



OG Antago Senecio:

Integrierte Bekämpfung von Senecio durch Antagonisten und Produktionstechnik

Abschlussbericht

Johanna Lill, Sophie Müller, Dr. Annette Herz, Dr. Peter Ströde, Prof. Dr. Till Kleinebecker

15.10.2025



Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums: Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete.



Hessen nimmt an der Europäischen Innovationspartnerschaft (EIP) teil.



Impressum

Hauptverantwortlicher der OG

Professur für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung
Justus-Liebig-Universität Gießen
Prof. Dr. Till Kleinebecker
Heinrich-Buff-Ring 26-32
35392 Gießen
Tel.: 0641 / 99-37160
E-Mail: till.kleinebecker@umwelt.uni-giessen.de

Für die Förderung zuständige ELER-Verwaltungsbehörde:

Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt,
Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat
- Abteilung Agrarpolitik -
Referat VII 4 – GAP-Strategieplan, ELER-Fondsverwaltung, Koordination GAK, Investive
Förderprogramme
Mainzer Straße 80
65189 Wiesbaden
Internet: www.landwirtschaft.hessen.de

Bildnachweise für die Titelseite:

J. Milnikel (ob), J. Lill/JLU (li, re), B. Sezer/JLU (mi)

Inhalt

1	Vorhabenplanung	4
1.1	Erläuterung der Situation zu Vorhabenbeginn	4
1.2	Aufgabenstellung und Zielformulierung des Vorhabens	6
1.3	Arbeitsplan	7
	Arbeitspaket 1: Laufende Zusammenarbeit der OG	7
	Arbeitspaket 2: Organisation, Landtechnik, Beratung	7
	Arbeitspaket 3: Pflanzen- und Landtechnikversuche	9
	Arbeitspaket 4: Entwicklung von herbivoren Antagonisten als Verfahren zur biologischen Regulierung von Kreuzkraut-Arten (Bearbeitet durch das Julius Kühn-Institut in Dossenheim)	10
2	Verlauf des Vorhabens	11
3	Ergebnisse und Zielerreichung	14
3.1	Haupt- und Nebenergebnisse des Vorhabens	14
3.1.1	Pflanzen- und Landtechnik Versuche (AP3)	14
3.1.2	Entwicklung von herbivoren Antagonisten als Verfahren zur biologischen Regulierung von Kreuzkraut-Arten (AP4)	27
3.2	Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen	38
3.3	Erreichung der Ziele des Vorhabens	39
4	Ergebnisverwertung, Kommunikation und Verstetigung	40
4.1	Nutzen der Ergebnisse für die Praxis	40
4.2	(Geplante) Verwertung/Verbreitung und Nutzung der Ergebnisse	42
4.3	Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit	46
5	Zusammenarbeit in der Operationellen Gruppe (OG)	48
5.1	Gestaltung der Zusammenarbeit	48
5.2	Mehrwert des Formats einer OG	49
5.3	Weitere Zusammenarbeit	49
6	Verwendung der Zuwendung	50
7	Schlussfolgerungen und Ausblick	51
8	Literaturverzeichnis	53
7	Danksagung	56

Zusammenfassung / Abstract

Das Projekt Antago Senecio wurde initiiert, um Dominanzbestände und die weitere Ausbreitung von Jakobskreuzkraut im artenreichen Grünland einzudämmen. Durch gezieltes, flächenspezifisches Management gelang eine deutliche Regulierung der Bestände. Dabei spielt die Stärkung der Grasnarbe eine essenzielle Rolle, um eine weitere Ausbreitung zu verhindern. Bei den Maßnahmen sollten potenzielle Verluste der Biodiversität berücksichtigt werden. Mittels Flächenmonitoring konnten Vorkommen und Häufigkeit von Jakobskreuzkraut erfasst und somit eine Risikoabschätzung des Giftanteils in der Fläche vorgenommen werden. Besonders selektive Maßnahmen erwiesen sich als effektiv, da sie bei maximaler Schonung der Begleitvegetation gezielt das Jakobskreuzkraut reduzieren. In Bezug auf die Antagonisten konnte festgestellt werden, dass auf allen Versuchsflächen bereits verschiedene Arten an Antagonisten vorhanden waren, die gestärkt werden können. Zucht-, Labor- und Aussatzversuche des Blutbären haben die Komplexität des Einsatzes von Nützlingen widergespiegelt, aber auch positive Effekte auf die Jakobskreuzkraut-Regulation aufgezeigt. Anders sah dies beim invasiven Schmalblättrigen Kreuzkraut aus, welches nicht durch den Blutbären reguliert werden kann. Im Verlauf des Projekts konnten zahlreiche Akteure aus Landwirtschaft, Naturschutz und Wissenschaft vernetzt werden. Wir konnten Verständnis generieren, Akteure zusammenbringen und vernetzen und somit eine Brücke zwischen Landwirtschaft, Naturschutz und Wissenschaft schlagen.

The Antago Senecio project was initiated to reduce the dominance and further spread of ragwort in species-rich grassland. Targeted, site-specific management has resulted in a significant reduction in ragwort populations. Strengthening the sward density plays an essential role in preventing further spread. However, potential losses of biodiversity should be considered when implementing measures. Field-wide monitoring was used to record the occurrence and frequency of ragwort, enabling a risk assessment of the toxic content in affected grasslands. Selective measures turned out to be particularly effective, as they specifically reduce ragwort while minimising damage to accompanying vegetation. Regarding the antagonists, we found different species of antagonists at all sites under study, which could be supported in the future. Rearing, laboratory and field trials with the cinnabar moth showed the complexity of working with natural enemies, but also positive effects on the regulation potential of tansy ragwort. However, no such potential could be found for the invasive narrow-leaved ragwort. Over the course of the project, numerous stakeholders from agriculture, nature conservation and science were brought together. We were able to generate understanding, bring stakeholders together and network, thus building a bridge between agriculture, nature conservation and science.

1 Vorhabenplanung

1.1 Erläuterung der Situation zu Vorhabenbeginn

Dauergrünland ist ein prägendes Element in der Agrarlandschaft Deutschlands und Hessens. Es nimmt in der EU mehr als 30% der landwirtschaftlichen Nutzfläche ein (Huyghe et al. 2014). Es handelt sich um ein Ökosystem, das der Gesellschaft vielfältige Güter und Leistungen bereitstellt (Bengtsson et al. 2019, Daily 1991). Zum einen wird Biomasse für Futtermittel und Energie zur Verfügung gestellt, schwerpunktmäßig als Grundfutterquelle für die landwirtschaftliche Wiederkäuer- und Pferdehaltung. Artenreiches Grünland ist im Vergleich zu anderen Systemen besonders resilient im Hinblick auf den Klimawandel und ein einzigartiger Lebensraum für zahlreiche Tier- und Pflanzenarten (Abb. 1). Unter den landwirtschaftlichen Nutzflächen weist es die höchste Biodiversität auf. Damit die vielfältigen Funktionen von Grünland-Ökosystemen aufrechterhalten werden können, ist eine standortangepasste und regelmäßig durchgeführte Bewirtschaftung unerlässlich (Poschlod 2015, Squires 2018, Leuschner und Ellenberg 2017).

Insbesondere im extensiv bewirtschafteten Grünland ist in den letzten Jahrzehnten eine massive Ausbreitung von Kreuzkräutern (*Senecio*) zu beobachten (Bosshard et al. 2003, Huckauf et al. 2017). Während *Jacobaea vulgaris* Gaertn. syn *Senecio jacobaea* (Jakobskreuzkraut) als Giftpflanze im Grünland bekannt ist, tritt die gebietsfremde invasive Art *Senecio inaequidens* bisher vor allem an Verkehrswegen in Erscheinung. Eine Ausbreitung in das Wirtschaftsgrünland ist fallweise zu beobachten. *Senecio erucifolia* tritt eher vereinzelt auf, bei *Senecio aquaticus*, einer eher seltenen Art, ist eine Ausbreitung im Feuchtgrünland zu verzeichnen.



Abbildung 1: Artenreiches Grünland mit Wiesenbrütern in der Projektregion Hoher Westerwald. (Fotos A+E: J. Lill, B,C,D,F: H. Weller, Blickpunktnatur.de)

Alle Kreuzkräuter enthalten hochgiftige Pyrrolizidin-Alkaloide, die sowohl leberschädigend als auch krebserregend sind (Wiedenfeld 2011). Die Giftstoffe sind in allen Pflanzenbestandteilen enthalten, die höchsten Konzentrationen befinden sich jedoch in der Blüte. Die Giftstoffe können sowohl bei der Beweidung aufgenommen werden, ist aber seltener der Fall da die meisten Tiere in der Lage sind diese zu selektieren. Viel kritischer ist die Aufnahme über Futterkonserven, da sie bei Trocknung (Heu, Heulage) oder beim Silieren nicht abgebaut werden. Beim Silieren/Trocknen gehen Bitterstoffe verloren, die von Weidetieren normalerweise erkannt werden und sie im frischen Zustand von einer übermäßigen Futterraufnahme abhalten.

Kreuzkräuter treten häufig im extensiven Grünland auf (Suter et al. 2007), insbesondere in Flächen unter Naturschutzauflagen oder Spätmahdnutzung. Ein typisches Beispiel für extensive Grünlandwirtschaft ist die Region um Rennerod im Westerwald (Abb. 1), welche als Untersuchungsgebiet des Vorhabens gewählt wurde. Zahlreiche Nebenerwerbsbetriebe beteiligen sich an Naturschutzprogrammen (Wiesenbrüterprojekt) und generieren ihr Einkommen durch die Heuproduktion und Vermarktung. Aufgrund verschiedener Einflussfaktoren (u.a. Klimawandel, Landnutzungswandel, Unwissenheit über die Pflanze und um Verschleppung der Samen, Spätmahdprogramme) konnte sich das Jakobskreuzkraut in den letzten Jahren flächenmäßig stark ausbreiten und etablieren (Abb. 2). Die Naturschutzauflagen und die häufig ökologische Ausrichtung der landwirtschaftlichen Betriebe schließen den Herbizideinsatz aus. Händisches Ausreißen erfordert einen erheblichen Zeitaufwand, körperliche Fitness und Sorgfalt, um sicherzustellen, dass keine Pflanzen übersehen werden. Wird die Individuendichte in der Fläche zu groß, ist ein händisches Ausreißen kaum noch realisierbar. Aus diesen Gründen sind naturverträgliche und arbeitssparende Verfahren mit höherer Effektivität dringend erforderlich.



Abbildung 2: A Dominante *J. vulgaris* Bestände im Hohen Westerwald B-E Ausreißaktionen von Jakobskreuzkraut. (Fotos A: S. Müller/JKI, B-C J. Milnikel, D J. Lill/JLU, E Röder-Moldenhauer)

1.2 Aufgabenstellung und Zielformulierung des Vorhabens

Innerhalb einer Regionalstudie sollten in einem Untersuchungsgebiet mit hoher Kreuzkrautdichte einerseits der gezielte Einsatz von spezialisierten herbivoren Antagonisten geprüft, andererseits die Wirksamkeit produktionstechnischer Maßnahmen getestet werden. Dabei waren Methoden unterschiedlicher Intensität geplant. Im Rahmen von On Station Research sollte die Pflanzenentwicklung unter kontrollierten Bedingungen auf Schwachstellen für Eingriffe geprüft werden (Justus-Liebig-Universität Gießen). Unter Gewächshausbedingungen war die Anlage von Versuchsanbauten verschiedener Kreuzkrautarten geplant (vornehmlich *S. jacobaea* und *S. inaequidens*). Diese Anbauten sollten zur Klärung pflanzenspezifischer und -physiologischer Fragestellungen (Keimraten, Vermehrungspotenziale, Regenerationsfähigkeiten etc.) der Kreuzkrautarten dienen.

Die Kreuzkrautkulturen im Julius Kühn-Institut Dossenheim sollten als Futterquelle für die Züchtung und Vermehrung herbivorer Insekten mit Schwerpunkt auf den Blutbär und den Kreuzkrautflohkäfer verwendet werden. Zum einen konnte damit die Biologie der Insekten, etwa die Metamorphose analysiert werden, zum anderen ließen sich Wechselwirkungen zwischen Futterpflanze und Insekt (Raupe, Imago) unter kontrollierten Bedingungen nachvollziehen. Schließlich sollte die Züchtung und Vermehrung der Insekten der Gewinnung einer Population für die Aussetzung in einem Feldversuch im Untersuchungsgebiet dienen.

Es war geplant, dass dem Feldversuch auf 8 landwirtschaftlichen Betrieben Recherchen vorausgehen. Vorbereitend wurden im Rahmen einer Literaturstudie und Befragung in mehreren Forschungsinstitutionen die potenziellen Managementmaßnahmen zur Kreuzkrautkontrolle zusammengestellt (Bachelorarbeit F. Meyers, 2021). Auf der Basis eines geografischen Informationssystems sollte die Ausbreitung der Kreuzkräuter in der Testregion rekonstruiert und mit den dokumentierten Bewirtschaftungsprozessen verknüpft werden. Sowohl auf Befallsflächen als auch auf kreuzkrautfreien Flächen sollten Boden- und Vegetationsanalysen durchgeführt werden.

Die genannten Analysen stellten die Werkzeuge für eine gezielte Auswahl von Landtechnikversuchen auf Untersuchungsflächen dar. Die geplanten Versuche umfassten Prozessschritte aus der Düngung, Ernte (Schnitt oder Beweidung) und Grünlandpflege. Dabei sollten erstmalig zwei neue Systeme aus der ackerbaulichen Unkrautbekämpfung (Ackerfuchsschwanz/Distel im Getreideanbau; Ulber 2022) auf ihre Anwendbarkeit im Grünland überprüft werden. Die Erntesysteme Topcut Collect der Fa. Zürn und Combcut (Fa. Lyckegard/Heerema Agri-Service) sind dafür ausgelegt, die oberständigen Ähren von Unkräutern abzuernten. Diese Maschineneigenschaft wurde dazu ausgenutzt, bei Kreuzkräutern die Blüten in einem Gräserbestand zu entfernen und von der Fläche zu entnehmen. Zudem wurde eine selektive Unkrautbehandlung mit der Stromlanze Rootwave Handheld Pro und mit Lasertechnik getestet.

Die Aussetzung der Antagonisten sollte in gesonderten Feldversuchen vollzogen werden, die unberührt von landwirtschaftlicher Prozesstechnik stattfinden, um die Dynamik der Populationsentwicklung und ihre Auswirkungen auf die Kreuzkrautbestände nachvollziehen zu können.

Während der Projektlaufzeit wurde ein Maßnahmenportfolio erstellt, das die verschiedenen Themenbereiche übersichtlich darstellt (Abb. 3).



Abbildung 3: Maßnahmenportfolio im EIP-agri Projekt Antago Senecio.

1.3 Arbeitsplan

Arbeitspaket 1: Laufende Zusammenarbeit der OG

Im Rahmen der laufenden Zusammenarbeit der OG war die Planung und Organisation der Öffentlichkeitsarbeit vor Ort, insbesondere von Feldtagen und Exkursionen vorgesehen. Die Organisation der Projekttreffen erfolgte mindestens 2x jährlich, bei denen Projektthemen erörtert werden sollten. Die Bekanntgabe von Zwischenergebnissen des Projektvorhabens war geplant durch Einträge auf einer Projekthomepage, durch Artikel in Fachzeitschriften und Präsentation auf Feldtagen und wissenschaftlichen Tagungen. Ebenso war die Teilnahme an Fortbildungsveranstaltungen und Vernetzungsveranstaltungen von EIP-Netzwerktreffen auf nationaler und EU-Ebene geplant. Die Organisation des Mittelabrufs (Verwendungsnachweise) sollte durch den Projektleiter in Zusammenarbeit mit dem Sekretariat der Professur für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung sichergestellt werden.

Arbeitspaket 2: Organisation, Landtechnik, Beratung

Die Betriebe sollten zu Beginn die betrieblichen Daten zur Flächengeometrie und zur Nutzungsgeschichte als Grundlage für die Kartierung der Kreuzkräuter bereitstellen. In Zusammenarbeit sollte die Auswahl und räumliche Festlegung der Versuchsflächen, sowie die Absprache der Prozesstechnik auf den Versuchs- und Referenzflächen erfolgen. Die Betriebe sollten die landtechnischen Behandlungsvarianten dort selbst oder gemeinschaftlich durchführen. Die Wahl der Varianten orientierte sich auch an den Betriebszweigen bzw. Produktionsverfahren der Landwirte.

Horst Buchner, Andreas Reeh und Markus Theisen (Biobetrieb) betreiben viehlose Grünlandwirtschaft mit Heuproduktion, Felix Buseman leitet einen Bio-Milchviehbetrieb, Axel Göbel betreibt Mutterkuhhaltung und Heuwirtschaft, Frank Welzel, Dennis Burkhard und Jörn Milnikel kombinieren Grünlandwirtschaft (auch Heuvermarktung) mit Pferdehaltung.

Die Einbeziehung der Berater sollte die Zusammenführung des Wissens und der Erfahrungen bei der Kreuzkrautbekämpfung und die Weitergabe der Projektergebnisse an die landwirtschaftliche Praxis gewährleisten: In Rheinland-Pfalz erfolgte die Vermittlung der Ergebnisse des Vorhabens an die praktischen Landwirte auf überregionaler Ebene durch die Officialberatung der Dienstleistungszentren, insbesondere durch Christoph Brenner (DLR Westerwald-Osteifel) sowie Philipp Drusenheimer (DLR Rheinhessen-Nahe-Hunsrück). Die Erkenntnisse sollten auch eingehen in die naturschutzbezogene Beratung durch Markus Kunz (BRNL - Büro für Regionalberatung, Naturschutz und Landschaftspflege). Auf hessischer Seite war die Grünlandberaterin des LLH, Katharina Weihrauch, seitens des RP Gießen der Pflanzenschutzdienst, Dr. Dominik Dicke und das Dezernats 53.3. (Naturschutz) (Dezernatsleiter Jürgen Busse) im Projekt eingebunden. Als beratende Institutionen für die Landwirte war der für die Region zuständige Kreisbauernverband (BV Gießen/Wetzlar/Dill e.V.) mit seinem Geschäftsführer Hans-Martin Sames vertreten, ebenso die für Agrarumweltprogramme regional zuständige Abteilung Landwirtschaft und Forsten des Lahn-Dill-Kreises, vertreten durch den Leiter Oliver Lauff.

Arbeitspaket 3: Pflanzen- und Landtechnikversuche

Im Rahmen des Vorhabens wurden vier Schwerpunkte bearbeitet. 1) Monitoring und Verbreitung der Kreuzkräuter 2) Pflanzenbiologische Untersuchungen 3) Produktions- und Landtechnische Versuche 4) Lösungsansätze aus der Industrie.

Versuch	Thema	Beschreibung
1) Monitoring und Risikoabschätzung		
Monitoring	Verbreitung und Einflussfaktoren	Bestandsaufnahme in der Projektregion und Untersuchung der Einflussfaktoren
Risikoabschätzung	Pyrrrolizidin-alkaloide	Messung der PA-Konzentration von <i>J. vulgaris</i> Individuen gesamt und in vertikaler Verteilung, sowie Hochrechnung auf Basis der Biomasse des Gesamtaufwuchses
Samenpotential	Bedeutung der Samenbank	Untersuchung zu den Auswirkungen der zunehmenden Bedeckung von <i>J. vulgaris</i> auf die Bodensamenbanken
2) Pflanzenbiologische Untersuchungen		
Konkurrenzversuch	Einflussfaktoren Keimung und Entwicklung	Kann die Keimung und weitere Etablierung von <i>J. Vulgaris</i> und <i>S. Inaequidens</i> durch Düngung / Aussaatdichte/ -typ minimiert werden?
Regenerationsfähigkeit 1	Strom- und Laserbehandlung	Regenerationsfähigkeit von <i>J. vulgaris</i> nach Laser- & Strombehandlung
Regenerationsfähigkeit 2	Wurzelfragmente	Regenerationsfähigkeit von <i>J. vulgaris</i> aus abgetrennten Wurzelfragmenten verschiedener Länge
Fitness	Blühinduktion Rosetten-durchmesser	Könnte das Aufkommen von Blühpflanzen unterdrückt werden?
3) Produktions- und Landtechnische Versuche		
Test integrierter Maßnahmen 1	Düngung	Einfluss unterschiedlicher Düngestrategien auf das Vorkommen und die Entwicklung von <i>J. vulgaris</i> + Begleitvegetation
Test integrierter Maßnahmen 2	Schnitt & Grünlandmanagement	Einfluss des Schröpfschnitts auf das Vorkommen und die Entwicklung von <i>J. vulgaris</i> + Begleitvegetation
Test halbselektiver Maßnahmen	Schröpfschnitt	Einfluss von Grünlandmanagement auf das Vorkommen und die Entwicklung von <i>J. vulgaris</i> + Begleitvegetation
4) Lösungsansätze aus der Industrie		
Test selektiver Maßnahmen	Mechanisches Ausreißen, Strom, heißes Wasser	Wirksamkeit mechanischer, elektrothermischer und thermischer Maßnahmen

Arbeitspaket 4: Entwicklung von herbivoren Antagonisten als Verfahren zur biologischen Regulierung von Kreuzkraut-Arten (Bearbeitet durch das Julius Kühn-Institut in Dossenheim)

Im Rahmen des Projektes waren drei große Kernthemen für die Bearbeitung der Antagonisten mit folgenden Unterpunkten geplant: (1) Zuchtversuche zu den verschiedenen Antagonisten, (2) Annahme alternativer Kreuzkrautpflanzen (insb. *Senecio inaequidens*) und (3) die praktische Anwendung auf den Versuchsflächen. Die verschiedenen Teilversuche der Kernthemen sind in dieser Tabelle aufgeführt:

Versuch	Thema	Beschreibung
1. Zucht der Antagonisten		
Zuchtversuch 1	Sammeln verschiedener Antagonisten	Etablierung verschiedener Methoden zum Auffinden der Kreuzkraut-Antagonisten.
Zuchtversuch 2	Vermehrung der Antagonisten	Etablierung von Zuchtmethoden, die möglichst einfach reproduzierbar sind. Dies beinhaltet auch die Etablierung von Zuchtfutter, um keine Zucht von Kreuzkrautpflanzen zu benötigen.
Zuchtversuch 3	Einflussfaktoren auf den Zuchterfolg	Identifikation von Einflussfaktoren auf die Zucht, sowie mögliche Anpassungen basierend auf den Einflussfaktoren.
Zuchtversuch 4	Gesunderhaltung der Zuchttiere	Identifikation vorhandener Krankheitserreger oder Parasiten im Freiland und die Anpassung der Zucht zur Vermeidung von Krankheitsübertragungen.
2. Akzeptanz alternativer Kreuzkrautarten		
Akzeptanzversuch 1	Eiablageversuche des Blutbären	Getestet werden soll hier die Annahme der adulten Falterweibchen der verschiedenen Kreuzkrautarten, um die Etablierung auf den Flächen auch in Folgegenerationen sicherzustellen.
Akzeptanzversuch 2	Fraßversuche des Blutbären	Ziel ist es hier, die Annahme der Raupen der verschiedenen Kreuzkrautarten zu testen und Rückschlüsse auf der Kontrollpotential zu ziehen.
3. Praktische Anwendung auf den Versuchsflächen		
Praxisversuch 1	Identifikation des Schadpotentials der Antagonisten	Fokus des Versuchs liegt auf dem Kontrollpotential der Antagonisten im Freiland.
Praxisversuch 2	Langzeiteffekte der Antagonisten	Ziel ist es, mögliche Langzeiteinflüsse der Antagonisten auf den Versuchsflächen abzuschätzen.

2 Verlauf des Vorhabens

In **Arbeitspaket 1 „Laufende Zusammenarbeit der OG“** fand im ersten Projektjahr eine Lagebestimmung der Versuchs- und Referenzflächen statt. Über die dreieinhalb Jahre wurden regelmäßig Projekttreffen durchgeführt, Aktionstage organisiert, Konferenzen besucht und Öffentlichkeitsarbeit betrieben. Die OG verständigte sich zu Projektbeginn auf die Umformulierung des Projekttitels „Integriertes ~~Bekämpfung~~ Management von ~~Senecio~~ Kreuzkräutern durch Antagonisten und Produktionstechnik. "Kreuzkräuter" anstelle von *Senecio* spricht alle Kreuzkraut-Arten an, auch Jakobskreuzkraut, das im Rahmen einer taxonomischen Revision zur eigenen Gattung *Jacobaea* zugeordnet wurde. Zudem wurde ein gezieltes Management angestrebt, anstelle einer pauschalen Bekämpfung.

Durch das gemeinsame Auftreten der OG Mitglieder auf Netzwerkveranstaltungen ergaben sich neue Wege und Möglichkeiten für die Zusammenarbeit mit anderen Institutionen und Vertretern aus der Praxis. Als Beispiel ist die Kooperation mit der Technischen Hochschule Mittelhessen zu nennen. Unter Mitwirken von J. Milnikel (Sprecher der landw. Betriebe), JLU und Technischer Hochschule Mittelhessen sind die Projekte „KIhUG“ und „AimGrassland“ entstanden, bei denen es um KI-gestützte hochautomatisierte Unkrautbekämpfung im Grünland geht. Auch auf Seite der biologischen Gegenspieler fanden Vernetzungsaktivitäten statt. Durch ein früheres Projekt an der Universität Kiel zur Zucht und Nutzung von Antagonisten zur Kreuzkrautkontrolle fand ein Wissensaustausch mit Prof. Dr. Tobias Donath und Dr. Kathrin Schwarz statt, woraus sich eine gemeinschaftliche Beprobung der früheren Versuchsflächen ergeben hat. Dies ermöglichte einen Einblick in die langfristigen Erfolge der Ausbringung des Blutbären und ermöglicht Vergleiche unserer Untersuchungsregion mit unterschiedlichen Standorten und deren z.B. klimatischen Bedingungen. Mitglieder der OG nahmen national und international auf Vernetzungsveranstaltungen und Workshops teil. In diesem Rahmen konnten wir das Projekt Antago Senecio vorstellen, Mitstreiter gewinnen und neue Ideen und Ansätze für weitere Themen und Herausforderungen im Grünland und in der Landwirtschaft allgemein entwickeln. Beispielhaft ist hier die Teilnahme und der 2. Platz von J. Milnikel und J. Lill bei dem Ideenwettbewerb „Tierschutzchallenge 2024“ der Bastet-Stiftung mit dem StartMiUp -Startupnetzwerk Mittelhessen zu nennen.

Die OG mit ihren Mitgliedern trat über viele verschiedene Wege in Kontakt mit der Öffentlichkeit. Es wurde eine Projektseite mit Informationen zu aktuellen Versuchen, Themen und Terminen eingerichtet (<https://antagosenecio.wordpress.com/>), die auch nach dem Projektende weiter erreichbar sein wird. An Aktionstagen, regelmäßig verteilt über die Projektjahre, wurde das Vorhaben präsentiert, Erfahrungen und gewonnene Erkenntnisse geteilt. Die assoziierten Partner engagierten sich ebenfalls in Form von Veröffentlichungen in landwirtschaftlichen Zeitschriften bei der Öffentlichkeitsarbeit und Bekanntmachung des Projekts.

Im **Arbeitspaket 2 „Organisation, Landtechnik, Beratung“** erfolgten im Rahmen der Projekttreffen und im individuellen Kontakt Absprachen zu den Maßnahmen auf den Versuchs- und Referenzflächen. Die Projektbetriebe lieferten zudem Daten zur Flächengeometrie und zur Nutzungsgeschichte als Grundlage für die Analyse der Verbreitung von *J. vulgaris*. Für Feldtage, Exkursionen und Projekttreffen stellten sie Räumlichkeiten und Flächen zur Verfügung (Abb. 4).



Abbildung 4: Maßnahmen und Aktionen im Rahmen der Versuche im Westerwald. **A-C** Pflegemaßnahmen, Düngung, Hochmahd im Rahmen des Schnittversuchs. **D** Kombiversuch Antagonisten & Hochmahd: Ausweichen auf andere Hilfsmittel bei kleineren Versuchsflächen- in diesem Fall: eine Heckenschere **E** Kontrolle der Insektenzelle, teils musste an aufgetretenen Löchern nachgebessert werden **F** Öffentlichkeitsarbeit, Projektvorstellung und Projekttreffen in den Räumlichkeiten und Maschinenhallen der Betriebe.

Zu Beginn von **Arbeitspaket 3 „Pflanzen- und Landtechnikversuche“** wurden in engem Austausch mit den projektbeteiligten Betrieben mehrjährige Feldversuche geplant, wobei ein Schwerpunkt auf Düngung, Schnitt & Grünlandmanagement (Kombinierte Maßnahmen) gelegt wurde. Der Start der Versuche hatte im Frühjahr 2022 die höchste Priorität, um eine maximal mögliche Versuchslaufzeit zur Verbesserung der Aussagekraft gewährleisten zu können. Damit wurden viele geplante Bausteine des Vorhabens in Angriff genommen und bearbeitet. Geeignete Versuchsflächen wurden identifiziert, mit dGPS eingemessen und mit Magneten markiert. Jährlich folgten umfangreiche Felderfassungen der Vegetation. Für die pflanzenbiologischen Untersuchungen im Gewächshaus wurden Zuchten verschiedener Kreuzkrautarten aus gesammeltem Samenmaterial der Projektregion angelegt. Die Versuche liefen zumeist im Winterhalbjahr, weil die Gewächshäuser unabhängig von Jahreszeit und Witterung zu nutzen waren und in dieser Zeit weniger Feldarbeiten in der Projektregion anstanden. Zwecks Identifizierung der Verbreitungsfaktoren, Monitoring und Kartierung der Kreuzkräuter und des Giftpotentials wurden jährlich punktuelle Beprobungen, sowie breit angelegte Flächenbegehungen durchgeführt (Abb. 5)



Abbildung 5: A Schnittertermin 30 % offene Blüte *J. vulgaris* – phänologischer Schnitt B Vegetationsaufnahmen C Mahd D Düngemaßnahmen E Ausgebrachte Gülle F Kalkung

Zu Beginn von **Arbeitspaket 4 „Biologische Gegenspieler“** konnten vier verschiedene Antagonisten gesammelt werden. Da sich viele jedoch nicht dauerhaft vermehren ließen, wurde sich im Laufe des Projekts auf den Blutbären *Tyria jacobaeae* fokussiert. Dabei wurde eine hohe Erkrankungsrate der Blutbär-Populationen aus dem Freiland festgestellt. Eine schnelle Identifikation des Krankheitserregers und Anpassung in der Zucht war erforderlich und konnte im Laufe des Projektes mit erfolgreichen, aber auch aufwändigen Infektionspräventionsmaßnahmen umgesetzt werden. Aufgrund der Entdeckung der Mikrosporidien als Krankheitserreger wurde hier auch ein Fokus auf das Auftreten dieser im Freiland gelegt, um einschätzen zu können, wie hoch die Verbreitungsrate ist und welche Auswirkungen dies auf den Aufbau von Zuchten haben könnte. Durch die Umstellung der Zucht wurden dann auch die Laborversuche zum Blutbären verschoben. Diese konnten erst im Jahr 2024 starten und liefen bis zum Jahr 2025. In diesen Laborversuchen konnte neben Versuchen zur Diapause des Blutbären auch die Annahme alternativer Kreuzkrautarten (Wasserkreuzkraut und Schmalblättrige Kreuzkraut) sowohl bei der Eiablage der Falter, als auch beim Fraß der Raupen getestet werden. Da keine der Raupen auf dem Schmalblättrigen Kreuzkraut überleben konnten, wurde von Freilandversuchen an dieser Art abgesehen.

Ergänzend zu den ursprünglich angedachten Feldversuchen wurden in Kooperation mit der Universität Kiel Felderfassungen aus einem bereits abgeschlossenen Projekt zum Blutbären im Jahr 2023 wiederholt, was einen einmaligen Einblick in die Langzeitwirkung des Blutbären auf die Populationen des Jakobskreuzkrautes zuließ. Um die genaue Schadwirkung unter möglichst natürlichen Bedingungen auf einem definierten Bereich untersuchen zu können, wurden dann im Jahr 2024 auf den Versuchsflächen im Westerwald Raupen in Gaze-Zelten ausgesetzt. Hier waren die Ergebnisse nicht eindeutig, reichten aber von einer sehr hohen Schadwirkung mit komplettem Fraß von Blüten, Blättern und Teilen des Stängels bis hin zu einer sehr geringen Schadwirkung.

3 Ergebnisse und Zielerreichung

3.1 Haupt- und Nebenergebnisse des Vorhabens

Die Ergebnisse lassen sich in die zwei Hauptschwerpunkte des Projekts 1) Pflanzen- und Landtechnische Versuche und 2) biologische Gegenspieler einordnen.

3.1.1 Pflanzen- und Landtechnik Versuche (AP3)

Bei den Pflanzen- und Landtechnischen Verfahren wurden vier Schwerpunkte bearbeitet 1) Monitoring und Risikoabschätzung 2) Pflanzenbiologische Untersuchungen 3) Produktions- und Landtechnische Versuche 4) Lösungsansätze aus der Industrie.

3.1.1.1 Monitoring und Risikoabschätzung

Monitoring (Verbreitung und Einflussfaktoren):

Durchführung: Insgesamt wurden im Hohen Westerwald (Rheinland-Pfalz) 32 bewirtschaftete Schläge (110 ha) von vier landwirtschaftlichen Betrieben in Form von Transektbegehungen kartiert. Es wurde ein Monitoring zur Abundanz von *J. vulgaris* sowie Vegetationsaufnahmen zu den Grünlandarten (Kennarten) und dem Vegetationsbedeckungsgrad durchgeführt. Unterstützend wurden an 5 Standorten im Rahmen von Stichproben Detailaufnahmen der *J. vulgaris* Bestände und der Begleitvegetation mit Deckungsschätzung und Artenlisten vorgenommen. Im Weiteren wurden die Bewirtschaftungsformen der Betriebe verglichen, um zu untersuchen, ob intensivere Bewirtschaftungsmethoden mit einer geringeren Dichte von *J. vulgaris* einhergehen.

Bei den untersuchten Flächen wurden lediglich auf zwei von 34 Schlägen keine *J. vulgaris*-Individuen festgestellt. Bei den Detailaufnahmen zeigte sich, dass Kreuzkräuter stellenweise in sehr hohen Dichten mit bis zu 439 Gesamtindividuen bzw. 236 Blühpflanzen auf 20 m² vorkommen.

Begleitvegetation: Die statistische Analyse ergab keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Anzahl an Kennarten pro Transektabschnitt und dem Vorkommen von *J. vulgaris*. Bei der Untersuchung der Kennartenanzahl für die einzelnen Betriebe war festzustellen, dass die minimalen und maximalen Werte der Kennartenanzahl über alle untersuchten Transektabschnitte hinweg nahezu identisch waren. Die Detailaufnahmen auf den Standorten zeigten, dass diese durchschnittlich ein Inventar von 58 +/- 5.5 Arten auf 80 m² aufwiesen.

Umwelt- und Bewirtschaftungsfaktoren: Die statistische Auswertung zeigte einen signifikant negativen Zusammenhang zwischen der Vegetationsbedeckung und der Abundanz von *J. vulgaris*. Lediglich 3 % der untersuchten Transektabschnitte wiesen eine Vegetationsbedeckung von 0-40 % auf, während 97 % der Abschnitte im Bereich von 40-100 % lagen. Die höchste durchschnittliche Anzahl an Individuen pro m² wurde bei einer Vegetationsbedeckung von 30-40 % festgestellt, mit 0,392 Individuen pro m². Im Vergleich dazu ergab ein Bedeckungsgrad von 90-100 % nur 0,003 Individuen pro m². Im Gegensatz dazu konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Kennartenanzahl pro Transektabschnitt und dem Vorkommen von *J. vulgaris* nachgewiesen werden (p = 0,292).

Es zeigte sich eine schwache negative Korrelation zwischen *J. vulgaris* und stark feuchtezeigenden Kennarten ($r = -0,13$, $p < 0,05$). Hinsichtlich der Bewirtschaftungsparameter zeigte sich aufgrund nahezu identischer Bewirtschaftungsweisen der Betriebe kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Bewirtschaftungsform und dem Vorkommen von *J. vulgaris*. Dennoch wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Betrieben selbst und dem Vorkommen von *J. vulgaris* beobachtet. Durch Interviews und Befragungen der einzelnen Betriebe wurde deutlich, dass Betriebe, die intensivere Maßnahmen gegen *J. vulgaris* wie Ausstechen oder Ausreißen ergriffen, eine geringere Dichte (Individuen pro m^2) auf ihren Flächen verzeichneten.

Böden: Bodenanalysen an 12 Standorten zeigten, dass der pH-Wert größtenteils im sauren Bereich lag (CaCl-Methode, MW = 4.83 ± 0.57). Durch zusätzliche Untersuchungen der Grundnährstoffversorgung konnten weitere Rückschlüsse über die Böden der mit Kreuzkräutern befallenen Flächen gezogen werden (Bedeutung Gehaltsklasse A = sehr niedrig, B = niedrig, C = mittel/anzustreben, D=hoch, E = sehr hoch). Die Kalium-Konzentration unterlag größeren Schwankungen von Gehaltsklasse A bis E (Häufigkeit Gehaltsklassen: 3xA, 7xB, 1xC, 1xE) und lag im Mittel bei 12.42 ± 8.5 K₂O mg /100g). Die Phosphor-Konzentration lag im Mittel bei $3,75 \pm 1.95$ X P₂O₅mg/100g und lag zumeist im niedrigen Bereich (Häufigkeit Gehaltsklassen:10xA, 2xB).

Risikoabschätzung:

Bei Präsenz PA-haltiger Pflanzen sollte die Notwendigkeit von Maßnahmen durch Bewertung der verbundenen Risiken ermittelt werden (JOINT FAO/WHO 2012). Zudem können Erkenntnisse zu Pyrrolizidinalkaloid-Mengen auf das Ausmaß potenziell schädlicher Konzentrationen hinweisen. Für eine Abschätzung des Risikos *J. vulgaris* befallener Flächen in der Projektregion wurden daher Analysen der Giftkonzentration durchgeführt. Hierzu wurden Mischproben aus 15 *J. vulgaris* Individuen an 5 verschiedenen Standorten mit typischer Ausprägung des Biotoptyps Flachlandmähwiese genommen. Begleitend haben wir das Gewicht der Biomasse des Gesamtaufwuchses aufgenommen, um dieses im weiteren Schritt zusammen mit variierenden Dichten von *J. vulgaris* skalieren zu können (Abbildung 6).



Abbildung 6: Grünland mit variierenden *J. vulgaris* Blühpflanzen Dichten.

Die Ergebnisse der Liquid Chromatography – Tandem Mass Spectrometry (LC-MS/MS) nach Kaltner et al. (2019) zeigten, dass bereits 1 blühendes *J. vulgaris* Individuum pro 25 m² auf den Grünlandstandorten ein erhebliches bis hohes Sicherheitsrisiko für den Gebrauch des Aufwuchses als Futtermittel darstellt (Abbildung 6). Der Schwellenwert der Giftkonzentration in einem Heuballen (Schnitthöhe 10 cm) mit circa 13 % Restfeuchtigkeit würde auf weniger wüchsigen Standorten (1,8 dt / ha) bereits ab 3 Blühpflanzen pro Hektar erreicht, auf wüchsigeren Standorten (> 3,1 dt / ha) ab 30 Blühpflanzen pro Hektar (Abb. 7).

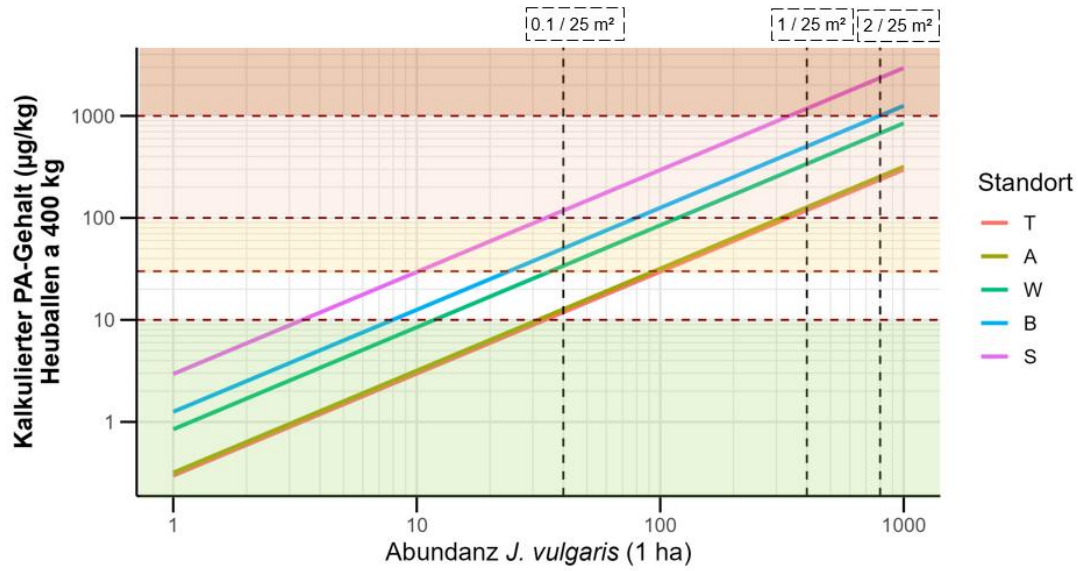


Abbildung 7: Kalkulierte mittlere PA-Konzentration eines Heuballens (circa 13 % Restfeuchtigkeit, Schnitthöhe = 10 cm) mit variierenden Kreuzkrautblühdichten an fünf verschiedenen Standorten. **Hohe Mengen** > 1000 µg/kg, **Erhebliche Mengen:** 100-1000 µg/kg, **Relativ geringe Mengen** 30-100 µg/kg, **Geringe Mengen:** 15-30 µg/kg (Sicherheitsrisiko), **Spurenmengen** < 10 µg/kg die mit Wahrscheinlich kein Risiko für Tiere darstellen (BfR 2013, Gottschalk et al. 2015)

Monitoringversuch 2: Bodensamenbank

Ziel dieses Versuchs war es mithilfe einer Bodensamenbankanalyse zu untersuchen, ob Kreuzkräuter die Artenzusammensetzung von Bodensamenbanken verschiedener Grünlandflächen beeinflussen und herauszufinden, ob Kreuzkräuter persistente Samenbanken auf den ausgewählten Standorten entwickeln. Es wurden 18 verschiedene Grünlandstandorte mit verschiedenen Deckungsgraden von *J. vulgaris* untersucht. Für die Bodensamenbankanalyse wurde auf jedem der Standorte jeweils eine Mischprobe für die Bodenschichten 0-5 und 5-10 cm entnommen und der oberirdische Deckungsgrad von *J. vulgaris* geschätzt. Die Anzahl der keimfähigen Samen wurde mithilfe der Emergenzmethode von Roberts (1981) für die unterschiedlichen Bodenschichten vorgenommen. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass *J. vulgaris* auf sechs der 18 Untersuchungsflächen in der Bodensamenbank nachgewiesen wurden, wovon vier als langfristig-persistent eingestuft werden. Wider Erwarten treten in der Bodensamenbank deutlich weniger Individuen auf, als in der oberirdischen Vegetation. Die Ergebnisse der statistischen Auswertung zeigen auf nahezu allen Flächen keinen signifikanten Unterschied in der Artzusammensetzung der Proben, lediglich ein Standort unterscheidet

sich signifikant von den verbleibenden 17. Daraus lässt sich schließen, dass *J. vulgaris* auf der Mehrheit aller Flächen keinen Einfluss auf die Artzusammensetzung der Bodensamenbanken genommen hat. Es bleibt jedoch festzuhalten, dass *J. vulgaris* stets in der Bodensamenbank präsent ist, sobald die Art in der oberirdischen Vegetation auftritt, was für das enorme Invasionspotential der Art spricht. Hervorzuheben bei diesem Versuch sind auch die Erkenntnisse zur Bodensamenbank der Gesamtarten. Auf den Standorten wurden im Durchschnitt 25 160 +/- 13 510 keimfähige Samen pro m² (0-10 cm Tiefe) festgestellt. Dies zeigt ein immens großes, im Boden liegendes Potenzial der Flächen bezüglich Anpassung und Resilienz auf.

Schlussfolgerung für die Praxis:



Weil die Pflanze hochfrequent in der Versuchsregion auftritt, ist das Risiko zur Wiedereinwanderung von benachbarten Flächen hoch. Somit sind betriebsübergreifende Konzepte und Absprachen zwischen den landwirtschaftlichen Betrieben hilfreich. Angestrebt werden sollte zudem eine Verbesserung der Standort- und Bewirtschaftungsparameter: Standortangepasste Flächenpflege nach guter landwirtschaftlicher Praxis, regelmäßiges Mahdregime und Verbesserung der Bodenstruktur (z.B. Kalkung, organische Düngung), sodass Feuchtigkeit im Boden gehalten wird. Selektive Maßnahmen wie zum Beispiel Ausreißen unterdrücken zudem die Ausbreitung und Aussamung.

3.1.1.2 Pflanzenbiologische Untersuchungen im Gewächshaus

Konkurrenzversuch: Düngung, Aussaatdichte/ -typ

Die Graseinsaat zeigte einen deutlich negativen Effekt auf die Keimung von *S. Inaequidens*, auf *J. vulgaris* jedoch nur einen marginalen Effekt. Die Grasbesatzdichte zeigte hingegen deutlich einen Effekt auf die Fitnessmerkmale Blattbreite, Blattlänge und die Blätteranzahl bei *J. vulgaris*. Die Blattbreite und Blattlänge fiel ohne Anwesenheit der Grasaussaat etwa 4 mal größer aus, die Blattanzahl war 55 % höher. Die Individuen mit Konkurrenz waren nach dreimonatiger Versuchslaufzeit somit deutlich in ihrem Stadium zurückgeblieben (Abb. 8).

In einem weiteren Versuch wurde die Bedeutung der funktionellen Gruppen Gräser, Kräuter und Leguminosen getestet. Die funktionelle Gruppenzugehörigkeit der Begleitpflanzen hatte den stärksten Einfluss auf die Keimungsrate von *J. vulgaris*, wobei Kräuter die Keimung am stärksten hemmten. In Begleitung von Gräsern und auch Kräutern wurden die Fitnessparameter am stärksten reduziert. Der zudem getesteter Aussaatzeitpunkt war ebenso von Bedeutung, da ein vierwöchiger Wachstumsvorsprung der Konkurrenzpflanzen die Fitnessparameter von *J. vulgaris* stark reduzierte. Mit steigender Anzahl der Begleitpflanzen nahmen die Fitnessparameter von *J. vulgaris* stark ab, wobei unterirdische Konkurrenzmechanismen eine zentrale Rolle spielten.



Abbildung 8: Konkurrenzversuch mit variierender Aussaatdichte. Deutlich zu erkennen sind die Fitness-Unterschiede der *J. vulgaris* Individuen in der Kontrolle (li) und mit Anwesenheit von Gräsern.

Regenerationsfähigkeit 1 (Strom- und Laserbehandlung)

Eine Laserbehandlung mit Cycle-Mode (bis zu 8 mm Radius bei 1000 mm/ Minute), die auf das Apikalmeristem der Rosette gerichtet war, zeigte bei Topfexperimenten eine wachstumshemmende, nicht jedoch letale Wirkung auf *J. vulgaris* Rosetten. Für den Laserversuch wurden vier Versuchsgruppen verwendet: eine Kontrollgruppe und drei Gruppen mit Laserbehandlung, wobei für zwei der Gruppen noch zusätzlich zum Laser verschiedene Grasaussaatdichten als zusätzliche Konkurrenz getestet wurden. Der Versuch wurde abschließend mit einer Bildanalyse der Blattfläche ausgewertet. Die Laserbehandlung zeigte keine letale Wirkung, reduzierte jedoch die Blattfläche für einen Zeitraum von mehr als drei Wochen im Vergleich zur Kontrolle (im Gewächshaus!). Die variierenden Grasaussaatdichten hatten keinen Effekt. Im Freiland fällt der Zeitraum der Regeneration eventuell länger aus, womit sich ein Zeitfenster für weitere Maßnahmen wie eine Nachsaat ergibt.

Auch eine elektrothermische Behandlung durch eine Stromlanze führte unter optimalen Bedingungen im Gewächshaus nach wenigen Wochen zu einem (mehrfachen) Wiederaustrieb bei 37 von 45 Pflanzen (Abb. 9, links). Auffällig war, dass der Wiederaustrieb nicht auf ein bis zwei Rosetten beschränkt blieb, sondern bis zu zehn Rosetten gezählt wurden. Der Wassergehalt im Boden der Pflanztöpfe war zum Zeitpunkt der Behandlung nicht optimal, sondern eher zu feucht. Dadurch könnte der Strom in den Boden abgeleitet worden sein und ist nicht ausreichend in die Wurzelspitzen vorgedrungen. Somit wurde Gegenteiliges bewirkt und der Stromimpuls, sowie die erzeugte Hitze waren nicht abtötend. Bei der Durchführung wurde häufig ein sofortiges Ablösen der Blätter vom Spross der Rosetten beobachtet. Dadurch könnte die elektrothermische Einwirkung auf das Wurzelsystem der Pflanzen unterbrochen worden sein, der Starkstrom wurde stattdessen in den Boden geleitet und die Behandlung fälschlicherweise als abgeschlossen bewertet werden. Trotzdem lassen sich daraus Hinweise ableiten unter welchen Witterungsbedingungen der Einsatz im Feld erfolgsversprechend ist.

Regenerationsfähigkeit 2 (Wurzelfragmente)

Für den Versuch der Regenerationsfähigkeit nach Isolierung von Wurzelfragmenten wurden vier Wurzelgruppen (Faserwurzel 1,5 cm, 3 cm, 6 cm; Pfahlwurzel) unter Gewächshausbedingungen beobachtet. Die Isolierung von Wurzelfragmenten hat gezeigt, welche Kraft in *J. vulgaris* - Wurzeln steckt. Alle vier Wurzelgruppen sind erneut ausgetrieben und bildeten Rosetten (Abb. 9, rechts). Diese waren allerdings je nach Wurzeltyp unterschiedlich ausgeprägt. Mit zunehmender Wurzellänge der Faserwurzeln war die Austriebsrate und auch der Rosettendurchmesser größer. Daher sollte bei einer Entfernung von *J. vulgaris* im Grünland darauf geachtet werden möglichst viel der Pflanzenwurzeln zu entfernen, um einen Wiederaustrieb zu vermeiden.

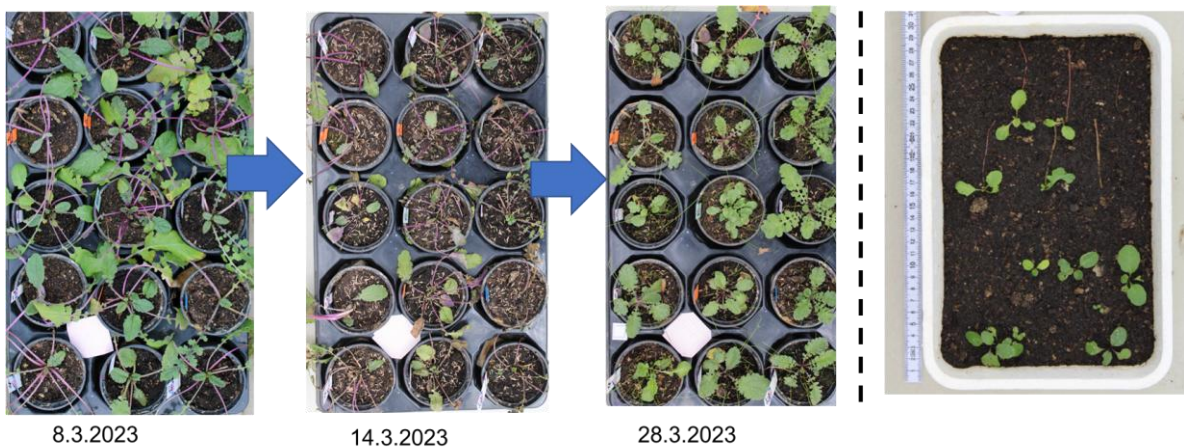


Abbildung 9: li: Regenerationsfähigkeit von *J. vulgaris* im Anschluss einer Strombehandlung (3000V, 3 Sekunden) im Gewächshaus re: Wurzelaustrieb aus 6 cm langen Faserwurzelfragmenten.

Fitnessversuch (Blühinduktion Rosettendurchmesser)

Im Rahmen einer Feldbeprobung wurden im zeitigen Frühjahr 1500 Rosetten beprobt und zu einem späteren Zeitpunkt auf Blütenbildung kontrolliert. Sowohl der Gesamtdurchmesser als auch der Blattdurchmesser der Rosetten erwiesen sich als gute Prädiktoren für den Übergang in die generative Phase (jeweils $p < 0.001$). Die geschätzte Schwelle, ab der eine 50 %-ige Blühwahrscheinlichkeit erreicht wurde, lag bei rund 8 cm (Rosettendurchmesser). Für kleinere Rosetten (< 5 cm) war die Blühwahrscheinlichkeit sehr gering (< 10 %), während sie bei Durchmessern über 10 cm auf über 80 % anstieg.



Schlussfolgerung für die Praxis:

J. vulgaris besitzt eine hohe Regenerationsfähigkeit, ist jedoch nicht besonders konkurrenzstark. Mithilfe einer dichten Grasnarbe bestehend aus konkurrenzkräftigen Arten, gelingt es selbst etablierte *J. vulgaris* Keimlinge deutlich in ihrem Wachstum zu hemmen.

3.1.1.3 Produktions- und Landtechnische Versuche

Alternative Maßnahmen zum händischen Ausreißen lassen sich nach Intensitätsstufen in vier verschiedene Kategorien gliedern (Tab. 1): 1) Integrierte Maßnahmen, 2) Halb-Selektive Maßnahmen, 3) Selektive Maßnahmen, 4) Passive Maßnahmen. Die Maßnahmen wurden anhand einer Entscheidungsmatrix ausgewählt. Maßnahmen, die nach einer Literaturrecherche vielversprechend erschienen und auch aufgrund von politischen Regularien (Verzicht auf Herbizideinsatz) in Frage kamen, wurden priorisiert.

Tabelle 1: Kategorisierung der potenziellen Maßnahmen zur Behandlung von *J. vulgaris* auf artenreichem Grünland

Passive Maßnahmen	Selektive Maßnahmen	Halb-Selektive Maßnahmen	Integrierte Maßnahmen
- Maschinenhygiene - (Verwertung des Mahdgute)	- Manuelles Entfernen - Mechanisches Ausreißen - Strom - Laser - Heißes Wasser	- Schröpfungsschnitt	- Düngung - Schnittermin & Schnittzeitpunkt - Grunddüngung - N- Düngung - Saatmischungen - Optimaler pH-Wert

Test Integrierter Maßnahmen 1: Schnitffrequenz, Schnittermin, kombinierte Maßnahmen

Durchführung: Für den Schnittversuch wurden 5 Flächen mit jeweils 4 x 5 Quadraten (Je Plot 4 m², insgesamt 400 m²) festgelegt. Die 4 Streifen pro Fläche wurden

- 0 x
- 1 x
- 2 x
- 3 x

über den Jahresverlauf bei jeweils 30 % offener Blüte (Siegrist-Maag et al. 2008, Wiggering et al. 2021) gemäht. Vor jedem Schnitt wurden Anzahl und Stadium aller *J. vulgaris*-Einzelpflanzen erhoben. Die Streifen mit den verschiedenen Schnittbehandlungen wurden ab 2023 nochmals untergliedert und durch eine Subbehandlung ergänzt:

- Kontrolle
- Saat (45 kg /ha)
- Kalk (3 t/ha) & Grunddüngung (165 kg/ha K₂O, 50 kg/ha P₂O₅, 45 kg / ha Saat)
- Kalk (3t/ha) & Gülledüngung (100 kg N / ha) /
- Kalk (3 t/ha) & Gülledüngung (100 kg N/ha) & Saat (45 kg/ha)).

J. vulgaris: Bereits nach dem ersten Jahr war auf der Brache ein *J. vulgaris* Rückgang von 77 % feststellbar, von 0,33 (+0.44/-0.33) Individuen pro m² auf 0.07 (+/- 0.06) pro m². Die Stärke des Rückgangs variierte zwischen den Standorten, wobei der Rückgang größer wurde, je höher die ursprüngliche *J. vulgaris* Dichte war. Im Verlauf der Versuchsjahre

nahm die Dichte um weitere durchschnittliche 12 % ab und verblieb auf allen Flächen auf einem sehr geringen Niveau. Ein ebenso starker Rückgang wurde auf Ebene der Blühpflanzen festgestellt. Der Rückgang könnte durch die Verfilzung der Grasnarbe und die Entstehung einer Mulchschicht zu erklären sein. Der Anteil des offenen Bodens bei der Ursprungsaufnahme lag bei durchschnittlich 3,4 % (+/- 1,6 %), der Anteil der Gräserdeckung lag bei 40 % (+/- 12%). Es ist möglich, dass der Rückdrängungseffekt nur bei derartigen Gräserdeckungen erzielt werden kann. Wie sich die *J. vulgaris* Populationszahlen nach Wiederaufnahme der Bewirtschaftung und somit Reduktion der Mulchschicht verändern, bleibt offen. Auch bei dem dreifachen Schnitt war ein leichter Rückgang der *J. vulgaris* Individuen feststellbar. Die Subbehandlung erzielte bis zum Projektabschluss keinen eindeutig nachweisbaren Effekt.

Begleitvegetation: Neben den Behandlungserfolgen wurden bei der Brache nachteilige Effekte auf die Begleitvegetation festgestellt. So führte die unterlassene Bewirtschaftung in der Brache zu einer deutlichen Reduktion des Shannon-Index (Maß für die Biodiversität einer Lebensgemeinschaft, die Anzahl der Arten, als auch die Gleichverteilung berücksichtigt) und der Kennartenanzahl von durchschnittlich 9 auf 6 Kennarten. Die Deckung der Leguminosen nahm auf den 2- und 3-fach Schnittflächen deutlich zu. Bei der Subbehandlung förderte die Gülledüngung deutlich die Gräser, was durch einen Anstieg in der Gräserdeckung festzustellen war. Auch der Anteil der Bodenbedeckung stieg deutlich an.

Test Integrierter Maßnahmen 2: Düngung

Durchführung: Nach Festlegung der Flächen (8 Flächen, 5 Treatments, pro Plot 16 m², insgesamt 640 m², wurden durch unsere Landwirte bereits im zeitigen Frühjahr Bodenproben entnommen, um Initialwerte zum Nährstoffhaushalt und pH des Bodens zu gewinnen. Daraufhin düngten sie die Versuchsflächen jährlich im Frühjahr (Behandlung: 30 kg NPK / ha, 50 kg NPK / ha, 100 kg K₂O / ha, Regulär, Kontrolle). Die Vegetationsaufnahmen nach Braun-Blanquet, sowie die Erhebung von Anzahl und Stadium der Kreuzkräuter erfolgte jährlich erst im zweiten Aufwuchs.

J. vulgaris: Zwischen dem Ausgangsjahr 2022, in dem die erste Erhebung erfolgte, und dem letzten Untersuchungsjahr 2025 zeigten sich keine deutlichen Unterschiede zwischen den Behandlungen. Den größten Zuwachs über die Jahre verzeichnete im Trend jedoch die Kontrolle ohne Düngung (+43.3 ± 63.4 Individuen pro Plot), eine leichte Abnahme zeigte 50NPK (-1.6 ± 9.1 Individuen).

Begleitvegetation: Die Düngung hatte einen Effekt auf die Begleitvegetation. Der Vergleich zwischen den Gruppen ergab, dass die 50NPK Behandlung signifikant geringere Leguminosenzahlen aufwies als Kontrolle, 30NPK und 100K₂O / ha. Zudem stieg die Deckung der Gräser deutlich an. Bei den Kennarten konnten keine deutlichen Auswirkungen festgestellt werden, der im Verhältnis reduzierte Shannon-Index bei 50NPK jedoch gab Hinweise auf nachteilige Effekte bezüglich Gesamtartenzahl und Häufigkeit.

Schlussfolgerung für die Praxis:



Nutzungsintensivierung oder keine Flächennutzung (Brache), insbesondere auch integrierte Ansätze mit Düngung, Kalkung und Schnittfrequenz, können zur Rückdrängung von Jakobskreuzkraut führen. Sie haben jedoch gleichzeitig einen deutlich negativen Effekt auf die Begleitvegetation, was im Falle von Gebietskulissen wie z.B. FFH oder Biotopen mitbedacht werden muss.

Test Halbselektiver Maßnahmen: Schröpfungsschnitt

Der Schröpfungsschnitt gehört zu den Halb-Selektiven Maßnahmen. Im Projekt wurde dieses Thema auf verschiedene Weise erörtert (Abb. 10). Bei einem Feldtag 2022 wurden die Maschinen Bionalan Selac (Lyckegard) und TopCut Collect (Zürn Harvesing) erstmals im Grünland getestet. Die Maschinen wurden bisher hauptsächlich im Ackerbau eingesetzt und sollten im Grünland erprobt und für den Einsatz gegen *J. vulgaris* getestet werden. Mit dem Einsatz der Hochmahdmaschinen wurden zum einen eine Eindämmung der generativen Vermehrung, zum anderen ein deutlich geringerer Alkaloidanteil/Giftanteil im Heu angestrebt. Der Anteil der giftigen Pyrrolizidin-Alkaloide ist in der Pflanze vor allem in der Blüte konzentriert. Im Vergleich zum Stängel und den Blättern der Pflanze ist die Konzentration in der Blüte in etwa viermal so hoch (Berendonk et al. 2010), sodass laut Angaben der Literatur durch Abkappen und Auffangen der Blütenköpfe vor der Ernte im besten Fall 75 % des Giftanteils im Heu entnommen werden können.

Beide Maschinen haben unsere Erwartungen bei ihrem Einsatz im Grünland erfüllt und zuverlässig die Pflanzenköpfe der *J. vulgaris* Individuen abgetrennt. Als Stärke des Bionalan Selac Mähwerks der Firma Lyckegard kam vor allem die Schnittselektivität zwischen dem Jakobskreuzkraut und den Gräsern zur Geltung, die sowohl durch den "Kamm" vor dem Mähwerk, als auch durch die variabel einstellbare Rotationsgeschwindigkeit der Messer anpassbar war. Bei der Mahd mit dem TopCut Collect der Firma Zürn wurde der dazugehörige Auffangbehälter als klarer Gewinn verzeichnet, da die Pflanzenköpfe inklusive keimfähiger Samen nicht auf dem Feld liegen blieben, sondern aufgefangen und abtransportiert werden konnten. Stellenweise verhedderte sich das Gras in der helixförmigen Haspel, gegebenenfalls kann dies durch eine Abnahme/Austausch der Bürsten verbessert werden. Auch mit dem Scheibenmähwerk konnten die projektbeteiligten Betriebe eine hohe Mahd auf bis zu 55 cm umsetzen. Dies ermöglichte Langzeitbeobachtungen der AUswirkungen eines jährlich mehrfach in der Höhe gestaffelten Schröpfungsschnitts. Die Ergebnisse zur Effektivität bezüglich *J. vulgaris* waren bis zum Projektende indifferent, was an der kleinen Anzahl der Stichproben liegen könnte.



Abbildung 10: A Bionalan Selac B TopCut Collect auf den Ökofeldtagen C TopCut Collect im Grünland D Bionalan Selac im Grünland E Scheibenmäher.

Risikoanalyse (PA)

Im Rahmen der Giftanalysen wurde neben der Gesamtkonzentration der Pyrrolizidinalkaloide (PA) auch die vertikale Verteilung der Konzentration in den Pflanzen gemessen. Auf Basis dessen konnte die potenzielle Giftkonzentration des Aufwuchses am Beispiel eines Heuballens a 400 kg im Hinblick variierender Kreuzkrautdichten bestimmt werden (Abb. 11). Hier zeigte sich, dass das Giftpotential mit einer solchen Maßnahmen um ein Vielfaches reduziert werden könnte. 1 blühendes *J. vulgaris* Individuum pro 25 m² würde somit noch im Bereich relativ geringer Mengen liegen. Bis zu 80 *J. vulgaris* Individuen pro Hektar würden potenziell im Bereich von Spuren Mengen liegen, die mit Wahrscheinlichkeit kein Risiko für Tiere darstellen (Vergleich zum Schnitt S. 16, Kapitel 3.1.2.1 Monitoring und Risikoabschätzung). Auf die aktive Verfütterung PA-haltiger Substanzen muss aus Futtermittel- und Tierschutzgesetzlichen Gründen jedoch gänzlich verzichtet werden. Die Versuchsergebnisse können jedoch für die Weiterentwicklung von potentiellen Verfahren zur Risiko-Minimierung dienen.

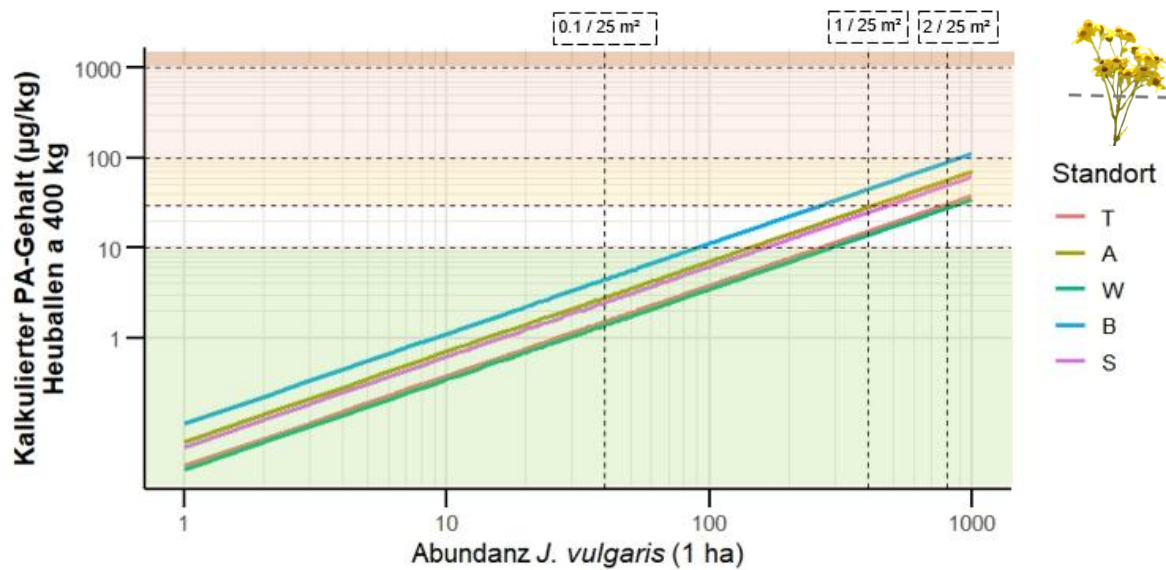


Abbildung 11: Kalkulierte mittlere PA-Konzentration eines Heuballens (circa 13 % Restfeuchtigkeit, Schnitthöhe = 10 cm) mit variierenden Kreuzkrautblühdichten im Anschluss eines Schröpfschnitts an fünf verschiedenen Standorten. **Hohe Mengen** > 1000 µg/kg, **Erhebliche Mengen:** 100-1000 µg/kg, **Relativ geringe Mengen** 30-100 µg/kg, **Geringe Mengen:** 15-30 µg/kg (Sicherheitsrisiko), **Spurenmengen** < 10 µg/kg die mit Wahrscheinlich kein Risiko für Tiere darstellen (BfR 2013, Gottschalk et al. 2015)

3.1.1.3 Lösungsansätze aus der Industrie

Test Selektiver Maßnahmen

Die Effektivität selektiver Maßnahmen wurden im Frühjahr bei niedrigem Aufwuchs getestet. Weitere potentielle Behandlungsfenster ergeben sich zudem nach einer Mahd und im Herbst. Es kamen drei verschiedene Verfahren zum Einsatz (Abb. 12):

- 1) Mechanische Verfahren: Fiskars Unkrautstecher Xact (Fiskars Germany GmbH, Eschborn, DE) & Gardena Unkrautstecher (Gardena GmbH, Ulm, DE)
- 2) Elektrothermische Verfahren: Stromlanze "Rootwave Pro" (3000 V, RootWaveTM, Kineton, UK)
- 3) Thermischphysikalische Verfahren: Heißwasser Unkrautbekämpfung ("Oeliatec Houat 500")



Abbildung 12: A Fiskars Ausstecher B Gardena Ausstecher C Unterschied Bodenkern Gardena-Ausstecher (li) und Fiskars Ausstecher (re) D Strombehandlung mit der Rootwave Handheld Pro E Stromaggregat zur Rootwave F Heißwasserbehandlung mit Oeliatec Houat 500

Durchführung: Um die Effektivität der verschiedenen Werkzeuge zu vergleichen, wurden an zwei Standorten (Ungedüngt = EXT / Gedüngt = INT) Behandlungsplots (Fläche 1 m², 5 Wiederholungen pro Standort) angelegt. Die exakten Positionen der *J. vulgaris* Individuen wurden mit Hilfe eines Vegetationsrahmens eingezeichnet und verschiedene Fitness-Parameter wie Rosettendurchmesser und Blattanzahl erhoben. Daraufhin wurden die Rosetten im Feld im Zeitraum zwischen KW15/16 im Jahr 2024 behandelt.

Die *J. vulgaris* Rosetten wurden durch die mechanischen und elektrothermischen Verfahren gleichermaßen stark reduziert. Die Behandlung mit heißem Wasser hingegen war wenig effektiv, zudem wurde ein multipler Wiederaustrieb von bis zu 6 Pflanzen pro *J. vulgaris* Individuum beobachtet. Am intensiver genutzten Grünlandstandort mit durchschnittlich größeren Rosetten (4.9 cm +/- 1.9, max. 9 cm) war die Behandlung insgesamt effektiver, als am Grünlandstandort mit durchschnittlich etwas kleineren Rosettendurchmessern (4.2 cm +/- 1.5, max 8 cm) (Abb. 13). Die Effektivität könnte jedoch auch an den verschiedenen Standortbedingungen wie Aufwuchshöhe oder Feuchtigkeit gelegen haben.

Perspektivisch könnte die Stromlanze weiterentwickelt und auf den Bedarf kleiner Grünlandpflanzen angepasst werden (Aktuell ist ihr Haupteinsatzgebiet z.B. die Behandlung von Staudenknöterich und Riesenbärenklau). Zum Beispiel könnte anstatt der Lanzenspitze ein breiter Teller appliziert und getestet werden, sowie eine Bandbreite weiterer Stromstärken. Die Behandlung der Rosetten könnte zukünftig mit einem autonomen Fahrzeug bewerkstelligt werden. Im Ackerbau (z.B. bei Zuckerrüben, WeedBuster – Prototyp eines Andela Unkrautbekämpfungsroboters) sind diese Verfahren bereits weiter entwickelt als im Grünland. Die Detektion der Rosetten im Grünland gestaltet sich schwieriger aufgrund der überlappenden Pflanzenteile und Diversität an Arten und Morphologien. Auf Basis des Fitnessversuch (Blühinduktion Rosettendurchmesser S. 19,

Kapitel 3.1.2.2 Pflanzenbiologische Untersuchungen im Gewächshaus) lässt sich jedoch annehmen, dass zwecks Verbesserung der Aufwuchsqualität lediglich Rosetten > 5 cm detektiert werden müssten, um im darauffolgenden Jahr bereits bis zu 90 % der Blühpflanzen zu unterdrücken.

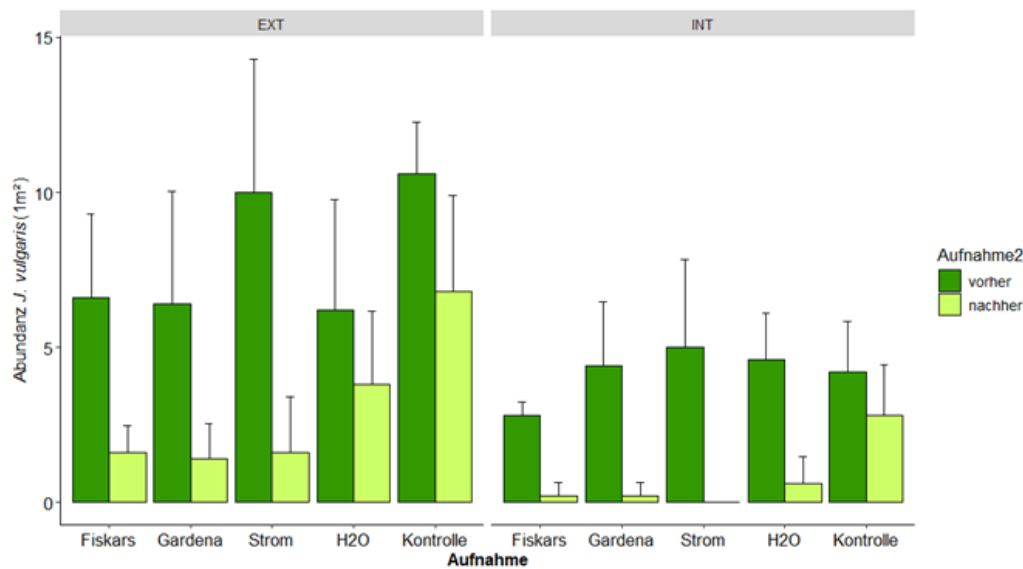


Abbildung 13: Effekte variierender Selektive Behandlungsformen auf die Anzahl von *J. vulgaris* Individuen im Frühjahr (vorher = dunkelgrün, nachher = hellgrün)

In einem weiteren Versuch wurde zudem die Effektivität der Strombehandlung bei *J. vulgaris* Blühpflanzen im Grünland untersucht. Die Ergebnisse zeigen eindeutig, dass ein positiver Effekt erzeugt werden kann, die Giftpflanzen zu eliminieren. Alle behandelten *J. vulgaris*-Pflanzen sind abgestorben und konnten keine Samen verbreiten. Ein Wiederaustrieb konnte im Versuchsjahr nicht beobachtet werden. Die Ergebnisse des Versuchs haben gezeigt, dass die Behandlungsstärke 3000 V ebenso erfolgreich war, wie die Durchführung mit 5000 V.

3.1.2 Entwicklung von herbivoren Antagonisten als Verfahren zur biologischen Regulierung von Kreuzkraut-Arten (AP4)

Eine Vielzahl der geplanten Innovationen konnten im Rahmen des Projektes umgesetzt werden. Somit konnte ein erster Versuch zur Kombination aus Hochmahd und dem Einsatz des Blutbären umgesetzt werden. Darüber hinaus konnte durch Versuche im Labor bzw. Gewächshaus und von semi-natürlichen Freilandversuchen das Fraßverhalten der Raupen detailliert untersucht werden. Diese detaillierte Betrachtung des Blutbären als Falter und Raupe konnte auch in Bezug auf das *Senecio inaequidens* umgesetzt werden. Hier zeigte sich, dass die Raupen zwar an den Blüten und Blättern fressen, aber nicht in der Lage sind, mit dem Schmalblättrigen Kreuzkraut als alleinige Futterpflanze zu überleben. Aus diesem Grund wurde Hessen-Mobil in Bezug auf die Antagonisten nicht mit einbezogen werden, da Freilandversuche mit dem Schmalblättrigen Kreuzkraut als Zielart zur Biologischen Kontrolle durch den Blutbären nicht erfolgversprechend wären.

Da das Ausbringen der Blutbär-Raupen durch die landwirtschaftlichen Betriebe keinen Etablierungserfolg hatte, wurden über die semi-natürlichen Freilandversuche erneut Raupen für Versuche ausgesetzt, um die genaue Schadwirkung untersuchen zu können und eine erneute Etablierung zu testen. Da bereits *Longitarsus jacobaeae*, der Jakobskreuzkraut-Flohkäfer, sowie mindestens einer der Blütengallproduzenten auf den Flächen vorhanden war, konnten indirekt auch das Zusammenspiel verschiedener Antagonisten untersucht werden.

3.1.2.1 Zucht der Antagonisten

Zuchtversuch 1: Sammeln verschiedener Antagonisten

Dank der guten Vernetzung der Landwirte war es möglich, mehrere Standorte in der Westerwald-Region auszumachen, an denen Blutbären gesichtet wurden. Dadurch konnten sowohl Raupen, als auch Eigelege am Jakobskreuzkraut in 2022 gefunden und für die Zucht gewonnen werden. Über das Ausgraben von Kreuzkraut-Rosetten mit Fraßspuren des adulten Flohkäfers auf den Versuchsfeldern im Frühjahr 2023 und dem Transfer der Pflanzen ins Freilandinsektarium konnten Flohkäfer für die Zucht gewonnen werden. Alternativ wurden über den Insektensauger im Spätsommer 2022 Rosetten mit Fraßspuren auf dem JKI-Gelände abgesaugt und so zusätzliche Flohkäfer aufgespürt. Durch das Ausgraben von Kreuzkrautpflanzen mit Blühtrieben in 2022 und 2023 konnten zusätzlich noch der Rosenfarbene Schwarzkopfwickler *Cochylichroa atricapitana* und die Kreuzkraut-Bohrfliege *Sphenella marginata* gefunden werden. Somit eignete sich grundlegend das Ausgraben der Pflanze zu verschiedenen Zeitpunkten und von verschiedenen Stadien der Pflanze am besten, um die Antagonisten aufzuspüren, wenn ausreichend Kapazitäten verfügbar sind, um die Pflanzen in Käfigen unterzubringen und zu versorgen.

Zuchtversuch 2: Vermehrung der Antagonisten

1. Flohkäfer *Longitarsus jacobaeae*

Die gefundenen Flohkäfer (Abb. 14) wurden im Freilandinsektarium in BugDorm-Käfigen (L, B, H: 47,5 cm) mit Jakobskreuzkraut Rosetten gehalten und neu gefundene Flohkäfer dazugesetzt. Außerdem wurde die gezielte Eiablage der Flohkäfer durch Kreuzkraut-Blätter in Dosen getestet (Schwarz et al., 2021). Mit beiden Varianten konnten jedoch keine Eier des Flohkäfers gefunden werden.

2. Kreuzkraut-Bohrfliege *Sphenella marginata*

Die Bohrfliegen (Abb. 14) wurden ebenfalls im Freilandinsektarium in BugDorm Würfelkäfigen (L, B, H: 47,5 cm) gehalten und sowohl mit blühendem Jakobskreuzkraut versorgt, sowie auch mit Rosetten, Wasser und einer 20%igen Zuckerlösung. Da die Biologie der Bohrfliege nicht eindeutig geklärt ist und nur eine Überwinterung als Imago vermutet werden kann (Kassebeer, 2016), sowie die geringe Zahl an Individuen die im Freiland gefunden wurden, konnte die Zucht der Bohrfliege nicht erfolgreich umgesetzt werden.



Abbildung 14: Flohkäfer *Longitarsus jacobaeae* am Jakobskreuzkraut (links) und Fraßspuren der Käfer an einer Rosette (mitte). Kreuzkraut-Bohrfliege *Sphenella marginata* im Zuchtkäfig (rechts). Foto: Sophie Müller/JKI

3. Rosenfarbene Schwarzkopfwickler *Cochylichroa atricapitana*

Mit dem Rosenfarbenen Schwarzkopfwickler (Abb. 15) konnten in kurzer Zeit mehrere Fortschritte im Zuchterfolg gemacht werden. Sie konnten in BugDorm-Käfigen (L, B, H: 47,5 cm & 24,5 cm) sowohl auf Jakobskreuzkraut mit Blütenständen, sowie auch ohne Blütenstände bei 22°C gehalten werden. Die Eiablage erfolgte dabei auf den Blattoberseiten. Darüber hinaus konnten erste Erfolge mit der Nutzung von Draft-Diätmedium erzielt werden (Abb. 15). Optimierungsbedarf durch das Einkochen von Jakobskreuzkraut war geplant, um die Annahme des Mediums zu verbessern und auch den Bezug zur Wirtspflanze zu erhalten, konnte jedoch nicht mehr umgesetzt werden. Außerdem konnte eine zusätzliche Generation in der Zucht etabliert werden, was ein Anzeichen für eine mögliche Durchzucht des Schwarzkopfwicklers zeigt. Leider ist die Population daraufhin eingebrochen, was möglicherweise auch an der Konkurrenz der Larven an den Rosetten mit Trauermücken in der Erde zurückzuführen ist und ein frühzeitiges Absterben der Rosetten begünstigte. Im Folgejahr konnten nicht mehr ausreichend Schwarzkopfwickler im Freiland gefunden werden, weshalb ein erneuter

Zuchtaufbau mit dieser Art nicht möglich war. Durch die ersten Erfolge mit dem Diätmedium und der zusätzlichen Generation in der Zucht scheint eine generelle Zucht dieser Art vielversprechend.



Abbildung 15: Rosenfarbene Schwarzkopfwickler *Cochylichoa atricapitana* als Falter (links), dessen Schadbild (mitte) und Fraßspuren der Raupen am Diätmedium (rechts). Fotos: Sophie Müller/JKI

4. Blutbär *Tyria jacobaeae*

Der Blutbär konnte im Verlauf des Projektes erfolgreich in Zucht genommen werden und zuletzt auch in größeren Mengen gezüchtet werden (Abb. 17). Dies fand insbesondere in Anlehnung an Rose (1978) statt. Beginnt man die Zucht mit Raupen aus dem Freiland, so werden diese separat in Fleischsalatdöschen und Jakobskreuzkraut bei 20 °C, Langtagbedingungen (16L/8D) und 75% rH. im Klimaschrank (PERCIVAL) mit Jakobskreuzkraut gehalten. Es sollte dreimal die Woche Futter und Dosen gewechselt/gereinigt werden. Für ein besseres Klima innerhalb der Dosen wurde Filterpapier zwischen Deckel und Dose geklemmt und Löcher im Deckel begünstigen eine bessere Belüftung. Kurz vor dem Verpuppen können den Raupen kleine Papierröhrchen (Durchmesser 0,5 cm; Länge 2,5 – 4,5 cm) zur Verfügung gestellt werden (Rose 1978). Diese sind in Einzelhaltung nicht zwingend erforderlich, wurden von ca. 70% der Raupen jedoch bevorzugt genutzt. Ein bis zwei Wochen nach der Verpuppung im Röhrchen sollte diese jedoch entfernt werden und die Puppen in angefeuchtete Erde in kleinen Dosen übertragen werden und weiterhin bei 20 °C und 75% rH. gehalten werden, bis sie in die Diapause kommen. Idealerweise wird in diesem Zeitraum noch das Geschlecht der Falter bestimmt, damit diese dann im Folgejahr gezielt verpaart werden können. Für den Übergang in die Diapause eignet sich das Schrittweise Herunterstellen der Temperatur um 5 °C alle zwei bis drei Tage. Danach können die Puppen dann bei 5 °C für ca. 140 Tage gelagert werden, sollten jedoch spätestens alle zwei Wochen kontrolliert werden. Dabei sollte auf ausreichend feuchte Erde geachtet werden. Im neuen Jahr werden die Puppen dann erneut Schrittweise um 5 °C wieder aus der Diapause geholt und wieder in einem Klimaschrank mit 20 °C, Langtagbedingungen (16L/8D) und 75% rH. gehalten. Dafür werden jedoch die Dosen gewechselt und die Erde mit den Puppen in 720 ml BugDorm Insect Pots transferiert, damit ausreichend Platz für den Schlupf der Falter ist. Nachdem die Falter geschlüpft sind, können je ein Männchen und ein Weibchen zusammen an eine *J. vulgaris*-Pflanze im Käfig gesetzt werden. Die Eier werden von der Pflanze entfernt und wieder in die Fleischsalatdöschen transferiert. Wenn das Weibchen verstorben ist, kann es auf das Vorhandensein von Krankheiten untersucht werden. Ist dies nicht der Fall, so können die Raupen für den Aussatz genutzt werden. Um Arbeitsaufwand zu minimieren,

ist ein möglichst früher Aussatz der Raupen zu empfehlen. Ein Teil der Raupen sollte aber für den Zuchterhalt behalten werden. Diätfutter wurde in kleinem Rahmen ebenfalls erprobt (Draft-Diätmedium mit *J. vulgaris*-Pulver), zeigte aber keine Erfolge.



Abbildung 16: Falter des Blutbären *Tyria jacobaeae* (links), Eigelege des Blutbären (Mitte links), Blutbärraupen (Mitte rechts) und die Puppe des Blutbären (rechts). Fotos: Sophie Müller/JKI

Schlussfolgerung für die Praxis:



Insektenzuchten sind sehr aufwändig und lassen sich oft nicht mit einfachen Mittel reproduzieren, z.T. bedingt durch die biologischen Grenzen der Antagonisten (z.B. obligatorische Diapause beim Blutbären). Stattdessen können aber die bereits vorhandenen Antagonisten auf den Flächen gefördert werden. Dazu mehr unter Abschnitt 4.1.

Zuchtversuch 3: Einflussfaktoren auf den Zuchterfolg

Im Spätsommer 2023 waren durch die Zucht und zusätzlichen Sammlungen im Freiland ausreichend Puppen verfügbar, um Versuche zur Diapause durchführen zu können. Die 235 Puppen wurden dann in Gruppen unterteilt, um die Auswirkungen auf die Anzahl an Eiern und die Schlupfdauer der Falter durch (1) die Diapausenlänge (140 oder 154 Tage bei 5°C) und (2) die Zeitspanne nach dem Verpuppen bis hin zur Diapause zu ermitteln. Dabei fanden wir heraus, dass Männchen und Weibchen bei einer Diapausenlänge von 140 Tagen synchroner schlüpfen als bei 154 Tagen Diapause (Abb. 17). Darüber hinaus legten die Weibchen bei einer Diapausenlänge von 140 Tagen im Durchschnitt mehr Eier als bei 154 Tagen; sie nahmen allerdings beide bei längerer Zeitspanne vor der Diapause ab (Abb. 17).

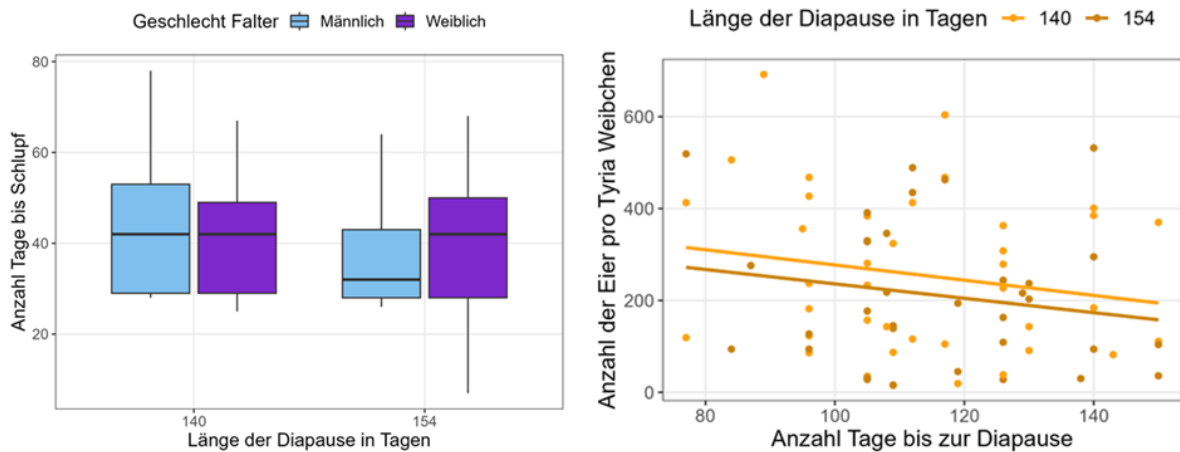


Abbildung 17: Schlupf der Falter des Blutbären nach Geschlecht getrennt (links) und die Anzahl an gelegten Eiern der Blutbärweibchen in Abhängigkeit der Anzahl an Tagen bis zur Diapause, sowie deren Länge (rechts).

Zuchtversuch 4: Gesunderhaltung der Zuchttiere

Im Rahmen des Projektes wurden Mikrosporidien (Schwächeparasiten, die zu den Pilzen gehören) in den Raupen der Laborzucht gefunden, die einen Teil dazu beigetragen haben, dass im ersten Jahr kaum Blutbären vermehrt werden konnten. Diese Krankheitserreger sind mit den Freilandsammlungen eingetragen worden und nicht etwa in den Zuchträumen erworben worden. Denn ein Vorliegen dieser Krankheit ist bereits aus einem Vorläuferprojekt bekannt (Schwarz et al., 2021). Aus diesem Grund wurde (1) die Zucht dahingehend umgestellt, dass die Blutbären nur noch isoliert gehalten wurden, selektiv gepaart und nach dem natürlichen Tod die Elterntiere auf Mikrosporidien überprüft wurden, um infizierte Eltern und deren Nachkommen rechtzeitig zu isolieren. Außerdem wurden (2) Stichproben im Freiland 2023 und 2024 genommen und diese auf das Vorkommen von Mikrosporidien sowie auf weitere Gegenspieler (Parasitoide, Nematoden etc.) untersucht. An den 24 untersuchten Standorten konnten an 10 Standorten Gegenspieler, sowie an 13 Standorten Mikrosporidien gefunden werden. Dabei gab es Überschneidungen von fünf Standorten, an denen sowohl Mikrosporidien als auch Gegenspieler wie zum Beispiel die Larven von endoparasitischen Brackwespen im Innern von Blutbärraupen nachgewiesen werden (Abb. 18). Somit waren in den Stichproben nur auf ca. 25 % der Standorte keine Gegenspieler oder Mikrosporidien gefunden worden.



Abbildung 18: Foto einer aufgeschnittenen Blutbärraupe mit endoparasitischen Brackwespen. Foto: Sophie Müller/JKI

Dies lässt drei Schlussfolgerungen zu:

1. Bei den Aufbau der Zuchten besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, sowohl Raupen die an Mikrosporidien erkrankt sind, oder auch Raupen mit Gegenspielern aufzufinden und verdeutlichen noch einmal die Notwendigkeit, diese im Rahmen von Zuchtprogrammen mit "Qualitätskontrolle" zu züchten.
2. Das reine Umsetzen von Raupen aus einer Region mit Antagonisten in weiter entfernte Regionen kann möglicherweise zum Einschleppen von Krankheiten und Gegenspielern führen, in denen diese ggf. noch nicht vorhanden sind. Dies ist insbesondere in Bezug auf den Rückgang des Blutbären in verschiedenen Regionen Deutschlands zu bedenken.
3. Der Erfolg des Raupeneinsatzes kann durch das Vorhandensein von Gegenspielern oder Krankheiten in der Region, oder auch in den Raupen selbst eingeschränkt sein. Dies bezieht sich nicht nur auf die Fraßmenge, die durch das frühere Sterben der Raupen reduziert wird, sondern auch auf die Etablierung des Blutbären auf der Fläche.

Schlussfolgerung für die Praxis:



Der hohe Anteil an Krankheitserregern und Parasiten in natürlichen Vorkommen des Blutbären macht das Umsetzen der Raupen über größere Distanzen sowohl ökologisch bedenklich, sowie auch problematisch in Hinblick auf die Etablierung des Blutbären auf den neuen Flächen. Hier wären Zuchten mit "Qualitätskontrollen" notwendig, um den Grundstein für einen erfolgreichen Raupeneinsatz zu legen.

3.1.2.2 Akzeptanz alternativer Kreuzkrautarten

Akzeptanzversuch 1: Eiablageversuche des Blutbären

Es wurden im Jahr 2024 verschiedene single-choice Versuche zur Annahme des Blutbären von anderen Kreuzkraut-Arten durchgeführt. Dabei wurde sowohl die Eiablage der Falter, wie auch das Fraßverhalten der Blutbärraupen auf die Annahme von Wasserkreuzkraut und dem Schmalblättrigen Kreuzkraut untersucht.



Abbildung 19: Beispiel der Haltung der Falter in BugDorm Insect Pots für die Eiablageversuche (links) und abgelegte Eier am Schmalblättrigen Kreuzkraut (rechts). Fotos: Sophie Müller/JKI

Für die Eiablage-Versuche wurden die Falterpaare jeweils einzeln in Käfigen mit ganzen Pflanzen oder Dosen mit Blättern der jeweiligen Pflanze gesetzt (Abb. 19). Die Blutbärfalter wurden bis zum natürlichen Tod auf den Pflanzen belassen und die Eigelege wurden fotografiert und entnommen. Die Anzahl an Eiern konnte dann anhand der Bilder nachträglich bestimmt werden. Dabei konnte eine Gesamtanzahl von 17620 Eiern aus 91 Weibchen gefunden werden, welches einen Durchschnittswert von 194 gelegten Eiern pro Weibchen darstellte. Die Falterweibchen legten je zu ca. 93% ($n = 54$) am Jakobskreuzkraut, zu 75% ($n = 12$) am Wasserkreuzkraut und 53% ($n = 17$) am Schmalblättrigen Kreuzkraut ab. Eingerechnet wurden hier alle Weibchen, die mindestens einmal ihre Eier auf den Pflanzen abgelegt hatten. Betrachtet man jedoch die Anzahl an Eiern (Abb. 20), die abgelegt wurden, so ist diese beim Wasserkreuzkraut und dem Jakobskreuzkraut signifikant höher ($p < 0.05$) als beim schmalblättrigen Kreuzkraut. Im Frühjahr 2025 wurden die Eiablage-Versuche noch einmal wiederholt, jedoch noch Buchweizen als nicht-Kreuzkraut-Pflanze hinzugenommen, um zu sehen, ob die Ablage der Eier am Schmalblättrigen Kreuzkraut per Zufall oder bewusste gewählt wurden. Hier zeigte sich, dass die Ablage an den Blättern des Schmalblättrigen Kreuzkrauts noch seltener stattfand als im Vorjahr, hingegen direkt am Buchweizen jedoch gar keine Eiablage stattfand.

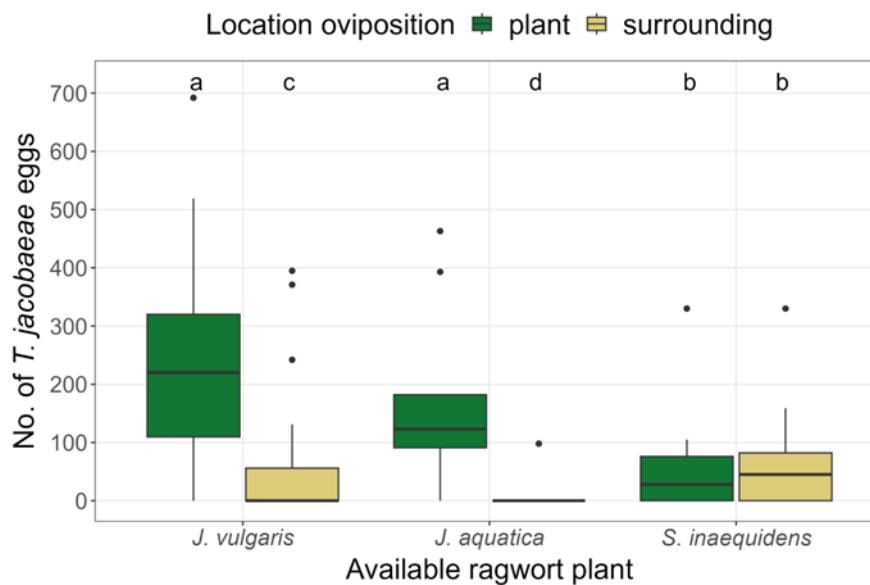


Abbildung 20: Darstellung der Anzahl an Eiern die von den Blutbär-Weibchen an den jeweiligen Pflanzen (grün/plant) oder in der Umgebung (gelb/surrounding) abgelegt wurden. Ganz links das Jakobskreuzkraut (*J. vulgaris*), in der Mitte das Wasserkreuzkraut (*J. aquatica*) und rechts das Schmalblättrige Kreuzkraut (*S. inaequidens*). Unterschiedliche Buchstaben über den Boxplots repräsentieren signifikante Unterschiede ($p < 0.05$).

Akzeptanzversuch 2: Fraßversuche des Blutbären

Für die Fraßversuche wurden je 10 Raupen des Blutbären auf (1) Jakobskreuzkraut Blättern, (2) Jakobskreuzkraut Blättern und Blüten, (3) Blättern des Wasserkreuzkrautes, (4) Blättern des Schmalblättrigen Kreuzkrautes oder (5) Blättern und Blüten des Schmalblättrigen Kreuzkrautes gehalten. Für den Versuchsstart wurden Raupen des zweiten Larvenstadiums eingesetzt und anhand ihres Gewichts in gleichmäßige Gruppen unterteilt. Der Versuch lief über ca. fünf Wochen, bis alle Raupen entweder verpuppt oder verstorben waren. Gehalten wurden die Raupen bei 20 °C, ca. 75% rH. und Langtagbedingungen (16L/8D) im RUMED Klimaschrank gehalten. Die Raupen wurden drei Mal pro Woche gewogen und das vorhandene Futter gewechselt. Bei dem Fraßversuch zeigte sich, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Wasserkreuzkraut und dem Jakobskreuzkraut am Gewicht der Raupen gibt. Zudem habe sich auch 90% der Raupen des Wasserkreuzkrautes erfolgreich verpuppen können, ebenso wie auf beiden Gruppen mit Jakobskreuzkraut. Anders sah dies beim Schmalblättrigen Kreuzkraut aus, auf dem keine der Raupen überleben konnten. Interessant war hier jedoch zu sehen, dass die Raupen, die Blüten des Schmalblättrigen Kreuzkrautes zur Verfügung hatten deutlich länger überleben konnten, als wenn ausschließlich Blätter des invasiven Kreuzkrautes vorhanden waren. Hier starben die Raupen nach spätestens 2 Wochen.

Schlussfolgernd kann hier festgehalten werden, dass das Schmalblättrige Kreuzkraut sich nicht als alternative Wirtspflanze für den Blutbären eignet und dadurch auch dieser nicht für die Kontrolle des invasiven Krautes in Frage kommt. Anders sieht es beim Wasserkreuzkraut aus, da die Versuche im Labor zeigten, dass eine Annahme der Pflanze und eine Etablierung des Blutbären möglich ist, sowie dann folglich auch dessen Kontrolle Potential bietet.



Schlussfolgerung für die Praxis:

Der Blutbär ist ein potenziell einsetzbarer Antagonist gegen das Jakobs- und das Wasserkreuzkraut, kann jedoch nicht gegen das Schmalblättrige Kreuzkraut eingesetzt werden.

3.1.2.3 Praktische Anwendung auf den Versuchsflächen

Praxisversuch 1: Identifikation des Schadpotentials der Antagonisten

Im Zeitraum vom 07.06. bis 05.07.2024 wurden im Labor gezüchtete Raupen in Gaze-Zelte im Westerwald ausgesetzt und die verursachten Fraßschäden an natürlich vorkommenden Pflanzen aufgenommen. An fünf Standpunkten wurden dabei jeweils drei Zelte (Grundfläche: 1,5 x 2,0 m; Abb. 21) aufgestellt: ein Zelt zur Kontrolle ohne Raupen, ein Zelt mit 54 Raupen (3 Raupen je Pflanze) und ein Zelt mit 90 Raupen (5 Raupen je Pflanze). Zweimal wöchentlich wurden in allen Zelten die Anzahl an Blätter und Blüten, sowie deren verschiedene Stadien aufgenommen. Außerdem wurde bonitiert, ob die Pflanzen angefressen, aufgefressen oder unbeschädigt waren. Zusätzlich wurde vor Beginn des Versuchs sowie zum Versuchsende Kreuzkrautpflanzen gewogen, um die Änderungen des Gewichts über die Zeit auf den verschiedenen Flächen bestimmen zu können.



Abbildung 21: Darstellung des Versuchsaufbaus des Gaze-Zelts auf der Versuchsfläche (links) und dem erfolgreichen Abfressen des Jakobskreuzkrauts durch die Raupen des Blutbären (mitte). Predation einer Blutbärraupe durch eine Schwebfliegenlarve (rechts). Fotos: Sophie Müller/JKI

Es zeigte sich, dass durch den Einsatz der Raupen die Anzahl an vitalen Blüten und Blättern am Ende des Versuchs signifikant geringer war, als in den Kontroll-Zelten ohne Raupen ($p \leq 0.034$; Abb. 22 Abbildung unten). Inwieweit weitere Faktoren dabei eine Rolle spielten, konnte zum jetzigen Stand noch nicht geklärt werden. Auf allen Flächen waren Blütengallen (wucherungsartige Veränderungen an Blüten) zu finden, sowie auch der Flohkäfer, die das Ergebnis positiv beeinflusst haben könnten. Zusätzlich konnten jedoch auch nicht-spezifische Gegenspieler in den Zelten gefunden werden, die die Raupen attackiert haben (Abb. 22 Fotos oben). Da hier unklar ist, wie viele Zelte und Raupen das betroffen haben könnte, konnte es in die Auswertung der Daten leider nicht mit einbezogen werden. Es zeigte sich jedoch auch, dass auf den Flächen mit den kleineren und weniger weit entwickelten Pflanzen der Reduktionseffekt durch den Raupenfrass deutlich höher war und somit ein früher Einsatz der Raupen auf noch nicht weit entwickelten Pflanzen erfolgsbringender zu sein scheint. Wissenschaftlich konnte dies jedoch anhand der

erhobenen Daten zum jetzigen Stand nicht nachgewiesen werden. Nach 18 Tagen waren jedoch ca. 20% der Pflanzen nicht wieder neu ausgetrieben.

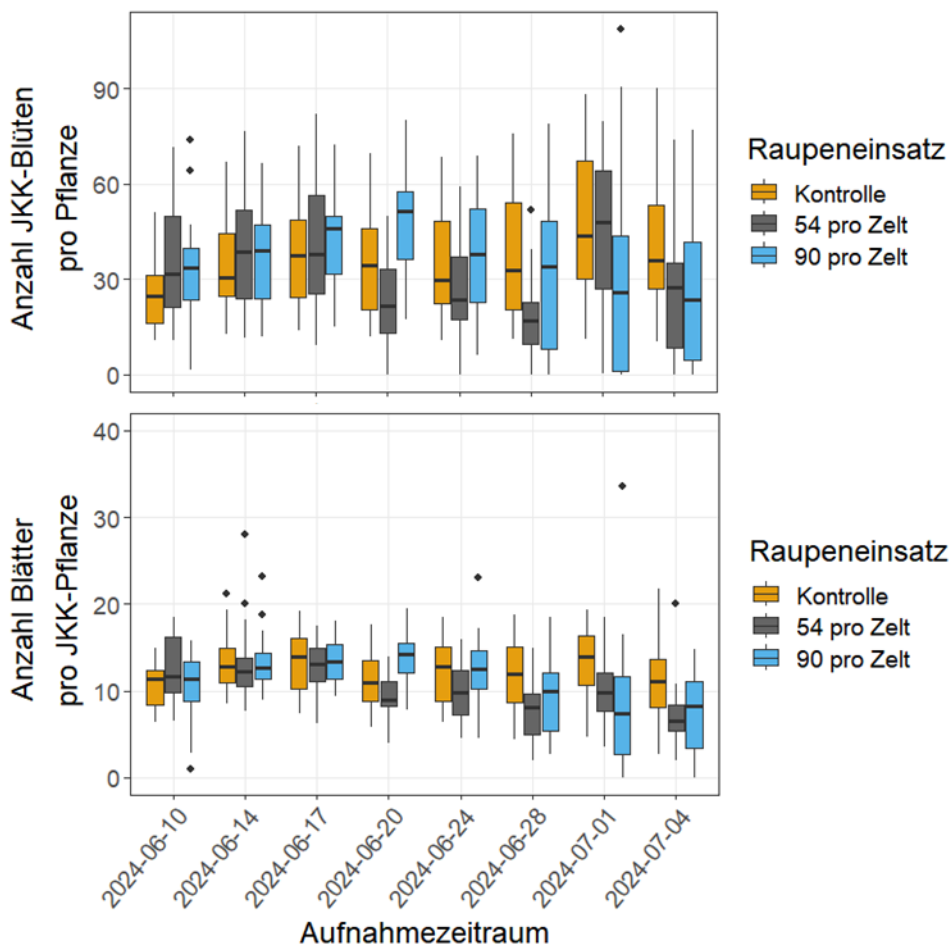


Abbildung 22: Darstellung der Anzahl an vitalen Blüten (oben) und vitalen Blättern (unten) in den jeweiligen Zelten pro Pflanze über den Untersuchungszeitraum.

Schlussfolgerung für die Praxis:



Die Raupen reduzieren erfolgreich die Anzahl an Blüten sowie Blättern an den Jakobskreuzkrautpflanzen. Von welchen Faktoren es abhängt, dass die Pflanze nicht wieder neu austreibt, oder auch komplett von den Raupen heruntergefressen wird, konnte nicht abschließend geklärt werden. Dennoch scheint ein früher Einsatz der Raupen, wenn die Pflanze noch nicht voll entwickelt ist, einen positiven Beitrag zur Kontrolle zu leisten.

Praxisversuch 2: Langzeiteffekte der Antagonisten

Um die langfristigeren Auswirkungen der Antagonisten auf das Vorkommen des Jakobskreuzkrautes untersuchen zu können, wurde in Kooperation mit der Universität Kiel auf ein bereits abgeschlossenes Projekt zum Blutbären aufgebaut (Schwarz et al., 2021). Im Rahmen des DBU-Projektes wurden Blutbärraupen entweder einmalig mit 500 Stück auf einer Fläche ausgesetzt (2017), oder über mehrere Jahre (2017-2019) je 50 Raupen pro Fläche ausgebracht. Aufgrund der hohen Abundanzen des Blutbären in Schleswig-Holstein wurde eine positiv-Kontrolle gewählt, also Flächen als Referenzflächen genutzt, die bereits hohe Populationszahlen an Blutbären aufwiesen. Erhoben wurden dann auf je neun Plots (ca. 1m x 1m) der 15 Flächen die Anzahl an (1) Keimlingen, (2) Rosetten, (3) Generativen Pflanzen, (4) Blütenständen und (5) der Deckung des Plots durch die Jakobskreuzkraut-Pflanzen (in %). Anhand der Anzahlen an Keimlingen, Rosetten und generativen Pflanzen konnte so auch die Gesamtanzahl an Jakobskreuzkraut ermittelt werden. Diese Aufnahmen wurden dann im Rahmen des Antago-Senecio Projektes im Jahr 2023 wiederholt, unter Einarbeitung durch die Doktorandin Kathrin Schwarz aus dem DBU-Projekt, um eine möglichst gute Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Diese zusätzlichen Aufnahmen ermöglichten es, den Einfluss des Ausbringens der Raupen unter zwei verschiedenen Strategien über einen längeren Zeitraum beurteilen zu können – auch Jahre nach der letzten Ausbringung. Die erhobenen Daten der generativen Jakobskreuzkraut-Pflanzen, sowie der Gesamtanzahl an Pflanzen ist in Abbildung 23 dargestellt.

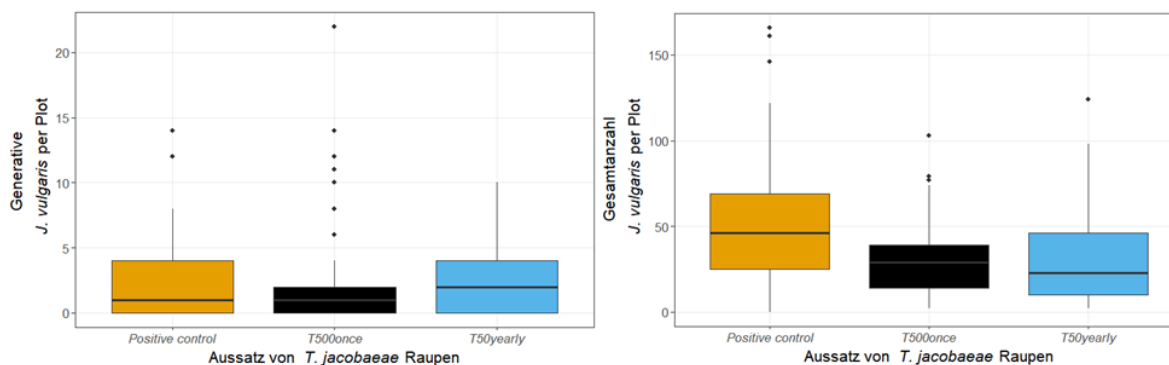


Abbildung 23: Darstellung der Anzahl an generativen Jakobskreuzkraut-Pflanzen (links) und Gesamtanzahl an Jakobskreuzkraut (rechts) je Plot auf den Versuchsflächen in Schleswig-Holstein im Jahr 2023.

3.2 Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen

Das Programm „EIP-Agri“ (Europäische Innovationspartnerschaft für landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit) fördert gezielt Innovationen und den Wissensaustausch zwischen Praxis, Forschung und Wirtschaft (Quelle: lh.hessen.de). Das Ziel: Die land- und forstwirtschaftliche Produktion soll effizienter und gleichzeitig ressourcenschonender werden – für mehr Nachhaltigkeit und Wettbewerbsfähigkeit im Agrarsektor. Die thematischen Schwerpunkte für die Umsetzung der EIP gemäß RL-IZ sind: 1) Neuartige landwirtschaftliche Produkte und Wertschöpfungsketten 2) Diversifizierung landwirtschaftlicher Aktivitäten, u. a. in Richtung sozialer Funktionen 3) Eindämmung des bzw. Anpassung an den Klimawandel/s 4) Entwicklung effektiver, umweltgerechter und/oder ökologischer Anbau- und Nutzungsverfahren im Pflanzenbau 5) Verbesserung der tiergerechten und leistungsorientierten Haltung und Zucht 6) Stärkung der Zusammenarbeit und der Aktivitäten auf der Grundlage lokaler Strategien 7) Förderung von Wissensaustausch und Vernetzung insbesondere im Rahmen des landwirtschaftlichen Wissens- und Innovationssystems (AKIS).

Das Antago-Senecio Projekt enthielt drei zentrale Ziele zur Populationsregulation des Jakobskreuzkrauts: (1) Die Prüfung von bisherigen und neuen landtechnischen Möglichkeiten, (2) die Prüfung von Möglichkeiten zur biologischen Regulierung mittels herbivorer Insekten und (3) die Kombination aus beiden Verfahren.

Im Bereich der Zusammenarbeit, als auch in der Förderung des Wissensaustausch und der Vernetzung waren die Mitglieder der OG Antago Senecio weit über das ursprünglich angestrebte Maß hinaus sehr aktiv (Kapitel 4.2 (Geplante) Verwertung/Verbreitung und Nutzung der Ergebnisse).

Bei den Pflanzen- und Landtechnikversuchen konnten wertvolle Erkenntnisse im Hinblick auf neuartige landwirtschaftliche Produkte gewonnen werden. Die Tests der Maschinen Bionalan Selac, TopcutCollect, dem Laser, der Stromlanze RootwavePro und dem Heißwasser-Verfahren mit Oeliatec zeigten die jeweiligen Stärken auf und gaben Hinweise darauf, an welchen Stellen noch nachgebessert werden kann. Zudem konnten im Rahmen der mehrjährigen Feldversuche wirksame, umweltgerechte und ökologische Anbau- und Nutzungsverfahren im Bereich der Unkrautbehandlung im Grünland identifiziert und erörtert werden. Das Vorhaben leistete zudem einen wichtigen Beitrag im Bereich Futtermittelsicherheit, indem Pyrrolizidinalkaloid-Analysen durchgeführt und auf das Ausmaß potenziell schädlicher Konzentrationen hingewiesen werden konnte.

In Bezug auf die biologischen Verfahren, bei denen es sich in dem Projekt um herbivore spezialisierte und heimische Insekten handelte, insbesondere den Blutbären *Tyria jacobaeae*, konnten zahlreiche neue Erkenntnisse zur Zucht (inkl. Infektionspreventionsmaßnahmen) gewonnen werden, sowie auch zu Kontrollmöglichkeiten von weiteren Kreuzkrautarten. Sehr deutliche Erkenntnisse wurden besonders in Bezug auf das Schmalblättrige Kreuzkraut gewonnen und es konnte gezeigt werden, dass der Blutbär hier kein biologisches Kontrollpotential besitzt, anders als beim Wasserkreuzkraut. Darüber hinaus konnten in Freilandversuchen erste Erkenntnisse zum möglichen Einsatz des Blutbären in der Untersuchungsregion gewonnen werden. Abgesehen vom Blutbären, konnte auch beim wenig untersuchten Rosenfarbenen Schwarzkopfwickler Erfolge in der Zucht und Handhabung erzielt werden. Eine weitere

wichtige Erkenntnis war auch der Fund von mehreren Antagonistenarten auf allen Versuchsflächen, aber auch das flächendeckende Vorkommen von Gegenspielern oder Krankheiten, die im Zuchtmanagement und bei der Ausbringung des Blutbären bedacht werden müssen.

Darüber hinaus konnten erste Ergebnisse zur Kombination von Hochmahdverfahren und dem Einsatz des Blutbären erzielt werden.

3.3 Erreichung der Ziele des Vorhabens

In AP1 and AP2 konnten die Ziele des Vorhabens vollumfänglich erreicht werden. Es fand keine Änderung der Ziele im Berichtszeitraum statt und es sind keine Änderungen der Zielsetzung notwendig.

In AP3 konnten die gesteckten Ziele, die Prüfung von bisherigen und neuen landtechnischen Möglichkeiten, erfüllt werden. Als zusätzlicher Monitoringbaustein kamen Pyrrolizidinalkaloid-Analysen durch eine Zusammenarbeit mit Dr. Florian Kaltner von der Arbeitsgruppe für Lebensmitteltechnologie (Justus-Liebig-Universität Gießen) hinzu. Zudem erweiterte sich das Untersuchungsspektrum um selektive Behandlungsoptionen aus der Industrie. Die Vernetzung zum Laserzentrum Hannover ermöglichte die testweise selektive Bestrahlung von einjährigen Kreuzkraut-Rosetten. Thomas Mann (Wurzelkiller GmbH) und Bernd Bossmann (Kersten Arealmaschinen GmbH) ermöglichten die testweise selektive Behandlung von generativen und vegetativen Kreuzkrautpflanzen als Topfpflanze und im Feld. Nur durch die Vernetzung, den Austausch, das Engagement und das Lernen aller Beteiligten voneinander konnten wir unsere Forschungsansätze im Projekt umsetzen.

Durch die geringen Erfolge der Zucht der Antagonisten im ersten Projektjahr von AP4, konnten die Freilandversuche nicht im ursprünglich geplanten Umfang umgesetzt werden. Dies bezieht sich zum einen auf die Freilandexperimente, die mit Aussatzversuchen nur im letzten Projektjahr stattfinden konnten, sowie die Anwendung der Raupen im Freiland an anderen Kreuzkraut-Arten. Allerdings wären nach den Erkenntnissen der Laborversuche Aussatzversuche auf dem Schmalblättrigen Kreuzkraut wenig vielversprechend gewesen, da bereits im Labor deutlich wurde, dass die Raupen auf diesem nicht überleben können und somit auch kein Kontrollpotential für diese Kreuzkrautart besitzen. In diesem Zusammenhang konnte auch die geplante Zusammenarbeit mit Hessen Mobil nicht umgesetzt werden. Des Weiteren wurde weniger als ursprünglich geplant mit dem Flohkäfer gearbeitet. Dies hatte zwei unterschiedliche Gründe: Zum einen gestaltete sich die Zucht schwierig, bzw. sehr aufwendig und zum anderen befanden sich auf allen Versuchsflächen bereits Flohkäfer, sodass der Fokus auf Antagonisten-Arten gelegt wurde, die andere Teile der Pflanze angreifen.

4 Ergebnisverwertung, Kommunikation und Verstetigung

4.1 Nutzen der Ergebnisse für die Praxis

Auf Seite der **Pflanzen- und Landtechnikversuche** ist ein angepasstes flächenspezifisches Management zu empfehlen, dass auf Basis der Versuchsergebnisse betriebsindividuell abgeleitet werden kann. Im Rahmen des Vorhabens wurde eine Flächenanalyse durchgeführt, um Umwelt- und Bewirtschaftungsvariablen zu identifizieren, die mit geringeren Kreuzkrautbeständen einhergehen. Diese waren: 1) eine hohe Vegetationsdeckung, 2) die Anwesenheit feuchtezeigender Arten und 3) händisches Ausreißen. Dies wiederum führt zu folgenden Maßnahmen, die die Betriebe für sich anstreben sollten: Eine standortangepasste Flächenpflege nach guter landwirtschaftlicher Praxis, ein regelmäßiges Mahdregime und Verbesserung der Bodenstruktur (z.B. Kalkung, organische Düngung), sodass Feuchtigkeit im Boden gehalten wird. Zudem unterdrücken selektive Maßnahmen, wie zum Beispiel das Ausreißen von Kreuzkräutern, die Ausbreitung und Aussamung. Diese Maßnahmen führen zu resilienteren Flächen und reduzieren langfristig die Etablierung neuer unerwünschter Arten. Darüberhinaus wurden pflanzenphysiologische Eigenschaften von Kreuzkräutern untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass sie eine hohe Regenerationsfähigkeit besitzen. Bei dem Wurzelaustriebsversuch konnte festgestellt werden, dass *J. vulgaris* bereits aus 1,5 cm langen Wurzelfragmenten wieder austreiben kann. Des Weiteren wurde ein Konkurrenzversuch mit einer Begleitvegetation durchgeführt. Hierbei zeigte sich, dass die Pflanzen jedoch wenig konkurrenzfähig sind. Für die Praxis bedeutet das, mithilfe einer dichten, lückenlosen Grasnarbe bestehend aus verschiedenen konkurrenzkräftigen Arten, gelingt es selbst etablierte *J. vulgaris* Keimlinge noch in ihrem Wachstum zu unterdrücken.

Im Rahmen der durchgeführten Feldversuche stellte sich heraus, dass eine Nutzungsintensivierung oder keine Flächennutzung (Brache) zur Rückdrängung von Jakobskreuzkraut führte. In Folge dieser Flächenmanagementmaßnahmen nahm die Individuenzahl ab. Diese Maßnahmen, insbesondere auch integrierte Ansätze mit Düngung, Kalkung und Schnitthäufigkeit haben jedoch gleichzeitig einen deutlichen, negativen Effekt auf die Begleitvegetation, was im Falle von Gebietskulissen wie z.B. FFH oder Biotopen mitbedacht werden muss. Eine Wiederherstellung der Qualität des Ökosystems nach einer integrierten Behandlung kann sich unter Umständen alleine durch die anschließende Aufnahme des regulären Managements wiedereinstellen (z.B. durch das Samenpotential im Boden) oder unterstützend durch Maßnahmen wie Mahdgutübertragung von einer benachbarten hochwertigen Fläche. Es bleibt jedoch das Risiko, dass sich die Flächen durch längerfristige Kreuzkrautmaßnahmen nachhaltig verändern und sensible Arten wie zum Beispiel Orchideen dauerhaft verschwinden. Es ist somit sorgfältig abzuwägen, ob eine Anpassung der Nutzung mit dem Risiko der Veränderungen in der Begleitvegetation gerechtfertigt werden kann. Für eine Erleichterung dieser Entscheidung stehen GrünlandberaterInnen, BiotopbetreuerInnen, sowie Naturschutzbehörden beratend zur Seite. Besonders wirksam und zielführend erscheint in diesem Zusammenhang die selektive Rosettenbehandlung zum Zeitpunkt in der Vegetationsphase eines geringen Aufwuchses. Vorangestellt dieser Methode ist ein Flächenmonitoring, womit die Befallsdichte/Auftrittshäufigkeit von *J. vulgaris* auf den

Flächen detektiert wird. Die selektive Rosettenbehandlung bietet den großen Vorteil, dass die Begleitvegetation maximal geschont wird und nur die unerwünschten Pflanzen zurückgedrängt werden. Dies kommt auch Grünlandflächen mit hohem Naturwert zugute.

Für die „**Biologischen Gegenspieler**“ ist aufgrund der Komplexität von Insektenzuchten und der aktuell nicht zur Verfügung stehenden Zuchten des Blutbären mit „Qualitätskontrolle“ vor allem die Förderung der bereits vorhandenen Antagonisten zu empfehlen. Unterschieden werden kann hier unter den Antagonisten, (1) die an Wurzel oder Sprossachse fressen, die Pflanze also „von innen“ angreifen, (2) den klassischen herbivoren, die die Pflanze von außen abfressen und (3) den „Blütenbewohner“, die sich von den Samen der Pflanze ernähren und so ihre Reproduktion vermindern (Abb. 24). Diese zu erkennen kann helfen entsprechende Maßnahmen umzusetzen, um diese auf den Flächen zu fördern. Mögliche Maßnahmen sind beispielsweise späteres Mähen der Flächen basierend auf der Biologie der vorhandenen Antagonisten oder das Einrichten von „Schutzstreifen“, die die vollständige Entwicklung der Individuen in diesem Bereich erlauben. Darüber hinaus konnte festgestellt werden, dass weder die Falter des Blutbären, noch dessen Raupen das Schmalblättrige Kreuzkraut als Wirtspflanze nutzen können, was belegt, dass der Blutbär für die biologische Kontrolle des invasiven Schmalblättrigen Kreuzkrauts ungeeignet ist. Anders ist es für das Wasserkreuzkraut: hier scheint der Blutbär ein möglicher Kandidat für eine biologische Kontrolle zu sein.



Abbildung 24: Abgebildet sind der Rosenfarbene Schwarzkopfwickler (Mitte oben) und dessen Fraßschäden (oben links), der Flohkäfer (Mitte) und die Fraßschäden des adulten Flohkäfers (oben rechts), sowie verschiedene Blütengallen (alle 4 Bilder unten). Das letzte Bild unten rechts zeigt eine Galle, aus der die Larve(n) bereits geschlüpft ist/(sind). Fotos: Sophie Müller/JKI

Auch wenn die Freilandversuche nicht so umfangreich wie geplant waren, sind dennoch wichtige Erkenntnisse gesammelt worden. Der Blutbär reduziert erfolgreich Blüten und Blätter der Jakobskreuzkraut-Pflanze und reduziert basierend auf den PA-Untersuchungen aus AP3 auch die Toxizität des Mahdguts, auch wenn die Pflanzen nicht letal geschädigt werden. Im Hinblick auf mögliche zukünftige Zuchten des Blutbären zeigt unsere Untersuchung, dass ein möglichst früher Einsatz der Raupen vorteilhaft sein könnte. Über die Zuchten könnte ein früherer Einsatz ermöglicht und ggfs. eine zweite Generation ausgesetzt werden, was die biologische Kontrolle des Jakobskreuzkrauts noch verstärken könnte. Hierzu besteht aber weiterhin Forschungsbedarf.

4.2 (Geplante) Verwertung/Verbreitung und Nutzung der Ergebnisse

Die Problematik mit Giftpflanzen, Teilergebnisse und die Ergebnisse aus 3,5 Jahren EIP-Projekt wurden mit Vertretern aus der Politik, des Naturschutzes und der Institutionen / Beratungsstellen vorgestellt und diskutiert (Abb. 25). Dazu wurden zusammen mit dem Bauerverband verschiedene Ausreiß-Aktionen veranstaltet, um die Öffentlichkeit für das Thema zu sensibilisieren und über die Giftigkeit des Jakobskreuzkrauts aufzuklären. 2023 besuchte der rheinland-pfälzische Umweltstaatssekretär Dr. E. Manz die Versuchsregion und macht sich selbst ein Bild über die Befallssituation und Ausbreitung der Kreuzkräuter im Hohen Westerwald. Medial konnten wir das Projekt in mehreren Pressemitteilungen (Rheinische Bauernzeitung, Rheinzeitung), Rundfunk- und Fernsehbeiträge (SWR und SAT1) vorstellen. Zu dem hatten wir auch die Gelegenheit unsere Versuche und die Maßnahmen bei verschiedenen Grünlandtagungen und Konferenzen zu präsentieren (Veranstaltung Biolog. Station, Netzwerk FokusTierwohl). Über die Fortschritte des Projektes und die geplanten Termine und Vorhaben, haben wir über unsere Homepage informiert.



Abbildung 25: Öffentlichkeitsarbeit im Rahmen verschiedener Veranstaltungen.

Die Veröffentlichungen und Teilnahmen sind nachfolgend chronologisch aufgelistet.

Internetauftritte

- Homepage mit Projektupdates (<https://antagosenecio.wordpress.com/>)
- Homepage Landschaftsökologie Uni Gießen (https://www.uni-giessen.de/de/fbz/fb09/institute/ilr/loek/forschung/aktuelle_projekte/antago-senecio-1)

Erfolgte Präsentation des Projekts bzw. der Ergebnisse:

Feldtage:

- Betreuung eines Projektstands auf den Ökofeldtagen (Hessische Staatsdomäne Gladbacher Hof Villmar, 28.-30.06.2022)
- Projekt- und Versuchsvorstellung am Hochmahd-Versuchstag in Zehnhausen (05.07.2022)
- Teilnahme an Kreuzkraut-Infoveranstaltung des Bauernverbands Neunkhausen (09.07.2023, WW)
- Betreuung eines Projektstands, 50 Jahre Hubertushof Irmtraut (über 5000 Besucher, 04.09.2022)
- Präsentation auf den Ökofeldtagen, Ditzingen, Baden-Württemberg (14.06.2023)
- Posterpräsentation DLG-Feldtage, Erwitte-Lippstadt, Nordrhein-Westfalen (11.06.-13.06.2024)
- Informationsveranstaltung Jakobskreuzkraut im artenreichen Grünland und Ausreißaktion, Zehnhausen (Rennerod) (06.07.2024), ca. 15 TeilnehmerInnen
- Modul BP-028 Grünlandlehre (Uni Gießen) zu Besuch in der Projektregion (12.07.2024)
- Modul „Grünlandlehre (BP028)“ zu Besuch bei den Versuchsflächen (2023)

Tagungen Workshops & Konferenzen

- Posterpräsentation am Hessischen Landschaftspflege-tag Gießen (30.09.2022)
- Posterpräsentation auf der EIP-Tagung Hannover (07.-08.-09.2022) Abschlussveranstaltung „7 Jahre Innovation und Zusammenarbeit in Hessen“ (6.12.2022)
- Projektvorstellung / Fachvortrag und Begehung der Versuchsfläche in Zehnhausen im Rahmen des Workshops „Extensivgrünland“ der biologischen Station Siegen-Wittgenstein, Burbach, Nordrhein-Westfalen (29.06.-30.06.2023)
- Teilnahme am Workshop „Transdisziplinarität in der agrarökologischen Forschung“, Thünen-Institut, Braunschweig (05.03.-06.03.2024)
- Poster auf der Konferenz des EU-GAP-Netzwerks „EIP-AGRI Operationelle Gruppen: Innovation in der Praxis“ (Estoril, Portu, 06.05.2024-08.05.2024)
- Projektvorstellung Kreuzkräuter auf Weideflächen – Effektive Bekämpfung und Management (Onlineseminar, Fokus Tierwohl, SMEKUL Sachsen, LLG Sachsen-Anhalt (21.08.), 140 TeilnehmerInnen
- Vortrag auf der 66. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V., Eberswalde (04.09.-06.09.2024)

- Digitaler Vortrag mit u.a. Projektpräsentation „Antago Senecio“, Impulse für Naturschutz und Landschaftsplanung in Niedersachsen, Alfred Toepfer Akademie Niedersachsen: „Jakobskreuzkraut: Bedeutung für Weidetiere, Ökologie und den Schutz artenreichen Grünlands“ (27.03.2025), 240 TeilnehmerInnen
- Vortrag auf dem Young Scientists Meeting - Conference 2022, Berlin, 9. - 11. November 2022
- Vortrag auf der 38. Tagung des Arbeitskreises „Nutzarthropoden und Entomopathogene Nematoden“, Schwentental, 24. – 25. November 2022
- Poster beim Tag der offenen Tür des Julius Kühn-Instituts in Dossenheim, 25. Juni 2023
- Poster auf dem 18th Symposium on Plant Insect Relationships in Bielefeld, 04. - 08. August 2024
- Vortrag auf der Entomologentagung 2025, Geisenheim, 17. - 20. März 2025
- Vortrag in der Vortragsreihe der Alfred Töpfer Akademie für Naturschutz, 27. März 2025
- Poster beim EU CAP Network Event 'Partnering for innovation with impact in agriculture and rural areas' am 29./30.04.2025 in Prag

Rundfunk und Presse

- Rheinische Bauernzeitschrift “Projekt im Hohen Westerwald gestartet” am 11.03.2023 von C. Brenner / DLR
- SWR Radio-Beitrag Vorstellung Projekt “KIHUG- KI gestützte hochautomatisierte Unkrautbekämpfung i Grünland” sowie Projekt “Antago Senecio” in einem gemeinsamen Beitrag am 25.07.2023
- Rhein-Zeitung Artikel “Jakobskreuzkraut wird zur tödlichen Gefahr - Rasante Vermehrung macht Landwirten im Hohen Westerwald die Bewirtschaftung von geschützten Flächen fast unmöglich” am 25.07.2023
- Landesschau Rheinland-Pfalz am 31.07.2023 mit Filmaufnahmen von den Versuchsflächen
- Online Artikel “Wie Raupen im Westerwald das Jakobskreuzkraut bekämpfen sollen - Rund um Rennerod läuft gerade ein Forschungsprojekt, das Landwirten helfen könnte. Für sie ist es schwierig, das Jakobskreuzkraut zu bekämpfen. Kleine Raupen könnten ihnen helfen. “<https://www.swr.de/swraktuell/rheinland-pfalz/koblenz/mit-raupen-jakobskreuzkraut-im-westerwald-bekaempfen-100.html> / 24.07.2024
- Sat1, 17:30 Uhr Nachrichten <https://www.1730live.de/kampf-gegen-jakobskreuzkraut/>
- Video mit Projektvorstellung und Eindrücken zum Aktionstag „Hochmahdverfahren“ (demnächst veröffentlicht)
- Rhein-Zeitung Artikel “Dem Jakobskreuzkraut den Kampf angesagt - Westerwälder Landwirte organisieren Ausreißaktion für den Naturschutz” am 15.08.2025
- Rhein-Zeitung Artikel “Wie das Jakobskreuzkraut bekämpft wird - Ziel ist es, praxisorientierte strategien im Grünland zu entwickeln” am 01.10.2025

Veröffentlichungen

Liste der Abschlussarbeiten mit Bezug zum Projekt:

- F. Meyers (2021) Bekämpfung von Kreuzkräutern im Grünland, Analyse der BBCH-Stadien nach Ansatzmöglichkeiten für eine Bekämpfungsstrategie
- H. Wollny (2021) Auswirkungen der zunehmenden Bedeckung von *J. vulgaris*, Syn. *J. vulgaris* auf die Bodensamenbanken von Grünlandflächen im Westerwald
- S. Markmann (2022) Einfluss einer variierenden Schnitffrequenz auf die Entwicklung von *J. vulgaris* im extensiven Grünland in der Region Westerwald
- E. Waluga (2022) Effekte von Düngung und Gras-Aussaatzstärke auf Keimung und Entwicklung von Kreuzkräutern
- J. Reinschmidt (2023) Effekte von Hochmahdsystemen auf die Regulation von *J. vulgaris* im extensiven Grünland
- N. Holler (2023) Einfluss von Schafbeweidung auf die Entwicklung von *J. vulgaris* im Grünland in der Region Westerwald
- N. Kaiser (2023) Auswirkungen einer selektiven elektrothermischen Behandlung auf *J. vulgaris*
- T. Rösch (2023) Einfluss von Schnitffrequenz, Düngung und Nachsaat auf die Entwicklung von *J. vulgaris* im extensiven Grünland in der Versuchsregion Westerwald
- L. Heßler (2023) Einfluss von Landschaft und Grünlandnutzung auf das Vorkommen von *J. vulgaris* in Emmerichenhain (Westerwald)
- L. Möbs (2023) Regenerationsfähigkeit von *J. vulgaris* nach Laserbehandlung und aus Wurzelfragmenten (L. Möbs)
- Woelfermann (2023) Populationsgenetische Untersuchungen der in Deutschland heimischen Pflanzenart Jakobs-Kreuzkraut (*J. vulgaris* Gaertn.)
- M. Lange (2024) Hochmahd zur Regulation von *J. vulgaris* in extensivem Grünland: Determinierung der Schnitthöhe auf Basis der Pyrrolizidinalkaloid-Konzentration und des Aufwuchses
- S. Ratz (2024) Vorkommen von *J. vulgaris* im Westerwald: Untersuchung von Umwelt- und Bewirtschaftungsparametern für ein angepasstes Flächenmanagement
- Ye Eun Shin (2024) Suitability of various ragwort species as food source for the cinnabar moth *Tyria jacobaeae*. TU Darmstadt, Bachelor Thesis.
- R. Ananiadis (2025) Effekte einer Kombination aus Kappungsschnitt und Antagonist *Tyria jacobaeae* auf die Fitness von *J. vulgaris* im Grünland
- S. Schrader (2025) Fitness von *J. vulgaris* in Konkurrenz verschiedener funktioneller Pflanzengruppen unter temporalem Versatz und variierender Aussaatstärke
- L. Golla (2025) Einfluss kombinierter pflanzenbaulicher Maßnahmen auf das Vorkommen und die Fitness von *Jacobaea vulgaris* Gaertn. Im artenreichen Grünland des Hohen Westerwalds.
- S. Turowski (2025) Einfluss unterschiedlicher Düngestrategien auf das Vorkommen und die Entwicklung von *Jacobaea vulgaris* im Westerwald
- H. Rabes (2025) Einfluss von Schnittzeitpunkt und Mähwerkstyp auf den hemerochoren Samentransfer in artenreichem Grünland

Es ist geplant, die Ergebnisse in wissenschaftlichen Fachzeitschriften zu veröffentlichen und für Dissertationen zu nutzen.

4.3 Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit

Aus den Vorhabensergebnissen schließen sich weitergehende wirtschaftliche und wissenschaftliche Fragestellungen an, die zukünftig zu bearbeiten sind.

Da zum einem die Pflanzenphysiologie und zum anderen die Bodenstrukturen und -gefüge sehr komplex und vielschichtig sind, haben sich im Laufe des Projektes einige Fragen hinsichtlich der Zusammenhänge und deren Auswirkung ergeben.

Grundlegend für eine wissenschaftliche Bewertung der Jakobskreuzkraut Häufigkeit, des Giftanteils und des damit verbundenen Risikos einer Erkrankung für Tier und Mensch ist die Flächenanalyse und das Monitoring. Die Häufigkeit des Auftretens von *J. vulgaris* in der Fläche stellt die Basis für die auszuwählende Rückdrängungsmaßnahme dar. Hier gilt es zukünftig durch Fernerkundung (z.B. Drohnenaufnahmen) Bilddaten so aufzubereiten und auszuwerten, das eine Befallsdichte (z.B. in Form einer Heatmap) ermittelt werden kann.

Bei den selektiven Maßnahmen sollten zukünftig weitere Versuche durchgeführt werden, so dass hier eine adäquate Maßnahme gefunden und definiert werden kann. Denn es steht der Verzicht auf Herbizideinsatz im Vordergrund. Die Behandlung der Rosette durch Starkstrom zeigte eine erste vielversprechende Wirkung. Wir würden uns wünschen, dass dieser Ansatz weiter verfolgt, erprobt und zum Serieneinsatz gebracht wird.

Der Schröpfschnitt, wo die Blütenköpfe vor Bildung der Samen, entfernt wurden, stellte in den ersten Versuchen eine vielversprechende Maßnahme dar. Zum einen konnte durch das Entfernen der Blütenköpfe der Giftanteil der Pflanze reduziert werden und zum anderen konnte somit die Aussamung verhindert werden. Auch hier müssten zukünftig weitere Versuche erfolgen, um dieses Verfahren in den landwirtschaftlichen Produktionsablauf zu integrieren.

Auch die Erforschung von Antagonisten und deren gezielter Einsatz und Vermehrung muss weiter vorangetrieben werden, um dieses Potential besser auszuschöpfen. Gerade die Etablierung und der gezielte Einsatz von Nützlingen muss noch weiter untersucht werden, damit dieser praxistauglich wird. Entscheidungshilfen für die Landwirte, beispielsweise welche Mengen von welchen Nützlingsarten notwendig sind, sollte hierbei weiter erforscht werden, um Handlungsempfehlungen bereitstellen zu können. Gleiches gilt für fördernde Maßnahmen auf der Fläche, auf denen bereits Antagonisten vorhanden sind, ist noch nicht hinreichend wissenschaftlich erforscht. Neben den Insekten als relevante Gegenspieler könnte auch die Erprobung von pathogenen Pilzen für den Einsatz gegen Kreuzkräuter in Frage kommen, solange diese spezialisiert auf die Zielpflanze einsetzbar sind.

Wirtschaftlich können Flächenmonitoringdaten verschiedenartig genutzt werden; sie bilden die Grundlage eines erfolgreichen Grünlandmanagements: Wie ist die Zusammensetzung von Gräsern und Kräutern und Leguminosen? Welche Düngemaßnahmen müssen / sollten durchgeführt werden? Wie und mit welchen Maßnahmen können Betriebe am effizientesten Problempflanzen zurückdrängen?

Schröpfschnitt und selektive Behandlungsmethoden können durch adäquate Weiterentwicklung in den landwirtschaftlichen Betriebsablauf integriert werden.

Autonomfahrende Werkzeugträgerplattformen (Robotersysteme) könnten dabei zukünftig dem Landwirt eine Arbeitsentlastung und Hilfe bei der Grünlandpflegemaßnahmen bieten. Daher sollte auch hier der ökonomische Einsatz weiter in der Praxis getestet werden.

Auch die Optimierung der Aufzucht von Nützlingen könnte zukünftig eine große Unterstützung bei der Jakobskreuzkrautrückdrängung bieten. Dabei sind aber noch Qualitätskontrollen hinsichtlich des Gesundheitszustandes der Nützlinge ein sehr wichtiger Bestandteil, um den erfolgreichen Einsatz zu gewährleisten.

5 Zusammenarbeit in der Operationellen Gruppe (OG)

5.1 Gestaltung der Zusammenarbeit

Zusammengesetzt hat sich die OG Antago-Senecio aus zwei wissenschaftlichen Forschungsinstituten und 8 landwirtschaftlichen Betrieben aus dem Westerwald/Lahn-Dill Bergland.

Leadpartner war die Universität Gießen mit Prof. Dr. Till Kleinebecker, Dr. Peter Ströde und Johanna Lill an der Professur für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung. Ihre Expertise liegt im Bereich Pflanzen- und Vegetationsökologie im Wirtschaftsgrünland und zu Auswirkungen von Bewirtschaftung(sintensität) auf die pflanzliche Artenvielfalt und Ökosystemfunktionen.

Das Julius Kühn-Institut Dossenheim war mit Dr. Annette Herz und Sophie Müller am Institut für Biologischen Pflanzenschutz, Fachgruppe Nützlinge und funktionelle Biodiversität vertreten. Ihre Expertise liegt im Bereich des biologischen Pflanzenschutz, der Nützlingsförderung und dem gezielten Einsatz von in Massen gezüchteten Nützlingen.

Es nahmen acht landwirtschaftliche Betriebe aus dem Westerwald und Lahn-Dill Bergland teil. Jörn Milnikel war Mitinitiator des Projekts und führt einen Grünlandbetrieb nach ökologischen Richtlinien im Nebenerwerb. Schwerpunkte sind Grundfuttergewinnung und Pferdehaltung. Horst Buchner, Andreas Reeh und Markus Theisen (Biobetrieb) betreiben viehlose Grünlandwirtschaft und Heuproduktion. Bei Burkhard Czycholl handelt es sich um einen Bio-Milchviehbetrieb und Axel Göbel führt einen Betrieb mit Mutterkuhhaltung und Heuwirtschaft. Frank Welzel und Dennis Burkhardt betreiben Grünlandwirtschaft (auch Heuvermarktung) kombiniert mit Pferdehaltung.

Projekttreffen erfolgten 2x mal jährlich, bei denen die Versuchsplanung, durchführenden Tätigkeiten, Versuchsergebnisse und Terminplanung durchgesprochen und diskutiert wurden. Folgende Projekttreffen wurden durchgeführt: Projekt Kick-Off am 23.02.2022 (Gießen), 29.04. (Rennerod) 27.09.2022 (Rennerod), 01.12.2022 (Gießen), 19.04.2023 (Rennerod), 07.09.2023 (Rennerod), 29.11.2023 (Gießen), 12.04.2024 (Dossenheim), 18.09.2024 (Rennerod), 26.11.2024 (Gießen), 23.04.2025 (Rennerod) (Abb. 26).

Die Abschlussveranstaltung fand am 26.09.2025 auf dem Hof Buchenhain in Emmerichenhain (Rennerod) mit über 50 TeilnehmerInnen statt.



Abbildung 26: Abschlussveranstaltung auf dem Hof Buchenhain in Emmerichenhain (Rennerod). B-E Projekttreffen.

5.2 Mehrwert des Formats einer OG

Die Zusammenarbeit in der OG wurde von allen Seiten als äußerst positiv empfunden. Besonders die enge Zusammenarbeit zwischen Forschung und Praxis, der Wissensaustausch und die Vernetzung sorgte für einen bereichernden Perspektivwechsel und förderte die praxisnahe Forschung. Somit können und konnten wissenschaftliche Ideen direkt zur Anwendung kommen. Aus dem Grund der sehr guten Vernetzung und der Zusammenarbeit war das Bestreben der OG in dieser Form bestehen zu bleiben. Zukünftig wirken die Mitglieder in dem neuen EIP-Projekt aimGrassland mit, was teilweise auf dem bisherigen Projekt aufbaut.

5.3 Weitere Zusammenarbeit

Aufgrund der guten Erfahrung mit der Förderstruktur „EIP-Agri“ und dem Erfolg des Projektes Antago Senecio ist eine weitere Zusammenarbeit im selben Förderrahmen vorgesehen. Weil weiterhin Forschungsbedarf besteht, und um innovative Ideen aus dem bisherigen Projekt weiterzuentwickeln, wurde 2024 das EIP-Projekt „aimGrassland“ initiiert, was im Juni 2025 bewilligt wurde. Leadpartner ist die Technische Hochschule Mittelhessen Prof. Dr. Seyed Eghbal Ghobadi Professur für Computer Vision und Machine Learning. Die Universität Gießen mit der Professur für Landschaftsökologie von Prof. Dr. Till Kleinebecker ist ebenfalls beteiligt. Die teilnehmenden landwirtschaftlichen Betriebe entstammen größtenteils aus dem Projekt Antago Senecio. Inhaltlich wird sich das neue Projekt schwerpunktmäßig mit dem Monitoring von artenreichem Grünland und Problempflanzen befassen, sowie mit der selektiven Behandlung letzterer. Es kann somit erfolgreich auf die im Projekt Antago Senecio errungenen Erkenntnisse, Infrastruktur und Netzwerk von Antago Senecio aufbauen.

6 Verwendung der Zuwendung

Für die OG Antago Senecio wurden während der Laufzeit insgesamt 10 Verwendungsnachweise realisiert. Der Hauptteil der OG Partner machte in Auszahlungsanträgen Personalkosten, Arbeitszeit, Reisekosten und Materialkosten geltend.

Besonders in Arbeitspaket 2 (Organisation, Landtechnik, Beratung) wurde nur ein kleiner Teil der bewilligten Beträge abgerufen. Landwirtschaftliche Betriebe verzichteten bewusst unentgeltlich auf eine Vielzahl der umgesetzten Leistungen. Diese stellten die Projektpartner nicht in Rechnung, um ein größeres Potential und mehr Erkenntnisse aus den wissenschaftlichen Arbeiten zu ziehen, womit wir eine vierte Versuchsperiode abdecken konnten. Zudem fielen die Versuchsflächen in ihrer Größe geringer aus als erwartet, wodurch geringere Kompensationszahlungen getätigt werden mussten bzw. auf diese von den Betrieben ebenso aus oben genanntem Grund verzichtet wurde. Diese Mittel flossen neben der Weiterführung der Versuche außerdem in Öffentlichkeitsarbeit und in die Verbreitung der Ergebnisse (Aktionstag/ Abschlusstreffen, Endbericht, Broschüre).

Sonstige Kosten sind z.B. für Hilfsmittel (Markierungen, Insektenzelte) im Rahmen von Feldversuchen, Labormittel für Bodenuntersuchungen, Analysekosten u.Ä. angefallen.

Im Zuwendungsbescheid vom 01.12.2021 wurden für das EIP-Agri Vorhaben „Antago Senecio“ insgesamt 381.701 € bewilligt, mit 305.556 € Zuwendung der Europäischen Union, 76.389,00 € Zuwendung des Landes Hessen und 2.207 € Vorhandener Eigenmittel (Barmittel). Für Maßnahmen der Zusammenarbeit (AP1) sind rund 56.250€ und für die inhaltliche Umsetzung des Innovationsvorhabens 323.717 € aufgewendet worden. Die restlichen Mittel von 1.734 € wurden nicht ausgeschöpft.

Tabelle 2: Übersicht der verwendeten Zuwendungen

Bewilligte Gesamtzuwendung	381.701 €
Gesamtausgabe Brutto	379.967 €
Zuwendungsfähige Ausgaben Netto	381.948 €
Laufende Zusammenarbeit	56.250 €
Arbeitspakete	323.717 €

7 Schlussfolgerungen und Ausblick

Rückblickend lässt sich die gute und sehr freundschaftliche Zusammenarbeit in der OG hervorheben. Alle Beteiligten haben sich bestmöglich nach ihren Kenntnissen und Fähigkeiten in der OG eingebracht, die Ziele und Ideen wurden diskutiert, entsprechend modifiziert und von allen Seiten unterstützt. Durch eine sehr gute, persönliche Kommunikationsebene konnten neue Ideen umgesetzt werden und die vielfältigen Disziplinen und Erfahrungen in die Versuche einfließen. Diese Transformation von Wissen aus anderen Bereichen, war ein wichtiger Bestandteil für den Erfolg des Projektes gerade bei den landtechnischen Verfahren. Die Definition klarer Ziele zu Beginn des Projekts war essenziell für den erfolgreichen weiteren Projektverlauf.

Die begrenzte Projektlaufzeit von regulär 3 Versuchssaisons war angesichts des Vorhabens knapp bemessen. Kreuzkräuter besitzen einen mindestens zwei- bis mehrjährigen Lebenszyklus, wobei sie typischerweise im ersten Jahr im Keimlings- und Rosettenstadium verbleiben und erst im zweiten Jahr zur Blüte gelangen. Das Stadium zum Behandlungszeitpunkt hat Konsequenzen auf die Maßnahmeneffektivität. Somit ist eine dreijährige Versuchslaufzeit des Projekts für das Versuchsunterfangen bereits als sehr kurz einzuordnen. Die Versuchsjahre zeichneten sich durch markante Witterungsunterschiede aus: Während das Erste sehr trocken ausfiel, waren die beiden folgenden Jahre von überdurchschnittlich hohen Niederschlägen geprägt. Ein weiteres Versuchshalbjahr konnte dazu beitragen die klimatischen Besonderheiten zwischen den Jahren besser ausgleichen. Daher sollte die Projektlaufzeit zukünftig flexibler an das Forschungsvorhaben/Innovationsvorhaben angepasst werden und nicht "pauschal" auf einen bestimmten Zeitraum fixiert sein. Der Projektstartpunkt fiel direkt mit dem Beginn der Feldversuche zusammen, was unter anderem auf die längeren Vorlaufzeiten für die Personaleinstellung in den jeweiligen Einrichtungen zurückzuführen ist. Als Wissenschaftliche Mitarbeiter/in verblieb somit kaum Zeit für eine Einarbeitung und die exakte Planung der Versuche und des Forschungsvorhabens. Gerade die EIP-Projekte die mit Feldversuchen durchgeführt werden, sollte der Projektstart etwa 2 Monate vor dem Start der Versuche liegen, um diese bestmöglichst vorzubereiten und abzustimmen. Auch hier wäre eine Flexibilität hinsichtlich der zeitlichen Gestaltung wünschenswert, um die Projekte noch erfolgreicher durchzuführen.

Durch die Rückschläge in der Zucht im ersten Versuchsjahr sind die praktischen Versuche auf den Versuchsflächen geringer ausgefallen als wünschenswert gewesen wäre. Dennoch konnten die ursprünglichen Probleme auch die Risiken und Schwierigkeiten aufzeigen, welche mit der Arbeit mit Insekten aus dem Freiland einhergehen. Besonders im Hinblick auf Krankheiten wurde deutlich, welche hohen Stellenwert Qualitätskontrollen für einen erfolgreichen Nützlingseinsatz haben. Dies wurde v.a. dadurch bestätigt, dass die gesunden Tiere aus der Zucht die Überwinterung im Westerwald überstanden haben, was eine mögliche Ansiedlung in dieser Region möglich machen würde. Auch die Zusammenarbeit mit der Universität Kiel und die Wiederholung der Aufnahmen aus früheren Aussatzversuchen hat Einblicke in die Langzeitwirkung im Einsatz des Blutbären aufgezeigt, welche im Rahmen normaler Projektlaufzeiten nicht möglich gewesen wären. Dies zeigt auch noch einmal, wie wichtig die Vernetzung verschiedener Gruppen und landwirtschaftlichen Betrieben untereinander ist. Ohne die Zusammenarbeit mit den

landwirtschaftlichen Betrieben wäre ein Zuchtaufbau im ersten Jahr deutlich schwieriger gewesen.

EIP-Agri bedeutet gemeinsames Forschen und wirksames Verändern. Nur durch aktiven Austausch, und dessen Förderung, gelingt eine transdisziplinäre Forschung für eine nachhaltige Agrarwende und die schnelle Umsetzung von innovativen Ideen. EIP-Agri schafft kreative, nachhaltige Lösungen und Vernetzungen für die Transformation, die für unserer Agrar- und Ernährungssysteme wichtig sind. Transformationen erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Praxis, Institutionen und der Politik, was die Projektstruktur von EIP-Agri fördert. Mit diesem Projektformat lassen sich gezielt Innovationen unterstützen und praxistauglich umsetzen. Die Forschung und die Forschungsergebnisse verstauben somit nicht in den Schubladen der Universitäten, sondern gelangen dorthin wo sie gebraucht werden, in die Praxis. Mit den "realen Experimentierräumen" wird Platz für neue Ideen und Innovation geschaffen, Wissenschaftler, Landwirte und Institutionen verfolgen die gleichen Ziele. Deshalb wäre es für die Zukunft wünschenswert, dass Wissenschaftler/-innen die sich in einem solchen Forschungsfeld mit "Real Lab-Bedingungen" bewegen, die sehr viel ihrer Freizeit in der Feldforschung verbringen und sich darüber hinaus am Austausch und der Vernetzung beteiligen, dies auch honoriert bekommen. Sowohl finanziell, aber vor allem, dass ihre wissenschaftliche und gesellschaftliche Leistung honoriert und besser anerkannt wird. EIP-Agri könnte dabei zukünftig eine entscheidende Rolle spielen. Somit hat EIP-Agri eine Schlüsselfunktion in der transdisziplinären Forschung und unterstützt die Realabore als neuen Forschungszweig. Denn nur gemeinsam können die komplexen Probleme unserer Zeit gelöst werden und für kommende Generation nachhaltige Lösungen erarbeiten.

8 Literaturverzeichnis

BMLFUW(HRSG.): Kreuzkraut bedroht die Viehherden. – <http://www.bmlfuw.gv.at/article/articleview/48512/1/4998> Stand 16.09.2010

Bengtsson J., Bullock J. M., Egoh B., Everson C., Everson T., O'connor T., ... & Lindborg, R. (2019). Grasslands—more important for ecosystem services than you might think. *Ecosphere* 10(2), e02582

Böhmer, H.J., Heger, T. & Trepel, L. (2001): Fallstudien zu gebietsfremden Arten. – In: Texte des UBA 13(1), Dessau-Roßlau, 126 S. http://www.floraweb.de/neoflora/handbuch/senecio_inaequidens_fallstudie.pdf

Böhmer, H. J. (2001): Das Schmalblättrige Greiskraut (*Senecio inaequidens* DC. 1837) in Deutschland – eine aktuelle Bestandsaufnahme. – In: Floristische Rundbriefe, 35(1/2), S. 47-54. http://www.floraweb.de/neoflora/handbuch/senecio_inaequidens_boehmer.pdf

Bosshard, A., Joshi J. & Lüscher A. (2003): Jakobs- und andere Kreuzkrautarten: eine Standortbestimmung. – In: Agrarforschung, 10 (6), S. 231-235.

Daily G. C. (1997). *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington: Island Press

Dörr, E. & LIPPERT, W. (2004): *Flora des Allgäus und seiner Umgebung*. Band 2. – IHW Verlag, Eching, 752 S.

Heger, T. & Böhmer, H.J. (2005): The invasion of central Europe by *Senecio inaequidens* DC – a complex biogeographical problem. – In: *Erdkunde*, 59 (1), S. 34-49. http://www.floraweb.de/neoflora/handbuch/senecio_inaequidens_heger_boehmer.pdf

IVPT (2010): *Senecio jacobea* – Veterinärtoxikologie. – http://www.vetpharm.uzh.ch/reloader.htm?giftdb/pflanzen/0038_vet.htm?inhalt_c.htm Stand: 28.09.2010.

Huckauf, A.; Rabe, I.; Aboling, S.; Böhling, J.; Böttner, E.; Ehlers, B. et al. (2017): Umgang mit dem Jakobs-Kreuzkraut. Meiden - Dulden - Bekämpfen. 4. Aufl. Hg. v. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig- Holstein (LLUR) und Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein. Flintbek, Molfsee (LLUR SH. Natur, 25).

Huyghe, C., De Vlieghe, A., & Golinski, P. (2014). European grasslands overview: temperate region. In *Grassland Science in Europe* (pp. 29-40). European Grassland Federation.

Kaltner, F., Stiglbauer, B., Rychlik, M., Gareis, M., & Gottschalk, C. (2019). Development of a sensitive analytical method for determining 44 pyrrolizidine alkaloids in teas and herbal teas via LC-ESI-MS/MS. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. doi:10.1007/s00216-019-02117-1

JOINT FAO/WHO, 2012 Discussion Paper on Management Practices for the Prevention and Reduction of Contamination of Food and Feed with Pyrrolizidine Alkaloids. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Committee on Contaminants in Foods, 6th Session, Maastricht, The Netherlands

Kriechbaum, M. (2009): Giftpflanzen im Grünland – aktuelle Zunahme, Ursachen und Lösungsmöglichkeiten am Beispiel von Greiskraut-Arten und Herbstzeitlose. – Zwischenbericht Lebensministerium Österreich, 34 S. https://www.dafne.at/prod/dafne_plus_common/attachment_download/5117b1eb0c94d8802494129633f29d10/Giftpflanzen_Zwischenbericht_2009.pdf

Landolt, E. et al. (2010): Flora indicativa. Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen. – 2., völlig neu bearb. Aufl., Haupt Verlag, Bern et al., 376 S.

Leuschner, C., & Ellenberg, H. (2017). *Vegetation ecology of central Europe* (Vol. 1). Cham: Springer.

LLUR (2009): Umgang mit dem Jakobs-Kreuzkraut. Meiden-Dulden-Bekämpfen. – LLUR, Flintbek, 50 S. <http://www.schleswig-holstein.de/LLUR/DE/Startseite/PDF/Jakobskreuzkraut.html>

Mayer, T. (2010): www.blumeninschwaben.de/Zweikeimblaettrige/Korbbluetler/GelbeArten/greiskraut.htm

Oberdorfer, E. (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. – 7., überarb. u. erg. Aufl., Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 1050 S.

Poschlod, P. (2015). The origin and development of the central European man-made landscape, habitat and species diversity as affected by climate and its changes—a review. *Interdisciplinaria Archaeologica, Natural Sciences in Archaeology*, 6(2), 197-221.

Siegrist-Maag, S., Lüscher, A. & Suter, M. (2008): Reaktion von Jakobs-Kreuzkraut auf Schnitt. – In: *Agrarforschung*, 15(7), S. 338-343.

Starfinger, U., Kowarik, I. & Isermann, M. (o. J.): *Senecio inaequidens* DC. (Asteraceae), Schmalblättriges Greiskraut. – <http://www.floraweb.de/neoflora/handbuch/senecioinaequidens.html> Stand: 16.09.2010

Suter M, Siegrist-Maag S, Connolly J, Lüscher A (2007): Can the occurrence of *Senecio jacobaea* be influenced by management practice? *Weed Res* 47: 262–266.

Suter, M. & Lüscher, A. (2007): Beeinflusst die Bewirtschaftung das Wasser-Kreuzkraut? – In: *Agrarforschung*, 14(1), S. 22-27.

Suter, M., Lüscher, A. & Kessler, W. (2010): Verhinderung der Ausbreitung von giftigen Kreuzkrautarten im Schweizer Grasland. – Unveröff. Abschlussber., AGFF Sektion Deutschschweiz, 28 S.

Squires V. R., Dengler J., Hua L., & Feng H. (Eds.). (2018). Grasslands of the world: diversity, management and conservation. CRC Press.

Ulber L. (2022) Senkung des Unkrautsamenpotenzials durch technische Apparaturen - Den Unkrautsamen an den Kragen. *Landwirtschaft ohne Pflug*. LOP 09/10 2022 Ackerbau PVZ: A 14279 ISSN 1432-9387

Ulber L. (2022) Sammeln statt bekämpfen? *topagrarSpezial Ungräser & Unkräuter* Ausgabe 09/2022

Wiggering, H., Diekötter, T., & Donath, T. W. (2022). Regulation of *Jacobaea vulgaris* by varied cutting and restoration measures. *Plos one*, 17(10), e0248094.

Wiedenfeld H. (2011): Plants containing pyrrolizidine alkaloids: toxicity and problems. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 28:3, 282-292.

LLH (2025) <https://llh.hessen.de/unternehmensfuehrung/agrarpolitik-und-foerderung/eip-agri>, Abgerufen am 05.10.2025

7 Danksagung

Besonders hervorzuheben sind die zahlreichen, von den Betrieben bewusst unentgeltlich umgesetzten Leistungen. Diese stellten die Projektpartner nicht in Rechnung, um ein größeres Potential und mehr Erkenntnisse aus den wissenschaftlichen Arbeiten zu ziehen.

Wir danken Dr. Florian Kaltner (Institut für Lebensmittelchemie und Lebensmitteltechnologie JLU, nun am Lehrstuhl für Lebensmittelsicherheit und Analytik, TUM) und Sophie Lennartz (Institut für Bodenkunde JLU, nun Department of Environmental Science Environmental chemistry & toxicology Aarhus) für die Ermöglichung der PA-Analysen. Florian Löckle (Zürn Harvesting) und Martin Heerema (Agri Bio-Solutions & Lyckegard Group AB) ermöglichten die Maschinenvorstellung der selektiven Unkrautmäher an unserem Feldtag 2022. Das Laserzentrum Hannover mit Matthias Lautenschläger und PD Dr. Merve Wollweber ermöglichte die testweise selektive Bestrahlung von einjährigen Kreuzkraut-Rosetten. Thomas Mann (Wurzelkiller GmbH) und Bernd Bossmann (Kersten Arealmaschinen GmbH) ermöglichten die testweise selektive Behandlung von generativen und vegetativen Kreuzkrautpflanzen als Topfpflanze und im Feld. Vielen Dank für die große Unterstützung!

Großer Dank geht auch an die Fördergeber, namentlich das Regierungspräsidium Gießen, die eine kostenneutrale Verlängerung der Projektlaufzeit und somit Fortführung der mehrjährigen Feldversuche ermöglicht haben.