf, zuletzt geprüft am 19.02.2026.

- FAO (2013): Food wastage footprint - impacts on natural resources, Summary report (Food wastage footprint). Food and Agriculture Organization of the United Nations (Hg.). Online verfügbar unter <http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf>.
- Fuhrmann, M.; Strasser, C. (2024): Ökobilanzierung von Torfersatzstoffen in Österreich. Online verfügbar unter https://www.best-research.eu/files/publications/pdf/%C3%96kobilanz%20Torfersatzstoffe_Bericht_final.pdf, zuletzt geprüft am 17.02.2025.
- Haber, W. (2014): Landwirtschaft und Naturschutz. Weinheim: Wiley-VCH.
- ipbes (2019): Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Unter Mitarbeit von S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondízio E.S., H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis, and C. N. Zayas. Bonn.
- Isbell, F.; Reich, P. B.; Tilman, D.; Hobbie, S. E.; Polasky, S.; Binder, S. (2013): Nutrient enrichment, biodiversity loss, and consequent declines in ecosystem productivity. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110 (29), S. 11911–11916. DOI: 10.1073/pnas.1310880110.
- Romão, C.; Graf, A.; Naumann, S.; Davis, M.; Gerdes, H.; Evans, D.; Richard, D.; Bailly Maitre, J.; Gaudillat-Sipkova, Z.; Ieronymidou, C.; Langhout, W. (2015): State of nature in the EU, Results from reporting under the nature directives 2007-2012 (EEA Technical report, 2/2015). Luxembourg: Publications Office.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2014): Global Biodiversity Outlook 4. Online verfügbar unter <https://www.unep-wcmc.org/resources-and-data/global-biodiversity-outlook-4>, zuletzt aktualisiert am 04.08.2020, zuletzt geprüft am 04.08.2020.
- Steinhuber, L.; Kirchner, M.; Rüger, J.; Vogl, T.; Emberger, P.; Thüneke, K.; Dressler, D.; Stein, F.; Andreas, B.; Taeger, C.; Kiefer, S.; Remmele, E. (2024): Spritzbares Mulchmaterial im Gemüsebau (Berichte aus dem TFZ, 84). Online verfügbar unter https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/publikationen/berichte/dateien/tfz-bericht_84_munaro.pdf, zuletzt geprüft am 17.02.2025.
- Uchida, K.; Ushimaru, A. (2014): Biodiversity declines due to abandonment and intensification of agricultural lands, Patterns and mechanisms. In: *Ecological Monographs* 84 (4), S. 637–658. DOI: 10.1890/13-2170.1.
- Umweltbundesamt (2025): ChemSelect, Auswahl nachhaltigerer Chemikalien für Prozesse und Produkt. Umweltbundesamt (Hg.). Online verfügbar unter <https://chemselect.uba.de/>, zuletzt geprüft am 29.01.2026.
- van Bruggen, A. H. C.; He, M. M.; Shin, K.; Mai, V.; Jeong, K. C.; Finckh, M. R.; Morris, J. G. (2018): Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. In: *Science of the Total Environment* 616-617, S. 255–268. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.309.
- Wilting, H. C.; Schipper, A. M.; Bakkenes, M.; Meijer, J. R.; Huijbregts, M. A. J. (2017): Quantifying Biodiversity Losses Due to Human Consumption, A Global-Scale Footprint Analysis. In: *Environ. Sci. Technol.* 51 (6), S. 3298–3306. DOI: 10.1021/acs.est.6b05296.

A Anhang

Anhang I. Die Projekte in der Übersicht

Die folgende Tabelle zeigt die Grunddaten zu den zehn Projekten.

Tabelle 2: Die 10 geförderten Projekte in der Übersicht

Nr.	KN	Titel	Durchführung	Laufzeit	Austausch
P1		Reduktion von Pestiziden in Schutzgebieten	Univ. Koblenz-Landau	1/21 – 12/22	Dezember 2021
P2		PUMA: Vorhersage von Belastungen in Schutzgebieten	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ),	7/21 – 7/23	Dezember 2021
P3		Nützlings-Rollwiese	Staatsschule für Gartenbau Stuttgart-Hohenheim	1/21 – 1/23	August 2021
P4		Induzierte Spinnmilben-Resistenz	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL),	3/21 – 3/26	
P5		Biologisches Vergrämungsmittel auf Tonbasis	RLP AgroScience GmbH	12/20 – 12/23	
P6		Mulchmaterial im Feldgemüseanbau	Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe TFZ	1/21 – 12/22	
P7		Reihenbezogener Ackerbau, Nützlinge und Wildkräuter	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) e. V., Internationales Pflanzenbauzentrum (IPZ)	12/20 – 12/23	November 2021
P8		Befallsmonitoring Kirschessigfliege	Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz, Institut für Phytomedizin, Fachgebietsleitung Entomologie	1/21 – 12/23	
P9		Blühstreifen und Offene-Zucht-Systeme im Freiland-Gemüseanbau	Leibniz Universität Hannover, Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Abteilung Phytomedizin	6/21 – 6/24	
P10		Heißwasser und Precision Weeding	tiefgrün precision weeding		November 2021

Quelle: Eigene Zusammenstellung auf Grundlage der Kurzbeschreibungen der Projekte in der DBU Datenbank, Juli 2021

Anhang II. SDGs als Bezugsrahmen

1 Warum der Bezug auf die Ziele der UN Agenda 2030?

Im Projekt wird gemeinsam mit den beteiligten Institutionen erarbeitet, welche Vorteile für Mensch und Umwelt, gegebenenfalls aber auch, welche Herausforderungen sich aus den geförderten Ansätzen ergeben. Dies soll nach Möglichkeit auch quantitativ erfolgen. Die Verknüpfung solcher Ergebnisse mit den Nachhaltigkeitszielen der UN Agenda 2030 ermöglicht weitere Aussagen. Sie zeigt, dass die geförderten Ansätze bei ihrer Umsetzung auch einen Beitrag leisten zu den Zielen, die sich die Menschheit 2015 weltweit gesetzt hat, um auf Dauer die Grundlagen des Lebens auf der Erde zu schützen.

Zu der Erreichung dieser Ziele haben sich sehr viele Länder verpflichtet. Hieraus ergibt sich auch die staatliche Notwendigkeit, in Umsetzungsplänen Aktivitäten zu fördern, die einen Beitrag hierzu leisten können. In diesem Fall können auch die Projekte dieser Förderinitiative eine zusätzliche Bedeutung bekommen.

Nachhaltigkeit beinhaltet viele unterschiedliche Dimensionen. In den Nachhaltigkeitszielen (Sustainable Development Goals, SDGs) der Agenda 2030 liegt jetzt ein Zielsystem vor, in dem alle Bereiche der Nachhaltigkeit angesprochen werden. Die folgende Abbildung zeigt in einer Kurzform dieses Zielsystem.

Abbildung 20: Die Nachhaltigkeitsziele der UN Agenda 2030



Quelle: Die Bundesregierung 2015

Die Abbildung nennt nur die Kurztitel der siebzehn Ziele. Zu diesen Zielen gehören 169 Unterziele, die die Ziele konkretisieren. Zwei Beispiele sind:

- SDG 2, Kein Hunger. Unterziel 2.4: Bis 2030 die Nachhaltigkeit der Systeme der Nahrungsmittelproduktion sicherstellen und resiliente landwirtschaftliche Methoden anwenden, die die Produktivität und den Ertrag steigern, zur Erhaltung der Ökosysteme beitragen, die Anpassungsfähigkeit an Klimaänderungen, extreme Wetterereignisse, Dürren, Überschwemmungen und andere Katastrophen erhöhen und die Flächen- und Bodenqualität schrittweise verbessern
- SDG 15, Leben an Land. Unterziel 15.1: Bis 2020 im Einklang mit den Verpflichtungen aus internationalen Übereinkünften die Erhaltung, Wiederherstellung und nachhaltige Nutzung der Land- und Binnensüßwasser- Ökosysteme und ihrer Dienstleistungen, insbesondere der Wälder, der Feuchtgebiete, der Berge und der Trockengebiete, gewährleisten.

Durch den systematischen Bezug auf dieses Zielsystem können wir in der Bewertung sicherstellen, dass alle wichtigen Aspekte der Nachhaltigkeit berücksichtigt werden.

Gleichzeitig ermöglicht das Zielsystem auch eine klare Darstellung von Zielkonflikten. Z.B. kann eine Verringerung des Pestizideinsatzes durch robotergesteuerten Heißdampfeinsatz mit einer Erhöhung der Betriebskosten verbunden sein. Sind diese zu hoch, kann das Ziel einer nachhaltigen Produktion (die auch ökonomisch sein muss; SDG 12) nicht erreicht werden.

Die klare Darstellung der Zielkonflikte ist dann auch die Grundlage für das Aufzeigen von Möglichkeiten, diese Zielkonflikte zu lösen.

Ein dritter Grund für die Bezugnahme auf die Ziele der Agenda 2030 ist, dass unterschiedliche gesellschaftliche Interessensgruppen auch unterschiedliche Ziele verfolgen. Je nach Zielsystem können dann Auswirkungen einer neuen Methodik – z.B. eine 30%ige Erhöhung der Individuenzahl von besonders geschützten Tier- oder Pflanzenarten – unterschiedlich positiv bewertet werden, verglichen mit einem hiermit verbundenen Verlust an verfügbarer Anbaufläche. Die Ziele der Agenda 2020 sind in einem weltweiten Diskussionsprozess zwischen vielen gesellschaftlichen Gruppen festgelegt worden. Dies gibt diesen Zielen ein besonderes Gewicht und rechtfertigt, sie als Bezugspunkte für die im Projekt vorgenommenen Bewertungen zu nehmen.

2 Warum eine Schwerpunktsetzung bei den Zielen der UN Agenda 2030?

Die Ziele der UN Agenda 2030 ermöglichen eine systematische Bewertung, welche Beiträge einzelne Projekte zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele leisten können. Gleichzeitig besteht die Gefahr, bei der Überprüfung aller 169 Unterzielen sehr viele Daten zu benötigen, die im Einzelfall fehlen können. Es kann außerdem sein, dass die Vielzahl der dann erzielten Ergebnisse eine vergleichende Bewertung mehr erschwert als unterstützt.

Deshalb wurde in einem ersten Schritt im Projekt geprüft, welche der Ziele und welche der Unterziele einen direkten Bezug zu der Förderinitiative haben, und welche nicht. Zur Verdeutlichung: die beiden oben genannten folgenden Unterziele 2.4 und 15.1 haben einen direkten Bezug zur Landwirtschaft.

Kein direkter Bezug ist z.B. bei den folgenden beiden Zielen erkennbar:

- SDG 4: Hochwertige Bildung
- SDG 5: Geschlechtergleichheit.

Bei der Bewertung wird nur auf die Ziele Bezug genommen, die mit der Förderinitiative inhaltlich direkt verbunden sind.

Diese Schwerpunktsetzung wurde in zwei Schritten durchgeführt.

- Startpunkt war eine Studie, die 2020 von Eberle und Wenzig (2020) Eberle et al. veröffentlicht wurde. In ihr wurde systematisch überprüft, welche der SDGs und der Unterziele einen Bezug zu Unternehmen oder zu Produkten (ohne Spezifizierung auf eine besondere Produktgruppe) haben. Dies ist bei 16 der 17 Ziele und 60 der 169 Unterziele der Fall.
- In dem zweiten Schritt wurde von uns überprüft, welche der von Eberle und Wenzig (2020) identifizierten Ziele und Unterziele einen Bezug zum Thema Landwirtschaft, Pestizide und Alternativen haben. Dies ist bei 11 Zielen und bei 23 Unterzielen der Fall. Durch diese Schwerpunktsetzung war es möglich, die Zahl der zu betrachtenden Ziele und Unterziele deutlich zu reduzieren: von 17 auf 11 und von 169 auf 23.

Diese Vorgehensweise kann von der DBU auch eingesetzt werden, um für andere Förderinitiativen eine maßgeschneiderte, d.h. genau zum Förderprojekt passende Nachhaltigkeitsbewertung zu strukturieren.

3 Maßgeschneidertes Zielsystem

Die Schwerpunktsetzung zeigt, dass folgende (Unter-) Ziele für das Thema „Pestizidalternativen“ wichtig sind:

Tabelle 3: SDGs, die für die Förderinitiative wichtig sind, und Unterziele, die von Bedeutung sind.

1	Keine Armut	
	Armut in allen ihren Formen und überall beenden	
1.1	Bis 2030 die extreme Armut- gegenwärtig definiert als der Anteil der Menschen, die mit weniger als 1,25 Dollar pro Tag auskommen müssen - für alle Menschen überall auf der Welt beseitigen	
2	Kein Hunger	
	Den Hunger beenden und Ernährungssicherheit schaffen	
2.1	Bis 2030 den Hunger beenden...	
2.4	Bis 2030 die Nachhaltigkeit der Systeme der Nahrungsmittelproduktion sicherstellen und resiliente landwirtschaftliche Methoden anwenden, die die Produktivität und den Ertrag steigern, zur Erhaltung der Ökosysteme beitragen, die Anpassungsfähigkeit an Klimaänderungen, extreme Wetterereignisse, Dürren, Überschwemmungen und andere Katastrophen erhöhen und die Flächen- und Bodenqualität schrittweise verbessern	
2.a	Die Investitionen in die ländliche Infrastruktur, die Agrarforschung und landwirtschaftliche Beratungsdienste, die Technologieentwicklung sowie Genbanken für Pflanzen und Nutztiere erhöhen, unter anderem durch verstärkte internationale Zusammenarbeit, um die	

	landwirtschaftliche Produktionskapazität in den Entwicklungsländern und insbesondere den am wenigsten entwickelten Ländern zu verbessern	
3	Gesundheit und Wohlergehen	3 GESUNDHEIT UND WOHLERGEHEN 
	Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern	
3.9	Bis 2030 die Zahl der Todesfälle und Erkrankungen aufgrund gefährlicher Chemikalien und der Verschmutzung und Verunreinigung von Luft, Wasser und Boden erheblich verringern	
6	Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen	6 SAUBERES WASSER UND SANITÄR-EINRICHTUNGEN 
	Verfügbarkeit und nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser und Sanitärversorgung für alle gewährleisten	
6.3	Bis 2030 die Wasserqualität durch Verringerung der Verschmutzung, Beendigung des Einbringens und Minimierung der Freisetzung gefährlicher Chemikalien und Stoffe, Halbierung des Anteils unbehandelten Abwassers und eine beträchtliche Steigerung der Wiederaufbereitung und gefahrlosen Wiederverwendung weltweit verbessern	
6.4	Bis 2030 die Effizienz der Wassernutzung in allen Sektoren wesentlich steigern und eine nachhaltige Entnahme und Bereitstellung von Süßwasser gewährleisten, um der Wasserknappheit zu begegnen und die Zahl der unter Wasserknappheit leidenden Menschen erheblich zu verringern	
6.5	Bis 2030 auf allen Ebenen eine integrierte Bewirtschaftung der Wasserressourcen umsetzen, gegebenenfalls auch mittels grenzüberschreitender Zusammenarbeit	
7	Bezahlbare und saubere Energie	7 BEZAHLBARE UND SAUBERE ENERGIE 
	Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle sichern	
7.3	Bis 2030 den Anteil erneuerbarer Energie am globalen Energiemix deutlich erhöhen	
8	Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum	8 MENSCHENWÜRDIGE ARBEIT UND WIRTSCHAFTS-WACHSTUM 
	Dauerhaftes, breitenwirksames und nachhaltiges Wachstum, produktive Vollbeschäftigung und menschenwürdige Arbeit für alle fördern	
8.4	Bis 2030 die weltweite Ressourceneffizienz in Konsum und Produktion Schritt für Schritt verbessern und die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltzerstörung anstreben, im Einklang mit dem Zehnjahres- Programmrahmen für nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster, wobei die entwickelten Länder die Führung übernehmen	
8.5	Bis 2030 produktive Vollbeschäftigung und menschenwürdige Arbeit für alle Frauen und Männer, einschließlich junger Menschen und Menschen mit Behinderungen, sowie gleiches Entgelt für gleichwertige Arbeit erreichen	

8.8	Die Arbeitsrechte schützen und sichere Arbeitsumgebungen für alle Arbeitnehmer, einschließlich der Wanderarbeitnehmer, insbesondere der Wanderarbeitnehmerinnen, und der Menschen in prekären Beschäftigungsverhältnissen, fördern	
12	Nachhaltiger Konsum und Produktion	
	Für nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sorgen	
12.2	Bis 2030 die nachhaltige Bewirtschaftung und effiziente Nutzung der natürlichen Ressourcen erreichen	
12.4	Bis 2020 einen umweltverträglichen Umgang mit Chemikalien und allen Abfällen während ihres gesamten Lebenszyklus in Übereinstimmung mit den vereinbarten internationalen Rahmenregelungen erreichen und ihre Freisetzung in Luft, Wasser und Boden erheblich verringern, um ihre nachteiligen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt auf ein Mindestmaß zu beschränken	
12.5	Bis 2030 das Abfallaufkommen durch Vermeidung, Verminderung, Wiederverwertung und Wiederverwendung deutlich verringern	
13	Maßnahmen zum Klimaschutz	
	Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen	
13.2	Klimaschutzmaßnahmen in die nationalen Politiken, Strategien und Planungen einbeziehen	
14	Leben unter Wasser	
	Ozeane, Meere und Meeresressourcen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung erhalten und nachhaltig nutzen	
14.1	Bis 2025 alle Arten der Meeresverschmutzung, insbesondere durch vom Land ausgehende Tätigkeiten und namentlich Meeresmüll und Nährstoffbelastung, verhüten und erheblich verringern	
14.2	Bis 2020 die Meeres- und Küstenökosysteme nachhaltig bewirtschaften und schützen, um unter anderem durch Stärkung ihrer Resilienz erhebliche nachteilige Auswirkungen zu vermeiden, und Maßnahmen zu ihrer Wiederherstellung ergreifen, damit die Meere wieder gesund und produktiv werden	
15	Leben an Land	
	Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodenverschlechterung stoppen und umkehren und den Biodiversitätsverlust stoppen	

15.1	Bis 2020 im Einklang mit den Verpflichtungen aus internationalen Übereinkünften die Erhaltung, Wiederherstellung und nachhaltige Nutzung der Land- und Binnensüßwasser- Ökosysteme und ihrer Dienstleistungen, insbesondere der Wälder, der Feuchtgebiete, der Berge und der Trockengebiete, gewährleisten			
15.5	Umgehende und bedeutende Maßnahmen ergreifen, um die Verschlechterung der natürlichen Lebensräume zu verringern, dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende zu setzen und bis 2020 die bedrohten Arten zu schützen und ihr Aussterben zu verhindern			
15.9	Bis 2020 Ökosystem- und Biodiversitätswerte in die nationalen und lokalen Planungen, Entwicklungsprozesse, Armutsbekämpfungsstrategien und Gesamtrechnungssysteme einbeziehen			
15.a	Finanzielle Mittel aus allen Quellen für die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt und der Ökosysteme aufbringen und deutlich erhöhen			
17	Partnerschaften zur Erreichung der Ziele			
	Umsetzungsmittel stärken und die globale Partnerschaft für nachhaltige Entwicklung wiederbeleben			
17.7	Die Entwicklung, den Transfer, die Verbreitung und die Diffusion von umweltverträglichen Technologien an die Entwicklungsländer zu gegenseitig vereinbarten günstigen Bedingungen, einschließlich Konzessions- und Vorzugsbedingungen, fördern			

Die Initiative hat keine direkten inhaltlichen Anknüpfungspunkte zu den folgenden Nachhaltigkeitszielen:

- SDG 4: Hochwertige Bildung
- SDG 5: Geschlechtergleichheit
- SDG 9: Industrie, Innovation und Infrastruktur
- SDG 10: Weniger Ungleichheiten (Staaten)
- SDG 11: Nachhaltige Städte und Gemeinden
- SDG 16: Frieden, Gerechtigkeit und starke Institutionen.

4 Weitere Anpassung des Zielsystems

In den Gesprächen mit den Projektpartnern ist deutlich geworden, dass von den elf Nachhaltigkeitszielen sieben in den Projekten offensichtlich von großer Bedeutung sind. Vier Ziele werden nicht ausdrücklich in den Projekten bearbeitet („Keine Armut“ (SDG 1), „Kein Hunger“ (SDG 2), „Bezahlbare und saubere Energie“ (SDG 7) und „Partnerschaften mit Entwicklungsländern zur Erreichung der Ziele“ (SDG 17)).

Daher können diese vier Ziele aus dem Bewertungssystem herausgenommen werden. In der folgenden Abbildung werden die verbleibenden sieben Nachhaltigkeitsziele genannt, die bei der Projektinitiative im Vordergrund stehen. Sie sind durch die Pfeile hervorgehoben worden.

Abbildung 21: Projekte der DBU-Pestizid-Initiative



Quelle: Öko-Institut, eigene Darstellung

5 Reduktionsziele für den Pestizideinsatz: Konkretisierungen

In der „Farm to Fork“-Strategie der EU werden konkrete Ziele und Maßnahmen genannt, um die schädlichen Auswirkungen von Pestiziden auf Mensch und Umwelt zu verringern.

- Bis 2030 soll der Einsatz von und das Risiko durch chemische Pestizide insgesamt um 50 % und der Einsatz von Pestiziden mit höherem Risiko um 50 % verringert werden.

Bei Pestiziden mit höherem Risiko handelt es sich um Pflanzenschutzmittel, die Wirkstoffe enthalten, die den Ausschlusskriterien gemäß Anhang II Nummern 3.6.2 bis 3.6.5 sowie 3.8.2 der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 entsprechen oder die gemäß den Kriterien unter Nummer 4 des genannten Anhangs als Substitutionskandidaten eingestuft wurden.

Zum Monitoring soll ein harmonisierter Risikoindikator eingesetzt werden.

Zur Erreichung dieser Ziele sind fünf Maßnahmen vorgesehen:

- Erarbeitung eines Vorschlages für Änderungen an der Verordnung von 2009 über Statistiken zu Pestiziden;

- Überarbeitung der Richtlinie über die nachhaltige Verwendung von Pestiziden;
- Verbesserungen der Bestimmungen über den integrierten Pflanzenschutz;
- Förderung des integrierten Pflanzenschutzes;
- Zugang zu schnellem und zuverlässigem Internet für die Betriebe.

Quantitative Reduktionsziele: Entscheidend für eine Bewertung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes aus Sicht des Umweltschutzes sind weniger die ausgebrachten Mengen als vielmehr die Wirkungsintensität oder Wirkungsäquivalente. So können moderne hochwirksame Pflanzenschutzmittel aus ökotoxikologischer Sicht trotz geringerer Dosierung das gleiche Gefährdungspotenzial wie ältere Mittel in hoher Dosierung aufweisen. Deshalb ist die pauschale Festsetzung von mengenbezogenen Minderungszielen für alle Pflanzenschutzmittel nicht zielführend.

Reduktionsziele sind jedoch sinnvoll für Wirkstoffe, die aus Umweltsicht als kritisch anzusehen sind, jedoch nicht verboten werden können. Mit der Einführung sogenannter Ausschlusskriterien für die Zulassung von Wirkstoffen („cut-off-Kriterien“) in der neuen europäischen Pflanzenschutzmittelverordnung (Verordnung EG 1107/2009) soll die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln mit besonders bedenklichen Werkstoffeigenschaften auf ein Minimum reduziert werden. So sollen in Zukunft schwer abbaubare, bioakkumulierende und umweltgiftige Wirkstoffe grundsätzlich verboten sein – Beispiele sind die persistenten organischen Schadstoffe (POPs), aber auch krebserregende oder über Änderungen im Hormonhaushalt oder im Erbgut schädlich wirkende Stoffe.

Maßnahmen in der Landwirtschaft: Die wichtigsten Instrumente, um die Belastung von Gewässern und Böden und die Gefährdung der biologischen Vielfalt zu verringern, sind der „Nationale Aktionsplan der Bundesregierung zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln“ und eine konsequente Kontrolle der Anwendungsaufgaben zum Schutz von Ökosystemen durch die Länderbehörden. Der nationale Aktionsplan schließt eine grundsätzliche Reduzierung von Pflanzenschutzmitteln in der konventionellen Landwirtschaft auf das tatsächlich notwendige Maß ein. Dies kann unter anderem durch die verpflichtende Einführung der Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes und kulturspezifischer Leitlinien des integrierten Pflanzenschutzes geschehen. Zusätzlich müssen alternative Anbauverfahren mit geringerem oder ohne Einsatz von Pflanzenschutzmitteln gefördert werden. Es gilt, einen ausreichenden Anteil an ökologisch wertvollen Ausgleichsflächen in der Agrarlandschaft zu schaffen. Zu empfindlichen Land- und Gewässerbiotopen sind zusätzliche Pufferzonen einzurichten, um Beeinträchtigungen der dort lebenden Arten so gering wie möglich zu halten. Solche Vorgaben und Maßnahmen werden im Rahmen der Europäischen Agrarpolitik (GAP) gefördert.

- In der Strategie wird für den Einsatz von Pestiziden insgesamt ein Reduktionsziel von 50 % gesetzt. Dieser Wert kann als Vergleichsgröße genutzt werden. Für jedes Projekt wird die mögliche Pestizidverringerung eingeschätzt und mit diesem Wert verglichen.
- Im Rahmen der Selbstevaluierung können die Projektpartner dokumentieren, welche Wirkstoffe sie einsetzen. Soweit vorhanden, wird aufgrund von ökotoxikologischen Daten ein Vergleich der Wirkstoffe hinsichtlich ihres Risikos für die Umwelt vorgenommen.

Anhang III. Ökobilanz-Berechnungen zur Heißdampf-Anwendung

1 Einleitung

Im Möhrenanbau bedarf es umfangreicher Pflanzenschutzmaßnahmen zur Ertragssicherung. Insbesondere im Jugendstadium der Möhren herrscht ein hoher Beikrautdruck, da das spärliche Laub der Möhren keine ausreichende Beschattung des Bodens erzeugt.

Während im konventionellen/ integrierten Anbau Herbizide zur Beikrautbekämpfung eingesetzt werden, wendet der ökologische Anbau verschiedene Verfahren zur Beikrautregulierung an und verzichtet auf Herbizide. Üblich sind eine angepasste Fruchtfolgegestaltung sowie thermische und mechanische Maßnahmen. Darunter fällt auch eine mehrmalige Handjäte mit sogenannten Beetfliegern, welche hohe Lohnkosten verursacht, mit körperlich anstrengender Arbeit verbunden ist und daher in der Regel nur – wenn überhaupt – durch günstige Saisonarbeitskräfte aus Ländern mit niedrigem Lohnniveau sichergestellt werden kann, was durchaus soziale und moralische Fragen aufwirft. Die Heißwasser-Beikrautregulierung mit dem KelvinR370 könnte eine Alternative zur Handjäte mit Beetfliegern darstellen und diesen Arbeitsgang komplett ersetzen. Im konventionellen Anbau könnte sie ggf. einen Teil der Herbizidbehandlungen oder in Kombinationen mit zusätzlich durchgeführter mechanischer Beikrautregulierung (Veränderung des gesamten Anbausystems) die gesamte Beikrautregulierung ersetzen.

Die Reduktion oder der Ersatz von Herbiziden durch die Heißwasser-Beikrautbehandlung kann zu Zielkonflikten führen, wenn beispielsweise die Produktionskosten steigen oder der THG-Ausstoß der Produktion erhöht oder andere negative Umweltwirkungen verstärkt werden.

Wir haben unterschiedliche (Anbau)Szenarien durch produktionsökonomische Berechnungen und eine orientierende Ökobilanz auf etwaige Zielkonflikte hin untersucht.

2 Ökonomische Berechnungen

2.1 Annahmen

Bei der ökonomischen Modellierung wurde angenommen, dass die Jäte mit Beetflieger im ökologischen und die Herbizid-Behandlung im konventionellen Anbau komplett ersetzt werden sollen. Im konventionellen Anbau wurden weitere Maßnahmen unterstellt, die denen im ökologischen Anbau entsprechen, da davon auszugehen ist, dass diese bei Verzicht auf Herbizide für die Ertragssicherung notwendig sind.

Für die ökonomischen Auswirkungen wurden die Produktionskosten für folgende Szenarien berechnet und verglichen:

- Konventionelle Wirtschaftsweise
 - Konv_ref: Üblicher Möhrenanbau mit 3 Herbizid-Behandlungen
 - Konv_0Herbizide_3,5HW: 0 Herbizid-Behandlungen, zusätzlich
 - Durchschnittsvariante: durchschnittliche Annahmen zum Nutzungspotenzial und der Auslastung des Kelvin R370 sowie Arbeitsbedarf pro Fläche
 - 3,5 x Heißwasser-Beikrautbehandlung

- Abflammen 1x vor und 1x nach Auflaufen der Möhren
- 3x Hacken der Dämme
- 2x Häufeln der Dämme
- 1x Handjäte (ohne Beetflieger) gegen Spätverunkrautung
- Konv_0Herbizide_3,5HW_min: s.o.
 - Minimalkostenvariante: höheres Nutzungspotenzial und höhere Auslastung des Kelvin R370, niedrigerer Arbeitsbedarf pro Fläche
- Konv_0Herbizide_3,5HW_max: s.o.
 - Maximalkostenvariante: niedrigeres Nutzungspotenzial und niedrigere Auslastung des Kelvin R370, höherer Arbeitsbedarf pro Fläche
- Ökologische Wirtschaftsweise
 - Öko_Ref: Üblicher Möhrenanbau mit u.a. 3 Jäten mit dem Beetflieger
 - Öko_0beetflieger_3,5HW: 0 Jäten mit dem Beetflieger
 - Durchschnittsvariante: durchschnittliche Annahmen zum Nutzungspotenzial und der Auslastung des Kelvin R370 sowie Arbeitsbedarf pro Fläche
 - 3,5 x Heißwasser-Beikrautbehandlung
 - Öko_0beetflieger_3,5HW_min: 0 Jäten mit dem Beetflieger
 - Minimalkostenvariante: höheres Nutzungspotenzial und höhere Auslastung des Kelvin R370, niedrigerer Arbeitsbedarf pro Fläche
 - 3,5 x Heißwasser-Beikrautbehandlung
 - Öko_0beetflieger_3,5HW_max: 0 Jäten mit dem Beetflieger
 - Maximalkostenvariante: niedrigeres Nutzungspotenzial und niedrigere Auslastung des Kelvin R370, höherer Arbeitsbedarf pro Fläche
 - 3,5 x Heißwasser-Beikrautbehandlung

Die verwendeten Daten für Standardverfahren und -arbeitsgänge wurden den Online-Rechnern „Verfahrensrechner Pflanze“ und „Leistungs-Kosten-Rechnung Pflanzenbau“ des KTBL entnommen. Die Kosten für die Heißwasser-Beikrautbehandlung mit dem Kelvin R370 wurde auf Basis von Herstellerdaten modelliert.

Es wurde angenommen, dass auch in den Szenarien mit Heißwasser-Beikrautbehandlung weiterhin Insektizide und Fungizide synthetischen Ursprungs im konventionellen Anbau und natürlichen Ursprungs im ökologischen Anbau appliziert werden.

Laut Hersteller beträgt die Nutzungsdauer des Kelvin R370 voraussichtlich 5 bis 7 Jahren. Nach dieser Zeit ist er technisch überholt, d. h. es gibt am Markt Maschinen, die technisch so viel weiterent-

wickelter sind, dass sich ein Austausch der Maschine auch dann lohnt, wenn sie noch funktionsfähig ist. Ihr Einsatzumfang beträgt laut Hersteller 30 bis 50 ha/Jahr. Demnach würde die Maschine über ihre Nutzungsdauer hinweg insgesamt 150 bis 350 ha bearbeiten, d.h. ihr leistungsbedingtes Nutzungspotenzial liegt bei mindestens 350 ha. Für die Szenarien wurde jeweils ein leistungsbedingtes Nutzungspotenzial von 350 ha zu Grunde gelegt.

Die Abschreibung der Maschine, d.h. ihr Wertverlust, wird entweder leistungsbedingt (Nutzung oberhalb der Auslastungsschwelle) oder linear (Nutzung unterhalb oder gleich der Auslastungsschwelle) berechnet. Eine leistungsbedingte Abschreibung liegt vor, wenn die Maschine an oder oberhalb der Auslastungsschwelle genutzt wird. Bei einem leistungsbedingten Nutzungspotenzial von 350 ha und einer Nutzungsdauer von 7 Jahren beträgt die Auslastungsschwelle 50 ha/Jahr. Wird die Maschine auf mehr als 50 ha/Jahr genutzt, muss leistungsbedingt abgeschrieben werden, und andernfalls wird linear abgeschrieben. Eine niedrige Auslastung der Maschine (geringer Einsatzumfang) resultiert dann in einer hohen Abschreibung pro Hektar und eine hohe Auslastung der Maschine (hoher Einsatzumfang) in einer niedrigen Abschreibung pro Hektar.

Die Untersuchung soll zeigen, wie hoch die durchschnittlichen Kosten der Heißwasser-Beikrautbehandlung sind und welche Größenordnungen sie abhängig von der Auslastung der Maschine und dem Arbeitszeitbedarf (Wie lange dauert es, um einen Hektar zu bearbeiten?) haben.

Es ist davon auszugehen, dass die Größe und der Zuschnitt der Anbaufläche, der Grad an Verunkrautung sowie die Erfahrung des Landwirts den Arbeitszeitbedarf beeinflussen. Der Einsatzumfang der Maschine hängt von verschiedenen Faktoren ab, darunter die Größe der Möhrenanbaufläche, auf der sie eingesetzt wird, und die Anzahl der Durchgänge. Letztere ist abhängig vom Unkrautdruck aber auch von den Wetterbedingungen, da der Einsatz bei starkem Regen oder schlechten Bodenverhältnissen nicht möglich sein wird.

Daher wurde der geplante Einsatzumfang und der Arbeitszeitbedarf in den Szenarien Durchschnitt, Minimalkosten und Maximalkosten variiert. So kann aufgezeigt werden, in welchem Bereich sich die Produktionskosten für Möhren abhängig von der Auslastung der Maschine und dem Arbeitszeitbedarf befinden können.

In allen Szenarien wurde derselbe Anschaffungspreis angenommen.

2.2 Ergebnisse

Die Gesamtkosten (inkl. Lohn) sind in der ökologischen Referenz mehr als 3 mal so teuer (6.268 €/ha) als in der konventionellen Referenz (1.996 €/ha) und übersteigen auch in allen anderen Szenarien die Gesamtkosten der jeweiligen konventionellen Variante.

Die Herbizid-Behandlung in der konventionellen Referenz ist mit deutlich geringerem Arbeitszeitbedarf, Dieselbedarf, Maschinenkosten und Gesamtkosten (20 €/ha*Durchgang ohne Wirkstoff) verbunden als die Heißwasser-Beikrautbehandlung (434 bis 680 €/ha*Durchgang). Darüber hinaus entstehen weitere Kosten durch die notwendigen mechanischen und thermischen Beikrautbehandlungen (1.387 €/ha).

Die Abschreibung der Maschine trägt mit 194 €/ha (hohe Auslastung) bis 366 €/ha (niedrige Auslastung) maßgeblich zu den Kosten für die Heißwasser-Beikrautbehandlung bei. Sie kann geringer ausfallen, wenn der Anschaffungspreis im Zuge einer Serienfertigung sinkt oder hohe Auslastung beispielsweise durch überbetrieblichen Einsatz (Maschinengemeinschaften, Maschinenringe) erreicht wird.

Die Substitution der Jäte mittels Beetflieger durch die Heißwasser-Beikrautbehandlung führt in allen Szenarien (Durchschnitts-, Minimal- und Maximalkosten) zu geringeren Produktionskosten. Sie könnte daher einen Beitrag dazu leisten, den ökologischen Möhrenanbau trotz steigender Lohnkosten und Arbeitskräftemangels zu sichern, oder sogar attraktiver zu machen, wenn die Technik weiterentwickelt und eine hohe Auslastung der Maschine beispielsweise durch den Betrieb in Maschinenringen erreicht wird.

Tabelle 4 gibt einen Überblick über Arbeitszeitbedarf, Bedarf an Diesel und anderen Betriebsstoffen, den Wasserverbrauch (ohne Bewässerung) und die Gesamtkosten der unterschiedlichen Szenarien.

Tabelle 4: Kostenvergleich konventioneller (konv) und ökologischer (öko) Möhrenerzeugung ohne und mit Heißwasser-Beikrautbehandlung (HW).

Die Szenarien mit Suffix „_min“ und „_max“ zeigen Minimal- und Maximalkosten beim Einsatz der Heißwasser-Beikrautbehandlung abhängig vom Arbeitszeitsbedarf und der Auslastung der Maschine.

Nr.	Szenario	Arbeitszeit, fest h/ha	Arbeitszeit, Saison h/ha	Propan- gasver- brauch kg/ha	Benzin- verbrauch Notstrom- aggregat L/ha	Diesel- verbrauch Traktor L/ha	Gesamt- kosten (ohne Lohn) €/ha	Gesamt- kosten (mit Lohn) €/ha
1	konv_Ref	34	0	0	0	159	1181	1996
2	konv_0herbizide _3,5HW	58	51	158	28	233	2998	5169
3	konv_0herbizide _HW_min	56	51	158	28	233	2716	4844
4	konv_0herbizide _HW_max	60	51	158	28	233	3490	5703
5	öko_Ref	40	212	0	0	299	2125	6268
6	öko_0beetflieger _3,5HW	56	51	158	28	247	3271	5390
7	öko_0beetflieger _HW_min	54	51	158	28	247	2989	5065
8	öko_0beetflieger _HW_max	58	51	158	28	247	3763	5924

Eine Break-Even-Betrachtung zeigt: Wenn die Kosten der Substitution der Herbizid-Behandlung bei konventioneller Möhrenanbau durch die vorgeschlagene Verfahrenskombination am Markt gedeckt werden sollen, müssten die Erzeugerpreise um 5 bis 6 Cent/kg Möhren steigen. Bei einem angenommenen Erzeugerpreis von 0,28 €/kg Möhre (KTBL 2024) entspricht dies einer Steigerung um 17 % bis 22 %.

3 Ökologische Bewertung

3.1 Wassernutzung

Die Heißwasser-Beikrautbehandlung erzeugt einen direkten Wasserbedarf, der laut Hersteller bei 525 L/ha*Durchgang liegt. Unterstellt man durchschnittlich 3,5 Durchgänge beläuft sich der Bedarf demnach auf ca. 1800 L/ha. Zugleich kann der Wasseraufwand für Pflanzenschutzmittel-Applikationen im konventionellen Anbau von 1800 L/ha auf 1050 L/ha reduziert werden.

Feldgemüse ist in der Regel auf (intensive) Bewässerung angewiesen. Der Bedarf dürfte angesichts des Klimawandels in vielen Anbauregionen zunehmen. Daher sollte bei Betrachtung der Wassernutzung in unterschiedlichen Anbausystemen auch der Bewässerungsbedarf berücksichtigt werden. Demnach ist der Wassermehrbedarf durch die Heißwasser-Beikrautbehandlung in einem realistischen Szenario mit Bewässerung vernachlässigbar.

Tabelle 5 zeigt den Wasserbedarf von konventionellem und ökologischen Möhrenanbau mit und ohne Bewässerung im Referenzszenario und unter Einsatz der Heißwasser-Beikrautbehandlung.

Tabelle 5: Wasserbedarf Möhrenanbau.

Nr.	Szenario	Wasserbedarf ohne Bewässerung L/ha	Wasserbedarf Bewässerung L/ha	Wasserbedarf mit Bewässerung L/ha	Steigerung Wasserbedarf ohne Bewässerung	Steigerung Wasserbedarf mit Bewässerung
1	konv_Ref	1.800	1.000.000	1.001.800		
2	konv_0herbizide_3,5HW	2.888	1.000.000	1.002.888	60%	0,109%
3	öko_Ref	600	1.000.000	1.000.600		
4	öko_0beetflieger_3,5HW	2.438	1.000.000	1.002.438	306%	0,184%

3.2 Ökobilanz

Die Datengrundlagen der ökonomischen und der ökobilanziellen Bewertung weichen voneinander ab. Verfügbare Ökobilanzdatensätze sind nicht ausreichend aufgelöst, um beispielsweise die gleiche Mechanisierung und die gleichen Arbeitsgänge wie in der ökonomischen Bewertung zu modellieren. Daher wurden möglichst realistische Ökobilanzdatensätze ausgewählt und für das jeweils betrachtete Szenario angepasst.

3.2.1 Ziel und Untersuchungsrahmen

3.2.1.1 Allgemeine Hinweise

Im Rahmen der vorliegenden orientierenden Ökobilanz werden verschiedene Regulierungsmaßnahmen für Beikräuter und -gräser im Möhrenanbau miteinander verglichen. Die grundlegende Funktion der verglichenen Systeme ist die Erzeugung von Möhren.

In der Ökobilanz werden die zugehörigen Stoff- und Energieströme ebenso wie die Wirkungsabschätzung auf eine einheitliche Bezugsgröße bezogen. Hierzu werden eine geeignete funktionelle Einheit und der entsprechende Referenzfluss festgelegt. Die funktionelle Einheit muss dem Ziel und dem Untersuchungsrahmen der Studie entsprechen, was im vorliegenden Fall unter anderem

bedeutet, dass sie einen direkten Vergleich der verschiedenen betrachteten Produktsysteme erlauben muss.

Die Modellierung der Produktsysteme erfolgt in der Ökobilanz-Software openLCA V 2.1.1 Für die Modellierung wird vorrangig auf die Datenbank ecoinvent V3.10 zurückgegriffen. Wo in einzelnen Fällen auf weitere Datenbanken sowie auf Daten aus der aktuellen wissenschaftlichen Literatur zurückgegriffen wurde, wird dies an entsprechender Stelle dokumentiert.

3.2.1.2 Untersuchte Produktsysteme

Für den Systemvergleich ist es erforderlich, repräsentative Beispiele zu wählen, für die ausreichende Datengrundlagen verfügbar sind.

Für den Möhrenanbau in konventioneller Wirtschaftsweise wurden 2 unterschiedliche Datensätze ausgewählt:

- carrot production | carrot | Cutoff, U – NL aus der Datenbank Ecoinvent, Version 3.10
 - konventionelle Möhrenproduktion in den Niederlanden
 - durchschnittlicher Ertrag: 57.000 kg/ ha
- Carrot, Conventional, main season, Aquitaine, at farm gate – FR aus der Datenbank Agribalyse, Version 5
 - konventionelle Möhrenproduktion in Frankreich
 - durchschnittlicher Ertrag: 76.500 kg/ha

Für den Möhrenanbau in ökologischer Wirtschaftsweise war nur ein Datensatz verfügbar:

- Carrot, organic, Lower Normandy, at farm gate – FR aus der Datenbank Agribalyse, Version 5
 - Ökologische Möhrenproduktion in Frankreich
 - Durchschnittlicher Ertrag: 42.500 kg/ha

Diese Datensätze wurden jeweils als Referenz (betriebsübliches Verfahren) verwendet und für die Szenarien mit Heißwasser-Beikrautbehandlung modifiziert. Bei der Heißwasser-Beikrautbehandlung wurden Herstellerangaben (bei Spannen: Mittelwerte) und realistische Annahmen verwendet.

Für die Heißwasser-Beikrautbehandlung, das Abflammen vor und nach der Möhrenaussaat und die mechanische Beikrautregulierung wurden Datensätze erstellt. Diese beinhalten sowohl Datensätze für die eingesetzten Maschinen als auch den Brennstoffverbrauch (Diesel für Traktor, Benzin für Notstromaggregat des Kelvin R370, Propangas für die Heißwasser-Erzeugung und das Abflammen) und daraus resultierende Emissionen.

Es ergeben sich demnach folgende Szenarien:

- Konventionelle Möhrenproduktion, Niederlande, mit Herbiziden
 - Konv_NL_Herbizide

- Konventionelle Möhrenproduktion, Niederlande, ohne Herbizide, mit Heißwasser-Beikrautbehandlung, mechanischer und thermischer Beikrautregulierung
 - Konv_NL_0_Herbizide_HW
- Konventionelle Möhrenproduktion, Frankreich, mit Herbiziden
 - Konv_FR_Herbizide
- Konventionelle Möhrenproduktion, Frankreich, ohne Herbizide, mit Heißwasser-Beikrautbehandlung, mechanischer und thermischer Beikrautregulierung
 - Konv_FR_0_Herbizide_HW
- Ökologische Möhrenproduktion, Frankreich, mit Beetflieger, mechanischer und thermischer Beikrautregulierung
 - Oeko_Beetflieger
- Ökologische Möhrenproduktion, Frankreich, ohne Beetflieger, mit Heißwasser-Beikrautbehandlung, mechanischer und thermischer Beikrautregulierung
 - Oeko_0_Beetflieger_HW

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist es wichtig folgendes zu beachten:

Die o.g. Datensätze basieren auf Erhebungen in unterschiedlichen Regionen und zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Zudem kommen sie aus unterschiedlichen Datenbanken. Ecoinvent und Agribalyse verwenden jeweils unterschiedliche Hintergrunddatensätze. Daher können sich die Ergebnisse bereits aus methodischen Gründen unterscheiden. Es wird daher empfohlen, lediglich die Referenzszenarien mit den Heißwasser-Beikrautbehandlungs-Szenarien zu vergleichen und auf Vergleiche zwischen Möhrenanbau in Frankreich und den Niederlanden sowie zwischen konventioneller und ökologischer Produktion zu verzichten.

3.2.1.3 Funktion und funktionelle Einheit

Die funktionelle Einheit legt den quantifizierten Nutzen eines Produktsystems fest und dient als Bezugsgröße, auf die die Input- und Output-Daten im mathematischen Sinn normiert werden.

Die Festlegung der funktionellen Einheit bei Lebensmittel-Ökobilanzen ist Gegenstand einer seit längerem laufenden, in jüngerer Zeit jedoch intensiver geführten wissenschaftlichen Diskussion.

Grundsätzlich lassen sich für Lebensmittel verschiedene Nutzenfunktionen (z.B. Erhalt des Körpers und seiner Funktionen, Sättigung, Genuss, soziale Aspekte, Muskelaufbau) unterscheiden. Dementsprechend lassen sich für Lebensmittel auch unterschiedliche funktionelle Einheiten als Bezugsgrößen festlegen. Bei weitem am häufigsten wird in Lebensmittel-Ökobilanzen eine massenbezogene Funktionelle Einheit festgelegt. Eine massenbezogene Einheit ist vergleichsweise einfach darzustellen, weil sie auf einfach zu erfassenden Messgrößen basiert.

Zudem werden in den vorliegenden Ökobilanz keine unterschiedlichen Lebensmittel, sondern Anbauverfahren für dasselbe Lebensmittel verglichen, welches sich trotz unterschiedlicher Anbauverfahren in seinen Eigenschaften nicht (wesentlich) unterscheiden sollte.

In der vorliegenden Studie wird daher die folgende funktionelle Einheit als Bezugsgröße festgelegt:

Bereitstellung von 1kg geernteten Möhren

Zur Veranschaulichung werden darüber hinaus auch andere z.B. Flächen-bezogene Bezugsgröße verwendet.

3.2.1.4 Systemgrenze

Die Systemgrenze legt fest, welche Prozessmodule in der Ökobilanz enthalten sein müssen. Die Auswahl der Systemgrenze muss mit dem Ziel der Studie übereinstimmen. Im vorliegenden Fall umfasst die Systemgrenze die gesamte Herstellung der Möhren (inkl. Bereitstellung von Treibstoffen und Betriebsstoffen, Düngemitteln, Pflanzenschutzmitteln; Saatgut).

Es handelt sich damit bei der vorliegenden Studie um eine Bilanz von der „Wiege bis zum Hoftor“ (engl. „from-cradle-to-farm-gate“).

3.2.1.5 Abschneidekriterien

Keine.

3.2.1.6 Methode für die Wirkungsabschätzung

Für die Durchführung der Wirkungsabschätzung in produktbezogenen Ökobilanzen stehen verschiedene Methoden und Methodensets zur Verfügung, die regelmäßig Aktualisierungen bzw. Ergänzungen unterworfen sind und die zum Teil auch untereinander Bezug zueinander nehmen.

In der vorliegenden Studie werden die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung (LCIA-Ergebnisse) auf der Grundlage einer Auswahl des vom Joint Research Centre (JRC) im Rahmen der Entwicklung der PEF-Methodik³ zusammengestellten Sets *Environmental Footprint (EF) 3.1*.⁴ abgeschätzt. Die Ergebnisse werden im vorliegenden Bericht jeweils auf Ebene der Midpoint-Indikatoren für ausgewählte Wirkungskategorien ausgewiesen.

Zu beachten ist, dass Wirkungsabschätzungsergebnisse generell relative Aussagen sind, die keine Voraussagen über Auswirkungen auf die Wirkungsendpunkte, Schwellenwertüberschreitungen, Sicherheitsspannen oder Risiken machen können.

3.2.1.7 Vergleiche zwischen den Systemen

Im vorliegenden Bericht erlaubt die Bilanzierung „from-cradle-to-farm-gate“ einen direkten Vergleich zwischen den Systemen, da der Vergleich auf Basis derselben funktionellen Einheit und unter äquivalenten methodischen Festlegungen (z.B. zur Systemgrenze, Datenqualität, Allokationsverfahren etc.) erfolgt. Sämtliche Produktsysteme für den Vergleich wurden so ausgewählt, dass sie aus Sicht des bereitgestellten Produktnutzens als funktional äquivalent angesehen werden können.

³ (EU) 2021/2279: Empfehlung der Kommission vom 15.12.2021 zur Anwendung der Methoden für die Berechnung des Umweltfußabdrucks zur Messung und Offenlegung der Umweltleistung von Produkten und Organisationen entlang ihres Lebenswegs

⁴ European Commission, EF 3.1 reference package, November 2019-<https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN-developerEF.xhtml>, zuletzt abgerufen am 01.03.2021)

Die Darstellung der verglichenen Produktsysteme beruht auf ähnlich detaillierten bzw. spezifischen Inputdaten. Falls bestimmte Vergleiche auf Grund unterschiedlicher Datengrundlagen nicht möglich sind, wurde darauf hingewiesen.

3.2.2 Pflanzenschutzmittel

In allen betrachteten Szenarien werden Pflanzenschutzmittel eingesetzt. In den konventionellen Referenzszenarien werden synthetische Insektizide, Fungizide und Herbizide in unterschiedlichen Mengen eingesetzt und in den konventionellen Szenarien mit Heißwasser-Beikrautbehandlung werden lediglich Insektizide und Fungizide eingesetzt.

Sowohl im ökologischen Referenzszenario als auch im ökologischen Szenario mit Heißwasser-Beikrautbehandlung werden Insektizide und Fungizide natürlichen Ursprungs eingesetzt.

Tabelle 6: Aufwandsmengen Pflanzenschutzmittel

Szenario	Insektizide [kg Wirkstoff/ kg Möhre]	Fungizide [kg Wirkstoff/ kg Möhre]	Herbizide [kg Wirkstoff/ kg Möhre]	Wachstumsregulator [kg Wirkstoff/ kg Möhre]
Konv_NL_Herbizide	5,8182E-05	1,8256E-05	3,1683E-05	0
Konv_NL_0_Herbizide_HW	5,8182E-05	1,8256E-05	0	0
Konv_FR_Herbizide	2,5281E-07	1,2201E-05	1,43E-04	1,3362E-05
Konv_FR_0_Herbizide_HW	2,5281E-07	1,2201E-05	0	1,3362E-05
Oeko_Beetflieger	3,06E-04	4,3118E-05	0	0
Oeko_0_Beetflieger_HW	3,06E-04	4,3118E-05	0	0

3.2.3 Ergebnisse – Übersicht

Bei ökologischem Möhrenanbau führt die Substitution der Handjäte mit Beetflieger durch die HW-Beikrautbehandlung zu größeren Umweltwirkungen in allen betrachteten Umweltwirkungskategorien. Besonders große Anstiege sind bei Frischwasser-Ökotoxizität und Humantoxizität zu verzeichnen (Abbildung 22).

Bei konventionellem Möhrenanbau in den Niederlanden und Frankreich führt die Substitution von Herbiziden durch die HW-Beikrautbehandlung zu geringerer Frischwasser-Ökotoxizität. In allen anderen Umweltwirkungskategorien sind Anstiege der (negativen) Wirkung zu verzeichnen.

Abbildung 22: Veränderungen der Umweltwirkungen in verschiedenen Wirkungskategorien (Impact categories) bei Substitution von Herbiziden beziehungsweise der Handjäte mittels Beetflieger durch die Heißwasser-Beikrautbehandlung.

Impact category	Reference unit	Konv_NL_Herbizide zu Konv_NL_0_Herbizide_HW	Konv_FR_Herbizide zu Konv_FR_0_Herbizide_HW	Oeko_Beetflieger zu Oeko_0_Beetflieger_HW
Acidification	mol H ⁺ -Eq	11,73%	2,50%	1,19%
Climate change	kg CO ₂ -Eq	31,03%	35,57%	4,22%
Climate change: biogenic	kg CO ₂ -Eq	17,88%	7,77%	8,00%
Climate change: fossil	kg CO ₂ -Eq	33,00%	35,61%	4,22%
Climate change: land use and land use change	kg CO ₂ -Eq	0,26%	18,49%	10,71%
Ecotoxicity: freshwater	CTUe	-23,44%	-28,27%	54,74%
Ecotoxicity: freshwater, inorganics	CTUe	4,70%	31,97%	31,34%
Ecotoxicity: freshwater, organics	CTUe	-30,06%	-41,66%	130,95%
Energy resources: non-renewable	MJ, net calorific value	50,50%	18,47%	2,65%
Eutrophication: freshwater	kg P-Eq	9,45%	11,91%	9,45%
Eutrophication: marine	kg N-Eq	2,60%	4,30%	-0,49%
Eutrophication: terrestrial	mol N-Eq	11,84%	2,54%	-0,53%
Human toxicity: carcinogenic	CTUh	55,52%	2323,75%	114,17%
Human toxicity: carcinogenic, inorganics	CTUh	35,82%	73,03%	28,24%
Human toxicity: carcinogenic, organics	CTUh	54,12%	1772,41%	117,64%
Human toxicity: non-carcinogenic	CTUh	-3,77%	387,31%	21,18%
Human toxicity: non-carcinogenic, inorganics	CTUh	35,91%	69,27%	21,60%
Human toxicity: non-carcinogenic, organics	CTUh	-22,10%	-21,10%	11,42%
Ionising radiation: human health	kBq U235-Eq	17,24%	0,37%	2,66%
Land use	dimensionless	0,28%	0,23%	0,17%
Material resources: metals/minerals	kg Sb-Eq	17,98%	7,72%	21,74%
Ozone depletion	kg CFC-11-Eq	20,98%	1,38%	2,13%
Particulate matter formation	disease incidence	11,21%	2,50%	8,25%
Photochemical oxidant formation: human health	kg NMVOC-Eq	39,04%	25,92%	2,30%
Water use	m ³ world Eq deprived	0,13%	0,29%	4,86%

Quelle: Öko-Institut, eigene Darstellung

3.2.4 Ergebnisse – THG

Die THG-Emissionen betragen je nach Szenario 66 bis 120 g CO₂-eq/ kg Möhre (Tabelle 7). Sie sind damit tendenziell höher als die THG-Emissionen in anderen Studien (33 bis 119 g CO₂-eq/ kg Möhre), liegen jedoch in derselben Größenordnung (Birkenmaier et al. 2024).

In den untersuchten Szenarien führte die Substitution von Herbiziden durch Heißwasser-Beikrautbehandlung, mechanische Verfahren und Abflammen sowie die Substitution von Handjäte mit dem Beetflieger durch Heißwasser-Beikrautbehandlung stets zu höheren Produkt- und Flächenbezogenen Treibhausgas-Emissionen. Die Steigerungen betrugen 4 % (ökologische Möhrenproduktion), 32 % (konventionelle Produktion Niederlande) beziehungsweise 36 % (konventionelle Produktion Frankreich).

Der Anteil der Heißwasser-Beikrautbehandlung beträgt jeweils 8,5 bis 10,2 % am gesamten THG-Ausstoß in der Produktion von Möhren.

Emissionen aus der Aufbereitung (Sortieren, Waschen), Lagerung, Verpackung und Distribution von Möhren wurden nicht einbezogen. Birkenmaier et al. (2024) ermittelten Emissionen von 28-42 g CO₂-eq/kg Möhren für Aufbereitung und Verpackung, insgesamt 92 g CO₂-eq/kg Möhren für die Distribution bis zum Point-of-sale sowie 25 g CO₂-eq/kg Möhren für 4-monatige Lagerung im Supermarkt für Möhren, die in Österreich produziert und verkauft werden. Für den Anbau der Möhren wurden 44 g CO₂-eq/kg Möhren ermittelt.

Tabelle 7: Ertrags- und Flächen.bezogener Treibhausgasausstoß der betrachteten Szenarien und Anteil der Heißwasser-Beikrautbehandlung an den THG-Emissionen

Szenario	THG-Ausstoß kg CO ₂ -eq/ha	THG-Ausstoß g CO ₂ -eq/kg	Ertrag kg/ha	Anteil HW
Konv_NL_Herbizide	3743	66	57000	-
Konv_NL_0_Herbizide_HW	4937	87	57000	8,8%
Konv_FR_Herbizide	3157	41	76500	-
Konv_FR_0_Herbizide_HW	4280	56	76500	10,2%
Oeko_Beetflieger	4885	115	42500	-
Oeko_0_Beetflieger_HW	5091	120	42500	8,5%

3.2.5 Ergebnisse – Ökotoxizität

Die Wirkungsabschätzung wurde mit dem Modell EF 3.1 (Environmental Footprint) durchgeführt. Dieses Modell weist als Wirkungskategorie im Bereich Ökotoxizität lediglich „freshwater ecotoxicity“ aus. Terrestrische Ökotoxizität und marine Ökotoxizität werden nicht ausgewiesen.

In allen Szenarien mit konventioneller Wirtschaftsweise tragen die organischen Substanzen, darunter insbesondere die Pflanzenschutzmittel, den größten Teil zur Frischwasser-Ökotoxizität bei (18 – 33 %) bei. Im konventionellen Möhrenanbau war die Frischwasser-Ökotoxizität (gesamt) sowie die Frischwasser-Ökotoxizität (organisch) in den Szenarien mit Heißwasser-Beikrautbehandlung geringer als in den Szenarien mit Herbiziden (Tabelle 0-4). Dies ist auf die Substitution der Herbizide zurückzuführen. Gleichzeitig tragen Pflanzenschutzmittel (Insektizide und Fungizide) weiterhin den größten Anteil zur Frischwasser-Ökotoxizität bei.

Bei ökologischer Wirtschaftsweise tragen anorganische Emissionen den größten Teil zur Frischwasser-Ökotoxizität bei (65 – 77 %). Die Substitution von Handjäte mit Beetflieger durch die Heißwasser-Beikrautbehandlung führt zu höherer Frischwasser-Ökotoxizität (Abbildung 22), welche u.a. durch stark erhöhte Emissionen von Anthrazen in Hintergrundprozessen verursacht werden. Anthrazen wird bei der Kohleherstellung emittiert, welche für Hintergrundprozesse wie die Erzeugung von Elektrizität und die Herstellung von Rohwaren für Maschinen relevant ist. Diese Emissionen werden laut Ecoinvent in Version 3.10 signifikant überschätzt und in kommenden Versionen korrigiert werden.

3.2.6 Ergebnisse - Humantoxizität

Die Szenarien mit Heißwasser-Beikrautbehandlung weisen jeweils höhere Werte für karzinogene Humantoxizität auf (Abbildung 22). Diese ist auf erheblich gestiegene Anthrazen-Emissionen zurückzuführen.

Die Szenarien mit Herbizid-Substitution durch Heißwasser-Beikrautbehandlung im konventionellen Möhrenanbau weisen reduzierte nicht-karzinogene Humantoxizität durch organische Emissionen auf (Abbildung 22) da keine Herbizide ausgebracht werden. Die verbleibenden Fungizide und Insektizide tragen weiterhin mit dem größten Anteil zu dieser Wirkungskategorie bei. Bei ökologischen Möhrenanbau hingegen erhöht sich nicht-karzinogene Humantoxizität (Abbildung 22) durch organische Emissionen im Szenario mit Heißwasser-Beikrautbehandlung. Dies ist vor allem auf erhöhte Kohlenstoffdisulfid-Emissionen im Hintergrundsystem u.a. bei der Herstellung von

Rohwaren für Maschinen zurückzuführen. In allen Szenarien mit Heißwasser-Beikrautbehandlung sind Schwermetallemissionen und folglich nicht-karzinogene Humantoxizität durch anorganische Emissionen erhöht (Abbildung 22). Schwermetallemissionen sind der Haupttreiber für die erhöhte nicht-karzinogene Humantoxizität im ökologischen Möhrenanbau, während organische Emissionen (v.a. PSM) der Haupttreiber im konventionellen Möhrenanbau sind.

Literatur

Birkenmaier, F.; Schuchter, L.; Pillei, M.; Bach, K. (2024): Assessing Environmental and Economic Sustainability of Fresh Unpacked, Fresh Packed, and Frozen Carrots in Austria: A Case Study with a Life Cycle Assessment (LCA) Approach. Sustainability 2024, 16, 7513. URL: <https://doi.org/10.3390/su16177513>

Anhang IV. Ökobilanz-Berechnungen zum spritzbaren Mulchmaterial

1 Einführung

Der Spritzmulch aus nachwachsenden Rohstoffen soll eine Herbizid-freie Regulation von Beikräutern im Gemüsebau ermöglichen. Dabei sind verschiedene Zielkonflikte zu beachten, welche aus den Umweltwirkungen des Spritzmulch und seiner Anwendung resultieren. Steinhuber et al. (2024) beleuchten im Bericht „Spritzbares Mulchmaterial im Gemüsebau“ unter anderem die Treibhausgasemissionen und den Energiebedarf, welche bei der Herstellung des Spritzmulch und seiner Anwendung entstehen. Ausgewählte Ergebnisse dieses Berichts werden im Folgenden kritisch und unter Verweis auf weitere Zielkonflikte eingeordnet.

2 Zusammenfassung verfügbarer Informationen

2.1 Beschreibung des Materials und des Verfahrens

Der Spritzmulch wird aus den Komponenten A und B (auch „Ölphase“ und „Wasserphase“) hergestellt. Die Applikation wurde mit einer Spezialmaschine entwickelt, welche mit Pumpen für die Förderung der Komponenten und Düsenpaaren für die jeweilige Reihe ausgestattet ist. Über eine Düse wird die Ölphase und über eine benachbarte Düse wird die Wasserphase so ausgebracht, dass eine Vermischung im Sprühstrahl erfolgt. Das Mulchmaterial wird in Gemüsekulturen, beispielsweise in Kopfsalat, streifenförmig zwischen den Reihen appliziert und bildet eine dünne Schicht, welche das Auflaufen von Beikräutern und -gräsern eindämmen soll (Steinhuber et al. 2024).

Tabelle 8 zeigt die Rezeptur des Mulchmaterials.

Tabelle 8: Bestandteile des Spritzmulch und Masse-bezogene Anteile an der Gesamtrezeptur.

Komponente	Bestandteil	Anteil Masse-%
A	Rapsöl	30,8
A	Natriumalginat	1,3
A	CaSO ₄	1,5
A	Zellulosefasern	2,4
B	Stärke	12,5
B	Wasser	45,6
B	Glycerin	4,6
B	Natriumphosphat	0,3
B	Natriumbenzoat	1,1
B	Sorbitol	2,3

Das Mulchmaterial hat in der angegebenen Rezeptur eine Dichte von ungefähr 0,965 kg/m³. Folglich werden pro 1 mm Schichtdicke 9,65 t Mulch/ ha ausgebracht, wenn eine ganzflächige Ausbringung unterstellt wird.

2.2 Anbauverfahren

Im Forschungsprojekt ABOW wurde das spritzbare Mulchmaterial in Gemüsekulturen, darunter Kopfsalat, getestet. Neben einer Nullvariante ohne Beikrautregulierung wurden an mehreren Versuchsstandorten in 2021 und 2022 eine Kontrollvariante mit betriebsüblicher Herbizidanwendung gegen Beikräuter und mehrere Varianten ohne Herbizidanwendung mit Spritzmulch in jeweils unterschiedlicher Schichtdicke untersucht.

Der Spritzmulch wurde nicht ganzflächig sondern streifenförmig zwischen den Reihen aufgebracht. Je nach Kultur und Anbausystem wurde auf unterschiedlichen Anteilen der Gesamtfläche Spritzmulch aufgebracht. Für die ökonomischen Vergleichsrechnungen deren Annahmen auch der erstellten Treibhausgas- und Energiebilanz zu Grunde liegen wurden Flächenanteile mit Spritzmulch von 40% bis 67% angenommen.

Im betriebsüblichen Kopfsalat-Anbau in jedem Satz Herbizide unterschiedlicher Mengen (1,5-2,75 L/ha; Ø 2,24 L/ha) und teilweise Insektizide (0-2,47 L/ha; Ø 0,9 L/ha) und Fungizide (0-6,6 L/ha; Ø 3,96 L/ha) appliziert.

Die Versuche zeigten in der Regel niedrigere mittlere Kopfgewichte in den Anbauverfahren mit Spritzmulch im Gegensatz zu Verfahren mit Herbizideinsatz. Diese Unterschiede waren jedoch nur in wenigen Fällen signifikant (Steinhuber et al. 2024).

2.3 Ökotoxikologie

Umweltwirkungen des Spritzmulch wurden von Steinhuber et al. (2024) in Feld- und Laborversuchen untersucht. Diese umfassen Untersuchungen zum biologischen Aeroben Abbau des Mulchmaterials, zur Auswaschung des enthaltenen Rapsöls in den Boden, zum Einfluss auf die Fauna, zum Einfluss auf das Bodenleben und Rückstandsuntersuchungen.

Ökobilanzergebnisse sind nur für die Wirkungskategorien Treibhausgasemissionen und kumulierter Energieaufwand verfügbar (Steinhuber et al. 2024).

2.4 THG- und Energie-Bilanz

Steinhuber et al. (2024) erstellten THG- und Energiebilanzen für das Mulchmaterial und für unterschiedliche Szenarien, in denen etablierte Beikraut-Regulierungsverfahren (Mulchfolie, Herbizidanwendung, mechanische und thermische Verfahren) durch die Applikation von Spritzmulch substituiert wurden.

2.4.1 Methodik

Die Ökobilanz wurde unter Anwendung der nachfolgenden Methodik erstellt (Steinhuber et al. 2024, S. 63–66).

Zieldefinition

Vergleich der THG-Emissionen und des kumulierten Energieaufwands von Spritzmulch-Applikation in Gemüsekulturen (Kopfsalat, Karotte, Einlegegurke) mit alternativen Verfahren der Beikrautregulierung. Darstellung des Mehraufwandes bei Spritzmulch-Applikation.

Systemgrenzen

Material- und Energieströme von der Herstellung des Mulchmaterials und der dazu benötigten Rohstoffe werden einbezogen. Beim Gemüseanbau und der Ausbringung des Mulchmaterials werden lediglich die Verfahrensschritte berücksichtigt, welche sich zwischen den unterschiedlichen Verfahren der Beikrautregulierung unterscheiden. Verfahrensschritte, wie z. B. Bodenvorbereitung oder Ernte liegen außerhalb der Systemgrenzen.

Bezugsgröße/funktionelle Einheit

Die Bezugsgröße für die ökobilanzielle Betrachtung des Mulchmaterials ist 1 kg fertig gemischtes, aufspritzbares Mulchmaterial ab Hof und die funktionelle des Variantenvergleichs (Gemüseanbau) ist 1 ha Anbaufläche je Kulturart.

Datenqualität und Datenherkunft

Das Mulchmaterial wurde hauptsächlich auf Basis verfügbarer Datensätze aus ecoinvent 3.7.1 und bei Fehlen geeigneter Datensätze durch eigens erzeugte Hilfsprozesse oder Vorprodukte modelliert.

Für die Rapszerzeugung und die Rapsölproduktion wurden Datensätze aus Dressler et al. (2018) verwendet welche die Energie-Allokation gemäß Richtlinie 2009/28/EG (Renewable Energy Directive, RED) zwischen Rapsöl und dem Koppelprodukt Rapspresskuchen vorgenommen haben. Demnach wurden die Umweltwirkungen zwischen den Produkten gemäß ihres Energieaufwands aufgeteilt.

Die Arbeitsverfahren wurden auf Basis von Daten aus ökonomischen Auswertungen des KTBL modelliert.

Wirkungsabschätzung

Die THG-Emissionen wurden mit dem Indikator Global Warming Potential 100

(GWP100) auf Basis der GWP100-Werte nach IPCC 2013, AR5 ohne Rückkopplungseffekte (cc-fb) modelliert. Der kumulierte Energieaufwand (KEA) wurde als KEA aus nicht-erneuerbaren Energiequellen modelliert.

2.4.2 Annahmen/ Szenarien

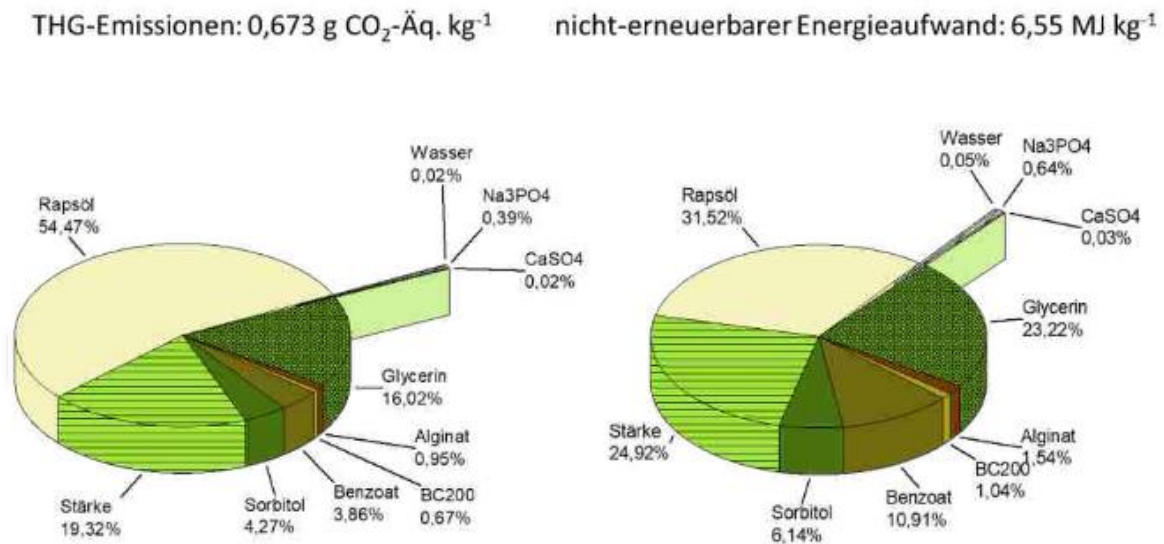
Für den Vergleich mit betriebsüblichen Anbauverfahren im Salat-, Möhren- und Gurkenanbau wurden Szenarien für Anbauverfahren mit Spritzmulch definiert. Im Salatanbau wurde eine Schichtdicke von 1 mm, eine Spritzmulch-Streifenbreite von 20 cm und ein Reihenabstand von 30 cm angenommen. Spritzmulch wurde demnach auf 2/3 der Fläche ausgebracht. Im Möhrenanbau wurde eine Schichtdicke von 2 mm, eine Spritzmulch-Streifenbreite von 30 cm und ein Reihenabstand von 75 cm angenommen. Spritzmulch wurde demnach auf 40 % der Fläche ausgebracht. Im Möhrenanbau wurde eine Schichtdicke von 3 mm, eine Spritzmulch-Streifenbreite von 60 cm und ein Reihenabstand von 150 cm angenommen. Spritzmulch wurde demnach auf 40 % der Fläche ausgebracht.

2.4.3 Ergebnisse

Die Treibhausgasemissionen von Spritzmulch betragen 0,673 kg CO₂-eq kg⁻¹ beziehungsweise 0,649 kg CO₂-eq L⁻¹. Den größten Teil der Treibhausgasemissionen trägt Rapsöl bei (54,47 %), welches 30,8 % der Masseanteils hat, gefolgt von Stärke (19,32 %) und Glycerin (16,02 %). Der

nicht-erneuerbare kumulierte Energieaufwand (KEA, nicht-erneuerbar) beträgt $6,55 \text{ MJ kg}^{-1}$ (Abbildung 23).

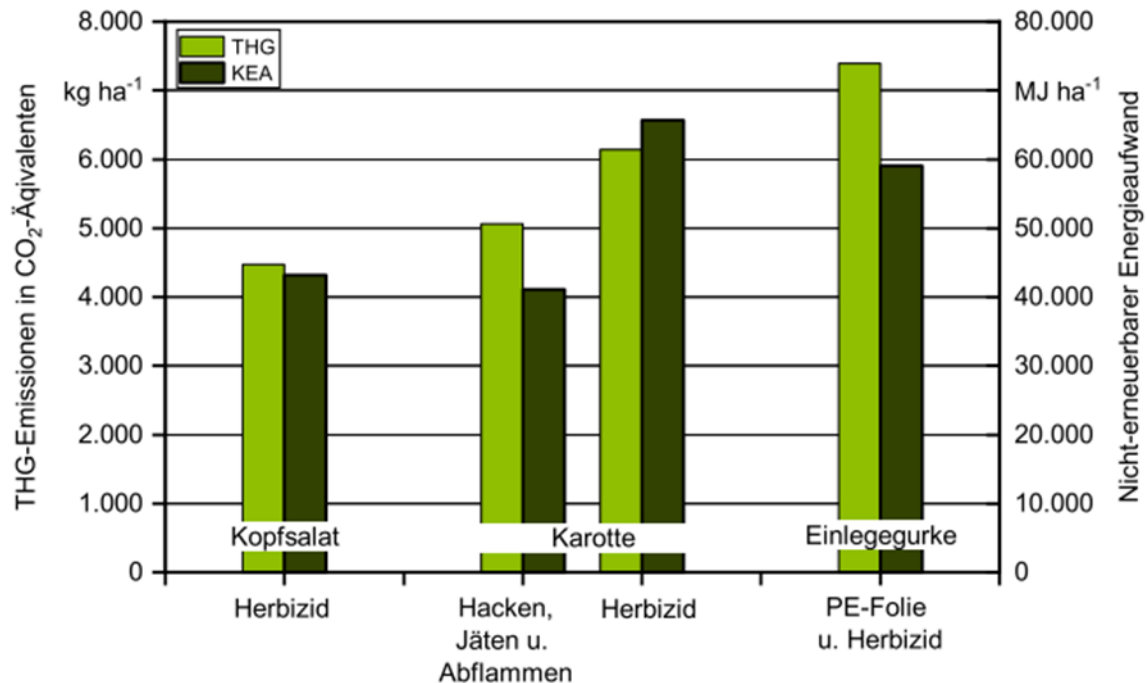
Abbildung 23: Prozentuale Verteilung der Masse-bezogenen THG-Emissionen (links) und des kumulierten nicht erneuerbaren Energieaufwands (rechts) des Spritzmulch-Materials



Quelle 19: Quelle der Abbildung: (Steinhuber et al. 2024)

Die Substitution von Herbiziden durch Spritzmulch-Anwendung führte zu Mehremissionen von ungefähr $4450 \text{ kg CO}_2\text{-eq ha}^{-1}$ im Kopfsalatanbau und ungefähr $5000 \text{ kg CO}_2\text{-eq ha}^{-1}$ im Karottenanbau. Etwas geringer sind die Mehremissionen im Karottenanbau bei Substitution mechanischer und thermischer Verfahren (Hacken, Jäten, Abflammen). Am höchsten sind die Mehremissionen bei der Substitution von PE-Mulchfolie und Herbiziden im Anbau von Einlegegurken durch Spritzmulch mit 3 mm Schichtdicke.

Abbildung 24: Differenz der Flächen-bezogenen THG-Emissionen und des nicht erneuerbaren Energieaufwands zwischen dem Spritzmulch-Verfahren und den herkömmlichen Anbauvarianten von Kopfsalat, Karotte und Einlegegurke



Quelle 20: Steinhuber et al. 2024

3 Bewertung

3.1 THG

Im Salatanbau werden durch die Substitution von Herbiziden mit Spritzmulch Mehremissionen von etwa 4450 kg CO₂-eq ha⁻¹ erzeugt. 54,47 % der THG-Emissionen des Rohwaren für das Mulchmaterial sind auf das Rapsöl zurückzuführen (Steinhuber et al. 2024), wenn wie in der vorliegenden Studie die Energie-Allokation vorgenommen wird, nach der 54,1 % der Umweltwirkungen auf das Rapsöl und 45,9 % auf den Rapspresskuchen alloziert wurden (Dressler et al. 2018). Neben der Energie-Allokation gemäß Richtlinie 2009/28/EG (RED I) beziehungsweise 2018/2001 (RED II) gibt es weitere Möglichkeiten der Berücksichtigung von Koppelprodukten bei der Rapsölerzeugung. In Dressler (2020) wird dargestellt, wie hoch das THG-Einsparpotenzial von Rapsöl-basierten Biokraftstoffen im Vergleich zu fossilem Diesel ist und verschiedene Ansätze zum Umgang mit Koppelprodukten gegenübergestellt. Als Alternative zur Energie-Allokation wird die Systemraumerweiterung (mit und ohne Berücksichtigung von Landnutzungsänderung) angewendet. Die Systemraumerweiterung kann angewendet werden, das betrachtete Koppelprodukt einen relevanten wirtschaftlichen Wert hat und als Substitut für ein anderes Produkt verwendet wird. Im Falle von Raps ist das Koppelprodukt (Rapspresskuchen bei Kaltpressung, siehe (Dressler 2020); oder Rapsextraktionsschrot bei Ölherstellung durch Extraktion) als Eiweißfuttermittel sehr stark nachgefragt und ersetzt insbesondere importiertes Sojaextraktionsschrot aus Südamerika, Nordamerika und Kanada. Im Rahmen der Systemraumerweiterung wird der Rapsölerzeugung eine THG-Gutschrift für das substituierte Sojaextraktionsschrot gegeben in Höhe der THG-Emissionen,

welche für die Erzeugung einer äquivalenten Menge Sojaextraktionsschrot entstehen würden. Es kann zu Landnutzungsänderungen und daraus resultierenden THG-Emissionen kommen, wenn für den Anbau von Raps Grünland in Ackerland und den Anbau von Soja Regenwald (Südamerika) oder Buschland (Nordamerika) in Ackerland umgewandelt wird (Dressler 2020).

Die Ergebnisse zeigen ein geringfügig niedrigeres THG-Minderungspotenzial, wenn auf dieselben Daten Systemraumerweiterung ohne Berücksichtigung von Landnutzungsänderung (59 % Minderung) anstelle von Energie-Allokation (64,5 % Minderung) angewendet wird. Das heißt der Rapsölherzeugung würden bei Systemraumerweiterung geringfügig höhere THG-Emissionen zugeschrieben als bei Energie-Allokation. Unter Berücksichtigung von THG-Emissionen durch Landnutzungsänderung wäre das THG-Minderungspotenzial bei Anwendung von Systemraumerweiterung dahingegen deutlich höher (120 %) (Dressler 2020), wonach dem Rapsöl im Spritzmulch nur noch sehr geringe Treibhausgasemissionen zugeschrieben würden. Demnach sind auch die Ergebnisse der THG-Bilanzierung des Spritzmulches maßgeblich von den getroffenen Annahmen, insbesondere zur Berücksichtigung der Koppelprodukte abhängig. Bei der Wahl einer anderen Methode könnten die Mehremissionen im Anbausystem mit Spritzmulch deutlich geringer als 4450 kg CO₂-eq ha⁻¹ sein.

In der Studie von Steinhuber et al. (2024) wird nicht der gesamte Salatanbau modelliert, sondern lediglich die Prozesse, welche sich zwischen einer praxisüblichen Bewirtschaftung (unter Einsatz von Herbiziden) und dem Anbauverfahren mit Spritzmulch unterscheiden. Daher lassen die Ergebnisse keine Abschätzung der Relationen zwischen den THG-Emissionen im Salatanbau (ohne Beikrautregulation) und der Anwendung von Spritzmulch zu. Die Emissionen für den Salatanbau im Freiland belaufen sich in Verfahren ohne Spritzmulch auf etwa 4.200 kg CO₂-eq ha⁻¹ (Prozess: lettuce361 production, Cutoff, GLO, Datenbank: Ecoinvent 3.10; Wirkungsabschätzung: EF 3.1). Demnach führen die Mehremissionen ungefähr zu einer Verdopplung der Emissionen aus dem Salatanbau. Die Produktion der in Ecoinvent 3.10 enthaltenen Pflanzenschutzmittel führt zu mittleren Emissionen von ca. 11 kg CO₂/L. Bei realistischen Ausbringungsmengen von Herbiziden in Höhe von 1-3 L/ha werden bei der Produktion der verwendeten Pflanzenschutzmittel etwa 11 bis 33 kg CO₂-eq emittiert. Bei einem Vergleich wie er in der Studie von Steinhuber et al. (2024) angestellt wurde müssen zudem die Emissionen aus der Applikation berücksichtigt werden, welche sich pro Applikation auf etwa 10-20 kg CO₂-eq ha⁻¹ belaufen dürften.

3.2 Rohwaren

3.2.1 Gesamtbedarf

Die folgende Tabelle 9 stellt zur Veranschaulichung dar, welche Massen der Einzelbestandteile pro Hektar ausgebracht werden, wenn eine Spritzmulch-Schicht mit 1 mm Schichtdicke erzielt werden soll.

Tabelle 9: Masse ausgebrachter Spritzmulch-Bestandteile pro Hektar bei einer Schichtdicke von 1 mm.

Bestandteil	Masse-%	Masse bei 1mm Schichtdicke und ganzflächiger Ausbringung kg ha ⁻¹	Masse bei 1mm Schichtdicke und Ausbringung auf 67 % der Fläche kg ha ⁻¹
Rapsöl	30,8	2972	1991
Natriumalginat	1,3	125	84
CaSO ₄	1,5	145	97
Zellulosefasern	2,4	232	155
Stärke	12,5	1206	808
Wasser	45,6	4401	2948
Glycerin	4,6	444	297
Natriumphosphat	0,3	29	19
Natriumbenzoat	1,1	106	71
Sorbitol	2,3	222	149

3.2.2 Rapsöl

Rapsöl ist der hat den größten massebezogenen Anteil unter den Bestandteilen des Spritzmulch. Daher wird dieses im Folgenden exemplarisch betrachtet, um mögliche Zielkonflikte aufzuzeigen, die bei der Verwendung nachwachsender Rohstoffe als Betriebsmittel in der Landwirtschaft auftreten können.

Bei der Betrachtung von Treibhausgasemissionen und kumuliertem Energieaufwand haben Steinhuber et al. (2024) folgende Annahmen für den Salatanbau mit Spritzmulch getroffen: Schichtdicke 1mm, streifenförmige Ausbringung des Spritzmulch zwischen den Salatreihen auf 67 % der Fläche. Diese Annahme wurde bei den folgenden exemplarischen Berechnungen zu Grunde gelegt.

3.2.2.1 Massen- und Flächenbedarf

Bei der Erzeugung von Rapsöl werden laut Ökobilanz-Datensatz „Rapeseed oil, at oil mill (WFLDB 3.1) - GLO“ aus AGRIBALYSE 2,15 kg Rapskörner pro kg Rapsöl benötigt. Der durchschnittliche Rapsertag in konventionellem Anbau beträgt im 6-jährigen Mittel (2017-2022, Deutschland) 34,4 dt ha⁻¹ (BMEL 2023) und im ökologischen Anbau 20 dt ha⁻¹ (BLE 2021). Folglich werden unter den o.g. Annahmen 1,2 ha Fläche für konventionellen oder 2,1 ha für ökologischen Rapsanbau benötigt, um das benötigte Rapsöl für die Spritzmulch-Applikation herzustellen (Tabelle 10). In Anbauverfahren mit 2 mm oder 3 mm Spritzmulch werden je nach Flächenanteil der Spritzmulch-Streifen teilweise deutlich größere Rapsanbauflächen benötigt. . Neben dem Rapsöl würden aus der geernteten Rapssaat auch Rapspresskuchen oder Rapsextraktionsschrot produziert.

Tabelle 10: Benötigte Mengen Rapsöl und daraus resultierender Flächenbedarf bei konventionellem oder ökologischem Rapsanbau

Masse Spritzmulch t mm ⁻¹ ha ⁻¹	Anteil Rapsöl Masse-%	Masse Rapsöl t mm ⁻¹ ha ⁻¹	Masse Rapskorn/ Masse Rapsöl	Raps-ertrag [dt/ha]	Wirtschafts-weise	Anbaufläche Raps für ganzflächige Spritzmulch-Ausbringung mit 1 mm Schichtdicke ha	Anteil Spritzmulch-Fläche	Anbaufläche Raps für Teilflächige Spritzmulch-Ausbringung mit 1 mm Schichtdicke ha
9,65	30,8	2,97	2,15	34,4	konventionell	1,9	67%	1,2
9,65	30,8	2,97	2,15	20	ökologisch	3,2	67%	2,1

Quelle 21: Eigene Berechnung, Öko-Institut 2025

3.2.2.2 Indirekte Pflanzenschutzmittel-Emissionen

Im Rapsanbau werden Pflanzenschutzmittel eingesetzt. Während im konventionellen Rapsanbau synthetische Insektizide, Herbizide und Fungizide eingesetzt werden (siehe Leistungs-Kosten-Rechnung Pflanzenbau des KTBL), dürfen im ökologischen Rapsanbau lediglich Insektizide und Fungizide natürlichen Ursprungs und keine Herbizide eingesetzt werden. Beim Einsatz von Spritzmulch zur Beikrautregulierung im Salatanbau können dort Herbizide eingespart werden. Die Einsparung belief sich in den Versuchen von Steinhuber et al. (2024) pro Anbausatz auf ca. 1,5 bis 3 Liter ha⁻¹. Demgegenüber gestellt werden können die Pflanzenschutzmittel, welche im konventionellen Rapsanbau eingesetzt werden. Als Beispiel dienen Werte aus dem Datensatz „rape seed production, Cutoff, DE“ aus Ecoinvent 3.10. Dieser Datensatz umfasst die Rapsproduktion in Deutschland mit einem Ertrag von 35 dt ha⁻¹, differenziert jedoch nicht zwischen Herbiziden und anderen Pflanzenschutzmitteln. Für die Produktion der benötigten 2,97 t Rapsöl für die streifenförmige Ausbringung von Spritzmulch (auf 67 % der Gesamtfläche) im Salatanbau werden demnach etwa 1,4 L Pflanzenschutzmittel auf 1,2 ha Rapsanbaufläche ausgebracht. Aus dieser Gegenüberstellung lassen sich keine Vergleiche hinsichtlich der ökotoxikologischen Auswirkungen der beiden Verfahren ziehen, sie stellt jedoch zwei relevante Erkenntnisse heraus. Zum einen kann die Verwendung nachwachsender Rohstoffe mit der Ausbringung nicht unerheblicher Mengen von Pflanzenschutzmitteln und weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden sein. Zum anderen bedarf es für eine umfassende Bewertung der ökologischen Vor- und Nachteile, die mit der Substitution üblicher Verfahren und Produkte durch Produkte auf Basis nachwachsender Rohstoffe verbunden sind, einer umfassenden ökobilanziellen Betrachtung. Insbesondere im Kontext des Spritzmulchs, dessen Einsatz explizit darauf abzielt, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (speziell Herbiziden) zu verringern, sollte dabei Wirkungskategorien zu Ökotoxizität ausgewertet werden.

3.2.2.3 Ist ökologische Rapserzeugung die Lösung? – Beispielhafte Betrachtung

Anstelle von konventionell erzeugtem Raps könnte ökologisch erzeugter Raps für die Rapsölherstellung verwendet werden. Im ökologischen Rapsanbau werden deutlich niedrigere Flächenerträge von durchschnittlich 20 dt ha⁻¹ (BLE 2021) erzielt als im konventionellen Anbau und

der Flächenanteil von Bio-Raps an der gesamten Rapsproduktion in Deutschland beträgt lediglich 0,5 % (ca. 4000 ha) auf Grund des höheren Ertragsrisikos im Vergleich zum konventionellen Anbau, welcher aus Schädlings- und Krankheitsdruck, dem Risiko von Spätverunkrautung und hohe Ansprüche an die Stickstoffversorgung resultiert (BLE 2021). Aus der Erntemenge der inländischen Bio-Raps-Produktion könnten demnach ca. 3.700 m³ Rapsöl produziert werden. Mit dieser Menge könnte Spritzmulch (Schichtdicke 1mm, streifenförmige Applikation, 67 % Flächenanteil) auf etwa 1650 ha Salatanbaufläche ausgebracht werden. Die Anbaufläche für Kopfsalat in Deutschland betrug im Jahr 2022 etwa 1150 ha. Folglich müsste ein Großteil der Bio-Raps-Ernte in Deutschland aufgewandt werden, um lediglich den flächendeckenden Einsatz von Spritzmulch in Kopfsalat zu ermöglichen, wenn auf konventionell erzeugten Raps verzichtet wird.

Literaturverzeichnis

BLE (2021): Ökologischer Rapsanbau. Hg. v. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. Online verfügbar unter <https://www.oekolandbau.de/bio-in-der-praxis/oekologische-landwirtschaft/oekologischer-pflanzenbau/bio-anbausteckbriefe/oelfruechte/raps/>, zuletzt aktualisiert am 16.09.2021, zuletzt geprüft am 26.02.2025.

BMEL (2023): Winterrapsernte. Hg. v. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Online verfügbar unter <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/ernte-und-qualitaet/winterrapsernte>, zuletzt geprüft am 26.02.2025.

Steinhuber, Lisa; Kirchner, Michael; Rüger, Janneke; Vogl, Tobias; Emberger, Peter; Thüneke, Klaus et al. (2024): Spritzbares Mulchmaterial im Gemüsebau (Berichte aus dem TFZ, 84). Online verfügbar unter https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/publikationen/berichte/dateien/tfz-bericht_84_munaro.pdf, zuletzt geprüft am 17.02.2025.

Anhang V. Ökobilanz-Berechnungen zur Nützlingsrollwiese

1 Einleitung

Die sog. „Nützlings-Rollwiese“ soll Insekten als Habitat dienen, welche als Antagonisten von Schadorganismen agieren. Durch die Förderung dieser Nützlinge soll eine Reduktion im Einsatz von Insektiziden im Gemüsebau erreicht werden. Die Nützlings-Rollwiese besteht aus einer Matte, welche aus Hanffasern und Schafwolle gewoben wird, draufliegendem Substrat aus vorrangig Kompost, Torf und Holzfaser sowie Saatgut geeigneter Pflanzen, welche in das Substrat eingebracht wird. Für die Nützlings-Rollwiese wird ein Teil der Anbaufläche für die Standzeit der Wiese (einjährig, ggf. mehrjährig) aus der Nutzung genommen.

2 Ökobilanz

Die Anwendung einer Nützlings-Rollwiese im Salatanbau wurde im Rahmen einer orientierenden Ökobilanz hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen bewertet. Betriebsübliche Anbauverfahren wurden mit Anbauverfahren verglichen, bei denen Insektizide in reduziertem Umfang appliziert und eine Nützlings-Rollwiese etabliert wurde.

2.1 Ziel und Untersuchungsrahmen

2.1.1 Allgemeine Hinweise

Im Rahmen der vorliegenden orientierenden Ökobilanz werden verschiedene Regulierungsmaßnahmen für Schadorganismen (Insekten) im Kopfsalat-Anbau miteinander verglichen. Die grundlegende Funktion der verglichenen Systeme ist die Erzeugung von Kopfsalat.

In der Ökobilanz werden die zugehörigen Stoff- und Energieströme ebenso wie die Wirkungsabschätzung auf eine einheitliche Bezugsgröße bezogen. Hierzu werden eine geeignete funktionelle Einheit und der entsprechende Referenzfluss festgelegt. Die funktionelle Einheit muss dem Ziel und dem Untersuchungsrahmen der Studie entsprechen, was im vorliegenden Fall unter anderem bedeutet, dass sie einen direkten Vergleich der verschiedenen betrachteten Produktsysteme erlauben muss.

Die Modellierung der Produktsysteme erfolgt in der Ökobilanz-Software openLCA V 2.1.1 Für die Modellierung wird vorrangig auf die Datenbank ecoinvent V3.10 zurückgegriffen. Wo in einzelnen Fällen auf weitere Datenbanken sowie auf Daten aus der aktuellen wissenschaftlichen Literatur zurückgegriffen wurde, wird dies an entsprechender Stelle dokumentiert.

2.1.2 Untersuchte Produktsysteme

Für den Systemvergleich ist es erforderlich, repräsentative Beispiele zu wählen, für die ausreichende Datengrundlagen verfügbar sind. Ein sehr relevanter Parameter ist die erwartete Reduktion des Insektizideinsatzes. Da diese experimentell ermittelt werden muss und bisher nur Versuchs-Daten zum Salatanbau vorliegen, wurde der Anbau von Kopfsalat für die Studie ausgewählt. Die Nützlings-Rollwiese ist für die Anwendung im Freiland konzipiert, daher wurde ein Datensatz für den Anbau im Freiland ausgewählt. Das im Datensatz enthaltene Anbauverfahren enthielt keine Insektizid-Applikation, welche jedoch in den o.g. Feldversuchen und den Anbauverfahren, die das KTBL beschreibt, standardmäßig stattfindet. Daher wurde im Referenzverfahren eine Insektizid-Applikation mit denselben Präparaten und Mengen wie im Feldversuch modelliert. In den Verfahren mit der Nützlings-Rollwiese wurde ebenfalls eine Insektizid-Applikation jedoch mit reduzierten Mengen angenommen.

2.1.3 Funktion und funktionelle Einheit

Die funktionelle Einheit legt den quantifizierten Nutzen eines Produktsystems fest und dient als Bezugsgröße, auf die die Input- und Output-Daten im mathematischen Sinn normiert werden.

Die Festlegung der funktionellen Einheit bei Lebensmittel-Ökobilanzen ist Gegenstand einer seit längerem laufenden, in jüngerer Zeit jedoch intensiver geführten wissenschaftlichen Diskussion.

Grundsätzlich lassen sich für Lebensmittel verschiedene Nutzenfunktionen (z.B. Erhalt des Körpers und seiner Funktionen, Sättigung, Genuss, soziale Aspekte, Muskelaufbau) unterscheiden. Dementsprechend lassen sich für Lebensmittel auch unterschiedliche funktionelle Einheiten als Bezugsgrößen festlegen. Bei weitem am häufigsten wird in Lebensmittel-Ökobilanzen eine massengezogene Funktionelle Einheit festgelegt. Eine massenbezogene Einheit ist vergleichsweise einfach darzustellen, weil sie auf einfach zu erfassenden Messgrößen basiert.

Zudem werden in den vorliegenden Ökobilanz keine unterschiedlichen Lebensmittel, sondern Anbauverfahren für dasselbe Lebensmittel verglichen, welches sich trotz unterschiedlicher Anbauverfahren in seinen Eigenschaften nicht (wesentlich) unterscheiden sollte.

In der vorliegenden Studie wird daher die folgende funktionelle Einheit als Bezugsgröße festgelegt:

Bereitstellung von 1kg geerntetem Salat

2.1.4 Systemgrenze

Die Systemgrenze legt fest, welche Prozessmodule in der Ökobilanz enthalten sein müssen. Die Auswahl der Systemgrenze muss mit dem Ziel der Studie übereinstimmen. Im vorliegenden Fall umfasst die Systemgrenze die gesamte Herstellung des Kopfsalat (inkl. Bereitstellung von Treibstoffen und Betriebsstoffen, Düngemitteln, Pflanzenschutzmitteln; Erzeugung von Pflanzgut; 10-tägige Lagerung am Hof)

Es handelt sich damit bei der vorliegenden Studie um eine Bilanz von der „Wiege bis zum Hof“ (engl. „from-cradle-to-farm-gate“).

2.1.5 Abschneidekriterien

Folgende Prozesse und Stoffe wurden wegen vermutlich geringfügigen Einflusses auf die Ergebnisse oder mangelnder Datenquellen nicht berücksichtigt:

- Saatgut für Nützlings-Rollwiese
- Düngergabe zum Substrat der Nützlings-Rollwiese
- Maschineneinsatz bei Applikation der Insektizide

2.1.6 Methode für die Wirkungsabschätzung

Für die Durchführung der Wirkungsabschätzung in produktbezogenen Ökobilanzen stehen verschiedene Methoden und Methodensets zur Verfügung, die regelmäßig Aktualisierungen bzw. Ergänzungen unterworfen sind und die zum Teil auch untereinander Bezug zueinander nehmen.

In der vorliegenden Studie werden die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung (LCIA-Ergebnisse) auf der Grundlage einer Auswahl des vom Joint Research Centre (JRC) im Rahmen der Entwicklung

der PEF-Methodik⁵ zusammengestellten Sets *Environmental Footprint (EF) 3.1*.⁶ abgeschätzt. Die Ergebnisse werden im vorliegenden Bericht jeweils auf Ebene der Midpoint-Indikatoren für ausgewählte Wirkungskategorien ausgewiesen.

Zu beachten ist, dass Wirkungsabschätzungsergebnisse generell relative Aussagen sind, die keine Voraussagen über Auswirkungen auf die Wirkungsendpunkte, Schwellenwertüberschreitungen, Sicherheitsspannen oder Risiken machen können.

2.1.7 Vergleiche zwischen den Systemen

Im vorliegenden Bericht erlaubt die Bilanzierung „from-cradle-to-farm-gate“ einen direkten Vergleich zwischen den Systemen, da der Vergleich auf Basis derselben funktionellen Einheit und unter äquivalenten methodischen Festlegungen (z.B. zur Systemgrenze, Datenqualität, Allokationsverfahren etc.) erfolgt. Sämtliche Produktsysteme für den Vergleich wurden so ausgewählt, dass sie aus Sicht des bereitgestellten Produktnutzens als funktional äquivalent angesehen werden können.

Die Darstellung der verglichenen Produktsysteme beruht auf ähnlich detaillierten bzw. spezifischen Inputdaten.

2.2 Sachbilanz

2.2.1 Nützlings-Rollwiese

Es wurde angenommen, dass die Nützlings-Rollwiese einjährig genutzt wird und 2 Sätze Salat in diesem Zeitraum angebaut werden.

2.2.1.1 Trägermaterial

Die Nützlings-Rollwiese hat als Trägermaterial eine Matte, die aus Hanffasern und Schafwolle gewoben wird. Für Hanffasern und Schafwolle wurden Standarddatensätze aus Ecoinvent v3.10 verwendet.

Tabelle 11: Zusammensetzung des Trägermaterials und verwendete Datensätze in der Sachbilanz

Material	Massenanteil %	Dichte kg/m ³	Masse/Fläche kg/m ²	Datenbank	Prozess
Hanffaser	50	500	1,25	AGRIBALYSE v1.4	Hemp hurds, without processing - FR
Schafwolle	50	500	1,25	Ecoinvent v3.10	sheep production, for meat sheep fleece in the grease - RoW
Σ	100	500	2,5		

Die Masse an Trägermaterial pro m² beträgt 0,18 kg.

⁵ (EU) 2021/2279: Empfehlung der Kommission vom 15.12.2021 zur Anwendung der Methoden für die Berechnung des Umweltfußabdrucks zur Messung und Offenlegung der Umweltleistung von Produkten und Organisationen entlang ihres Lebenswegs

⁶ European Commission, EF 3.1 reference package, November 2019-<https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN-developerEF.xhtml>, zuletzt abgerufen am 01.03.2021)

Die Wolle stammt aus extensiver deutscher Schafhaltung in Deutschland, welche u.a. im Rahmen der Landschaftspflege stattfindet. Schafwolle ist dabei ein Koppelprodukt mit geringem Marktwert. Daher dürfte der Bezug der Wolle für das Trägermaterial auch aus ökonomischen Gründen regional erfolgen, da diese preiswert erworben werden kann. Es kann also eine extensive Haltung unterstellt werden, die vorrangig Grundfutter-basiert ist (d.h. Hauptbestandteil der Futterration sind Gras aus Beweidung sowie Heu) und höchstens geringe Anteile Kraftfutter (v.a. Getreideschrot) in der Futterration enthält. Allerdings war kein Datensatz für extensive Schafhaltung in Deutschland, verfügbar.

Der verwendete Datensatz „sheep production, for meat | sheep fleece in the grease - US“ beschreibt hingegen die Schafhaltung in den USA. Im verwendeten Datensatz wird neben Grundfutter Kraftfutter in Form von Körnermais und Sojamehl in der Futterration angenommen, welche in der Ökobilanz Trägermaterials insbesondere zu den Wirkungskategorien Ökotoxizität, Frischwasser (organische Stoffe) sowie Klimawandel (durch Landnutzungsänderung) beitragen.

Datensätze mit geographischem Bezug Frankreich wären in der Datenbank AGRIBALYSE verfügbar, beschreiben jedoch ebenfalls intensive Haltungssysteme.

Eine Prüfung der Auswirkungen (Bilanzierung der Nützlingsrollwiese mit und ohne Kraftfutter in der Fütterung der Schafe) zeigte, dass der Einfluss auf die Ergebnisse angesichts der geringen Mengen an Trägermaterial benötigt werden sehr gering ist. Über alle Wirkungskategorien hinweg sind die Wirkungen der Nützlingsrollwiese bezogen auf die Salatproduktion < 1,5 %. Die einzige Ausnahme bildet die Wirkungskategorie Klimawandel (biogen), welche jedoch lediglich einen sehr geringen Anteil an Klimawandel (gesamt) hat.

2.2.1.2 Bio-Substrat

Auf das Trägermaterial wird eine ca. 1 cm starke Schicht Bio-Substrat als Substrat für die Blühpflanzen ausgebracht.

Das verwendete Biosubstrat setzt sich hauptsächlich aus Kompost, Schwarztorf und Holzfaser zusammen.

Tabelle 12: Zusammensetzung des verwendeten Bio-Substrats und verwendete Datensätze in der Sachbilanz

Material	Massen-anteil %	Dichte kg/m³	Masse/Fläche kg/m²	Datenbank	Prozess
Kompost	60	680	2,8	Ecoinvent v3.10	Treatment of biowaste, industrial composting compost - CH
Schwarztorf	20	200	0,9	Ecoinvent v3.10	Market for peat peat - RER
Holzfaser	20	130	0,9	Ecoinvent v3.10	eigene Modellierung basierend auf Fuhrmann und Strasser (2024)
Σ	100	474	4,7		

Quelle 22 Öko-Institut, eigene Zusammenstellung

Für Schwarztorf und Kompost wurden Standarddatensätze aus Ecoinvent v3.10 verwendet. Ein Datensatz für Holzfaser musste mangels vorhandener Standarddatensätze auf Basis von Literatur-

daten aus Fuhrmann und Strasser (2024) modelliert werden. Die verwendeten Datensätze und Mengen sind in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Sachbilanz der Produktion von 1 kg Holzfaser

Fluss	Menge	Einheit	Datenbank	Prozess
Elektrizität	0,03	kWh	Ecoinvent v3.10	Market for electricity, medium voltage electricity, medium voltage - DE
Wärme	0,062	MJ	Ecoinvent v3.10	Market for heat, district or industrial, natural gas heat, district or industrial, natural gas - Europe without Switzerland
Wärme	0,117	MJ	Ecoinvent v3.10	Market for heat, district or industrial, other than natural gas heat, district or industrial, other than natural gas - Europe without Switzerland
Anlage	5,00E-11	Item(s)	Ecoinvent v3.10	pulp factory construction pulp factory - RER
Hackgut	1,1	kg	Ecoinvent v3.10	wood chips production, softwood, at sawmill wood chips, wet, measured as dry mass - Europe without Switzerland
Kühlwasser (Water, cooling, unspecified natural origin, RER)	0,005	m³	Ecoinvent v3.10	
Wasser (Water, unspecified natural origin)	0,008	m³	Ecoinvent v3.10	

Quelle 23 Öko-Institut, eigene Zusammenstellung

2.2.2 Salatproduktion

2.2.2.1 Allgemein

Die Salatproduktion wurde auf Basis des Standarddatensatzes „lettuce361 production | lettuce - GLO“ aus Ecoinvent v3.10 modelliert. Dieser beschreibt die Salatproduktion in integrierter Wirtschaftsweise im Freiland mit einem Ertrag von 26 t FM/ha pro Anbausatz bei 2,25 Monaten Anbaudauer. Dieser Datensatz wurde angepasst auf die Produktion von 50 t FM/ha pro Anbausatz, welches einen realistischeren Ertrag für Südwestdeutschland darstellt (persönliche Mitteilung Dr. Michael Ernst, 26.02.2025). Da der Referenzfluss des Datensatzes „1 kg Kopfsalat“ ist, konnten ertragsabhängige inputs und outputs (z.B. Aufwandmengen Düngemittel) unverändert verwendet werden. Die Mengen ertragsunabhängiger inputs (z.B. Aufwandmenge Pflanzenschutzmittel) wurden entsprechend skaliert Anbaudauer. Die Sachbilanz des Datensatzes enthält alle Arbeitsgänge, Energieflüsse (Wärme, Elektrizität) sowie Stoffflüsse (Düngemittel, Pflanzenschutzmittel, Wasser für Bewässerung und PSM-Applikation) von der Erzeugung des Pflanzguts (Jungpflanzen) über den Anbau im Freiland und die Ernte bis zum Ende einer 10-tägigen Lagerung des Ernteguts. Die verwendeten Pflanzenschutzmittel umfassen lediglich Fungizide. Herbizide und Insektizide werden im beschriebenen Anbausystem nicht verwendet.

2.2.2.2 PSM-Anwendung

Im Salatanbau werden in der Praxis auch Insektizide angewendet. Der Leistungs-Kosten-Rechner des KTBL sieht eine Fungizid- und eine Insektizid-Applikation vor. Im Teilprojekt „P7_Nützlingsrollwiese“ wurden im Referenzverfahren (ohne Nützlings-Rollwiese) die Insektizide Mospilan SG (Wirkstoff: Acetamiprid, ein Neonikotinoid, Aufwandmenge: 0,25 kg/ha) und Mavrik Vita (Wirkstoff: tau-Fluvalinat, ein Pyrethroid, Aufwandmenge: 0,2 L/ha) appliziert. Beide Wirkstoffe wurden für die Szenarien mit Insektizidanwendung als output in die Sachbilanz einbezogen (modelliert als Emissionen in den Boden analog zur Modellierung anderer PSM-Applikationen in Ecoinvent v3.10). Als input wurden die Datensätze „pesticide production, unspecified | pesticide, unspecified - RER“ für Mospilan SG und “ pyrethroid-compound production | pyrethroid-compound - RER” für Mavrik Vita berücksichtigt, da in Ecoinvent v3.10 keine spezifischeren Datensätze für die Herstellungsprozesse zur Verfügung stehen.

2.2.2.3 Szenarien

Vorläufige Versuchsergebnisse zeigten, dass der Einsatz von Insektiziden auch unter Nutzung einer Nützlings-Rollwiese nicht auf 0% reduziert werden kann. Eine exakte Abschätzung der möglichen Reduzierung ist jedoch nicht möglich. Daher wurde ein Referenzszenario und drei Szenarien mit Nützlings-Rollwiese gerechnet, von denen zwei Szenarien als realistisch und ein Szenario als Extrem-Szenarien betrachtet werden können (Tabelle 14).

Tabelle 14: Szenarien für die Bilanzierung der Nützlingsrollwiese

Bezeichnung	Nützlings-Rollwiese	Insektizid-Reduktion %	Anteil Insektizidmenge im Vergleich zu Referenzszenario %	Anmerkung
Salatproduktion_Referenzszenario	NEIN	0	100	
Salatproduktion_NR_0%_Insektizide	JA	100	0	Extremszenario
Salatproduktion_NR_33%_Insektizide	JA	66	33	realistisch
Salatproduktion_NR_66%_Insektizide	JA	33	66	realistisch

Quelle 24 Öko-Institut, eigene Zusammenstellung

Bei den Szenarien mit Nützlings-Rollwiese wurde angenommen, dass deren Flächen 24 m² beträgt.

2.3 Auswertung und Diskussion der Ergebnisse

2.3.1 Übersicht

Die nachfolgende Tabelle 15 zeigt die Absolutwerte aus dem ökobilanziellen Vergleich zwischen unterschiedlichen Verfahren des Salatanbaus.

Tabelle 15: Ergebnisse der Ökobilanz zu Szenarien für den Kopfsalatanbau

Impact category	Reference unit	Salatproduktion_ Referenzszenario	Salatproduktion_NR_0% Insektizide_24m ²	Salatproduktion_NR_33% Insektizide_24m ²	Salatproduktion_NR_66% Insektizide_24m ²
Acidification	mol H ⁺ -Eq	0,001225491	0,001370371	0,001370891	0,001371411
Climate change	kg CO ₂ -Eq	0,160081186	0,165244052	0,165322113	0,165400173
Climate change: biogenic	kg CO ₂ -Eq	9,97702E-05	0,003089932	0,003089998	0,003090064
Climate change: fossil	kg CO ₂ -Eq	0,152369256	0,153978368	0,154056304	0,154134241
Climate change: land use and land use change	kg CO ₂ -Eq	0,007612159	0,008175752	0,00817581	0,008175868
Ecotoxicity: freshwater	CTUe	5,83596465	4,642136332	5,068792253	5,495448173
Ecotoxicity: freshwater, inorganics	CTUe	0,9884689	0,996874913	0,99902767	1,001180427
Ecotoxicity: freshwater, organics	CTUe	4,847495751	3,645261419	4,069764583	4,494267746
Energy resources: non-renewable	MJ, net calorific value	2,074839967	2,091894452	2,093301056	2,094707659
Eutrophication: freshwater	kg P-Eq	3,29808E-05	3,43147E-05	3,43455E-05	3,43763E-05
Eutrophication: marine	kg N-Eq	0,001372674	0,001400804	0,001400905	0,001401005
Eutrophication: terrestrial	mol N-Eq	0,004137301	0,004783034	0,004783735	0,004784436
Human toxicity: carcinogenic	CTUh	8,98699E-10	9,02497E-10	9,03137E-10	9,03777E-10
Human toxicity: carcinogenic, inorganics	CTUh	2,93203E-11	2,93422E-11	2,93516E-11	2,9361E-11
Human toxicity: carcinogenic, organics	CTUh	8,69379E-10	8,73155E-10	8,73785E-10	8,74416E-10
Human toxicity: non-carcinogenic	CTUh	4,73679E-09	4,72899E-09	4,74222E-09	4,75545E-09
Human toxicity: non-carcinogenic, inorganics	CTUh	4,58542E-09	4,60183E-09	4,60258E-09	4,60334E-09
Human toxicity: non-carcinogenic, organics	CTUh	1,51374E-10	1,27164E-10	1,39639E-10	1,52115E-10
Ionising radiation: human health	kBq U235-Eq	0,00386667	0,003877082	0,003885664	0,003894245
Land use	dimensionless	4,254889475	4,993911019	4,994162097	4,994413174
Material resources: metals/minerals	kg Sb-Eq	1,48587E-06	1,49378E-06	1,49471E-06	1,49563E-06
Ozone depletion	kg CFC-11-Eq	1,19744E-08	1,1837E-08	1,18923E-08	1,19476E-08
Particulate matter formation	disease incidence	9,02267E-09	1,00481E-08	1,00521E-08	1,0056E-08
Photochemical oxidant formation: human health	kg NMVOC-Eq	0,000902437	0,000908572	0,000908868	0,000909164
Water use	m ³ world Eq deprived	0,615682429	0,618578499	0,618643866	0,618709232

Quelle 25 Öko-Institut, eigene Zusammenstellung

Die prozentualen Veränderungen bei den verschiedenen Umweltwirkungen werden in der Tabelle 16 gezeigt. Der Vergleich zwischen Salatproduktion mit und ohne Insektizide (jeweils ohne Nützlings-Rollwiese) dient der Veranschaulichung davon, welche Umweltauswirkungen der Insektizideinsatz im Vergleich zu den Umweltauswirkungen der gesamten restlichen Salatproduktion hat. Relevante Unterschiede finden sich in den Wirkungskategorien Ökotoxikologie, Frischwasser (gesamt) mit einer Steigerung um 25 %; Ökotoxikologie, Frischwasser (aus Emissionen organischer Substanzen) mit einer Steigerung um 35 %. Einsatz von 24 m² Nützlings-Rollwiese pro Hektar führt zu leichten Erhöhungen in der Größenordnung 10 - 20 % in den Wirkungskategorien Versauerung (Acidification), terrestrische Eutrophierung, Landnutzung (Land use) und Feinstaub (Particulate Matter). Bei einer Reduktion des Insektizideinsatzes auf 66 % mit Einsatz von 24 m² Nützlings-Rollwiese pro Hektar sinken die Auswirkungen auf Ökotoxikologie, Frischwasser organischer Substanzen um 6 %. Wenn der Insektizideinsatz weiter gesenkt wird, auf 33 % der ursprünglichen Menge, sinken die ökotoxischen Auswirkungen organischer Stoffe im Frischwasser um 15%.

Tabelle 16: Vergleich der Umweltwirkungen in verschiedenen Wirkungskategorien (Impact categories) zwischen einem Referenzszenario ohne und mit Insektizid-Applikation und zwischen dem Referenzszenario und Anbauverfahren mit Nützlings-Rollwiese (NR) und auf 33 % oder

Impact category	Reference unit	Vergleich "Salatproduktion_Referenzszenario_0_Insektizide" zu "Salatproduktion_Referenzszenario"	Vergleich "Salatproduktion_Referenzszenario" zu "Salatproduktion_NR_33%_Insektizide_24m²"	Vergleich "Salatproduktion_Referenzszenario" zu "Salatproduktion_NR_66%_Insektizide_24m²"
Acidification	mol H ⁺ -Eq	0,13%	11,86%	11,91%
Climate change	kg CO ₂ -Eq	0,15%	3,27%	3,32%
Climate change: biogenic	kg CO ₂ -Eq	0,20%	2997,12%	2997,18%
Climate change: fossil	kg CO ₂ -Eq	0,16%	1,11%	1,16%
Climate change: land use and land use change	kg CO ₂ -Eq	0,00%	7,40%	7,41%
Ecotoxicity: freshwater	CTUe	28,46%	-13,15%	-5,83%
Ecotoxicity: freshwater, inorganics	CTUe	0,66%	1,07%	1,29%
Ecotoxicity: freshwater, organics	CTUe	36,12%	-16,04%	-7,29%
Energy resources: non-renewable	MJ, net calorific value	0,21%	0,89%	0,96%
Eutrophication: freshwater	kg P-Eq	0,28%	4,14%	4,23%
Eutrophication: marine	kg N-Eq	0,02%	2,06%	2,06%
Eutrophication: terrestrial	mol N-Eq	0,05%	15,62%	15,64%
Human toxicity: carcinogenic	CTUh	0,22%	0,49%	0,57%
Human toxicity: carcinogenic, inorganics	CTUh	0,10%	0,11%	0,14%
Human toxicity: carcinogenic, organics	CTUh	0,22%	0,51%	0,58%
Human toxicity: non-carcinogenic	CTUh	0,85%	0,11%	0,39%
Human toxicity: non-carcinogenic, inorganics	CTUh	0,05%	0,37%	0,39%
Human toxicity: non-carcinogenic, organics	CTUh	33,29%	-7,75%	0,49%
Ionising radiation: human health	kBq U235-Eq	0,68%	0,49%	0,71%
Land use	dimensionless	0,02%	17,37%	17,38%
Material resources: metals/minerals	kg Sb-Eq	0,19%	0,59%	0,66%
Ozone depletion	kg CFC-11-Eq	1,42%	-0,69%	-0,22%
Particulate matter formation	disease incidence	0,13%	11,41%	11,45%
Photochemical oxidant formation: human health	kg NMVOC-Eq	0,10%	0,71%	0,75%
Water use	m ³ world Eq deprived	0,03%	0,48%	0,49%

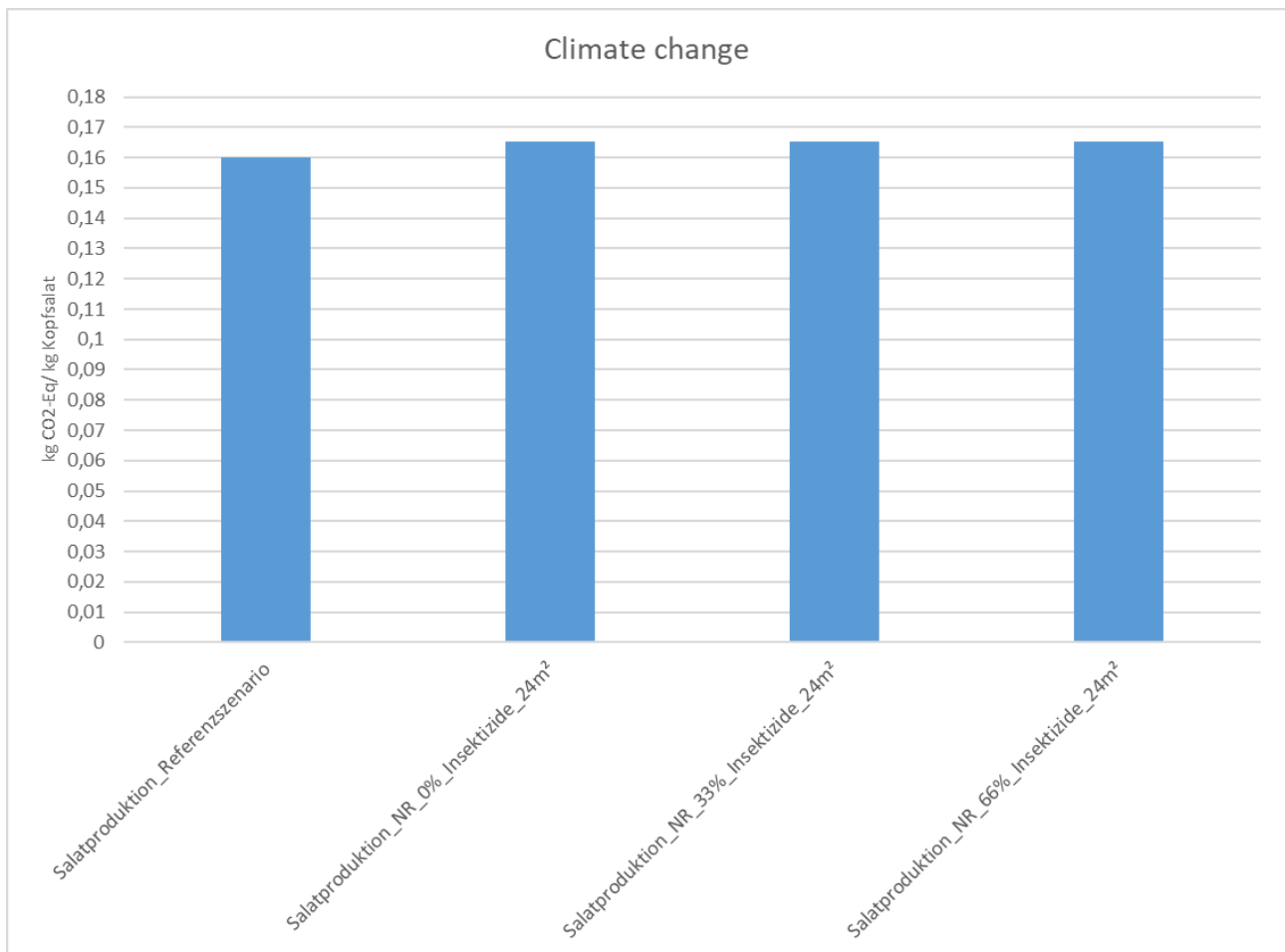
Quelle 26 Öko-Institut, eigene Zusammenstellung

2.3.2 Freisetzung von Treibhausgasen

Die Treibhausemissionen der Salatprodukten unterscheiden sich nur geringfügig zwischen dem Referenzszenario mit Insektiziden und den Anbauverfahren mit Nützlings-Rollwiese und reduziertem Insektizideinsatz (0 %, 33 %, 66 %). Sie betragen etwa 0,16 kg CO₂-eq kg⁻¹ Kopfsalat (Abbildung 25) beziehungsweise 0,055 kg CO₂-eq Stk⁻¹ Kopfsalat (Abbildung 26)⁷. Folglich bestehen keine relevanten Zielkonflikte zwischen der Insektizidreduktion und dem Einsatz der Nützlingsrollwiese hinsichtlich des Ausstoßes von Treibhausgasen.

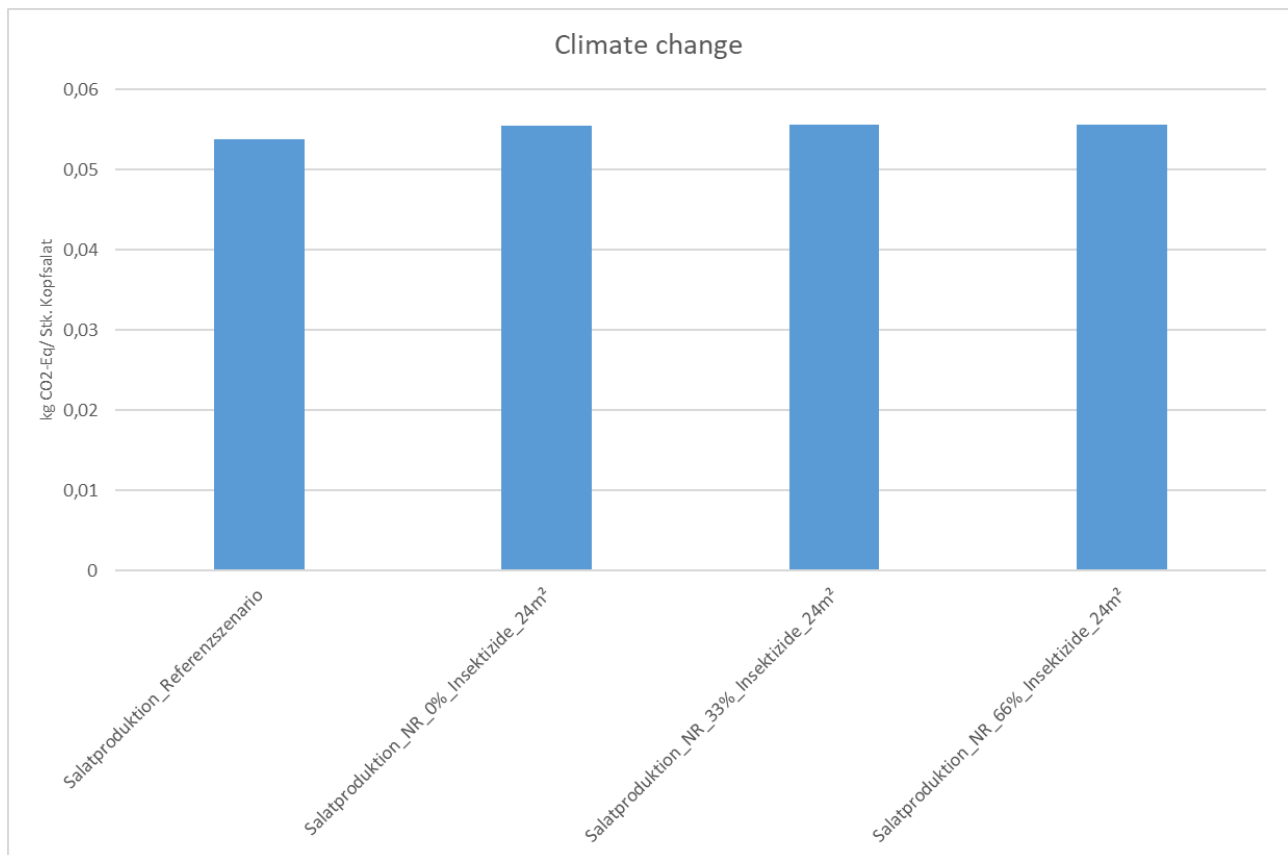
⁷ Es wurde angenommen, dass die durchschnittliche Masse eines Salatkopfes in allen Anbauverfahren gleich ist und bei 336 g Kopf-1 liegt (Median nach BVL 2002).

Abbildung 25: Treibhausgasemissionen in kg CO₂-eq/ kg Kopfsalat im Referenzszenario und 3 Szenarien mit Nützlings-Rollwiese (NR) und reduzierter Insektizid-Menge.



Quelle 27 Öko-Institut, eigene Zusammenstellung

Abbildung 26: Treibhausgasemissionen in kg CO₂-eq/ Stück Kopfsalat im Referenzszenario und 3 Szenarien mit Nützlings-Rollwiese (NR) und reduzierter Insektizid-Menge.

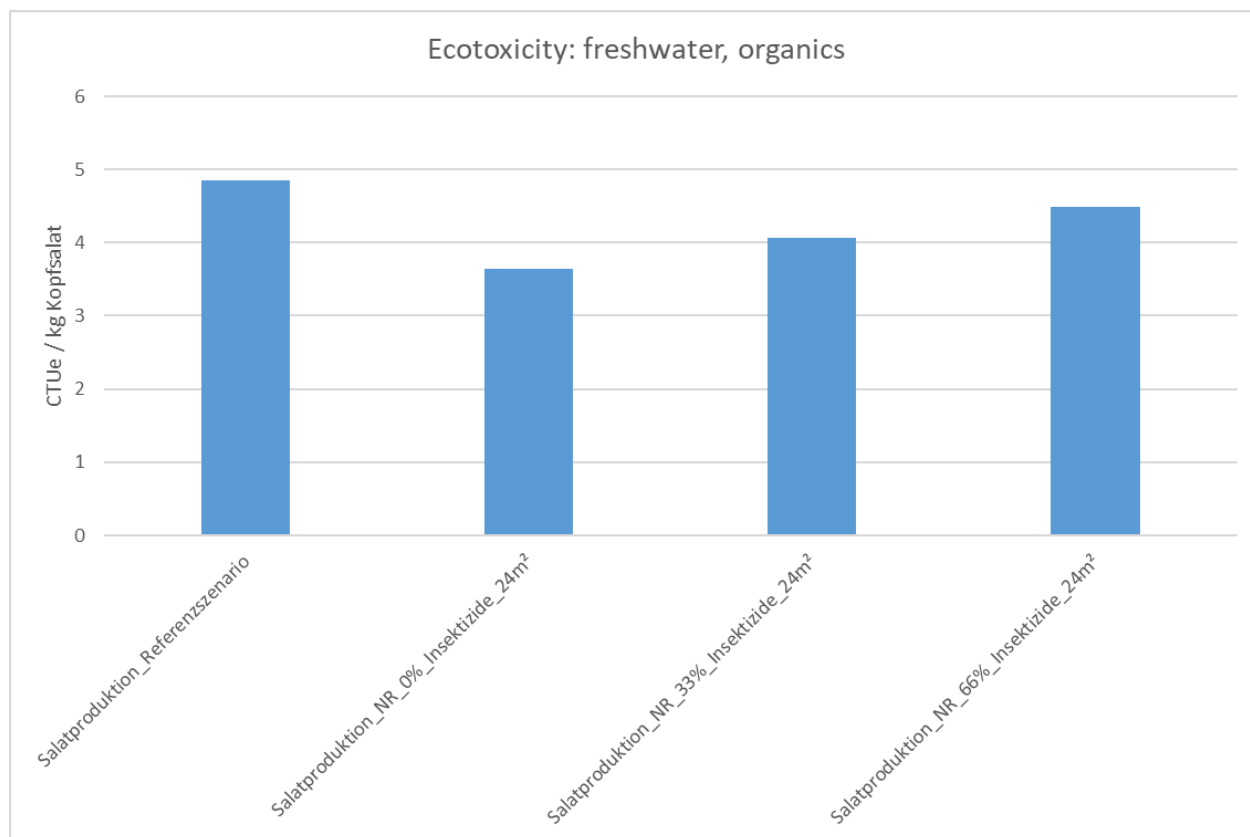


Quelle 28 Öko-Institut, eigene Zusammenstellung

2.3.3 Ökotoxikologische Auswirkungen (Wasserorganismen)

Im Folgenden werden die Auswirkungen des Kopfsalatanbaus im Referenzszenario mit Insektiziden und den Anbauverfahren mit Nützlings-Rollwiese und reduziertem Insektizideinsatz (0 %, 33 %, 66 %) auf die Wirkungskategorie Ökotoxikologie, Frischwasser (durch Emissionen organischer Substanzen) betrachtet, da diese die größten Unterschiede im Bereich der Ökotoxikologie, Frischwasser zwischen den Anbauverfahren zeigte. Die größte Reduktion gegenüber des Referenzszenarios ist bei Reduktion des Insektizideinsatzes auf 0 % bei Einsatz der Nützlings-Rollwiese zu erreichen gefolgt von der Reduktion auf 33 % und 66 % (Abbildung 27). Jedoch stellt dies ein bislang unrealistisches Szenario dar. Die Feldversuche weisen eher auf eine mögliche Reduktion auf 66 % oder 33 % der ursprünglichen Insektizidmenge hin. In allen Szenarien trägt Iprodion, ein Fungizid, mit ca. 70 bis 90 % erheblich zur Ökotoxizität bei. Die alleinige Reduktion eines Pflanzenschutzmittels kann demnach deutliche Auswirkungen auf die Ökotoxizität des Anbauverfahrens haben, jedoch hängt der Gesamteffekt maßgeblich davon ab, welche weiteren Pflanzenschutzmittel (in unverändertem Umfang) eingesetzt werden.

Abbildung 27: Frischwasser-Ökotoxizität durch Emission organischer Substanzen in CTUe/ kg Kopfsalat im Referenzszenario und 3 Szenarien mit Nützlings-Rollwiese (NR) und reduzierter Insektizid-Menge.



Quelle 29 Öko-Institut, eigene Zusammenstellung

Literaturverzeichnis

BVL (2002): Mittlere Gewichte einzelner Obst- und Gemüseerzeugnisse. Unter Mitarbeit von Ulf Prüße, Liane Hüther und Karsten Hohgardt. Hg. v. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, zuletzt geprüft am 21.02.2025.

Fuhrmann, Marilene; Strasser, Christoph (2024): Ökobilanzierung von Torfersatzstoffen in Österreich. Online verfügbar unter https://www.best-research.eu/files/publications/pdf/%C3%96kobilanz%20Torfersatzstoffe_Bericht_final.pdf, zuletzt geprüft am 17.02.2025.

Zampori, L.; Plant, R. (2022): PEF Methode. Hg. v. JRC. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:75e0de0f-5e6d-11ec-9c6c-01aa75ed71a1.0011.02/DOC_2&format=PDF, zuletzt geprüft am 15.07.2022.

Anhang VI. Risikoprofile und Vorkommen von Wirkstoffen

Dr. Jakob Wolfram, Universität Landau

Zu Mospilan (Acetamiprid) im Gemüseanbau

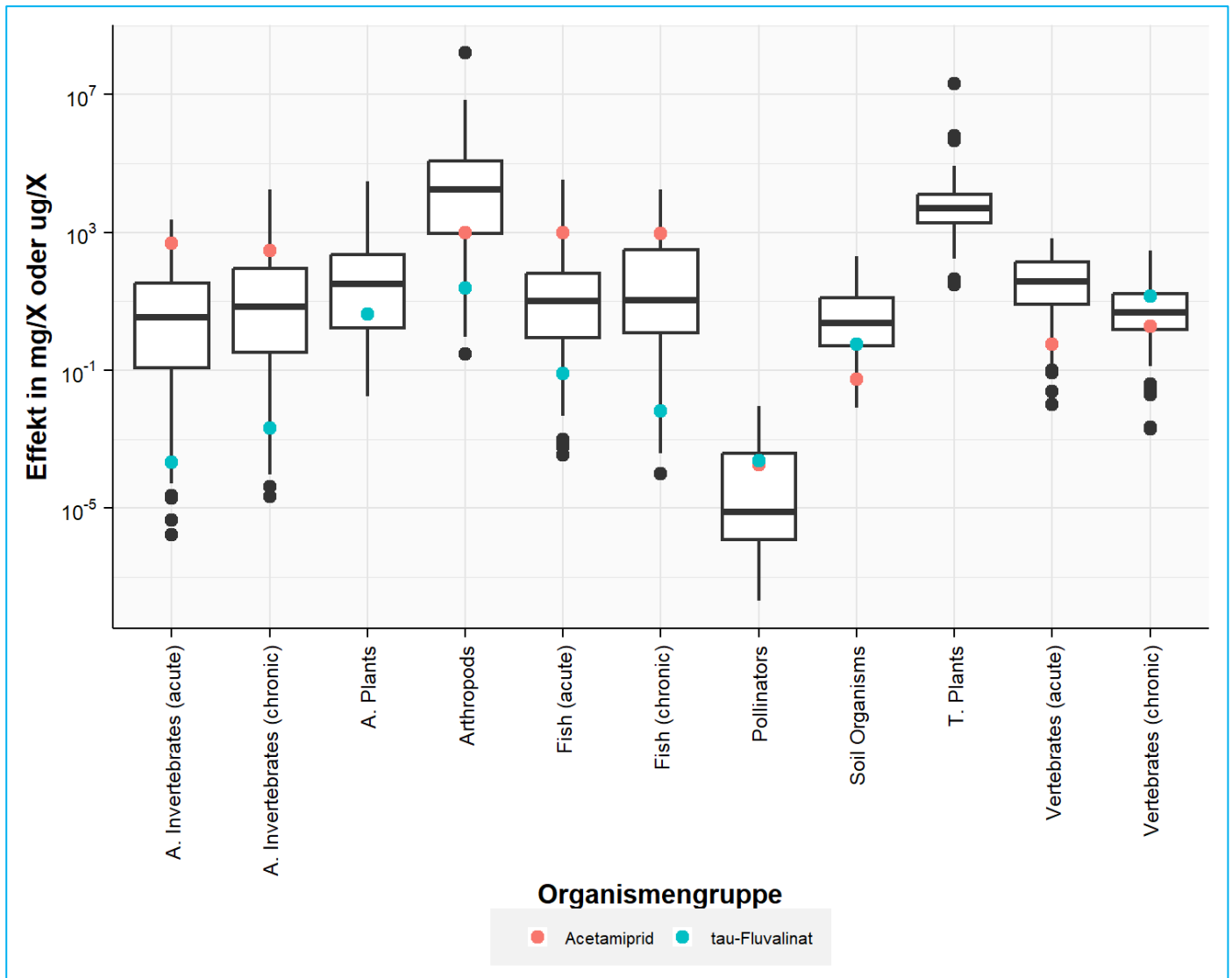
1 Monitoring / RAKs / Risikoprofile

Der Wirkstoff Acetamiprid wurde eher selten in Gewässern in Sachsen (24 Nachweise in 5.651 Messungen) und Baden-Württemberg (BaWü, 18 Nachweise, 1.100 Messungen) gefunden. Die dort gefundenen Konzentrationen waren für aquatische Organismen (Invertebraten, Fische, Pflanzen) sehr wahrscheinlich nicht schädlich. Die aus den RAKs gebildeten Risikoquotienten bewegen sich im Mittel 5 Größenordnungen unterhalb des kritischen Grenzwertes. Dabei ist anzumerken, dass gerade in BaWü vor allem große Gewässer (Rhein, Neckar, etc.) beprobt werden und dort keine besonders hohen (oder überhaupt) Konzentrationen zu erwarten wären.

Daher wurden auch noch die Daten aus der 2022 Freilandkampagne untersucht. Hier wird Acetamiprid in 58 von 73 Messungen gefunden, d.h. in allen Zuflüssen des WSG Hausen und an vielen Stellen entlang der Queich (vor allem ab dem Übergang aus dem Biosphärenreservat in den Wein- und Gemüseanbau). D.h. gerade in kleinen bis mittelgroßen Gewässern, die durch diverse Feldkulturen geprägt sind (bspw. Obst und Gemüseanbau) kann Acetamiprid sehr häufig gefunden werden. Für aquatische Organismen stellte sich das Risiko in diesen Gewässern als etwas höher dar, jedoch immer noch in Größenordnungen, die vermutlich keine signifikanten Effekte auf die Organismen haben (RQs ungefähr 4-5 Größenordnungen unter dem kritischen Grenzwert).

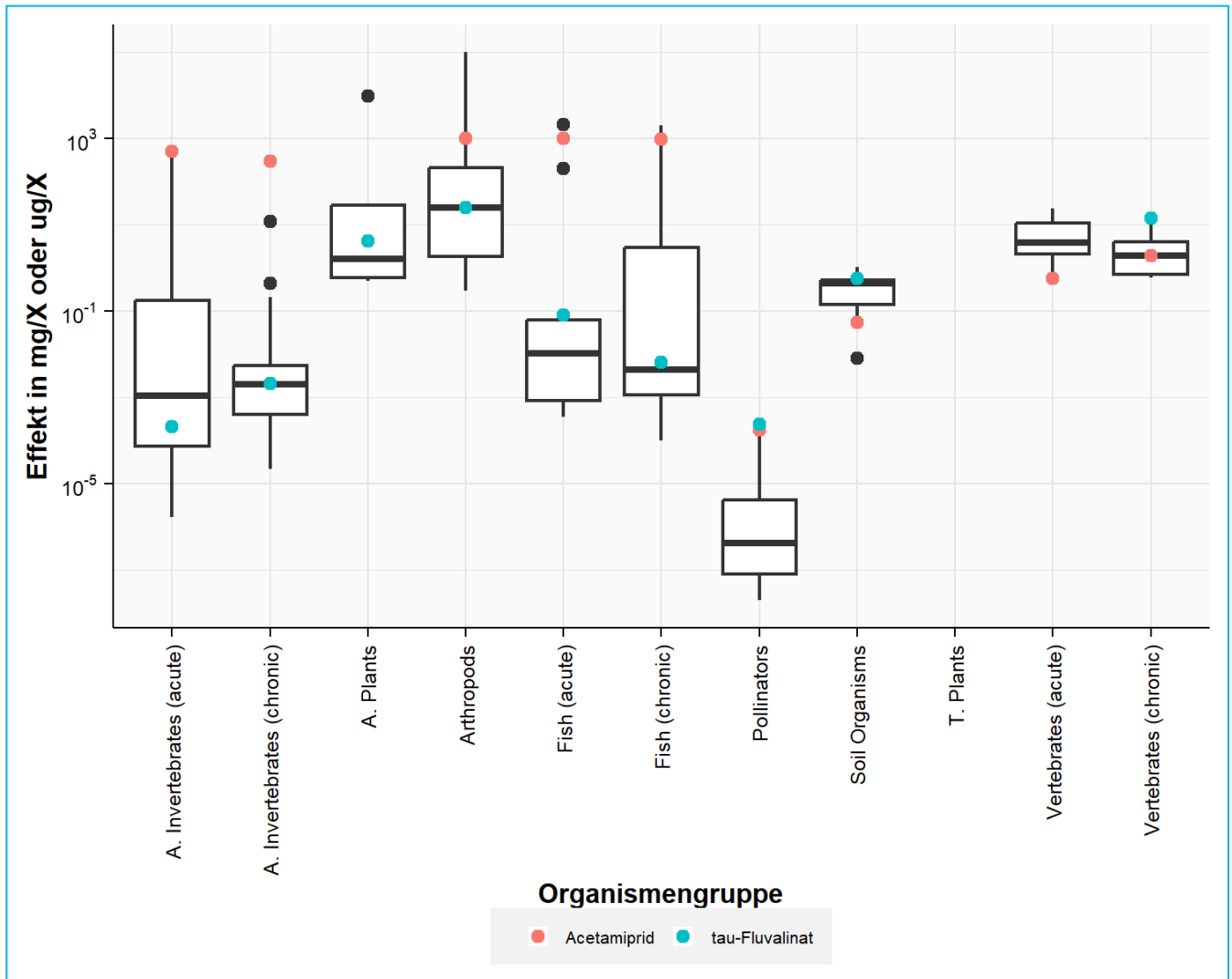
Insgesamt machen diese Ergebnisse aber auch Sinn, denn betrachtet man die Toxizität von Acetamiprid gegenüber aquatischen Organismen, dann sieht man, dass es ein vergleichsweise untoxisches Pestizid/Insektizid ist. Je höher ein Punkt in der Verteilung orientiert ist, desto geringer ist seine Toxizität im Vergleich. Gegenüber terrestrischen Organismen stellt sich dieses Bild aber anders dar. Dazu mehr weiter unten.

Abbildung 28: Übersicht der Grenzwerte (RAKs) von Acetamiprid und tau-Fluvalinat im Vergleich zu allen den von uns bewerteten Pestiziden.



Quelle 30: Eigene Zusammenstellung von Dr. Jakob Wolfram, Universität Landau (2024)

Abbildung 29: Übersicht der Grenzwerte (RAKs) von Acetamiprid und tau-Fluvalinat im Vergleich zu allen den von uns bewerteten Neonikotinoiden bzw. Pyrethroiden.



Quelle 31: Eigene Zusammenstellung von Dr. Jakob Wolfram, Universität Landau (2024)

Zu Mavrik Vita (tau-Fluvalinat) im Gemüseanbau:

1 Monitoring / RAKs / Risikoprofile

Zu tau-Fluvalinat gibt es leider keine Messungen in Sachsen, BaWü oder bei FR/LD.

Die Substanz ist sehr schwer analytisch nachzuweisen (in der Wasserphase) und wird daher auch nicht in den Protokollen aufgenommen. Die Substanz ist aber äußerst toxisch für aquatischen Invertebraten bereits im niedrigen Nanogrammbereich, bspw. RAK 0.21 ng/L (akut) bei aquatischen Invertebraten (siehe auch Abbildung 28).

Momentan startet eine zweite Feldkampagne entlang der Queich, dabei werden neben der Wasserphase auch andere Kompartimente beprobt (stationäres Sediment, suspendiertes Sediment,

Biofilm) und passive Sampler werden ausgebracht. Herfür werden auch gerade am Campus Landau die analytischen Methoden etabliert und validiert (Dr. A. Roodt). Gegen Ende des Jahres könnten daher Daten zum Vorkommen von tau-fluvalinat in der Arbeitsgruppe zur Verfügung stehen und somit eine Abschätzung zum Umweltrisiko getroffen werden.

Tau-Fluvalinat könnte aufgrund seiner sehr hohen Toxizität wiederholt in ökologisch relevanten Konzentrationen vorkommen, aber es scheint momentan „unter dem Radar“ zu fliegen. Dazu ist auch bereits eine weitere Publikation im Entstehen, wobei Genaueres erst am Ende der Fertigstellungsphase gesagt werden kann.

Tau-fluvalinat und Acetamiprid weisen aber klar unterschiedliche Toxizitätsprofile auf (vgl. Abbildung 28), folglich können die von der Universität Hohenheim angestrebten Reduktionsziele zu diversen Risikominderungen führen.

Zum resistenten Hopfen

Die durch den resistenten Hopfen reduzierten Pestizide finden sich momentan nicht in Monitoringprogrammen wieder. Die analytischen Spektren werden häufig dahingehend optimiert, was in vielen Vorprogrammen gefunden wurde. Somit fallen leider häufig Substanzen, die primär in Sonderkulturen (bspw. Hopfen) angewandt werden, durch das Raster. Daher kann momentan keine Aussage über deren Vorkommen in aquatischen Ökosystemen getroffen werden, was jedoch nicht bedeutet, dass diese nicht in den Ökosystemen zu finden sind.

Vorkommen Schutzgebiete

Acetamiprid wurde in der Lieske (Sachsen) nachgewiesen und befindet sich somit in einem Biosphärenreservat. Das wiederholte Vorkommen von Acetamiprid bei Freiburg und Landau zeigt jedoch, dass die Substanzen sowohl in Trinkwasserschutzgebieten und FFH/Natura2000-Gebieten gefunden werden kann, wenn man in kleineren Gewässern probt, die Anteile an Obst- und Gemüseanbau vorweisen.

Total Applied Toxicity

Momentan liegen uns kulturspezifische Anwendungsdaten für BaWü, Sachsen und RLP vor. Diese hatte ich genutzt, um einen ersten Einblick in die Reduktionspotentiale der TAT durch die Projektansätze abzuleiten.

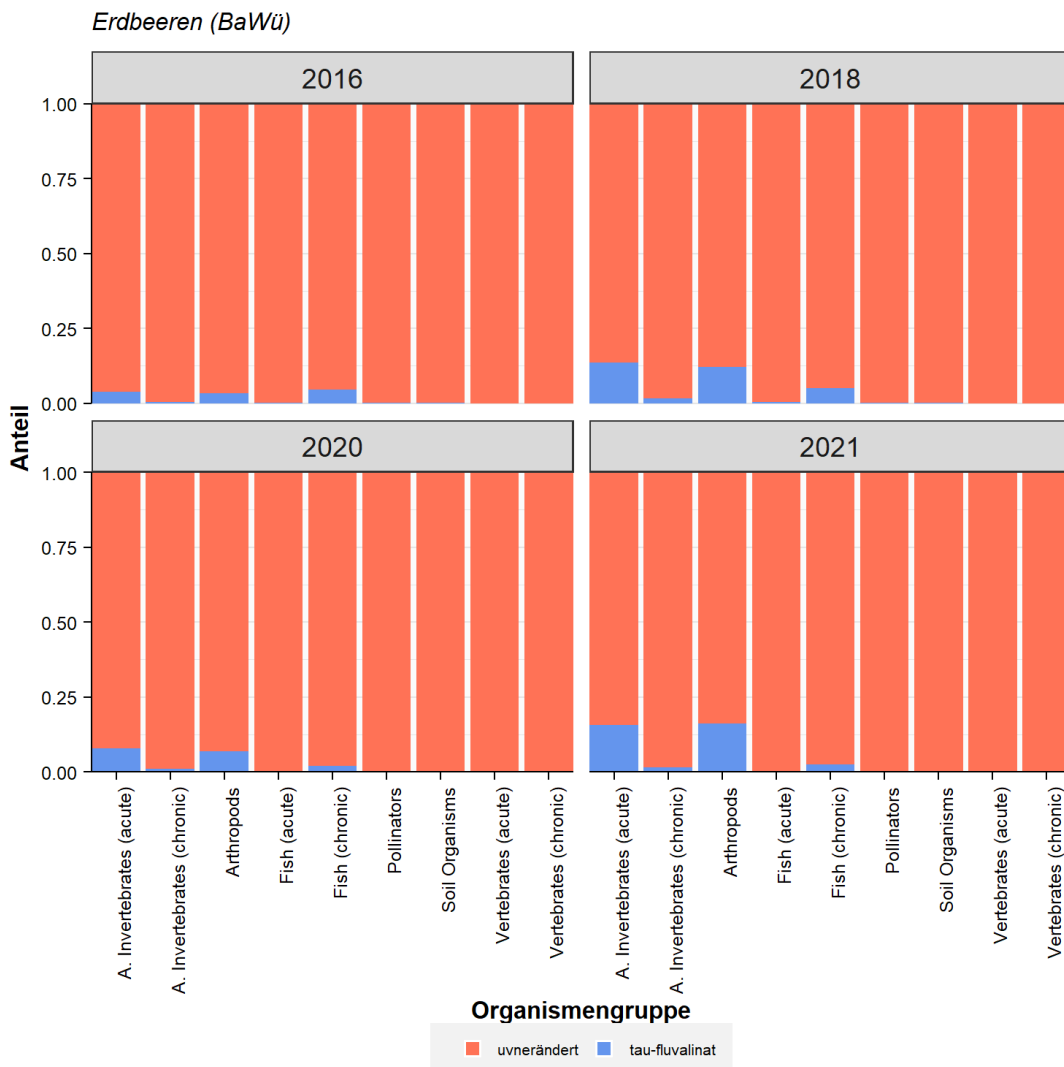
Bei tau-fluvalinat im Obstbau haben wir Daten für Erdbeeren im Jahre 2016, 2018, 2020 und 2021. Dort entfällt ein beachtlicher Anteil der TAT auf tau-fluvalinat. Wäre es möglich den Einsatz von tau-Fluvalinat, bspw. durch Mavrik Vita, komplett obsolet zu machen, dann könnten sich folgende Reduktionsszenarien in Erdbeerkulturen erreichen lassen.

- Aquatische Invertebraten (3.8 – 15.7%)
- Terrestrische Arthropoden (3.3 – 16.0%)
- Fische (chronisch) (1.8 – 5.1%)

Besonders interessant ist, dass diese Reduktionen auf zwei äußerst wichtige Organismengruppen entfallen. Aquatische Invertebraten und terrestrische Arthropoden. Beide sind funktionell äußerst wichtige Organismengruppen und auch trophisch zentral Verbindungen in aquatischen und terrest-

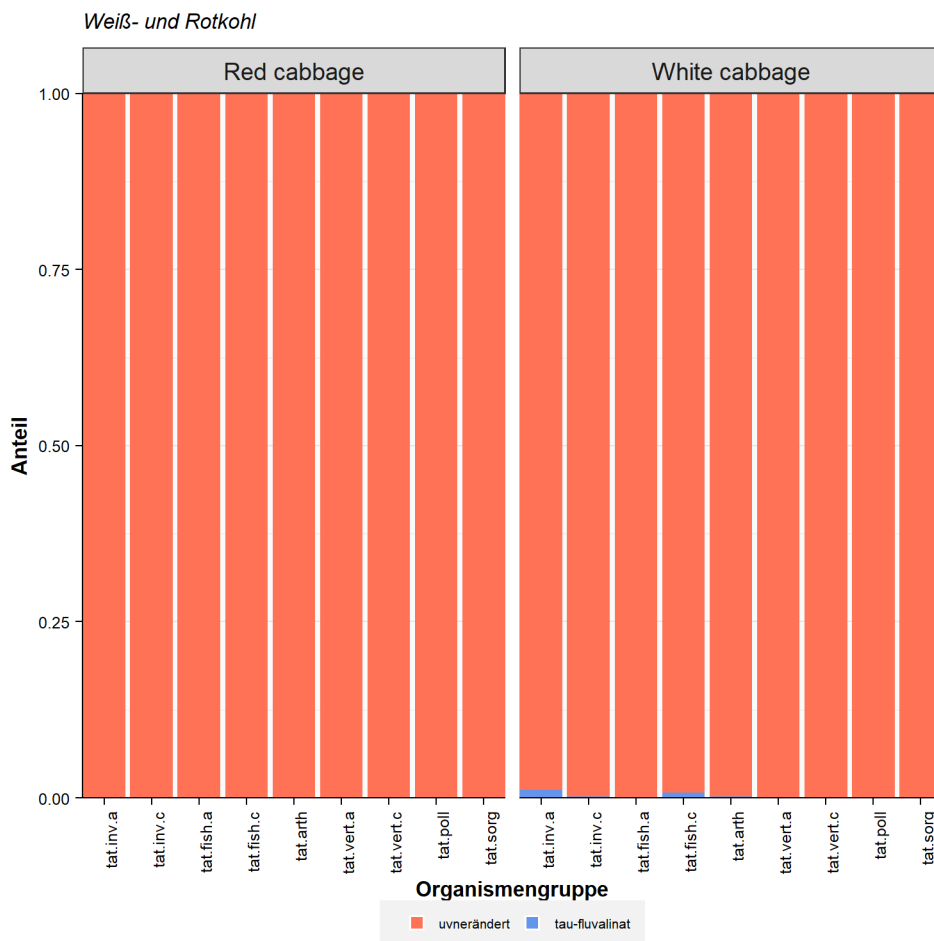
rischen Ökosystemen. Am Beispiel der Erdbeerkultur sieht man also sehr ermutigende Ergebnisse für das Projekt.

Abbildung 30: Anteil von tau-fluvalinat an verschiedenen TATs in Erdbeerkulturen in BaWü zwischen 2016 und 2021



Quelle 32: Eigene Zusammenstellung von Dr. Jakob Wolfram, Universität Landau (2024)

Uns liegen für 2021 auch noch weitere Daten zu Rot- und Weißkohl vor. Dort ist der Effekt weitaus geringer und lediglich die TAT für aqu. Inv. und Fische (chronisch) zeigt hier leicht Effekte. Das sollte aber nicht entmutigend sein, denn es ist absolut klar, dass die Maßnahmen nicht in jeder Kultur einen substantiellen Effekt erzielen können. Falls jedoch durch das Projekt Reduktionen von bspw. β -Cyfluthrin, Dimethoat, Difenconazol oder Pendimethalin erreicht werden könnten, dann wäre es möglich manche TATs sehr stark zu reduzieren. Dies auch unten im „Ausblick“ angesprochen; Das Weißkohlbeispiel sollte aber auch klar verdeutlichen, dass es keine Lösungen geben wird, die gleichermaßen alle Probleme des Pestizideinsatzes zu lösen wissen.

Abbildung 31: TAT für Rot- und Weißkohl (2021).

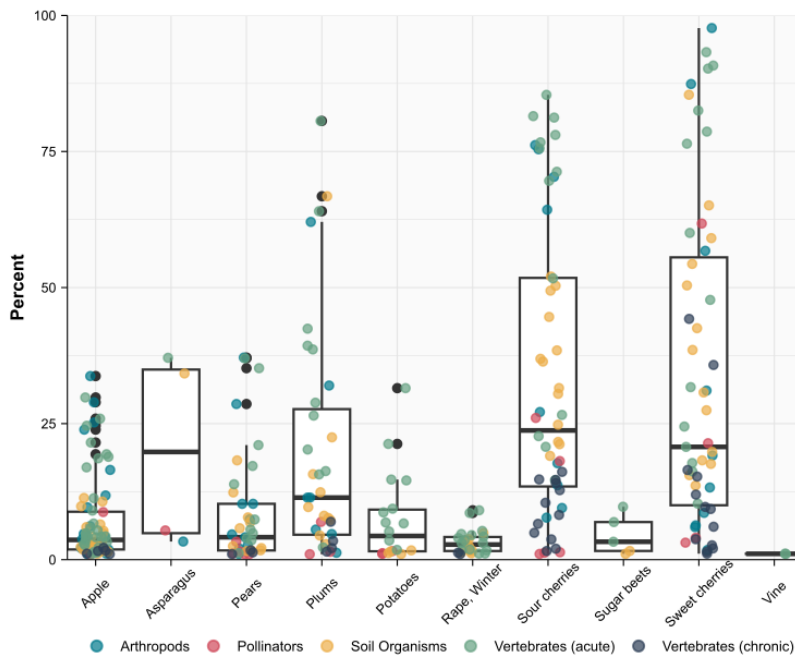
Quelle 33: Eigene Zusammenstellung von Dr. Jakob Wolfram, Universität Landau (2024)

1 Acetamiprid

Bzgl. der Reduktionsmöglichkeiten durch verminderte Acetamipridanwendungen (bspw. Mospilan) wird weitaus komplizierter. Acetamiprid als auch Mospilan SG haben hunderte verschiedene Zulassungen. Da, wie oben erwähnt Acetamiprid nur wenig toxisch gegenüber aqu. Organismen ist, beziehen sich die folgenden Auswertungen auf terr. Organismen.

In der folgenden Grafik sind die TAT-Reduktionen für Arthropoden, Bestäuber, Bodenorganismen, Vertebraten (akut und chronisch) aufgeführt, basierend auf Daten aus BaWü und RLP in unterschiedlichen Kulturen.

Abbildung 32: Reduktionspotentiale durch das Wegfallen von Acetamiprid (bspw. Mospilan) in verschiedenen Kulturen und Organismengruppen zwischen 2000 und 2021.



Quelle 34: Eigene Zusammenstellung von Dr. Jakob Wolfram, Universität Landau (2024)

In der Abbildung sieht man, dass die Reduktion von Acetamiprid gerade im Kirschanbau starke Effekte verursachen könnte. Dabei ist momentan aber unklar, ob die Nützlingsrollwiesen hier ihr Einsatzgebiet hätten, denn mehrjährige Kulturen wie Obsthaine können anderweitig gemanagt werden und sind vermutlich nicht auf die Mobilität der Nützlingsrollwiesen angewiesen. Im Wein-, Spargel-, Kartoffel- und Zuckerrübenanbau könnten aber auch starke Reduktionen erreicht werden, wo die Nützlingsrollwiesen eher ihren Einsatz finden würden. Insgesamt also auch hier ermutigend zu sehen, welche Potentiale den Projekten zugrunde liegen.

Resistenter Hopfen

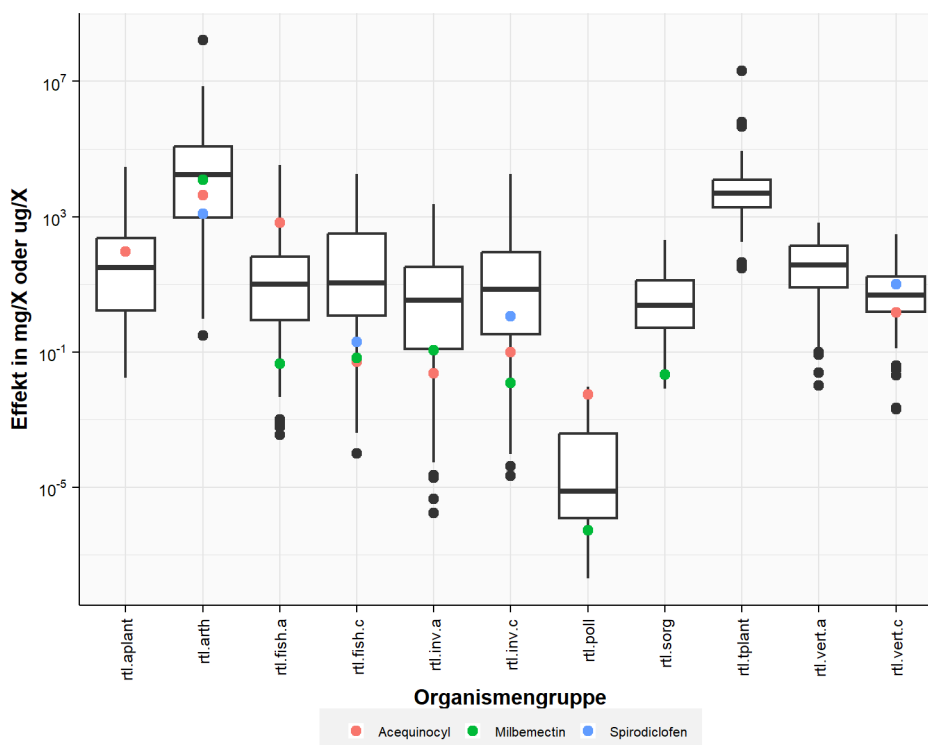
Sowohl für Sachsen und BaWü/RLP besitzen wir Anwendungsdaten für Hopfen, jedoch werden die oben genannten Wirkstoffe nicht explizit aufgeführt. Vermutlich verbergen sich die Wirkstoffe in aggregierten Gruppen, bspw. könnte Spirodiclofen in der Gruppe „other tetramic acid insecticides“ enthalten sein. Das ist aber noch nicht restlos geklärt, ob diese Anwendungsdaten 1:1 den Wirkstoffen zugeordnet werden können. Manche Pestizide sind in Gruppen aggregiert und daher als unspezifisch klassifiziert (rot). Ob eine 1:1 Zuordnung möglich ist, muss noch geklärt werden.

Abbildung 33: Auszug aus Pestizidanwendungsdaten für Hopfen in Sachsen.

6: 2019 Sachsen Bezirke Chemnitz Hop	Hop	Fungicides	Fluazifop-P	Aryloxy phenoxy propionate herbicides	1.292640e-02	NA
7: 2019 Sachsen Bezirke Dresden Hop	Hop	Herbicides	Flumioxazin	Dicarboxamide herbicides	1.695480e-02	NA
8: 2019 Sachsen Bezirke Chemnitz Hop	Hop	Fungicides	Fosetyl	organophosphorus fungicides	1.408394e-01	NA
9: 2019 Sachsen Bezirke Dresden Hop	Hop	Fungicides	Fosetyl	organophosphorus fungicides	8.302483e-01	NA
10: 2019 Sachsen Bezirke Chemnitz Hop	Hop	Acaricides	Hexythiazox	Specific acaricides	1.615148e-02	NA
11: 2019 Sachsen Bezirke Chemnitz Hop	Hop	Insecticides	Lambda-cyhalothrin	Pyrethroid insecticides	1.700156e-03	NA
12: 2019 Sachsen Bezirke Dresden Hop	Hop	Fungicides	Myclobutanil	Conazole fungicides	7.526023e-02	NA
13: 2019 Sachsen Bezirke Dresden Hop	Hop	Fungicides	other Amide fungicides	Amide fungicides	4.307061e-02	TRUE
14: 2019 Sachsen Bezirke Chemnitz Hop	Hop	Fungicides	other Aryl phenyl ketone fungicides	Aryl phenyl ketone fungicides	1.496137e-01	TRUE
15: 2019 Sachsen Bezirke Dresden Hop	Hop	Fungicides	other Aryl phenyl ketone fungicides	Aryl phenyl ketone fungicides	8.976822e-02	TRUE
16: 2019 Sachsen Bezirke Dresden Hop	Hop	Insecticides	other pyridinecarboxamide	pyridinecarboxamide	9.690887e-02	TRUE
17: 2019 Sachsen Bezirke Chemnitz Hop	Hop	Acaricides	other Quinone acaricides	Quinone acaricides	5.100467e-02	TRUE
18: 2019 Sachsen Bezirke Chemnitz Hop	Hop	Insecticides	other Specific acaricides	Specific acaricides	9.792897e-02	TRUE
19: 2019 Sachsen Bezirke Chemnitz Hop	Hop	Insecticides	other Tetramic acid insecticides	Tetramic acid insecticides	2.266874e-02	TRUE
20: 2019 Sachsen Bezirke Dresden Hop	Hop	Insecticides	other Tetramic acid insecticides	Tetramic acid insecticides	3.003608e-02	TRUE
21: 2019 Sachsen Bezirke Dresden Hop	Hop	Fungicides	other Triazolopyrimidine fungicides	Triazolopyrimidine fungicides	7.888722e-02	TRUE
22: 2019 Sachsen Bezirke Dresden Hop	Hop	Fungicides	pyraclostrobin	Strobilurin fungicides	6.100612e-02	NA
23: 2019 Sachsen Bezirke Chemnitz Hop	Hop	Herbicides	pyraflufen-ethyl	Pyrazole herbicides	9.771645e-05	NA
24: 2019 Sachsen Bezirke Chemnitz Hop	Hop	Fungicides	quinoxifen	quinoline fungicides	4.533749e-02	NA
25: 2019 Sachsen Bezirke Chemnitz Hop	Hop	Fungicides	quinoxifen	quinoline fungicides	3.578878e-02	NA

Quelle 35: Eigene Zusammenstellung von Dr. Jakob Wolfram, Universität Landau (2024)

Eine erste qualitative Auswertung der RAKs, der im Hopfen genutzten Insektizide / Akarizide zeigt jedoch, dass die Substanzen insgesamt äußerst toxisch sind. Im Zuge dessen habe ich außerdem alle Zulassungen von Insektiziden im Hopfen betrachtet (<https://apps2.bvl.bund.de/psm/jsp/index.jsp>). Dabei wird klar, dass Acequinocyl, Hexythiazox, Maltodextrin, Milbemectin und Spirodiclofen den Großteil der zugelassenen Insektizide ausmacht und nur wenige andere Substanzen mit nennenswerter Toxizität (bspw. lambda-cyfluthrin) noch eine Zulassung im Hopfen haben. Folglich, kann davon ausgegangen werden, dass sich die TAT für den Großteil der tierischen Organismen stark reduziert, sollte es der resistente Hopfen ermöglichen die Anwendung der oben genannten Pestizide zu ersetzen. Ggf. kann dieser Effekt noch quantifiziert werden, wenn eine robuste Zuordnung der Substanzen in die aggregierten Gruppen möglich wird (s.o.).

Abbildung 34: Verteilung der Toxizität von 3 im Hopfen häufig angewendeten Insektizide / Akarizide zur Bekämpfung von Milbenbefall.

Quelle 36: Eigene Zusammenstellung von Dr. Jakob Wolfram, Universität Landau (2024)

Biodiversitätsverluste

Dazu sind momentan keine verlässlichen Aussagen möglich, da die Thematik zu kompliziert ist (und die Ökotox seit Jahrzehnten beschäftigt). Eine Abschätzung, die wir aber ggf. treffen könnten – wohlwissend das dies nicht im gleichen Maße zu einer Reduktion der Biodiversität führen muss – wäre ein Vergleich von RAKs für terr. Arthropoden und terr. Pflanzen mit den gängigen Anwendungsmengen pro Hektar. Damit wäre es möglich abzuschätzen, ob Effekte im Feld oder im Feldrand wahrscheinlich sind. Dies wäre zumindest eine erste Näherung für landwirtschaftliche Gebiete in Deutschland. Dazu bräuchte es aber genaue und gut strukturierte Daten zu allen Anwendungen in Deutschland, welche wir beim BVL nun angefragt haben. Daher ist der Ausgang hier noch ungewiss.

Ausblick

Bei den vorgeschlagenen Maßnahmen der Projektpartner wäre es vermutlich außerdem möglich den Einsatz anderer Pestizide zu reduzieren. Dies gebe ich auch als Ausblick/Diskussionsanregung in meinem Vortrag mit. Hier würde ich mich gerne beim Abendessen mit den Projekten zusammensetzen und über andere Substanzen sprechen, die einen großen Einfluss auf die TAT in speziellen Kulturen hat.

Anhang VII. REACH Radar und die ECHA Datenbank zu registrierten Chemikalien

Von Frau Miriam Runne wurden im Rahmen des Projektes „Vergrämungsmittel auf Tonmineralkbasis“ verschiedene Duftstoffe miteinander verglichen. Hierfür wurden das Hilfsmittel REACH Radar und Daten aus der Chemikalien-Datenbank der ECHA genutzt. Die Ergebnisse werden in den folgenden zwei Abbildungen gezeigt.

Die Analyse mit Hilfe des REACH Radars hat gezeigt, dass keiner der Duftstoffe auf einer der hier vertretenen Listen problematischer Stoffe aufgeführt wird.

Abbildung 35: Duftstoff-Analyse mit REACH Radar

4	00000									6	1
5	Ersatz wichtig!									Beobachten!	
6	Name	CAS-Nr	Kandidatenliste	Anhang XIV	SIN	Gruppen	KMR	Beschränkungen	TEDX	PACT	CORAP
7	cis-3-hexen-1ol	928-96-1								x	
8	Hexanal	66-25-1							x	x	
9	Benzaldehyd	100-52-7							x	x	x
10	R-(+)-Limonen	5989-27-5								x	
11	Alpha Pinen	80-56-8								x	
12	Camphen	79-92-5								x	
13	Camphor	464-49-3									
14	trans 2-Hexanal	6728-26-3									

Quelle Miriam Runne, eigene Darstellung, 202

Die ECHA Datenbank liefert als zusätzliche Informationen die Gefahrenhinweise (H-Sätze) der verglichenen Duftstoffe.

Abbildung 36: Duftstoff-Analyse mit Hilfe der ECHA Info Cards

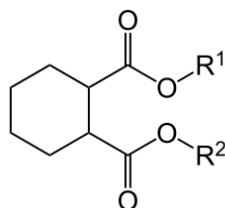
Verhältnis	Stoff	CAS-Nr.	EC No						
Mix A									
1,6	cis-3-hexen-1ol	928-96-1	213-192-8		PACT		H226; H319	brennbar, augenreizung	ok
1	Hexanal	66-25-1	200-624-5	TEDX	PACT		H226; H319, H315;H317	brennbar, dampf, augen und hautreizung	ok
1,2	Benzaldehyd	100-52-7	202-860-4	TEDX	PACT	CORAP	H302, H332,H319, H336,	schädlich beim schlucken, aquatisch toxisch, r	x
0,8	R-(+)-Limonen	5989-27-5	227-813-5		PACT		H226,H315,H400,H317, H	sehr aquatotoxisch, brennbar, dampf, Hautreiz	x
Mix 7									
1	Hexanal	66-25-1	200-624-5	TEDX	PACT		H226; H319, H315;H317	brennbar, dampf, augen und hautreizung	ok
2	cis-3-hexen-1ol	928-96-1	213-192-8		PACT		H226; H319	brennbar, augenreizung	ok
1	R-(+)-Limonen	5989-27-5	227-813-5		PACT		H226,H315,H400,H317, H	sehr aquatotoxisch, brennbar, dampf, Hautreiz	x
Mix 1									
3	alpha-Pinen	80-56-8			PACT		H226, H315, H304, H410,	könnte tödlich beim verschlucken und eintre	x
1	Limonen								x (s.o)
1	Camphen	79-92-5	201-234-8		PACT		H410, H319, H400, H304,	aquatisch toxisch, brennbar, augenreizung	x

Quelle 37: Miriam Runne, eigene Darstellung, 2024

Anhang VIII. Die Chemikalien-Bewertungshilfe ChemSelect

Der jetzt folgende Text ist eine Kurzbeschreibung des Instruments ChemSelect. Es ist eine im Internet frei verfügbare Anwendung zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Chemikalien.

Bessere und nachhaltigere Chemikalien: Wie findet man sie?



ChemSelect: Nachhaltigkeitsbewertung von Stoffen und Gemischen

Die Online-Anwendung „ChemSelect“ ermöglicht eine schnelle und einfache erste Nachhaltigkeitsbewertung von Stoffen und Gemischen. Sie können ein Nachhaltigkeitsprofil Ihrer Chemikalien erstellen oder bis zu fünf Stoffe oder Gemische vergleichen und herausfinden, welche nachhaltiger sind. ChemSelect wurde vom Umweltbundesamt entwickelt und ist frei verfügbar. Die Anwendung ist eine Weiterentwicklung des „Leitfadens für nachhaltige Chemikalien“, der nach wie vor eine gute Einführung in das Thema bietet:

-> <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/leitfaden-nachhaltige-chemikalien>

Warum sollte ich nach nachhaltigeren Chemikalien suchen?

Abbildung 37: ChemSelect

ChemSelect
Export Anmelden

ChemSelect Auswahl nachhaltiger Chemikalien für Prozesse und Produkte

Was kann ChemSelect?

Bewertung: Wie nachhaltig sind die Chemikalien, die wir einsetzen?

Substitution: Welche Alternativen sind am nachhaltigsten, wenn wir bestimmte Substanzen in Gemischen nicht mehr einsetzen wollen?

Kommunikation: Wir wollen unsere Kunden über die Nachhaltigkeit von Produktalternativen informieren!

Für diese und weitere Fragestellungen kann ChemSelect schnell und einfach Antworten geben - Erstellen Sie in wenigen Schritten Nachhaltigkeitsprofile oder Nachhaltigkeitsvergleiche Ihrer Chemikalien.

Wenn Sie mehr über ChemSelect erfahren wollen, besuchen Sie auch die [ChemSelect-Internetseite](#) des UBA!

Quelle 38: Umweltbundesamt 2025

- Chemikalien können unterschiedliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt haben. Sie können den ökologischen Fußabdruck Ihres Unternehmens verringern, indem Sie nachhaltigere Chemikalien verwenden.
- Die Wahl der richtigen Chemikalien kann zum Schutz von Arbeitnehmern, Verbrauchern und der Umwelt beitragen. Hierdurch werden auch Risiken für Unternehmen verringert.
- Die Verwendung nachhaltiger Chemikalien kann die Kosten für Risikomanagementmaßnahmen senken.
- Nachhaltige Chemikalien werden wahrscheinlich auch in Zukunft nicht gesetzlich eingeschränkt. Sie werden deshalb langfristig verfügbar sein.

Warum sollte ich ChemSelect verwenden?

- ChemSelect hebt Chemikalien mit problematischen Eigenschaften (z. B. krebserregend oder umweltschädlich) deutlich hervor.
- Es hilft Ihnen, Stoffe und Gemische zu identifizieren, die sicherer und nachhaltiger sind.
- ChemSelect strukturiert die Bewertung und macht das komplexe Feld der Nachhaltigkeit einfach und überschaubar.
- Sie müssen nur grundlegende Informationen über Ihre Chemikalien eingeben (z. B. Gefahrenhinweise), die mit vertretbarem Aufwand zugänglich sein sollten. ChemSelect weist auf einige wertvolle Informationsquellen hin, die Sie unterstützen.

Was sind die besonderen Merkmale von ChemSelect?

- Sie können mit ChemSelect nicht nur Stoffe, sondern auch Gemische bewerten.
- Einige Bewertungen erfolgen automatisch auf der Grundlage der CAS-Nummer oder der inhärenten Eigenschaften der Stoffe. Zu diesem Zweck sind mehrere Listen enthalten, wie z. B. die EU-Liste der Stoffe mit einer harmonisierten Einstufung oder die behördlichen Listen der Stoffe mit den problematischsten Eigenschaften.
- ChemSelect deckt viele wichtige Themen ab: von der Humantoxizität und dem Treibhauspotenzial einzelner Stoffe bis hin zur Verantwortung der Lieferkette für die Lieferanten.
- ChemSelect ist auf andere Nachhaltigkeitsprogramme abgestimmt, wie z. B. den EU-Rahmen „Safe and Sustainable by Design“. Gleichzeitig ist es benutzerfreundlich und kann auch von kleinen und mittleren Unternehmen angewendet werden.
- Die Ergebnisse werden in einem leicht verständlichen Ampelsystem dargestellt.
- ChemSelect wird bis zum Herbst 2025 in mehr als 10 Sprachen verfügbar sein.

Wer profitiert am meisten von ChemSelect?

ChemSelect ist für kleine und mittelständische Unternehmen konzipiert, die

- Gemische herstellen, wie z. B. Farbenhersteller
- Chemikalien bei der Herstellung von Endprodukten wie Spielzeug, Kleidung usw. verwenden
- Dienstleistungen anbieten, die den Einsatz von Chemikalien erfordern, wie z. B. chemische Reinigungen.

- ⇒ Wenn Ihr Unternehmen zu einer dieser Gruppen gehört, kann für Sie ChemSelect eine wichtige Unterstützung für Ihr Chemikalienmanagement sein.

Hier können Sie starten: <https://chemselect.uba.de/>

Hier finden Sie mehr Informationen und unterstützendes Material:
https://www.umweltbundesamt.de/de_chemselect

Kontakte:

Christopher Blum, German Environment Agency, christopher.blum@uba.de

Antonia Reihlen, Ökopol GmbH, reihlen@okopol.de

Dirk Bunke, Öko-Institut e.V., d.bunke@oeko.de