



Detektionsbasierte Applikation in Biodiversitäts- förderflächen

Technischer Bericht Versuch 2023

Autorinnen und Autoren

Lena Perseus, Thomas Anken, Serge Buholzer



Impressum

Herausgeber	Agroscope Reckenholzstrasse 191 8046 Zürich www.agroscope.ch
Auskünfte	Serge Buholzer
Fotos	Lena Perseus, Serge Buholzer
Titelbild	www.agroline.ch
Copyright	© Agroscope 2024

Haftungsausschluss :
Die in dieser Publikation enthaltenen Angaben dienen allein zur Information der Leser/innen. Agroscope ist bemüht, korrekte, aktuelle und vollständige Informationen zur Verfügung zu stellen – übernimmt dafür jedoch keine Gewähr. Wir schliessen jede Haftung für eventuelle Schäden im Zusammenhang mit der Umsetzung der darin enthaltenen Informationen aus. Für die Leser/innen gelten die in der Schweiz gültigen Gesetze und Vorschriften, die aktuelle Rechtsprechung ist anwendbar.

Inhalt

Zusammenfassung	4
1 Einleitung	5
1.1 Ausgangslage	5
1.2 Zielsetzung	5
1.3 Zielart Wiesenblacke	5
2 Methodenbeschreibung	6
2.1 Partnerbetriebe, Lohnunternehmer und Betriebsdatenerfassung	6
2.2 Felddatenerhebung	6
2.2.1 Angemeldete Versuchsflächen	6
2.2.2 Erhebungsmethode	7
2.2.3 Erhebungszeitpunkt	8
2.2.4 Beispielbilder getroffener Blacken: Letal, subletal und vital	9
2.3 Maschinentypen: Verfügbare Geräte für das Spot Spraying	10
3 Resultate	11
3.1 Zielart: Wiesenblacke (<i>Rumex obtusifolius</i>)	11
3.1.1 Trefferquoten und Letalität	11
3.1.2 Effektivität der Maschinentypen und Wirksamkeit der Herbizide	11
3.2 Artenvielfalt auf den Versuchsflächen	12
3.2.1 Anzahl gefundener Arten	12
3.2.2 Korrelation der Artenvielfalt mit der Blackendichte	13
3.2.3 Mittlere Deckung auf Versuchsflächen	14
3.3 Trefferquoten von Nicht-Zielarten	15
3.3.1 Beschädigte Nicht-Zielarten (ohne Letalitätseinstufung)	15
3.3.2 Beschädigte Nicht-Zielarten (mit Letalitätseinstufung)	16
3.3.3 Falsch-Treffer (false positives) und kollaterale Spritzschäden	16
3.4 Unterschiedliche Maschinentypen	18
3.4.1 Kollaterale Spritzschäden in Bilder	19
3.5 Nachkontrolle von 10 Versuchsflächen	19
4 Diskussion	20
4.1 Herausforderungen beim Akquirieren von Versuchsflächen	20
4.2 Artenvielfalt auf den Versuchsflächen	20
4.3 Zielart Blacke mit guten Trefferquoten	20
4.4 Einige Nicht-Zielarten wurden häufig getroffen	21
4.5 Empfehlung für BLW	22
5 Fazit	23
6 Literaturverzeichnis	23
7 Appendix	23

Zusammenfassung

Detektionsbasierte Applikationen (DA) werden zunehmend in verschiedenen Bereichen der Landwirtschaft eingesetzt, um Unkräuter und Pilzkrankheiten zu bekämpfen. Dank Machine Learning wurde ein bedeutender Fortschritt bei der automatischen, einzelepflanzenspezifischen Unkrautregulierung erzielt. Aktuell sind in Biodiversitätsförderflächen (BFF) nur Einzelstock- oder Nester-Behandlungen mit spezifischen Herbiziden zugelassen. Die Frage stellt sich, ob die Erkennungsraten der DA mittlerweile präzise genug sind und zukünftig zur automatisierten Einzelstockbekämpfung von Blacken auf solchen Flächen zugelassen werden sollen. In diesem Versuch wurden 23 Versuchsflächen (extensiv genutzte Wiesen, BFF) untersucht, welche von drei Maschinentypen («Ecorobotix ARA», «Rumex», und «RumboJet») behandelt wurden. Die drei Maschinentypen waren unterschiedlich häufig vertreten und es ist schwierig spezifische Aussagen zu den einzelnen Leistungen zu machen. Unsere Untersuchungen zeigen insgesamt eine gute Trefferquote von mindestens 68% gegen die Wiesenblacke (*Rumex obtusifolius*). Einige geschädigte Nicht-Zielarten wurden unerwartet behandelt und wiesen im Vergleich zur Wiesenblacke sehr unterschiedliche Blattformen auf. Diese wurden entweder von der Bilderkennung fälschlicherweise mit der Wiesenblacke verwechselt, oder als Kollateralschaden im Spritzkegel neben Wiesenblacken oder anderen Nicht-Zielarten getroffen. Eine Liste von 14 Nicht-Zielarten mit wertvoller Bedeutung (Q2-Zeigerarten oder wertvolle Futterpflanzen) wurde bestimmt und deren Trefferquoten soll durch gezieltes Training des Machine Learning zukünftig reduziert werden. Die Datenlage ist momentan noch zu dünn, um definitive Empfehlungen zu geben. Daher wird ein Folgeprojekt beantragt, um weitere Erkenntnisse zu gewinnen und anschliessend Schwellenwerte für Trefferquoten von Nicht-Zielarten für die Zulassung solcher Maschinen auf BFF festlegen zu können.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Detektionsbasierte Applikationen (DA) werden immer intensiver in diversen Bereichen des Ackerbaus gegen verschiedene Unkräuter und Pilzkrankheiten eingesetzt. Durch den Einsatz von Machine Learning wurde der lang ersehnte Fortschritt im Bereich der automatischen, einzelpflanzen-spezifischen Unkrautregulierung erreicht. Aktuell sind in Biodiversitätsförderflächen (BFF) nur Einzelstock- oder Nester-Behandlungen mit spezifischen Herbiziden zugelassen. Die Frage stellt sich, ob DA mittlerweile genau genug sind und zukünftig zur automatisierten Einzelstockbekämpfung von Wiesenblacken auf solchen Flächen zugelassen werden sollen. Im Auftrag des Bundesamts für Landwirtschaft (BLW) wurde deshalb im Frühling und Herbst 2023 das Projekt «Detektionsbasierte Applikationen in BFF» durchgeführt und Daten von insgesamt 23 Versuchsflächen gesammelt.

1.2 Zielsetzung

Das Projekt soll Wissenslücken bezüglich Wirkung und Effizienz Detektionsbasierter Applikationssysteme schliessen und unterschiedliche Szenarien für den künftigen Einsatz dieser neuen Technologie in der Landwirtschaft aufzeigen. Die gesammelten Daten dieses Projekts sollen helfen Entscheidungsgrundlagen zu erarbeiten, mit welchen das BLW die Zulassung solcher Systeme zukünftig regeln kann. Es soll abgeschätzt werden, welche Bedeutung diese Verfahren für die Bewirtschaftung von BFF haben und was die Erfolge bzw. Misserfolge der Applikation sind. Es soll insbesondere Aufschluss über Einsatzzeitpunkte, Wirkung und Treffsicherheit aus direkten Feldbeobachtungen geben. Die Resultate des Projekts erlauben es dem BLW, datenbasiert über die Anwendung (ja/nein, Kriterien) von Spot-Spraying in BFF und Ackerkulturen zu entscheiden.

1.3 Zielart Wiesenblacke

Die Wiesenblacke (*Rumex obtusifolius*) gilt als eines der wichtigsten Problemunkräuter in der Schweiz und muss deshalb in BFF reguliert werden. Die Wiesenblacke, im weiteren Text vereinfachend 'Blacke' genannt, bevorzugen intensiv bewirtschaftete Wiesen und Weiden auf verdichteten Böden mit einem hohen Nährstoffniveau. Man findet sie gehäuft in lückigen Beständen, verursacht durch Bewirtschaftungsfehler, ungünstige Umwelteinflüsse sowie Tritt- und Mäuseschäden. Folgende Eigenschaften machen sie zum Problemunkraut: Hohe Konkurrenzkraft, verdrängt Futterpflanzen, schlechter Futterwert, hoher Gehalt an nachteiligen Gerbstoffen und wird vom Vieh verschmäht. Sie treibt rasch wieder aus, ist stresstolerant und robust, ist ein Platz-, Licht- und Nährstoffräuber, hat eine riesige Samenproduktion welche lange im Boden keimfähig bleiben ([AGFF Merkblatt 7 Wiesenblacken und Alpenblacken](#) (H. Hebeisen 2011)).

2 Methodenbeschreibung

Die genaue Methodenbeschreibung kann im Dokument «Methodenbeschreibung für Detektionsbasierte Applikation in BFF» vom 19.04.2023 nachgelesen werden (Appendix).

2.1 Partnerbetriebe, Lohnunternehmer und Betriebsdatenerfassung

Interessierte Landwirte konnten an dem Projekt teilnehmen und eine Bewilligung beim Kanton beantragen. Pro Kanton konnten im Frühling und Herbst insgesamt 10 Bewilligungen erteilt werden. Diese Bewilligung erlaubte den Landwirten zugelassene Wirkstoffe gemäss Merkblatt «[Herbizideinsatz in BFF](#) (2024)» mittels DA auf ihrer BFF einzusetzen. Die durch die Landwirte beauftragten Lohnunternehmer verpflichteten sich dadurch, die gewünschten Informationen via Online-Formular fristgemäss an Agroscope weiterzuleiten ([Informationsnotiz betreffend den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln anhand detektionsbasierter Applikation \(2024\)](#)).

2.2 Felddatenerhebung

2.2.1 Angemeldete Versuchsflächen

Es wurden insgesamt 38 Bewilligungen von sieben verschiedenen Kantonen erteilt und an Agroscope weitergeleitet. Davon wurden 34 Versuchsflächen via Online-Formular an Agroscope mit einer Behandlung durch den Lohnunternehmer gemeldet. Es handelt sich dabei ausschliesslich um extensiv genutzte Wiesen. Vier Flächen wurden möglicherweise ohne Ausfüllen des Online-Formulars behandelt und konnten aufgrund fehlender Informationen nicht berücksichtigt werden (je zwei Flächen im Kanton Bern und Zürich). Insgesamt wurden 23 Flächen besichtigt (**Abbildung 1**), die alle gegen das Unkraut Blacke (Stumpfbältrige Ampfer, *Rumex obtusifolius*) behandelt wurden. Eine Fläche wurde gegen Blacken und Ackerkratzdisteln (*Cirsium arvense*) behandelt, jedoch nicht besichtigt. In **Tabelle 1** und **Tabelle 2** ist eine Übersicht dargestellt über die Anzahl der Felder pro Kanton, Maschinentyp, Zeitraum der Applikation, Zielpflanze, Qualität der BFF und dem eingesetzten Herbizid.

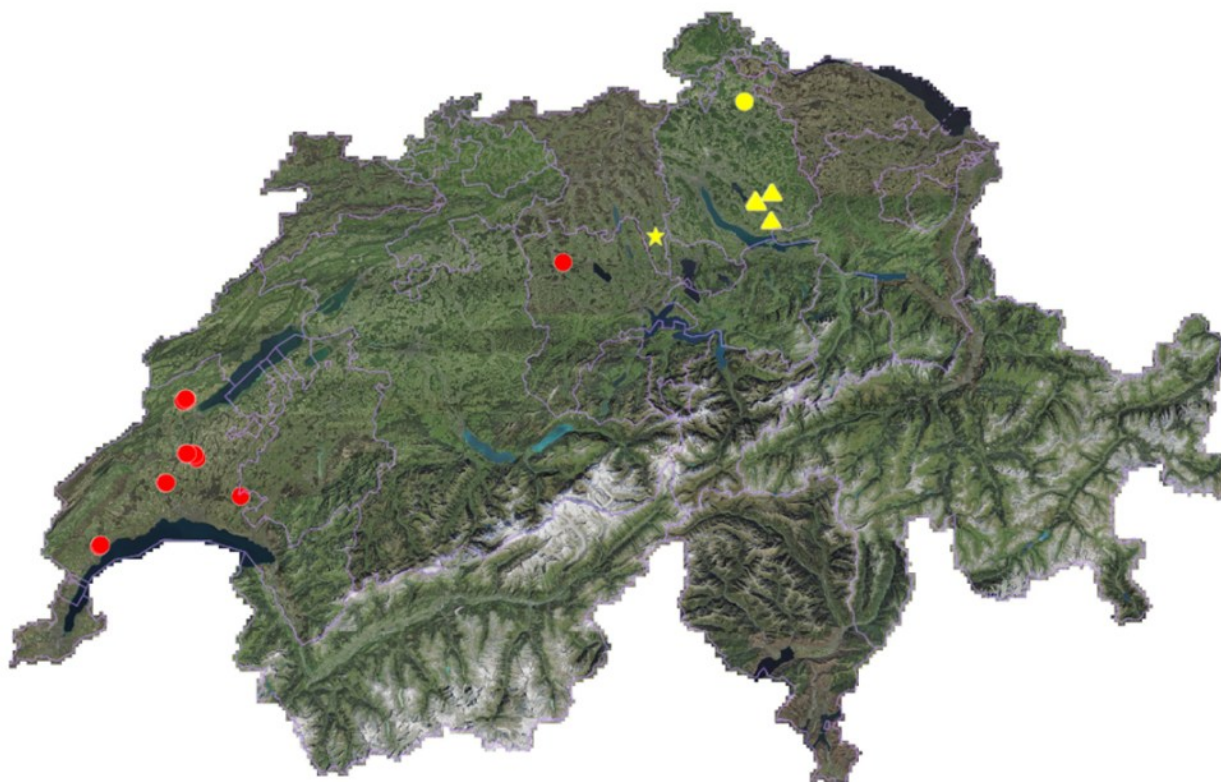


Abbildung 1: Markiert sind die besichtigten Versuchsflächen. In Rot zu sehen sind Flächen, die im Frühling vor dem 1. Schnitt behandelt wurden und in Gelb sind Flächen, die im Herbst vor dem 2. Schnitt behandelt wurden. Die verschiedenen Symbole stehen für die Maschinentypen. ●: «Ecorobotix ARA», ▲: «Rumex» ★: «RumboJet».

Tabelle 1: Eine Übersicht über die Anzahl Flächen, welche: Durch den Kanton bewilligt, behandelt und durch den Lohnunternehmer via Online-Formular an Agroscope mitgeteilt, besichtigt und nicht besichtigt wurden.

Kanton	Bewilligt durch Kanton	Informationen zur Behandlung erhalten	Besichtigt	Nicht besichtigt
Luzern	1	1	1	0
Waadt	23	23	14	9
Zürich	9	7	7	0
Solothurn	1	1	0	1
Zug	1	1	0	1
Aargau	1	1	1	0
Bern	2	0	0	0
Total	38	34	23	11

Tabelle 2: Eine Übersicht über die Anzahl Flächen die behandelt wurden, bezüglich den unterschiedlichen Maschinentypen, dem Behandlungszeitraum, der Zielpflanze, Qualität der BFF und der Wirkstoffe.

	Besichtigt	Nicht besichtigt
Maschinentyp		
Ecorobotix ARA	16	10
Rumex	6	1
RumboJet	1	0
Zeitraum		
1. Schnitt (Frühling)	15	10
2. Schnitt (Herbst)	8	2
zweite Bonitur nach Schnitt	10	0
Zielpflanze		
Wiesenblacken	23	12
Ackerkratzdisteln	0	1
Qualität		
Q1	8	1
Q2	15	4
Wirkstoff		
Ally Tabs/ Metsulfuron	16	9
Harmony	0	1
Harmony + Asulam	6	0

2.2.2 Erhebungsmethode

Zur Datenerhebung werden zwei Bonitur-Verfahren angewendet. In einem Transekt (**Abbildung 2**) wird die Applikationsgenauigkeit und die Trefferquote der Zielart und der Nicht-Zielarten geprüft. Dazu werden in einem 180 m² grossen Streifen alle getroffenen und nicht-getroffenen Blacken, sowie alle getroffenen Nicht-Zielarten gezählt. Jede gezählte Pflanze wird je nach Grad der Schädigung in eine von drei Kategorien eingeteilt: Letal, subletal oder vital. Ausserdem wird notiert, ob die Pflanze innerhalb des Spritzkegels als Kollateralschaden getroffen wird, oder als freistehende Pflanze falsch erkannt wird (**Abbildung 3**).

Es werden ausserdem 4 Vegetationsaufnahmen à 10 m² gemacht, bei welchen die gesamte Flora mit Deckungsschätzungen erfasst werden. Drei dieser Vegetationsaufnahmen liegen innerhalb und eine ausserhalb des Transekts (**Abbildung 2**). Daraus lässt sich die mittlere Deckung pro Art der Parzelle berechnen.

Zusätzlich zu den beiden oberen Methoden wurden weitere häufige Arten, die ausserhalb des Transekts gefunden wurden notiert, um eine Gesamtartenliste und einen Überblick über die Biodiversität zu erhalten.

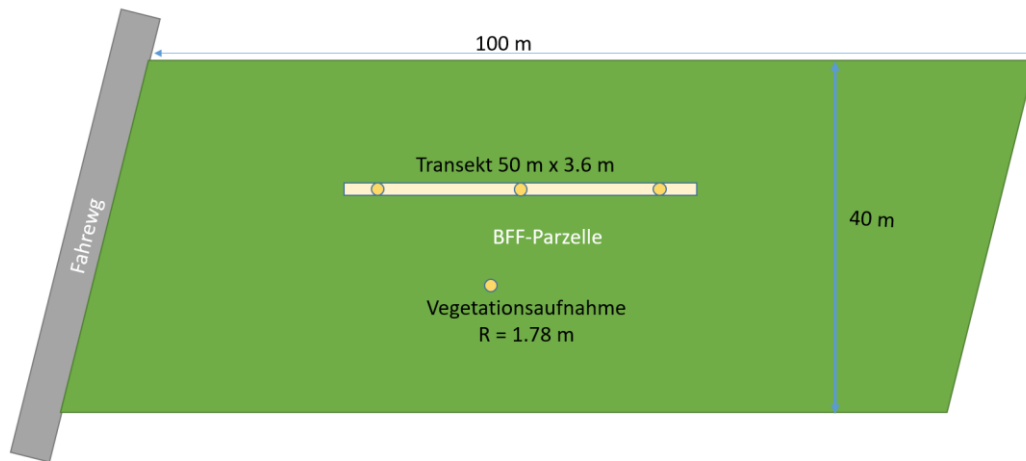


Abbildung 2: Auf jeder Versuchsfläche wurde ein Transekt von 50 x 3,6 m (180 m²) untersucht. Es wurden innerhalb dieses Transekts drei Vegetationsaufnahmen und ausserhalb eine Vegetationsaufnahme von je 10 m² gemacht. Diese wurden nach 10 m, 25 m und 40 m des Transekts gemacht und ausserhalb wurde ein zufälliger Ort dafür gewählt.

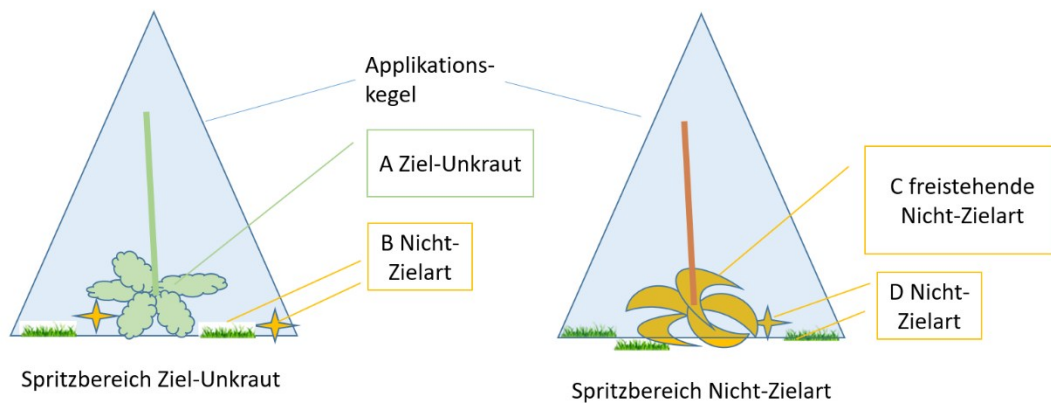


Abbildung 3: Im Transekt werden getroffene und nicht getroffene Blacken gezählt (A). Ausserdem wird die Anzahl der Nicht-Zielarten gezählt und unterteilt in (B) Nicht-Zielarten als Kollateralschaden in der Nähe von Blacken, (C) freistehende Nicht-Zielarten, die vom Gerät falsch erkannt wurden und (D) Nicht-Zielarten als Kollateralschaden in der Nähe von getroffenen Nicht-Zielarten. Alle getroffenen Pflanzen wurden in letal, subletal und vital eingestuft.

2.2.3 Erhebungszeitpunkt

Die Flächen werden zwischen 15-20 Tage nach der Applikation bonitiert. Dabei sollte die Wirksamkeit des Herbizids deutlich erkennbar sein, jedoch müssen die Pflanzen weiterhin identifizierbar bleiben.

2.2.4 Beispielbilder getroffener Blacken: Letal, subletal und vital

Zur den drei Kategorien von Schädigungsgraden letal (**Abbildung 4A**), subletal (**Abbildung 4B**) und vital (**Abbildung 4C**) folgen einige Beispielbilder zur Veranschaulichung.



Abbildung 4A: Letale Blacken. Es sind klare Herbizid Schäden sichtbar und die Blacke überlebt mit Sicherheit nicht.



Abbildung 4B: Subletale Blacken: Es sind klare Herbizid Schäden sichtbar, jedoch sind auch immer noch gesunde Blätter vorhanden. Es ist zu diesem Zeitpunkt unklar ob die Blacke überlebt oder nicht.



Abbildung 4C: Vitale Blacken: Blacken sind in einem vitalen Zustand und die Blütenstände entwickeln sich weitgehend normal. Es wird nicht unterschieden zwischen «nicht-getroffene Blacken» sowie «getroffen, aber gesunde Blacken». Einige Blacken wiesen 1-3 tote Blätter am Grund auf, schienen sonst aber sehr gesund.

2.3 Maschinentypen: Verfügbare Geräte für das Spot Spraying

Aktuell sind drei Geräte für die detektionsbasierte einzelpflanzen-spezifische Bekämpfung per Spotspraying am Markt verfügbar. Alle drei Geräte erkennen die Pflanzen basierend auf Machine Learning. Dies bedeutet, dass die Erkennung massgeblich durch die Trainingsdaten bestimmt werden. Je näher die Trainingsdaten mit den jeweiligen Einsatzverhältnissen übereinstimmen, desto besser ist die Erkennung.

ARA von Ecorobotix (Yverdon, CH)

Das Gerät besitzt eine Arbeitsbreite von 6 m mit Düsen im Abstand von 40 mm. Die Bildaufnahmen erfolgen geschützt vor Sonnenlicht mittels in Boxen liegenden Kameras. Die Belichtung erfolgt mittels LED. Die Algorithmen werden laufend angepasst und Softwareupdates erfolgen per WLAN. Das Gerät wird in Kombination mit einem Fronttank am Heck aufgebaut. www.ecorobotix.ch

Rumex von Rumex GmbH (Marktoberdorf, DE)

Das Gerät besitzt ebenfalls eine Arbeitsbreite von 6 m. Im Gegensatz zu den beiden anderen Geräten arbeitet die Kamera bei Tageslicht. Der Düsenabstand beträgt 66 mm. Das Gerät wird in der Front aufgebaut und besitzt einen integrierten 200lt Brühetauk. <https://rumex-gmbh.de/>

RumboJet 880 von Allgäu Automation (Oy-Mittelberg, DE)

Besitzt eine Arbeitsbreite von 8.8 m und einen Düsenabstand von 100 mm. Der Brühetauk fasst 600 Liter. Im Gegensatz zu den beiden anderen Geräten arbeitet der RumboJet mit einer Multispektralkamera. Der Aufnahmebereich wird aus Blachen gefertigten Hauben abgedeckt. Es handelt sich um ein gezogenes Gerät. <https://allgaeuautomation.de/>

3 Resultate

3.1 Zielart: Wiesenblacke (*Rumex obtusifolius*)

3.1.1 Trefferquoten und Letalität

Abbildung 5A zeigt den Anteil der Blacken jeder Letalitätsstufe pro Parzelle, welche in einem Transekt gezählt wurden. Die gleichen Parzellen werden als Boxplots mit den entsprechenden Mittelwerten ($\bar{x}$) in **Abbildung 5B** gezeigt. Im Durchschnitt wurden 43% aller Blacken in dem Transekt mit letalen Folgen getroffen. 25% der Treffer waren subletal und zum Zeitpunkt der Bonitur konnte noch nicht sicher festgestellt werden, ob die Blacke überlebt oder stirbt. 32% aller Blacken wurden als vital eingestuft. Diese Kategorie beinhaltet alle Blacken die entweder nicht getroffen wurden, oder getroffen wurden, aber nur geringe Schädigungen aufwiesen. Daraus wurde geschlossen, dass diese mit grosser Wahrscheinlichkeit überlebten. Ohne zu sagen, ob die Blacke stirbt oder nicht, wurden im Schnitt 68% der Blacken mit Sicherheit getroffen (letal + subletal).

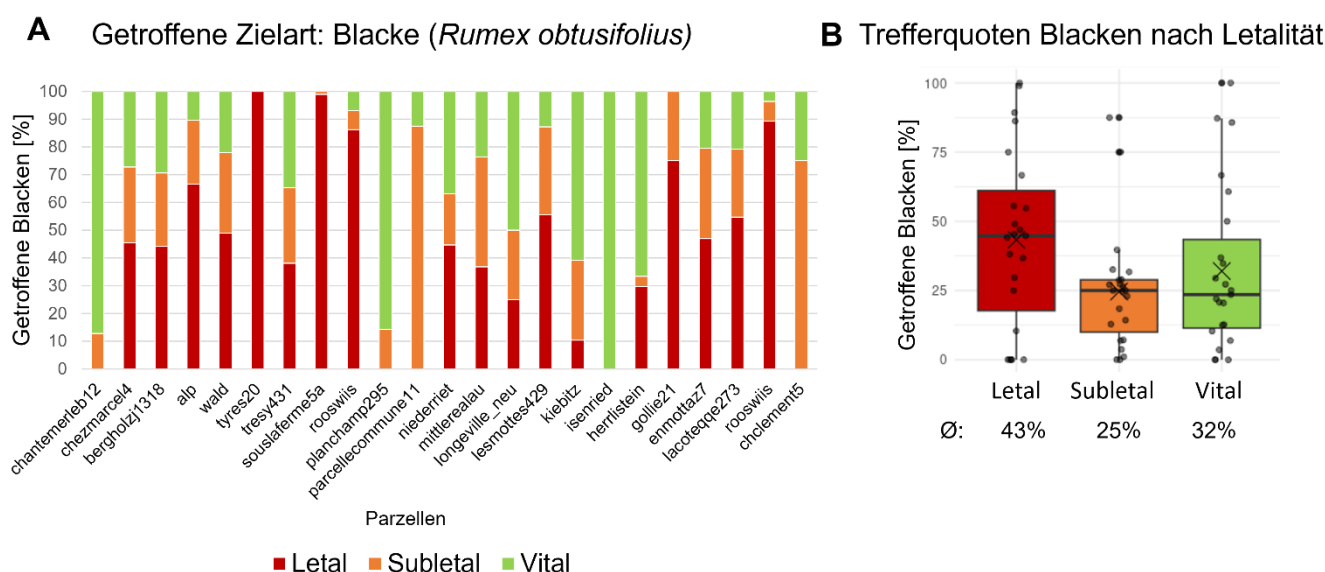
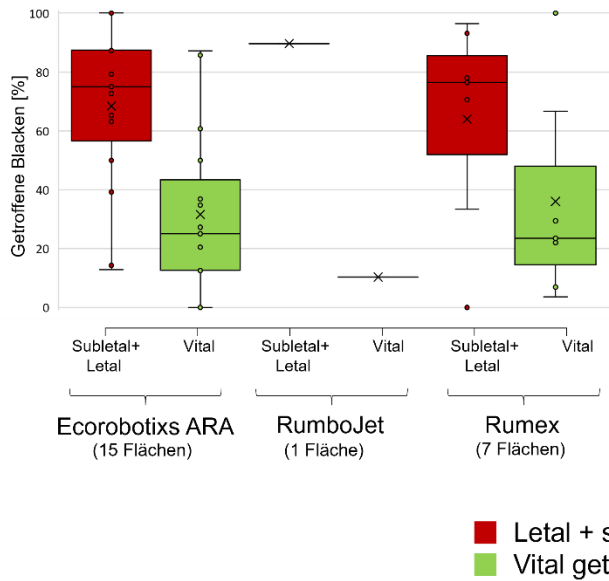


Abbildung 5: (A) Übersicht über die getroffenen Blacken der einzelnen Parzellen aus dem Transekt T1. Alle gefundenen Blacken wurden in 3 Letalitätsstufen eingeteilt, deshalb gibt es überall im totalen 100%. Die Stufe «Vital» beinhaltet Blacken, welche getroffen wurden, aber überleben und solche die nicht getroffen wurden. (B) Die Boxplots zeigen die Unterschiede zwischen den Letalitätsstufen und deren Durchschnitte (X).

3.1.2 Effektivität der Maschinentypen und Wirksamkeit der Herbizide

Drei verschiedene Maschinentypen wurden auf den Versuchsflächen eingesetzt. Es wurden 7 Flächen durch «Rumex» behandelt, welche als Herbizid Asulam + Harmony SX eingesetzt hat. Eine Fläche wurde durch «RumboJet» mit dem Herbizid Ally Taps/ Metsulfuron-methyl gespritzt. Das selbe Herbizid wurde auch durch «Ecorobotix ARA» auf 15 weiteren Flächen appliziert. Dargestellt werden in Rot der Durchschnitt der Trefferquoten der letal und subletal getroffenen Blacken sowie in Grün der vitalen Blacken (**Abbildung 6A**). Alle Maschinentypen wiesen eine hohe Effizienz gegen Blacken auf, bei der mindestens 60% letal oder subletal getroffen wurden. Der Durchschnitt der Anzahl überlebenden oder nicht-getroffenen Blacken (vital) war bei «Rumex» und «Ecorobotix ARA» vergleichbar und lag bei 36% respektive 32%. «RumboJet» wies mit durchschnittlich 90% die beste Trefferquote für letal und subletal getroffene Blacken auf, jedoch wurde nur 1 Feld behandelt und ist deshalb nicht sehr aussagekräftig. Bei der Wirksamkeit der zwei Herbizide liessen sich nur geringe Unterschiede feststellen, wobei «Ally Taps/ Metsulfuron-metyl» mit durchschnittlich 70% etwas besser abschnitt als «Asulam + Harmony SX» mit 64% (**Abbildung 6B**). Bei «Ally Taps/ Metsulfuron-metyl» waren noch 32% der Blacken vital und bei «Asulam + Harmony SX» noch 36%.

A Trefferquoten der Maschinentypen gegen Blacken



B Wirksamkeit der Herbizide

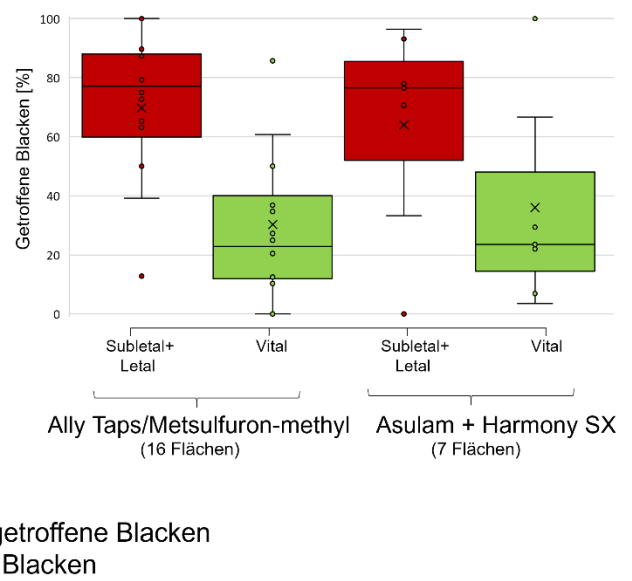


Abbildung 6: (A) Zwei Boxplots pro Maschinentyp. Durch «Ecorobotix ARA» wurden 15 Flächen, durch «RumboJet» eine Fläche und durch «Rumex» 7 Flächen behandelt. (B) Zwei Boxplots pro Herbizid. «Ecorobotix ARA» sowie «RumboJet» behandelten ihre Flächen mit «Ally Taps/Metsulfuron-methyl» (total 16 Flächen) und «Rumex» mit «Asulam + Harmony SX» (7 Flächen). Durchschnitte werden durch (X) angezeigt. Rot: Letale + subletale Blacken, Grün: vitale Blacken (nicht getroffen, oder getroffen, aber gesund).

3.2 Artenvielfalt auf den Versuchsflächen

3.2.1 Anzahl gefundener Arten

Um einen Überblick über die Artenvielfalt der Flora auf den Versuchsflächen (Parzellen) zu erhalten, wurde eine Gesamtartenliste erstellt. Von jeder Parzelle ist die Gesamtartenzahl (aus den 4 x 10m² Vegetationsaufnahmen und den zusätzlich gefundenen Arten), einmal mit und einmal ohne Gräser, dargestellt (**Abbildung 7A**). Gräser wurden für die nachfolgenden Analysen ausgeschlossen, da die gespritzten Herbizide genug spezifisch sind, um diese nicht zu schädigen. Die Parzellen wurden ausserdem in die Qualitätsstufe Q1 und Q2 eingeteilt, in der sie als BFF

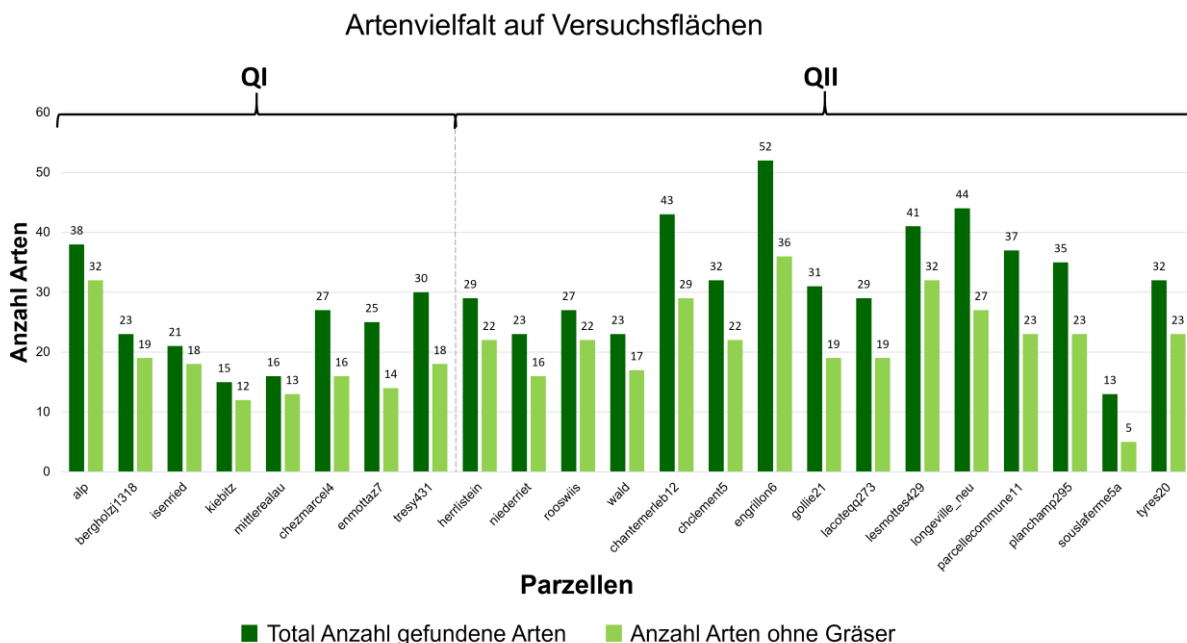


Abbildung 7A: Übersicht über die Anzahl der gefundenen Arten auf den einzelnen Versuchsflächen (Parzellen). Es wird unterschieden zwischen der Gesamtartenzahl und aller Arten ohne die Gräser. Die Parzellen sind aufgeteilt in Q1 und Q2 extensive Wiesen.

angemeldet sind. Erwartungsgemäss haben die Q2-BFF grundsätzlich eine höhere Artenzahl (**Abbildung 7B**). Jedoch gibt es auch wenige Ausnahmen, die eine extrem tiefe Artenzahl haben, wie beispielsweise die Parzelle «Sous La Ferme 5a» mit nur 13 gefundenen Arten. Es wird davon ausgegangen, dass dies Neuansaat von blumenreichen Wiesen sind.

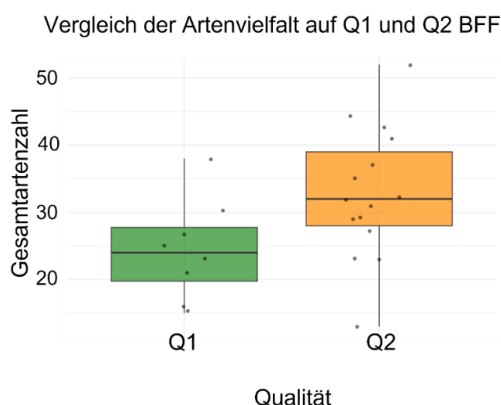


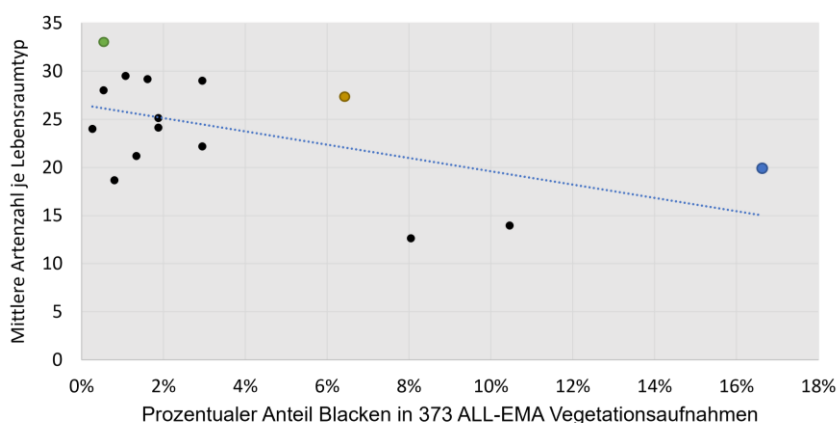
Abbildung 7B: Direkter Vergleich zwischen den Flächen der Q1 und Q2 BFF bezüglich ihrer Gesamtartenzahl pro Parzelle.

3.2.2 Korrelation der Artenvielfalt mit der Blackendichte

Anhand des Datensatzes aus dem Monitoringprogramm „Arten und Lebensräume Landwirtschaft“ - ALL-EMA, konnte eine Korrelation zwischen der Anzahl Arten und dem Blackenvorkommen festgestellt werden (**Abbildung 8**). Es wurden 373 Vegetationsaufnahmen aus 15 verschiedenen Lebensraumtypen ausgewertet und deren durchschnittliche Artenzahl berechnet. Je weniger Arten in einem Lebensraumtyp vorkommen, desto mehr nimmt die Abundanz von Blacken zu. In unseren Untersuchungsparzellen wurden drei Lebensraumtypen (LRT) vorgefunden (farbig markiert). In den trockenen Fromentalwiesen (4.5.1.3) der ALL-EMA Daten wurde ein Mittelwert von 33 Arten gefunden und eine Blackendichte von nur 2%. Bei der Typischen Fromentalwiese (4.5.1.2) wurden im Durchschnitt 27 Arten gefunden und eine Blackendichte von 6%. Bei der Raigras-Intensiv-Wiese (4.5.1.6) wurden im Durchschnitt 20 Arten gefunden und eine Blackendichte von 17%.

Lebensraumtypen:

- Trockene Fromentalwiese
- Feuchte Fromentalwiese
- Rotschwingel Straussgrasweide
- Sumpfdotterblumenwiese
- Mesobromion
- Typische Fromentalwiese
- Knautgras-Wiesen
- Nährstoffreicher Krautsaum
- Spierstaudenflur
- Fuchsschwanz Intensiv-Wiese
- Rebberge
- Raigras-Intensiv-Wiese
- Feuchter Krautsaum
- Ackerfläche
- Kunstwiese



Daten aus 373 Vegetationsaufnahmen von ALL-EMA

Abbildung 8: Korrelation zwischen der Blackendichte und der mittleren Artenzahl von 373 Vegetationsaufnahmen von 15 Lebensraumtypen aus dem Monitoringprogramm „Arten und Lebensräume Landwirtschaft“ - ALL-EMA. Die drei Farben repräsentieren die markierten Lebensraumtypen.

Auch in den 23 bonitierten Parzellen konnte eine Korrelation zwischen dem Blackenvorkommen und der Artenvielfalt festgestellt werden. Eine Fläche wies eine besonders hohe Blackendichte auf und wurde deshalb als Ausreisser behandelt (**Abbildung 9A**, roter Kreis). Bei dieser Fläche handelte es sich um eine Neusaat. Selbst ohne diesen Ausreisser wird eine Abnahme der Anzahl Blacken sichtbar, sobald die Artenzahl zunimmt (**Abbildung 9B**). Jeder Parzelle wurde ein Lebensraumtyp zugeordnet. Es wurden drei verschiedene LRTs gefunden (farbig markiert). Es

wird sichtbar, dass die Typische und Trockene Fromentalwiese tendenziell eine höhere Artenzahl und eine tiefere Blackendichte aufweisen. Die Raigras-Intensiv-Wiese hingegen weist tiefere Artenzahlen auf und ein höheres Blackenvorkommen.

Korrelation zwischen Anzahl Blacken und Artenvielfalt

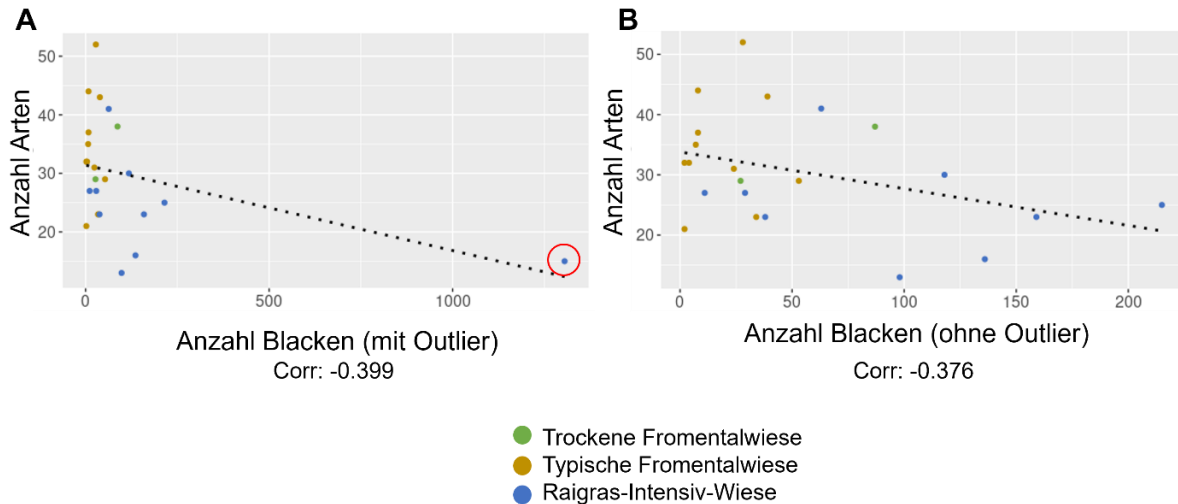


Abbildung 9: (A) Totale Anzahl Arten (mit Gräser) und der Anzahl gezählten Blacken auf den 23 Versuchsfeldern im Transekt. Eine Fläche mit sehr hoher Blackendichte wird als Ausreisser behandelt (roter Kreis). (B) Die Korrelation bleibt jedoch auch bestehen, wenn dieser Ausreisser ausgeschlossen wird. Die drei Farben repräsentieren die markierten Lebensraumtypen.

3.2.3 Mittlere Deckung auf Versuchsfeldern

Um einen Überblick über die häufigsten Arten auf den beurteilten BFF zu erhalten, wurde die mittlere Deckung pro Art berechnet (**Abbildung 10**). Zusätzlich wurde jede Art in eine Prioritätsstufe eingeteilt, die die Relevanz der Art für die Biodiversität aufzeigen soll. Bei den meist verbreiteten Arten handelt es sich um recht gute Futterpflanzen, wie beispielsweise Klee (*Trifolium repens* und *Trifolium pratense*), Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*) oder Löwenzahn (*Taraxacum officinale*). Auch einige Q2-Zeigerarten sind im Durchschnitt regelmässig vertreten wie gewöhnliches Milchkraut (*Leontodon hispidus*), Feld-Witwenblumen (*Knautia arvensis*) und Wiesenmargeriten (*Leucanthemum vulgare*). Beikräuter und Unkräuter kommen relativ selten vor.

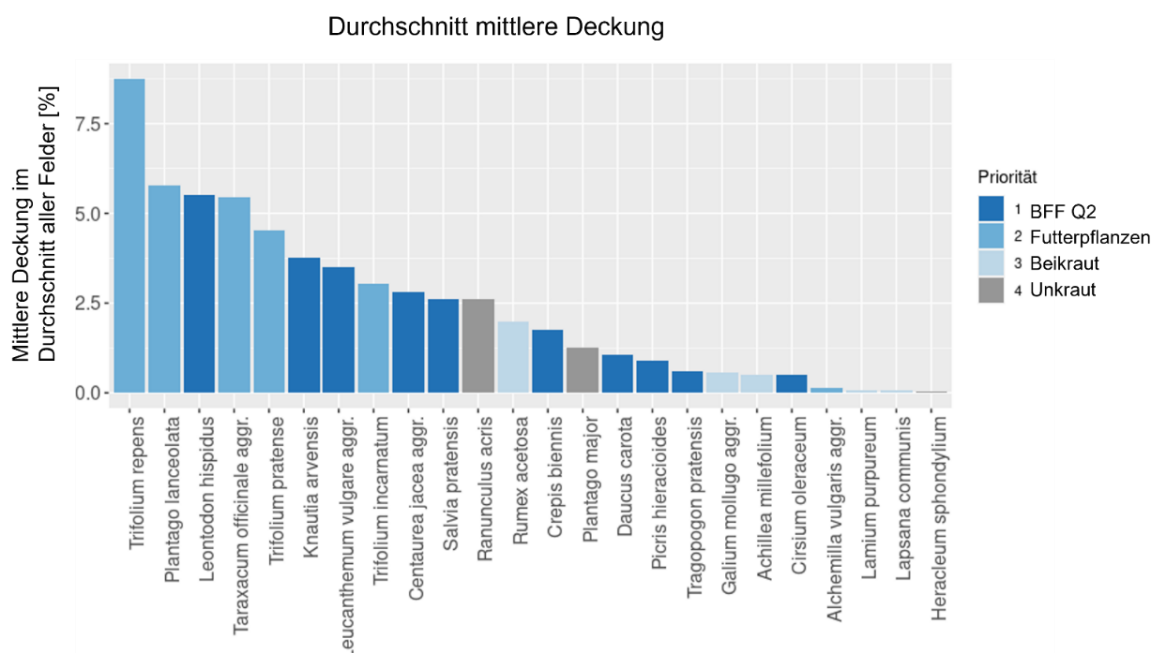


Abbildung 10: Die Barplots zeigen welche Art wie häufig auf einer extensiv genutzten Wiese vertreten ist. Für jede gefundene Art aus den vier Vegetationsaufnahmen wurde die mittlere Deckung berechnet (Durchschnittliches Vorkommen auf 4x10m²). 100% wäre die Gesamtdeckung der Parzelle. Jeder Art wurde eine Priorität 1 (höchste) bis 4 (tiefste) zugeordnet.

3.3 Trefferquoten von Nicht-Zielarten

3.3.1 Beschädigte Nicht-Zielarten (ohne Letalitätseinstufung)

Neben der hohen Effizienz der Applikation gegen die Zielart Blacke, gab es auch einige falsch positive Treffer von Nicht-Zielarten. **Abbildung 11** zeigt den Durchschnitt der Anzahl Pflanzen, die pro Art durch Herbizide geschädigt wurden. Auf den 23 Flächen wurden insgesamt 28 Nicht-Zielarten mindestens einmal fälschlicherweise getroffen. In dieser Grafik werden alle gefundenen Schäden zusammengefasst. Die Darstellung berücksichtigt die Häufigkeit der Beschädigung bzw. das Vorkommen jeder Art. Die Art, welche im Verhältnis zu ihrem Vorkommen am häufigsten beschädigt wurde, war die Kohldistel (*Cirsium oleraceum*). Im Allgemeinen wurden einige Arten unerwartet getroffen. Alle beschädigten Arten werden in **Tabelle 3** in die verschiedenen Blattformtypen unterteilt. Die Blacke hat ampferartige Blätter und zehn Nicht-Zielarten weisen eine ähnliche Blattform auf, wie zum Beispiel die Wiesen-Sauerampfer (*Rumex acetosa*). Alle anderen beschädigten Nicht-Zielarten weisen jedoch eine sehr unterschiedliche Blattform zur Blacke auf. Dazu zählen beispielsweise auch Q2-Zeigerarten der Familie der Korbblütler, wie gewöhnliches Bitterkraut (*Picris hieracioides*), Wiesen-Flockenblumen (*Centaurea jacea*), Wiesen-Pippau (*Crepis biennis*) und Wiesen-Bocksbart (*Tragopogon pratensis*). Die Wiesen-Sauerampfer (*Rumex acetosa*), deren Blätter die grösste Ähnlichkeit mit der Blacke aufweist, wurde am dritthäufigsten als Nicht-Zielart beschädigt. In Gelb wurden alle Q2-Zeigerarten markiert, welche öfters als 2% beschädigt wurden.

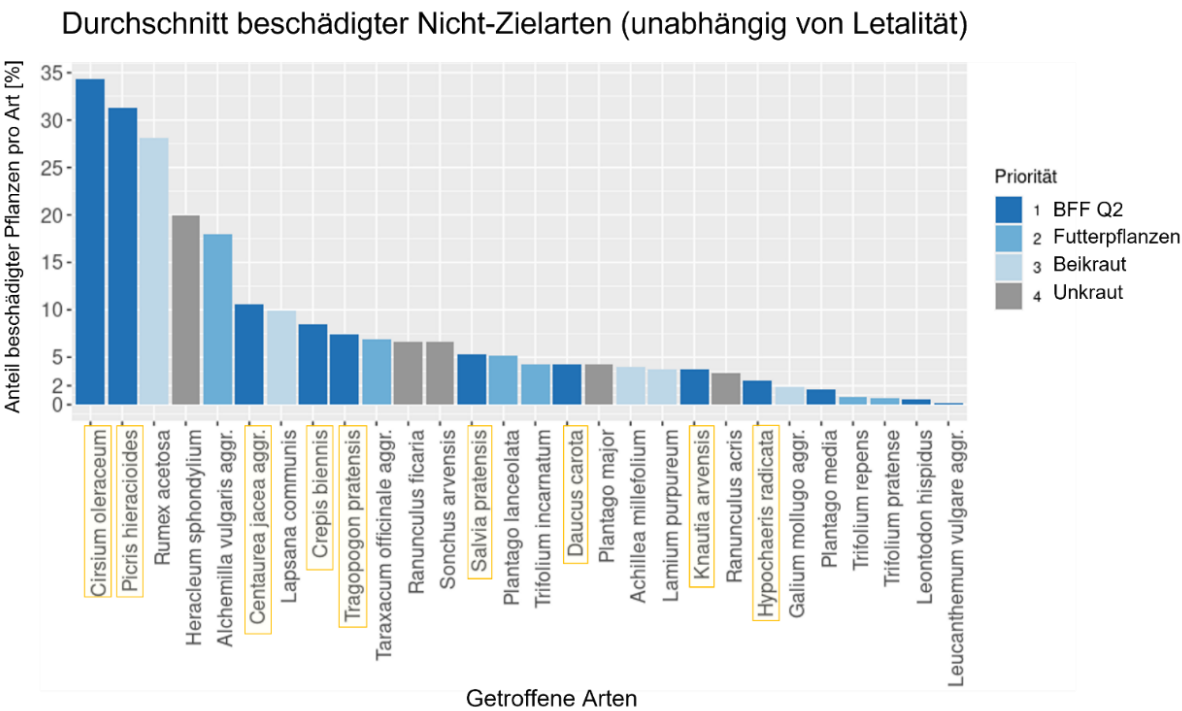


Abbildung 11: Die Barplots zeigen wieviel Prozent einer Nicht-Zielart im Durchschnitt beschädigt wurde (berücksichtigt die mittlere Deckung). Jeder Art wurde eine Priorität 1 (höchste) bis 4 (tiefste) zugeordnet. In Gelb wurden Q2-Zeigerarten markiert, bei welchen mehr als 2% der Individuen beschädigt wurden.

Tabelle 3 Unterteilung der beschädigten Nicht-Zielarten in Gruppen mit ähnlichen Blattformen.

Blattform	Arten
Ampfer-artige Blätter (eiförmig-oval, ungeteilt)	<i>Rumex obtusifolius</i> , <i>Alchemilla vulgaris</i> , <i>Cirsium oleraceum</i> , <i>Heracleum sphondylium</i> , <i>Lamium purpureum</i> , <i>Plantago major</i> , <i>Plantago media</i> , <i>Ranunculus ficaria</i> , <i>Rumex acetosa</i> , <i>Salvia pratensis</i>
Schmal, grasartige Blätter	<i>Plantago lanceolata</i> , <i>Tragopogon pratensis</i>
Fingerartige geteilte Blätter	<i>Ranunculus acris</i>
Fiederschnittig, gelappte Blätter	<i>Centaurea jacea</i> , <i>Crepis biennis</i> , <i>Hypochaeris radicata</i> , <i>Knautia arvensis</i> , <i>Lapsana communis</i> , <i>Leontodon hispidus</i> , <i>Leucanthemum vulgare</i> , <i>Picris hieracioides</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Sonchus arvensis</i>

Mehrfach gefiedert	<i>Daucus carota</i> , <i>Achillea millefolium</i>
Dreiteilige Blätter	<i>Trifolium incarnatum</i> , <i>Trifolium pratensis</i> , <i>Trifolium repens</i>
Lanzettlich und quirlständige Blätter	<i>Galium mollugo</i>

3.3.2 Beschädigte Nicht-Zielarten (mit Letalitätseinstufung)

Bei jeder beschädigten Pflanze wurde eingeschätzt, ob sie stirbt (letal), überlebt (vital) oder ob das Überleben zum Zeitpunkt der Bonitur nicht abgeschätzt werden kann (subletal). Damit kann abgeschätzt werden, ob das Herbizid auf gewisse getroffene Pflanzen weniger schädigend wirkt, und das Überleben der Population besser garantiert ist. Die beiden Kategorien letal und subletal wurden zusammengefasst (**Abbildung 12A**), da bei subletal eingestuften Pflanzen davon ausgegangen werden kann, dass die Pflanze zu einem späteren Zeitpunkt evtl. noch stirbt, wenn der Wirkstoff nachwirkt. Im Vergleich zu den Analysen bei den Wiesenblacken beinhaltet die Letalitätsstufe vital nur Arten, die Läsionen aufweisen und wahrscheinlich getroffen wurden, aber mit grosser Wahrscheinlichkeit überleben (im Gegensatz zu den Wiesenblacken, wo zusätzlich auch nicht getroffene Exemplare gezählt wurden). Diese Abgrenzung ist nicht immer eindeutig feststellbar. Einige Arten haben nie überlebt, wenn sie getroffen wurden, wie beispielsweise der Wiesen-Bärenklau (*Heracleum sphondylium*). Andere Arten wie die Kohldistel (*Cirsium oleraceum*) wurde zwar sehr häufig beschädigt, zeigen jedoch in allen Fällen eine hohe Überlebenswahrscheinlichkeit (**Abbildung 12B**). Die meisten Arten wurden jedoch letal + subletal sowie auch vital beschädigt. Ausserdem sollte grundsätzlich keine Pflanze getroffen werden, unabhängig davon, ob sie stirbt oder überlebt.

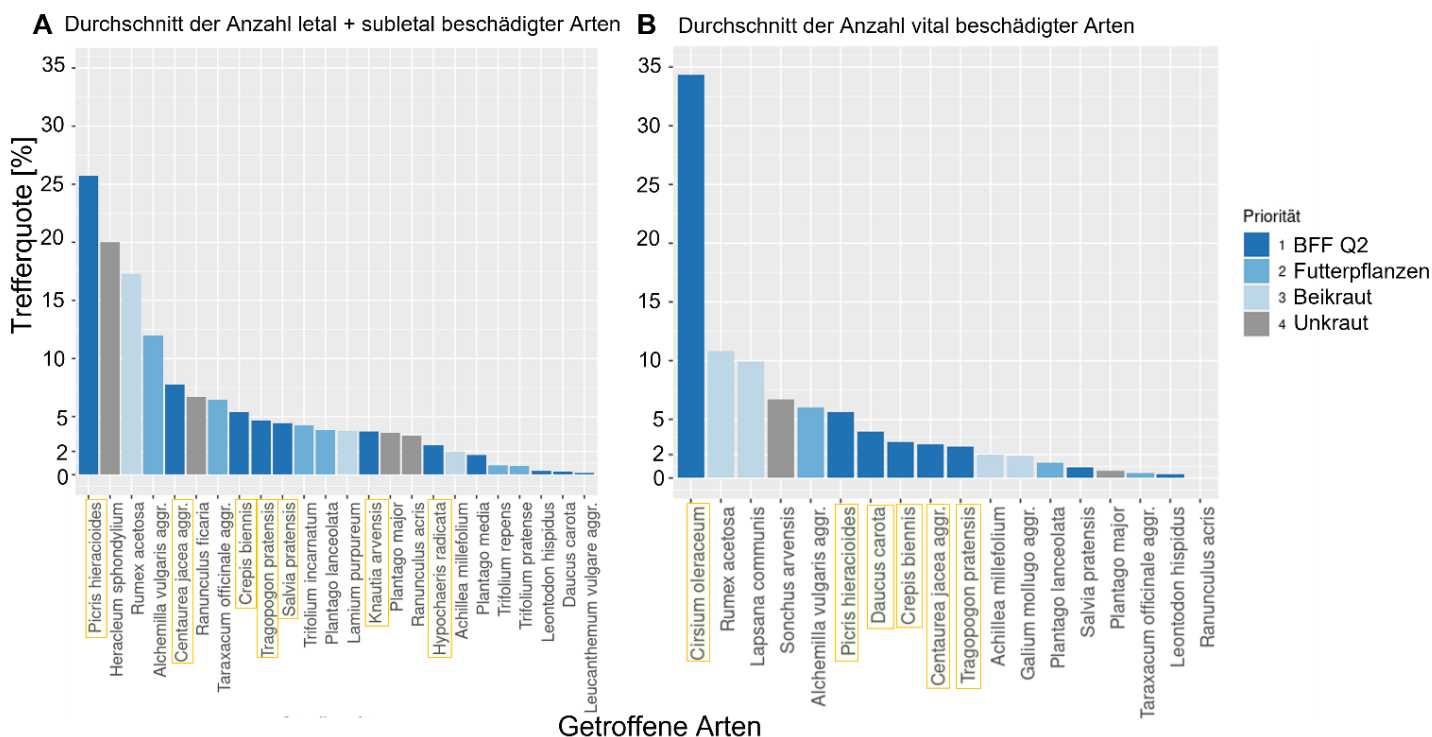


Abbildung 12: Die Barplots zeigen wieviel Prozent einer Nicht-Zielart im Durchschnitt beschädigt wurde (berücksichtigt die mittlere Deckung). Dabei wird unterschieden, ob die Folgen für die Pflanzen letal bzw. subletal waren, oder ob sie überlebte (vital). Jeder Art wurde eine Priorität für Schutzwürdigkeit von 1 (höchste) bis 4 (tiefste) zugeordnet. In Gelb wurden Q2-Geigeraten markiert, bei welchen mehr als 2% der Individuen beschädigt wurden.

3.3.3 Falsch-Treffer (false positives) und kollaterale Spritzschäden

Um besser einschätzen zu können, ob die getroffenen Arten von der Bilderkennungssoftware mit der Blacke verwechselt wurde, oder ob sie als Nachbarpflanze der Blacke innerhalb des Spritzkegels getroffen wurde, unterschieden wir diese zwei Faktoren (**Abbildung 13**). Letzteres wird als Kollateralschaden benannt. Am häufigsten wurden die Wiesen-Sauerampfer (*Rumex acetosa*), gefolgt von gewöhnlichem Löwenzahn (*Taraxacum officinale*), Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*), Wiesen-Pippau (*Crepis biennis*) und gewöhnliches Bitterkraut (*Picris*

hieracioides) mit der Wiesenblacke verwechselt. Scharfer Hahnenfuss (*Ranunculus acris*) wurde etwa gleich häufig als Falsch-Treffer wie auch als Kollateralschaden gefunden. Auch der Wiesen-Bocksbart (*Tragopogon pratensis*) und die Wiesen-Flockenblume (*Centaurea jacea*) wurden häufig verwechselt. Weniger häufig verwechselt wurden die drei Klee-Arten (*Trifolium incarnatum*, *Trifolium pratense* und *Trifolium repens*), jedoch wurden sie oft als Kollateralschaden beschädigt.

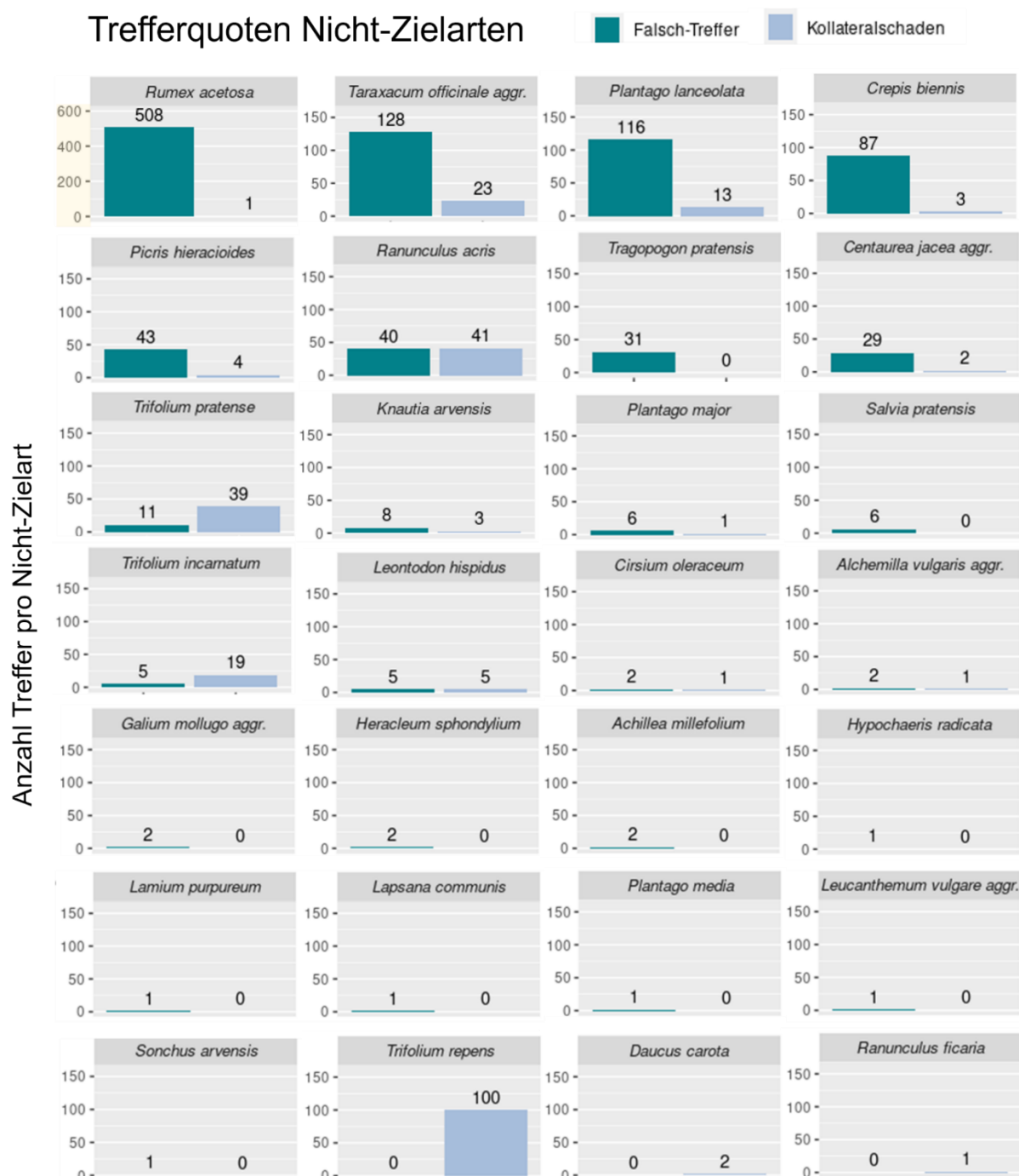


Abbildung 13: Dargestellt werden die absoluten Zahlen pro Art, welche entweder als Falsch-Treffer mit der Wiesenblacke verwechselt wurden, oder als Kollateralschaden im Spritzkegel vom Herbizid getroffen wurden. Die Skala von der Wiesen-Sauerampfer (*Rumex acetosa*) ist angepasst (gelb markiert).

3.4 Unterschiedliche Maschinentypen

Es wurden drei verschiedene Geräte für die Applikation der Herbizide verwendet. Alle Maschinen unterscheiden sich in der Technik und müssen deshalb unbedingt individuell beurteilt werden. Zuerst wurde die allgemeine Verwechslung mit Nicht-Zielarten verglichen. Dafür sind die durchschnittlichen Trefferquoten aller nicht-Zielarten dargestellt, mit Berücksichtigung der Häufigkeit jeder Art (**Abbildung 14A**). «RumboJet» wies mit 21% die höchste Anzahl der getroffenen Nicht-Zielarten (Falsch-Treffer) auf, jedoch muss beachtet werden, dass nur eine Parzelle gemeldet und bonitiert wurde. Mit «Ecorobotix ARA» wurden im Schnitt 8% der Individuen aller getroffenen Nicht-Zielart getroffen. Am besten Schnitt «Rumex» ab mit nur 1% an Falsch-Treffern, jedoch wurde nur eine Fläche untersucht. **Abbildung 14B** zeigt die Anzahl aller Treffer die pro Maschinentyp gezählt wurden und unterscheidet zwischen Falsch-Treffer und Kollateralschaden. Da von «Ecorobotix ARA» die meisten Flächen behandelt wurden, ist die Anzahl der Trefferquote vergleichsweise hoch. Die Anzahl Falsch-Treffer ist höher als die Anzahl der Kollateralschäden. Bei «RumboJet» ist diese Zahl relativ ausgeglichen, die Kollateralschaden liegen leicht höher. Bei «Rumex» ist die Anzahl Kollateralschäden deutlich höher als die Zahl der Falschtreffer. Von «Ecorobotix ARA» wurden insgesamt 19, von «RumboJet» 6 und von «Rumex» 5 verschiedene Nicht-Zielarten getroffen (**Tabelle 4**).

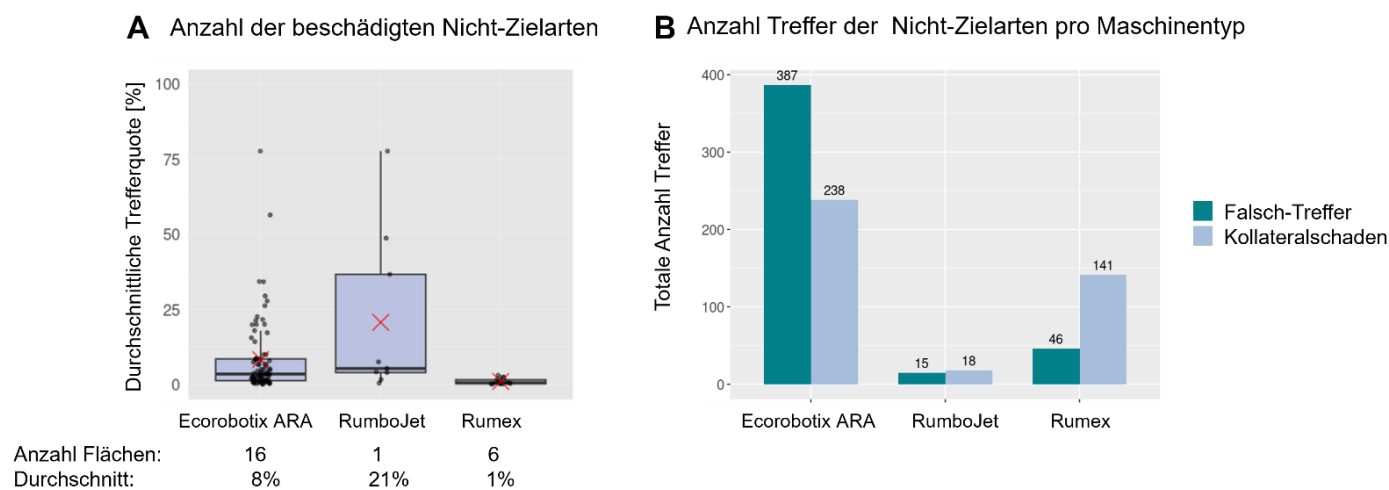


Abbildung 14: (A) Boxplots, welche die durchschnittlichen Trefferquoten [%] aller Nicht-Zielarten pro Maschinentyp darstellen unter Berücksichtigung der mittleren Deckung der Arten unabhängig der Letalität oder Kollateralschäden. Darunter wird die Anzahl Flächen pro Maschinentyp und der Durchschnitt (rotes Kreuz) abgebildet. (B) Anzahl absoluter Zahlen als Falsch-Treffer und Kollateralschaden pro Maschinentyp. Gleiche Anzahl Flächen pro Maschinentyp wie in (A).

Tabelle 4: Die Falsch-Treffer (absolute Zahlen) der Nicht-Zielarten unterteilt nach den drei Maschinentypen (d.h. ohne Kollateralschäden).

<u>Ecorobotix ARA (16 Flächen)</u>		#	<u>RumboJet (1 Fläche)</u>		#	<u>Rumex (6 Flächen)</u>		#
<i>Rumex acetosa</i>		90	<i>Plantago major</i>		6	<i>Taraxacum officinale aggr.</i>		18
<i>Taraxacum officinale aggr.</i>		58	<i>Trifolium pratense</i>		3	<i>Plantago lanceolata</i>		15
<i>Trifolium pratense</i>		42	<i>Centaurea jacea aggr.</i>		2	<i>Trifolium pratense</i>		10
<i>Plantago lanceolata</i>		36	<i>Rumex acetosa</i>		2	<i>Picris hieracioides</i>		3
<i>Ranunculus acris</i>		34	<i>Salvia pratensis</i>		1			
<i>Centaurea jacea aggr.</i>		19	<i>Taraxacum officinale aggr.</i>		1			
<i>Tragopogon pratensis</i>		16						
<i>Crepis biennis</i>		15						
<i>Leucanthemum vulgare aggr.</i>		15						
<i>Sonchus arvensis</i>		14						
<i>Plantago media</i>		12						
<i>Alchemilla vulgaris aggr.</i>		9						
<i>Picris hieracioides</i>		9						
<i>Hypochaeris radicata</i>		5						

<i>Lapsana communis</i>	5	
<i>Leontodon hispidus</i>	3	
<i>Daucus carota</i>	2	
<i>Ranunculus ficaria</i>	2	
<i>Lamium purpureum</i>	1	

3.4.1 Kollaterale Spritzschäden in Bilder

Zur Veranschaulichung von Spritzschäden folgen einige Bilder. In **Abbildung 15A** sieht man ein wünschenswertes Ergebnis, bei der die Blacke sichtbare Herbizid Schäden aufweist, jedoch der Wiesensalbei (*Salvia pratensis*) unmittelbar daneben keine Schäden hat. Dieses Feld wurde von «RumboJet» behandelt. In **Abbildung 15B und C** sind zwei Applikationen sichtbar, die grosse Kollateralschäden hinterlassen haben. Beide Beispiele stammen von einer Fläche welche mit «Rumex» behandelt wurde.



Abbildung 15: (A) Wiesenblacke, die getroffen wurde ist von Wiesensalbei umgeben, der nicht getroffen wurde. Das Feld wurde von «RumboJet» behandelt. (B) und (C) Spritzschäden der Wiese auf einem Feld, welches von «Rumex» behandelt wurde.

3.5 Nachkontrolle von 10 Versuchsflächen

Um festzustellen, ob der Zeitpunkt der Bonitur optimal gewählt wurde, um sowohl die Wirkung des Herbizids sichtbar zu machen, als auch die Pflanzen noch identifizierbar zu halten, wurde eine Nachkontrolle auf zehn Versuchsflächen durchgeführt. Diese Nachkontrolle wurde nach dem ersten Schnitt, also etwa 7-9 Wochen nach der Herbizid Applikation durchgeführt. In der Nachkontrolle wurden mehrheitlich letale Blacken und nur sehr wenige vitale Blacken gefunden. Allgemein deutet die tiefere Zahl der gefundenen Blacken darauf hin, dass die Herbizide wirksam waren und die Anzahl Blacken bis zur zweiten Bonitur abgenommen hat. Es wurden nahezu keine getroffene Nicht-Zielarten mehr gefunden.

4 Diskussion

4.1 Herausforderungen beim Akquirieren von Versuchsflächen

Insgesamt haben weniger Landwirte an dem Projekt teilgenommen und es wurden weit weniger Versuchsflächen angemeldet als erwartet. Die Genehmigung des Projekts durch das BLW erfolgte Ende April. Die zuständigen Personen der Kantone meinten, sie würden ihren Fokus auf die Herbstapplikation legen und erwarteten dann eine grössere Teilnahme als im Frühjahr. Der erwartete «Ansturm» vom Herbst blieb dann jedoch aus. Es könnte sein, dass die Möglichkeit DA auf BFF zu nutzen bei den Landwirten in Vergessenheit geraten ist und nicht aktiv genug darüber informiert wurde. Es ist auch denkbar, dass einige Landwirte von der Limitierung auf 10 Bewilligungen pro Kanton, oder durch das relativ aufwändige Bewilligungsverfahren abgeschreckt wurden. Vier Parzellen (je zwei Flächen im Kanton Bern und Zürich) wurden vom Kanton bewilligt, aber wir haben keine Informationen durch die Lohnunternehmer über die Behandlung der Flächen erhalten. Ausserdem wurden einige Informationen durch die Lohnunternehmer falsch verstanden und nicht korrekt im Erhebungsformular ausgefüllt. So wurden im Feld «Parzelle; Grösse ha:» und «Total behandelte Fläche:» die gleichen Werte eingegeben. Dies sollte für zukünftige Formulare verdeutlicht werden, um Missverständnisse zu vermeiden. Im Kanton Waadt haben wir Informationen zu den behandelten Flächen alle gleichzeitig bekommen. Der Zeitraum bis zum ersten Schnitt war daher zu knapp, um alle 23 Flächen (im Kanton Waadt) zu besichtigen.

4.2 Artenvielfalt auf den Versuchsflächen

Bei den Resultaten der Artenvielfalt auf den Versuchsflächen, war wie erwartet die Anzahl gefundener Arten auf Q2 Wiesen grösser als auf Q1 Wiesen. Es gab jedoch einige Parzellen mit extrem tiefen Artenzahlen, bei welchen anzunehmen ist, dass diese Fläche neu eingesät wurden um ihren Q-Status zu erhalten. Je artenärmer eine Wiese ist, desto besser erkennt die Maschine die Blacken. Die Zusammensetzung der Wiese und das Vegetationsstadium der Pflanzen, welche die Wiesenblacke umgeben, spielen eine wichtige Rolle für die Bekämpfung mit DA. Jedoch haben Korrelationsanalysen zwischen der Blackendichte und der Artenvielfalt gezeigt, dass auf unseren Versuchsflächen weniger Blacken vorkommen, wenn die Artenzahl hoch ist. Diese Beobachtung konnte auch durch eine Analyse von ALL-EMA Daten bestätigt werden, in der ähnliche Lebensraumtypen zu extensiv genutzten Wiesen untersucht wurden. Es wird davon ausgegangen, dass sehr artenreichen Wiesen keine oder nur sehr wenig Blacken vorkommen, was das Risiko der Blackenbekämpfung für die Biodiversität reduziert.

4.3 Zielart Blacke mit guten Trefferquoten

Auf 23 extensiven Wiesen (BFF) wurden in einem Transekt die Wiesenblacken gezählt und ihre Letalitätsstufe beurteilt. Zwischen diesen einzelnen Stadien gibt es fließende Übergänge und der Beobachtungszeitpunkt spielt eine wichtige Rolle, da je nach Witterung der Wirkstoff des Herbizides verzögert wirken kann. Unsere Ergebnisse zeigten, dass wir einen Grossteil der Blacken als letal und vital einstufen konnten. Trotzdem blieb für einige Blacken der Applikationserfolg unsicher. Unsere Ergebnisse zeigen, dass mindestens 68% der Blacken getroffen werden. Da wir in der Letalitätsstufe «vital» nicht eindeutig zwischen «getroffen, aber gesund» und «nicht-getroffen» unterscheiden konnten, ist anzunehmen, dass diese Zahl noch höher ist. Wir können jedoch keine Aussage darüber machen, wie viele Blacken effektiv verpasst werden und wie genau die Maschinen arbeiten. Von allen Blacken wurden 43% letal beschädigt und bei 25% ist zum Zeitpunkt der Bonitur noch unklar, ob sie überleben oder sterben. Dass immer noch einige Blacken überleben (vital 32%), kann verschiedene Gründe haben. Entweder wurden sie durch die Bilderkennung verpasst, da das Vegetationsstadium, sowie die umgebende Vegetation der Blacke die Erkennung durch die Kamera erschweren kann. Und auch wenn die Blacke erkannt wurde, kann ein falsches Vegetationsstadium (ideal wäre Rosettenstadium) der Blacke die Herbizid Wirkung reduzieren und so zum Überleben führen. Der Bericht vom Kanton Waadt (A. Zimmermann) berichtet von Erkennungsquoten von über 70% bei 24 von 27 untersuchten Flächen (bei 15 davon sogar bis zu 85% Erkennungsquoten). Diese Daten, sowie Ergebnisse aus dem letztjährigen Versuch der Agroscope (Anken and Latsch 2023) mit Erkennungsraten von 85% stimmen also

recht gut überein. Ein Vergleich der Maschinentypen ist derzeit schwierig, da «Ecorobotix ARA» viel häufiger vertreten ist wie «Rumex» und «RumboJet». Es wäre wünschenswert mehr behandelte Flächen der letzteren zwei Maschinentypen analysieren zu können. Grundsätzlich haben aber alle drei Geräte gute Ergebnisse bei der Anzahl getroffener Wiesenblacken, die letal und subletal waren, erzielt. Bei den Herbiziden wurde festgestellt, dass «Ally Taps/ Metsulfuron-metyl» etwas besser abschnitt als «Asulam + Harmony SX», um Blacken zu eliminieren. Jedoch muss wieder beachtet werden, dass doppelt so viele Felder mit «Ally Taps/ Metsulfuron-metyl» behandelt wurden, wie mit «Asulam + Harmony SX». Auf einigen Versuchsflächen war die Blackendichte so gering, dass es fraglich war, ob der Einsatz von DA überhaupt ökonomisch gerechtfertigt ist. Eine zu hohe Blackendichte ist auch nicht gut, da es dann zu flächendeckenden Applikationen von Herbizid kommt. Es war häufig der Fall, dass die Verteilung der Blacken auf der Parzelle inhomogen war, also stellenweise viele auf einmal Mal (dies meist an den Rändern) und an anderen Orten auf der Fläche gar nicht vorkamen.

4.4 Einige Nicht-Zielarten wurden häufig getroffen

Die Moderne Geräte erzielen bisher gute Ergebnisse gegen Wiesenblacken, jedoch mit einigen Falsch-Treffern von Nicht-Zielarten, welche in diesem Versuch genauer untersucht werden sollten. Nicht-Zielarten wurden in 4 Prioritätsstufen eingeteilt, um den Schaden an der Biodiversität abzuschätzen. Q2-Zeigerarten und wertvolle Futterpflanzen sollen besonders geschützt werden. Bei- und Unkräuter könnten toleranter behandelt werden. Unter Berücksichtigung der mittleren Deckung gibt es relativ hohe Beschädigungen (3.3.1 und 3.3.2), da sie Abhängig von der Häufigkeit der Pflanzen in den Vegetationsaufnahmen sind. Arten die eine tiefe Mittlere Deckung haben, weisen dementsprechend verhältnismässig hohe Trefferquoten auf, wenn sie getroffen wurden. Es ist jedoch anzunehmen, dass eine Pflanze, die bereits getroffen wird, wenn sie selten ist, noch häufiger getroffen wird, wenn ihr Auftreten zunimmt. Diese Trefferquoten geben aber einen Eindruck über den Schädigungsgrad einer Pflanzenpopulation nach der Behandlung. Es ist anzunehmen, dass einige Arten in jungen Stadien ähnliche Blattformen zur Blacke hatten und deshalb verwechselt wurden. Zusätzlich war die Bestimmung der Schäden (Welke, Verfärbungen oder Läsionen) nicht immer mit absoluter Sicherheit auf Herbizide zurückzuführen, und es hätte sich auch um Trockenstress oder Pilzbefall handeln können. Es wurden deshalb nur Individuen mit typischen Herbizid-Schäden gezählt.

Um zu sehen, welche Arten tatsächlich am häufigsten mit der Wiesenblacke verwechselt wurden, können die absoluten Zahlen mit Unterteilung der Falsch-Treffer und Kollateralschaden mehr aussagen (3.3.3). Die Wiesen-Sauerampfer (*Rumex acetosa*) wurde mit Abstand am häufigsten verwechselt und weist zur Wiesenblacke auch die ähnlichste Blattform (Ampfer-artige Blätter) auf. Diese Art wird sicherlich eine der herausforderndsten sein, um die Anzahl der Falsch-Treffer zu reduzieren. Sie wurde mit Bezug auf ihr Vorkommen am dritthäufigsten beschädigt. Ähnliche Beobachtungen wurden auch im Bericht vom Kanton Waadt (A. Zimmermann) mit dem Wiesen-Sauerampfer gemacht. Weitere Nicht-Zielarten wie gewöhnlicher Löwenzahn (*Taraxacum officinale*), Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*), Wiesen-Pippau (*Crepis biennis*), gewöhnliches Bitterkraut (*Picris hieracioides*), Wiesen-Bocksbart (*Tragopogon pratensis*) und die Wiesen-Flockenblume (*Centaurea jacea*) wurden häufig verwechselt, obwohl sie ganz andere Blattformen (schmale, grasartige Blätter / Fingerartige Blätter / Fiederschnittig, gelappte Blätter) aufweisen. Bei diesen Arten sind wir sehr zuversichtlich, dass Trefferquoten durch intensives Training des Machine Learnings in Zukunft reduziert werden können. Dies wird aber an den Geräteherstellern liegen, solches Training mit entsprechendem Bildmaterial durchzuführen. Im Bericht vom Kanton Waadt (A. Zimmermann) wurden der Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*), gewöhnlicher Löwenzahn (*Taraxacum officinale*) und weitere gelbe Korbblütler (*Asteracea*) mehr als 10-mal getroffen erwähnt. Ausserdem werden speziell die Wilde Karde (*Dipsacus fullonum*), und die Königskerze (*Verbascum*) als häufig getroffene Arten erwähnt, jedoch wurden diese beiden Saum-Arten nicht auf vielen Parzellen beobachtet und eine genaue Aussage ist schwierig. Diese Nicht-Zielarten befanden sich meist noch im Rosettenstadium, als sie verwechselt wurden. Wenn die Pflanzen in die Höhe wachsen und ihre typischen Blattformen entwickeln, wird die Verwechslung wahrscheinlich abnehmen. **Tabelle 5** zeigt eine Übersicht über alle Nicht-Zielarten, die als wertvoll erachtet und eine Reduktion der Trefferquoten notwendig ist.

Tabelle 5: Liste der Nicht-Zielarten die als wertvoll erachtet werden und deren Trefferquoten durch gezieltes Machine Learning reduziert werden sollten.

Artnamen Deutsch	Artnamen Latein
Bitterkraut	<i>Picris hieracioides</i>
Feld-Witwenblume	<i>Knautia arvensis</i>
Gewöhnliches Raues Milkkraut	<i>Leontodon hispidus</i>
Kohldistel	<i>Cirsium oleaceum</i>
Wiesen-Bocksbart	<i>Tragopogon pratensis</i>
Wiesen-Flockenblume	<i>Centaurea jacea</i>
Wiesen-Pippau	<i>Crepis biennis</i>
Wiesensalbei	<i>Salvia pratensis</i>
Frauenmantel	<i>Alchemilla vulgaris</i>
Löwenzahn	<i>Taraxacum officinale</i>
Spitzwegerich	<i>Plantago lanceolata</i>
Karde	<i>Dipsacus fullonum</i>
Königskerze	<i>Verbascum thapsus</i>
Wiesen-Sauerampfer	<i>Rumex acetosa</i>

Die Maschinentypen schnitten unterschiedlich gut ab bei der Anzahl Treffern von Nicht-Zielarten und den verursachten Kollateralschäden. Es scheint, dass «Ecorobotix ARA» mehr Probleme mit Verwechslungen von Nicht-Zielarten zur Wiesenblacke hat, jedoch genauer spritzt und weniger Kollateralschaden verursacht. In einem letztjährigen technischen Bericht wurde dies für das Gerät schon genau evaluiert (Anken and Latsch 2023) und die Treffgenauigkeit bezüglich der besprühten Fläche um die Pflanzen herum ist mit der manuellen Behandlung durch Rückenspritzen vergleichbar. «Rumex» zeigte weniger Verwechslungen, dafür grössere Kollateralschäden, was mit dem grösseren Düsenabstand zusammenhängen dürfte. Bei «RumboJet» waren die Anzahl Falsch-Treffer und Kollateralschäden relativ ausgeglichen, aber nur 1 Feld wurde behandelt und Aussagen dazu zu machen ist deshalb schwierig. Für diese beiden Geräte liegen noch keinen genauen Tests von deren Spritzkegel vor wie für «Ecorobotix ARA» und dies muss genauer überprüft werden. Auf Grund der im Feld beobachteten Wirkungen der Sprühbilder, konnte bei keiner der drei Maschinentypen eine systematische Fehlapplikation durch zu frühe oder zu späte Öffnung der Ventile festgestellt werden. Das heisst die Systeme arbeiten zuverlässig.

4.5 Empfehlung für BLW

Aufgrund der dünnen Datenlage ist es noch verfrüht differenzierte Entscheidungen bezüglich der Zulassung von DA auf BFF zu fällen. Die Anzahl der getroffenen Nicht-Zielarten ist zum jetzigen Zeitpunkt noch zu hoch, um die Verfahren ohne Regulation zuzulassen. Es ist notwendig den Anteil falsch behandelter Pflanzen (falsch positiv) zu reduzieren, um wertvolle, seltene Arten in den Biodiversitätsförderflächen nicht zu schwächen. Deshalb empfehlen wir im 2024/2025 ein Folgeprojekt durchzuführen. Dies soll die noch bestehenden Wissenslücken schliessen. Die Firmen werden dazu aufgefordert ihre Maschinen zu optimieren und Verbesserungen in der Arterkennung zu erzielen. Dazu wird ihnen eine Liste mit den 14 am häufigsten getroffenen Arten zur Verfügung gestellt (**Tabelle 5**). Dies wäre dann im Sommer 2024 zu überprüfen. Ausserdem wäre es wünschenswert mehr Daten bezüglich der unterschiedlichen Maschinentypen (vor allem «Rumex» und «RumboJet») zu sammeln. Zusätzlich wurden bis jetzt keine Daten auf Ackerflächen (PSB Herbizidverzicht und Acker-BFF) erhoben, welche in einem Folgeprojekt zusätzlich untersucht werden könnten. Neben der Wiesenblacke könnten auch andere Zielarten getestet werden, wie beispielsweise die Herbstzeitlose (*Colchicum autumnale*) oder die Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*). Zusätzlich sollten die Geräte «Rumex» und «RumboJet» auch noch auf die kollateral verursachten Spritzschäden und die Genauigkeit der Herbizid Applikation getestet werden, wie dies für «Ecorobotix ARA» schon gemacht wurde (Anken and Latsch 2023). Um genügend Versuchsflächen zu finden, sollte die Beschränkung von 10 Flächen pro Kanton aufgehoben werden. Die Landwirte sollen über grüne Medien aktiv über das Projekt informiert und zur Teilnahme animiert werden. Wenn genügend Ergebnisse vorliegen, könnten Schwellenwerte von Trefferquoten für Q2-Zeigerarten und alle anderen Nicht-Zielarten festgelegt werden, welche durch die zugelassenen Maschinen erfüllt

werden müssen. Diese müssten jeweils pro Maschinentyp in einem kleinen Zulassungsverfahren getestet werden. Ein allgemeines Zulassungsverfahren erlaubt den Überblick über die verschiedenen neuen Maschinentypen zu behalten und sicherzustellen, dass alle die gleichen Richtlinien für den Einsatz auf BFF erfüllen.

5 Fazit

Zusammenfassend können wir eine positive Bilanz ziehen: DA liefern gute Resultate in BFF (extensiv genutzten Wiesen) bezüglich der Trefferquoten von Wiesenblacken. BFF sind aber immer noch eine Herausforderung und die Nicht-Zielarten weisen noch eine zu hohe Trefferquote auf. Einige Nicht-Zielarten wurden unerwartet getroffen da sie sehr unterschiedliche Blattformen im Vergleich zur Wiesenblacke aufweisen. Diese Falsch-Trefferquote kann durch gezieltes Training des Machine Learnings verbessert und danach nochmals überprüft werden. Einige Pflanzen überleben, auch wenn sie vom Herbizid getroffen werden. Die Datenlage ist jedoch noch zu dünn, um definitive Entscheidungen zu fällen. Deshalb wird empfohlen ein Folgeprojekt durchzuführen und danach Schwellenwerte für die Zulassung solcher Maschinen auf BFF festzulegen. Grundsätzlich sehen wir in dieser Anwendung grosses Potential, um Landwirten eine attraktive Möglichkeit zur Unkrautbekämpfung zu bieten und sie so zu animieren in BFF Flächen zu investieren.

6 Literaturverzeichnis

2024 "Herbizideinsatz auf Biodiversitätsförderflächen und Nützlingsstreifen." AGRIDEA, BLW.

2024 "Informationsnotiz betreffend den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln anhand detektionsbasierter Applikation (DA)." BLW.

Anken, T. and A. Latsch (2023). "Characteristics of a spot sprayer for the treatment of Rumex obtusifolius in meadows." Landtechnik **78**(3).

H. Hebeisen, R. G., B. Jeangros, A. Lüscher (2011). "Wiesenblacke und Alpenblacke — vorbeugen und bekämpfen." AGFF Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues **5**.

7 Appendix

«Methodenbeschreibung für Detektionsbasierte Applikation in BFF» vom 19.04.2023