

Erhebung von Grundlagen zur Bewertung insektenschonender Mähtechniken im Wirtschaftsgrünland und in artenreichen Magerwiesen

Insektenschonendes Mähen (ISM)



Impressum

Projektnehmer: ARGE Insektenschonendes Mähen

Arbeitsgemeinschaft bestehend aus Maschinenring Oberösterreich, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Pöttinger Landtechnik GmbH, Dr. Johann Neumayer und Landwirtschaftskammer Oberösterreich

Adresse: Auf der Gugl 3, 4021 Linz

Projektleiter: DI Johannes Hintringer

Tel.: +43 676 821249959

E-Mail: johannes.hintringer@maschinenring.at

Kooperationspartner: Maschinenring Oberösterreich (DI Johannes Hintringer, Ing. Roman Braun), Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH – Abteilung für Bienenkunde und Bienenschutz (Dr. Dirk Louis Schorkopf, Dr. Josef Mayr, Dr. Linde Morawetz); Abteilung Statistik und analytische Epidemiologie (Oliver Alber, M.A.), Pöttinger Landtechnik GmbH (Ing. Martin Baumgartner, DI Christian Ernst), Biologe Dr. Johann Neumayer, Landwirtschaftskammer Oberösterreich (DI Peter Frühwirth, Mag. Michael Fritscher), Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Francisco Josephinum Wieselburg (DI Franz Handler), Biologe Dr. Martin Schwarz, Universität für Bodenkultur Wien (Dr. Bärbel Pachinger)

Finanzierungsstelle: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft

Projektlaufzeit: 01.08.2020 – 05.06.2023

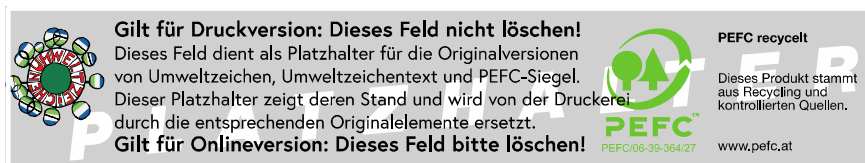
1. Auflage

Alle Rechte vorbehalten.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Fotos soweit nicht anders angegeben von Johannes Hintringer

Titelfoto: Mähdurchgang auf der Versuchsfläche in Frankenmarkt (OÖ)



Linz, 05. Juni 2023

Inhalt

Zusammenfassung	6
1 Einleitung.....	10
1.1 Veränderungen der Mähtechniken	11
1.2 Grünlandnutzung in Österreich mit besonderer Berücksichtigung von Oberösterreich 12	
1.2.1 Wiesen und Weiden.....	12
1.2.2 Flächenentwicklung des gemähten Grünlandes 2015–2023	13
Österreich.....	14
Oberösterreich	17
2 Hintergründe und Ziele	20
3 Material und Methoden	23
3.1 Vorversuch 2020	23
3.2 Verwendete Mähgeräte bei den Exaktversuchen 2021 und 2022.....	27
3.3 Fahrgeschwindigkeit und Stoppelhöhe	30
3.4 Versuchsflächen und Erntezeitpunkte.....	30
3.5 Ablauf der Versuche	32
3.5.1 Vorbereitungen am Tag davor	33
3.5.2 Versuchsdesign auf der Fläche	34
3.5.3 Ablauf eines Halbtages	36
3.5.4 Reihenfolge der Mähvarianten.....	38
3.5.5 Ablauf eines Mähdurchganges im Detail.....	40
3.5.6 Auswertung der Proben.....	49
3.5.7 Exkurs Begleitprojekt: Quantifizierung von möglichen Beobachtungsfehlern toter Individuen im Mähgut und durch Absaugen der Bodenoberfläche	51
3.6 Nächstgelegene Bienenstandorte zu den Versuchsflächen	53
3.7 Statistische Auswertungsmethoden.....	53
3.7.1 Evaluierung verschiedener Berechnungsweisen für die mögliche Kategorisierung von Mähvarianten nach ihrer „insektenschonenden“ Wirkung.....	56
3.7.2 Ermittlung der „zuverlässigsten“ Kategorisierungsmethode	56
3.7.3 Auswahl der für eine Kategorisierung aussagekräftigsten Versuchstage	57
3.7.4 Quantifizierung der in 2022 stattgefundenen „Beobachtungsfehler“	57
3.7.5 Biomassenerhebung	58
4 Ergebnisse.....	59
4.1 Ergebnisse Vorversuch 2020.....	59

4.2 Allgemeine Charakterisierung der Versuchstage und Standorte nach abiotischen Faktoren	62
4.3 Zusammensetzung der Insektenfauna auf den untersuchten Flächen – Allgemeines .	63
4.3.1 Übersicht über die Anzahl beobachteter Insekten und Spinnen	64
Unterschiede zwischen extensiven und fünfschnittigen Mähflächen	66
4.3.2 Jahres- und jahreszeitliche Schwankungen	67
Beispiel: Honigbienen und Wildbienen.....	71
4.3.3 Vergleich Insektenvorkommen vor und nach der Mahd.....	73
4.3.4 Quantifizierte Insektengruppen im Verlauf verschiedener Beobachtungseinheiten	76
4.4 Schädigung der Insekten und Grundlagen für die Evaluation der zum Einsatz gebrachten Mähvarianten.....	77
4.4.1 Anzahl der toten Insekten durch die untersuchten Mähvarianten.....	77
4.4.2 Direkte Schädigung der Insekten und Spinnen durch die untersuchten Mähvarianten.....	79
4.4.3 Hinzufügen der Sterblichkeit als Messgröße und „Insektenschonungs-Indikator“	81
4.4.4 Sterblichkeitsberechnungen identifizieren die Individuengröße als einen Faktor für erhöhte Schädigungswahrscheinlichkeit.....	83
4.5 Unterschiede zwischen den Hauptinsektengruppen inklusive Bienen	85
4.6 Wiederfangversuch fluoreszierende Heuschrecken.....	87
4.7 Methodenevaluation und Berechnungsgrundlagen	89
4.7.1 Quantifizierung von Beobachtungsfehlern in 2022.....	89
Genauigkeit des Durchschüttelns von Insekten am Sortiertisch	91
4.7.2 Evaluierung der Evaluierungsmethoden: Reihung der entwickelten Berechnungsmethoden nach Aussagekraft, Kategorisierungskontrasten und derzeitiger Machbarkeit	92
Vergleich verschiedener Index- und Berechnungsarten.....	92
Wiederholbarkeit (Reproduzierbarkeit) zur Kategorisierung der im Detail untersuchten Mähvarianten der Studie	93
4.8 Faktoren, die bei der Evaluation der Mähvarianten beachtet werden mussten	96
4.8.1 Stärken-Schwächen-Analyse für die Erfassung der Insektenschädigung durch gängige Mähpraktiken auf regionaltypischen Mähwiesen.....	97
4.8.2 Stärken-Schwächen-Analyse der Untersuchungsmethode für die Klassifizierung von Mähgeräten.....	99
4.9 Biomasseauswertungen statt Individuenzahlen.....	100
5 Diskussion	102

5.1 Relative Mortalität bei verschiedenen Mähtechniken	102
5.2 Absolute Insektenverluste im Jahresverlauf.....	104
5.3 Mögliche Kategorisierung von Mähgeräten nach ihrer Schädigungswirkung auf Insekten	106
5.4 Welche Auswirkungen zeigen die gängigen und die veränderten Konstruktionen auf artenreichen Extensivflächen?	107
5.5 Worauf ist bei der Klassifizierung von Mähgeräten in Hinblick auf Insektenschutz zu achten?	107
6 Schlussfolgerungen.....	110
Tabellenverzeichnis.....	112
Abbildungsverzeichnis.....	114
Literaturverzeichnis	120
Abkürzungen.....	124
Danksagung	126
Anhang	127
Appendix A – Flächenentwicklungen Grünlandflächen in Österreich	127
Appendix B – Formulare zur Datenerhebung.....	129
Appendix C: Sterblichkeit verschiedener Insektengruppen.....	131
Appendix C1 – Gesamtsterblichkeit per Taxon.....	131
Appendix C2 – Sterblichkeit im Verlauf der Versuchstermine.....	132
Appendix C3 – Gesamtsterblichkeit per Taxon und Mähvariante	135
Appendix C4 – Gesamtsterblichkeit per Taxon, Mähvariante und Datum.....	141
Appendix D: Zeitliches Auftreten verschiedener Insektengruppen.....	157
Appendix D1 – Prozentanteile: Anteilsverlauf nach Datum	157
Appendix D2 – Prozentanteile der verschiedenen Gruppen zu jedem Versuchstermin 161	
Appendix E: Insektenvorkommen in den unterschiedlichen Proben.....	162
Appendix C: Alternative Modellberechnungen.....	167

Zusammenfassung

In Österreich werden im Jahr 2023 rund 720.208 ha Dauergrünland gemäht. Die Nutzungsart Mähwiese/-weide mit drei und mehr Nutzungen hat mit 481.580 ha einen Anteil von 67 %. Die Bewirtschaftung von Mähwiesen hat sich insbesondere in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts stark gewandelt. Die Mechanisierung durch moderne Technik und die Erhöhung der Schnitthäufigkeiten haben auch die Grünlandbewirtschaftung rationalisiert. Deren Einfluss im Allgemeinen und die Mahd im Besonderen auf die im Grünland lebenden Insekten sind immer wieder Gegenstand von Diskussionen. Bisherige Untersuchungen dazu waren – bedingt durch Versuchsdesign, die untersuchten Flächen oder die verwendete Mähtechnik – wenig repräsentativ für das Wirtschaftsgrünland und die landwirtschaftliche Praxis.

Vorrangiges Ziel des gegenständlichen Forschungsprojektes „Erhebung von Grundlagen zur Bewertung insektenschonender Mähtechniken im Wirtschaftsgrünland und artenreichen Magerwiesen“ war die Untersuchung der Auswirkungen von in der landwirtschaftlichen Praxis verwendeten Mähtechniken auf die im Wirtschaftsgrünland lebenden Insekten. Zusätzlich wurden „Schutz- und Scheuchvorrichtungen“ an Mähgeräten erprobt und untersucht, ob diese die Insektenverluste verringern können. Ein weiteres Ziel war, anhand der Ergebnisse mögliche Verbesserungen in der Konstruktion der Mähtechnik abzuleiten, um Insektenverluste bei der Mahd im Wirtschaftsgrünland nach Möglichkeit zu minimieren. Des Weiteren wurden Beurteilungskriterien entwickelt, mit denen zukünftig unterschiedliche Mähtechniken entsprechend ihrer Auswirkungen auf die Insekten kategorisiert werden können.

In den Versuchen wurden folgende Mähgeräte verglichen und deren Einfluss auf die Insektenfauna im Wirtschaftsgrünland erhoben:

- Doppelmessermähwerk
- Scheibenmähwerk
- Scheibenmähwerk mit Aufbereiter
- Scheibenmähwerk mit Aufbereiter und Schutz-/Scheuchvorrichtung Striegel
- Scheibenmähwerk mit Aufbereiter und Schutz-/Scheuchvorrichtung Abweiserblech

Die fünf zu vergleichenden Mähvarianten mit je neun Metern Breite waren auf der Versuchsfläche nebeneinander angeordnet. Gemäht wurden jeweils nur die mittleren drei Meter. Auf den beiden äußeren drei Metern wurden unmittelbar vor dem Mähen die auf der Fläche vorhandenen Insekten (blütenbesuchende Insekten, Heuschrecken) entlang eines Transekts erhoben. Nach der Mahd wurden die aus dem Mähgut wegfliegenden Insekten, die im Mähgut zurückgebliebenen Insekten und die zu Boden gefallen bzw. sich am Boden aufhaltenden Insekten erhoben. Dabei wurden die Insekten in die beiden Kategorien „lebend“ und „tot bzw. beschädigt“ getrennt, wobei als Kriterium die Reproduktionsfähigkeit herangezogen wurde.

Die Untersuchungen wurden sowohl auf fünfmähdigem Wirtschaftsgrünland (an jeweils drei Tagen in den Versuchsjahren 2021 und 2022 am Versuchsstandort Frankenmarkt im Bezirk Vöcklabruck) als auch auf einer einmähdigen Naturschutzfläche auf dem Gelände des Flugplatzes Wels (ein Tag 2021) und einer zweimähdigen Fläche des Naturschutzgebietes „Himmelreich“ im Bezirk Kirchdorf (ein Tag 2022) durchgeführt. Dabei wurden im Wirtschaftsgrünland die regional typischen Schnittzeitpunkte eingehalten. Bei den Magerwiesen fanden die Versuche ebenfalls zu den für diese Flächen üblichen Schnittzeitpunkten statt.

Um tageszeitliche Schwankungen im Insektenvorkommen möglichst auszugleichen, wurden die fünf Varianten je einmal am Vormittag und je einmal am Nachmittag in jeweils unterschiedlicher Reihenfolge durchgeführt. Alle erhobenen Daten wurden in weiterer Folge statistisch ausgewertet.

An den Versuchstagen im Juli 2021 wurde zusätzlich noch ein Wiederfangversuch von mit fluoreszierendem Farbstoff eingefärbten Heuschrecken durchgeführt. Dabei wurden jeweils rund 15 in der Region gefangene Heuschrecken in einer vorab ausgemähten Probestfläche ausgesetzt, nach der Mahd wieder gesucht und die Heuschreckenverluste entsprechend erhoben und dokumentiert.

Zusätzlich wurde im Rahmen einer begleitenden Masterarbeit geklärt, ob die Genauigkeit der Probenauswertung im Feld für eine gute Aussagekraft des Projektes ausreicht. Über einen zusätzlichen Auswertungsdurchgang sowie die Erhebung der Biomasse der gezählten Insekten sollten Fehlerquellen in der Datenerhebung eruiert werden.

Insgesamt wurden an den acht Versuchstagen 15.314 Individuen (> 3 mm) aus den Ordnungen der Hautflügler, Fliegen und Mücken, Heuschrecken, Schnabelkerfe, Käfer und den

Schmetterlingen auf den Probeflächen gezählt. Im jahreszeitlichen Verlauf waren die Insek- tendichten sowohl 2021 als auch 2022 im Juli am höchsten. Im Wirtschaftsgrünland in Fran- kenmarkt wurden im Juli 2021 2.721 Individuen gezählt, auf der Naturschutzfläche am Flug- platz Wels 1.405 Individuen. Im Jahr 2022 waren es im Juli am Wirtschaftsgrünland in Fran- kenmarkt 1.959 und auf der Extensivfläche in Micheldorf 1.701 Individuen. Die Artenzusam- mensetzungen zwischen Fünfschnittgrünland und Naturschutzflächen waren sehr unter- schiedlich.

Die mittlere Sterberate lag bei der Mahd mit dem Doppelmessermähwerk bei unter 5 %. Das Scheibenmähwerk unterschied sich signifikant und die Mortalität lag in etwa doppelt so hoch wie beim Doppelmessermähwerk (Mittelwert unter 10 %). Alle drei Mähvarianten mit Aufbereiter (Mittelwert um 15 bis 20 %) zeigten wiederum ca. eine Verdoppelung der Totenzahlen im Vergleich mit dem Scheibenmähwerk und eine Vervierfachung im Vergleich mit dem Doppelmessermähwerk. Die Schutz- und Scheuchvorrichtungen „Striegel“ und „Abweiserblech“ haben signifikant keine Verbesserungen gebracht. Durch das tendenziell bessere Abschneiden der Scheuchvorrichtung „Striegel“ erscheint eine Weiterentwicklung jedoch sinnvoll.

Zudem konnte beobachtet werden, dass die Schädigungswahrscheinlichkeit durch den Mähvorgang von der Körpergröße des einzelnen Individuums abhängig ist. Große Indivi- duen zeigten im Versuch eine größere Sterblichkeit als kleinere. Große Heuschreckenindivi- duen wurden besonders häufig geschädigt.

Da die Anzahl der gefundenen Insekten in den Sommermonaten am höchsten war und in diesem Zeitraum die meisten Insekten aufgrund ihrer natürlichen Entwicklung relativ groß sind, kann der Verzicht des Aufbereiters hier besonders zur Insektenschonung beitragen. Ein Auftrag an die Technikhersteller kann sein, den Ein- und Ausbau des Aufbereiters mög- lichst einfach zu gestalten, um diesen bei Sommeraufwüchsen ohne große Umbauarbeiten nicht zum Einsatz zu bringen.

Wild- und Honigbienen konnten im Vergleich zu den anderen erhobenen Insektengruppen weniger häufig beobachtet werden. Die maximal an einem der acht Versuchstage erhobene Anzahl an toten Bienen lag bei insgesamt vier Individuen. Es ist deshalb auf Signifikanzbe- rechnungen in allen statistischen Auswertungen, die auf Sterblichkeit oder Anzahl der toten Bienen beruhen, verzichtet worden. Eine statistische Aussage über signifikante Unter- schiede zwischen den getesteten Mähvarianten sowie eine Kategorisierung nach bienen- schädigender Wirkung ist aufgrund der geringen Totenzahlen nicht möglich. Die geringen

Zahlen deuten somit – vor allem im Vergleich mit anderen Insektengruppen – auf in der Realität relativ geringe direkte Schädigungseinwirkungen der getesteten Mähtechniken auf Wild- und Honigbienen hin.

Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich neben dem Einfluss unterschiedlicher Mäh-techniken auf alle Insekten im Wirtschaftsgrünland auch mit der Kategorisierungsmöglichkeit von Mähwerken hinsichtlich ihres Insektenschonungspotentials. Mit der angewandten Methode der Erhebung der im Mähgut noch lebenden sowie toten und geschädigten Insekten ist eine Kategorisierung der unterschiedlichen Mähwerksbauarten hinsichtlich ihrer Insektenschonung grundsätzlich möglich.

1 Einleitung

Die Grünlandwirtschaft beinhaltet ein ganzes Set an Tätigkeiten, die positive und negative Auswirkungen auf Insekten ausüben können. Mahd und Beweidung schufen über Jahrhunderte eine Reihe typischer Lebensräume, die die Landschaft prägen und verschiedenste grünlandtypische Tierarten beherbergen. Wesentliche Veränderungen der Grünlandwirtschaft seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts ergaben sich sukzessiv durch verstärkte Düngung und Verdichtung der Mähintervalle von meist zweimähdigen Wiesen zu drei- bis fünfmähdigen. Durch die Spezialisierung der landwirtschaftlichen Betriebe fielen viele Grenzstrukturen wie Ackerraine weg, die wichtige Verbindungskorridore für verschiedene Lebewesen darstellen können. Nicht zuletzt veränderte sich die Mähtechnik von der Sense über oszillierende Finger- und Doppelmessermähwerke bis zu rotierenden Trommel- und Scheibenmähwerken sowie dem zusätzlichen Einsatz von Aufbereitern.

Schon seit mehr als 20 Jahren wird die Rolle der veränderten Grünlandbewirtschaftung vor allem für die Vögel diskutiert, wobei die Rolle der Insekten hierbei vor allem als Futter für farmland bird species in Augenschein genommen wird (Vickery et al., 2001). Neben Düngung und Nutzungshäufigkeit kamen in jüngerer Vergangenheit zunehmend auch die Mähtechnik und ihre Auswirkungen auf die Insektenwelt der Wiesen in den Fokus. Erst seit der Jahrtausendwende wurde die Rolle der bereits flächig verbreiteten Mähtechnik mittels rotierender Mähwerke – zum Teil mit Aufbereitern – untersucht. Lediglich die Folgen von Saugmähern und Mulchern zur Straßenrandpflege wurden schon früher untersucht (Hemmann et al., 1987).

Hierbei gibt es Unterschiede im Ausmaß von Schädigungen und Tötungen bei den verschiedenen Mähgeräten. Hemmann et al. (1987) zeigten, dass auf straßenbegleitenden Grünstreifen durch Mähbalkenmäher durchschnittlich 52 % von gezielt ausgesetzten Wanzen verletzt bzw. getötet wurden. Bei Saugmähern und Mulchgeräten waren es 84 bzw. 88 %. Eine Mahd mit Trommelmäher richtete im Vergleich zu Balkenmähern fünfmal mehr Schaden in Heuschreckenpopulationen an (Wilke, 1992). Auch Humbert et al. (2010) stellten in einem Versuch mit lebenden Individuen von Schmetterlingsraupen und Wachsattrappen von Insekten deutliche Unterschiede in der Schädigungsrate bei der Anwendung unterschiedlicher Mähgeräte fest. Die oben ausgeführten Schädigungen sind bei jeder Mahd festzustellen und addieren sich in ihrer Wirkung mit der Zahl der Schnitte.

Über das Fluchtverhalten der Insekten, ausgelöst durch Vibration, Lärm, Geruch und Luftbewegungen, unmittelbar bevor die Maschinen das Gras schneiden, ist noch vieles unbekannt. Hier sind Unterschiede zwischen den Insektenarten zu erwarten. Unklar ist auch, wo es zu den Schädigungen der Insekten in den Mähgeräten kommt: Mögliche Orte sind die Mähklingen, das Gehäuse des Mähgerätes über den Mähklingen, oder aber auch die Steinschlagschürzen, auf denen die Insekten verletzt oder getötet werden können. Um signifikante Verbesserungen an den Maschinen bezüglich Insektenschonung vornehmen zu können, ist es jedoch notwendig, zu wissen, wie das natürliche Fluchtverhalten aussieht und an welchen Maschinenteilen die Schädigungen der Insekten stattfinden.

Die Nutzung von Grünflächen stellt daher für die auf den Flächen lebende Fauna einen Eingriff und ein Konfliktpotential dar. Einerseits sind die Landwirte als Unternehmer auf mehrmalige Ernten der Wiesen zur Gewinnung eiweißreichen Futters angewiesen. Und auch die in Naturschutzgebieten befindlichen Wiesen brauchen zur Offenhaltung der Flächen und zur Erhaltung einer vielfältigen Flora und Fauna eine regelmäßige – wenngleich seltenere – Mahd. Andererseits bedroht die Mahd jedoch viele Insekten durch Schädigung oder Tötung. Betrachtet man die gesamten gemähten Dauergrünlandflächen von 720.207 ha im Jahr 2023 (Streuwiesen, einmähdige Wiese, Mähwiese/-weide 2 Nutzungen, Mähwiese/-weide 3 und mehr Nutzungen) in Österreich (Agrarmarkt Austria, 2023), so kann eine beachtliche Biomasse an Insekten davon betroffen sein.

1.1 Veränderungen der Mähtechniken

Die Mähtechniken haben sich im letzten Jahrhundert stark verändert. Wurden die Grünlandflächen früher mittels Sense gemäht, folgten später oszillierende Mähwerke, die schließlich weitgehend von Rotationsmähwerken wie Trommel- und Scheibenmähwerk abgelöst wurden. Scheibenmähwerke sind heute die gängigsten Mähtechnik in Österreich. Bei den Rotationsmähwerken gibt es als Zusatzausrüstung auch Aufbereiter.

Der Zweck von Aufbereitern ist es, das Anwelken bzw. das Austrocknen des Mähgutes zu beschleunigen. Zum einen gibt es Zinkenaufbereiter und zum anderen kommen Walzenaufbereiter zum Einsatz. Walzenaufbereiter werden vorwiegend bei leguminosenreichen Beständen verwendet. Zwei ineinandergreifende Walzen quetschen das Mähgut. Bei Zinkenaufbereitern wird das Schnittgut an mehreren Stellen geknickt („Knickzetter“). An diesen Stellen wird die Cuticula der Gräser, Kräuter und Leguminosen verletzt, wodurch es zu ei-

nem rascheren Abtrocknen kommt. Durch den Einsatz von Aufbereitern kann in der Verfahrenskette der Grünlandernte in der Regel einmal Zetten mit dem Kreiselzettwender eingespart werden (Höner, 2021).

Der Marktanteil von Aufbereitern lag 2020 bei ca. 10 %, 2021 bei ca. 9 % und 2022 bei ca. 7 % am Gesamtmarkt der Scheibenmäherwerke in Österreich. Der Anteil gemähter Fläche mit Aufbereitern spiegelt sich darin jedoch nicht wider (mündl. Fa. Pöttinger, 2023).

Doppelmessermäherwerke erfahren aufgrund des niedrigeren Energieverbrauchs, größerer Arbeitsbreiten und des teilweisen automatisierbaren Schleifens der Messer wieder größeres Interesse, sind aber derzeit in der landwirtschaftlichen Praxis untergeordnet im Einsatz.

1.2 Grünlandnutzung in Österreich mit besonderer Berücksichtigung von Oberösterreich

1.2.1 Wiesen und Weiden

In Österreich werden 2023 über 843.000 ha Dauergrünland bewirtschaftet (ohne Almen und Bergmäher). Davon werden 14,6 % als Dauerweiden und Hutweiden geführt. Der weit aus überwiegende Teil (81,8 %) wird zur Verwendung als Futter zweimal (24,7 %) bzw. dreimal oder öfter (57,2 %) gemäht (Agrarmarkt Austria, 2023; Tabelle 1).

Tabelle 1: Nutzung des Dauergrünlandes in Österreich, Fläche in ha (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023).

Schlagnutzungsart	Fläche (ha)									Österreich gesamt	Anteil am Gesamt Grünland in %
	Oberösterreich	Niederösterreich	Steiermark	Salzburg	Tirol	Vorarlberg	Kärnten	Burgenland	Wien		
Dauerweide	12.398	18.465	24.654	4.078	2.648	1.779	15.550	1.017	10	80.600	9,6
Hutweide	1.052	2.059	11.830	8.192	6.907	2.027	9.310	796	14	42.167	5,0
Streuweide	261	28	152	837	215	2.394	65	8	1	3.962	0,5
Einmähdige Wiese	4.072	4.763	2.650	1.725	3.712	2.602	2.709	3.818	265	26.316	3,1
Mähwiese/-weide zwei Nutzungen	23.425	46.227	40.916	14.666	34.140	6.008	36.492	6.019	187	208.080	24,7
Mähwiese/-weide drei und mehr Nutzungen	159.164	89.636	84.572	61.628	38.420	20.769	27.322	339	*	481.850	57,2
Bundesland gesamt	200.351	161.178	164.774	91.126	86.043	35.580	91.450	11.998	476	842.975	

* Keine Flächenangabe, weil weniger als 4 Betriebe

Den größten Anteil am österreichischen Dauergrünland hat Oberösterreich mit knapp über 200.000 ha. In der Kategorie „Mähwiese/-weide drei und mehr Nutzungen“ sind auch vier und fünf Nutzungen pro Jahr subsumiert.

In Oberösterreich und Salzburg ist diese Schlagnutzungsart besonders ausgeprägt. Mit 79 bzw. 68 % Anteil von „Mähwiese/-weide drei und mehr Nutzungen“ an der gesamten Dauergrünlandfläche des jeweiligen Bundeslandes unterscheidet sich die Grünlandnutzung klar von den anderen Grünlandregionen Österreichs. In Kärnten ist die zweimähdige Nutzung am stärksten anzutreffen, mit 40 % Anteil an der Gesamtgrünlandfläche. Auch in Tirol und im Burgenland hat die 2-schnittige Nutzung einen überdurchschnittlich hohen Anteil (Agrarmarkt Austria, 2023).

Tabelle 2: Anteile von zweimähdigem sowie drei- und mehrmähdigem Grünland an der Gesamtgrünlandfläche des Bundeslandes (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023).

	Oberösterreich	Niederösterreich	Steiermark	Salzburg	Tirol	Vorarlberg	Kärnten	Burgenland	Wien
Anteil zweimähdiges Grünland (%)	11,7	28,7	24,8	16,1	39,7	16,9	39,9	50,2	39,3
Anteil drei- und mehrmähdiges Grünland (%)	79,4	55,6	51,3	67,6	44,7	58,4	29,9	2,8	

1.2.2 Flächenentwicklung des gemähten Grünlandes 2015–2023

Für die Analyse der Flächenentwicklung des Grünlandes und seiner Nutzungsarten stehen in dieser Detailliertheit die Daten für die Zeitspanne von neun Jahren (2015–2023) zur Verfügung. Das „gemähte Grünland“ ist hier mit den Nutzungskategorien Streuwiese, einmähdige Wiese, Mähwiese/-weide zwei Nutzungen und Mähwiese/-weide drei und mehr Nutzungen, definiert (Agrarmarkt Austria, 2023).

Österreich

Im Zeitraum 2015–2023 blieb die Gesamtfläche des gemähten Grünlandes in Österreich weitgehend konstant bzw. hat nur leicht (-1,7 %) abgenommen.

Tabelle 3: Entwicklung der Nutzungsarten der gemähten Grünlandflächen in Österreich im Zeitraum 2015–2023 (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023).

Nutzungsart	Fläche (ha)										
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	% 2023 gegenüber 2015	
Streuwiese	4.006	4.011	3.974	3.983	4.000	3.974	3.928	3.940	3.962	98,92	-1,08
Einmähdige Wiese	22.367	22.744	23.276	23.464	23.693	23.835	23.761	24.108	26.316	117,66	17,66
Mähwiese/-weide zwei Nutzungen	217.769	214.697	215.279	213.246	211.744	211.291	208.892	207.759	208.080	95,55	-4,45
Mähwiese/-weide drei und mehr Nutzungen	488.552	490.209	494.079	494.180	494.582	495.388	493.669	489.640	481.850	98,63	-1,37
Österreich gesamt	732.693	731.662	736.608	734.872	734.018	734.489	730.250	725.447	720.208	98,30	-1,70

Die Betrachtung der einzelnen Nutzungsarten zeigt jedoch ein differenziertes Bild. Streuwiesen sowie drei- und mehrmähdige Wiesen bewegten sich im österreichischen Gesamtbild und blieben weitgehend konstant (-1,1 bzw. -1,4 %).

Zweimähdige Wiesen zeigten mit -4,5 % eine etwas deutlichere Abnahme, die sich kontinuierlich über den Zeitraum erstreckt.

Auffallend ist die deutliche Zunahme der Nutzungskategorie einmähdige Wiesen mit +17,7 %, kontinuierlich über den Beobachtungszeitraum der letzten 9 Jahre (Agrarmarkt Austria, 2023).

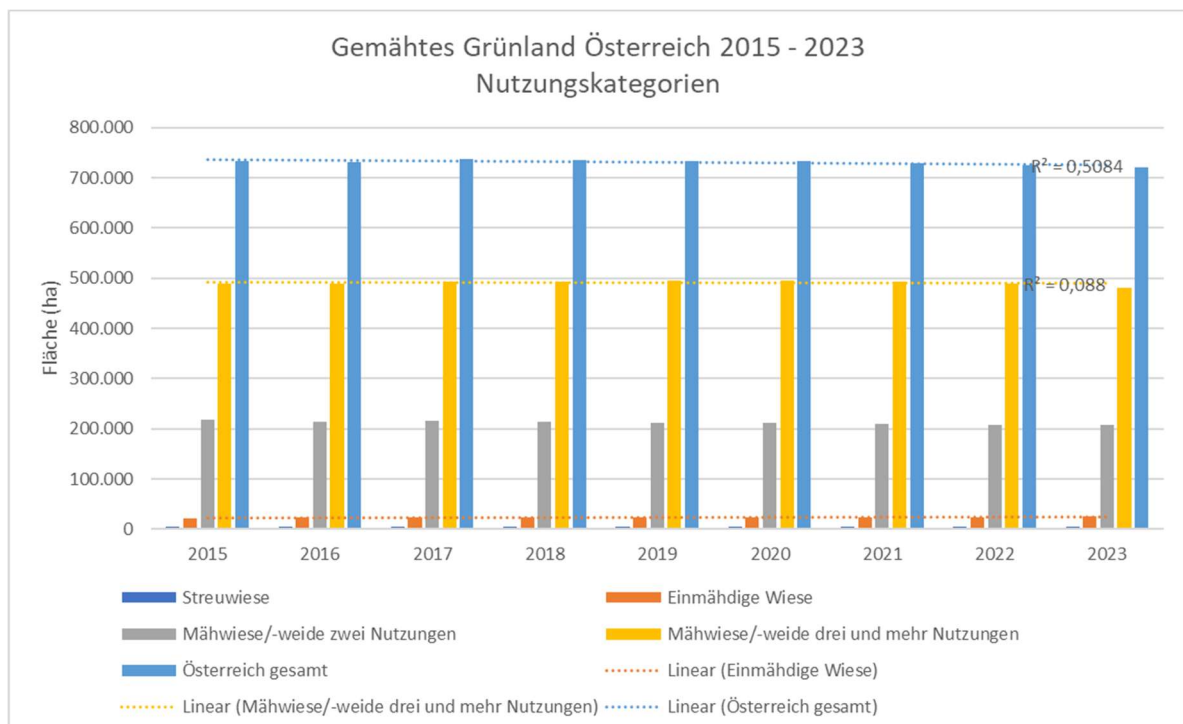


Abbildung 1: Aufteilung der unterschiedlichen Nutzungsarten am gesamten „gemähten Grünland“ in Österreich im Zeitraum 2015–2023 (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023).

In den folgenden Diagrammen für die Nutzungskategorien ist für die korrekte vergleichende Interpretation die unterschiedliche Flächenskalierung zu beachten. Wegen der ähnlichen Flächendimension wurden die Kategorien zweimähdig sowie drei- und mehrmähdig auch in einem gemeinsamen Diagramm zusammengefasst. Unter Verwendung von Microsoft Excel wurde der Pearson-Korrelationskoeffizient berechnet. Um festzustellen, ob der Korrelationskoeffizient eine statistische Signifikanz aufweist, wurden im Anschluss der t-Wert und der p-Wert berechnet. Bei einem p-Wert kleiner als 0,05 liegt eine statistisch signifikante Korrelation zwischen den beiden Variablen vor. Statistisch signifikante Entwicklungen werden in den folgenden Abbildungen dargestellt. Nicht signifikante Entwicklungen siehe Appendix 1 und Appendix 2.

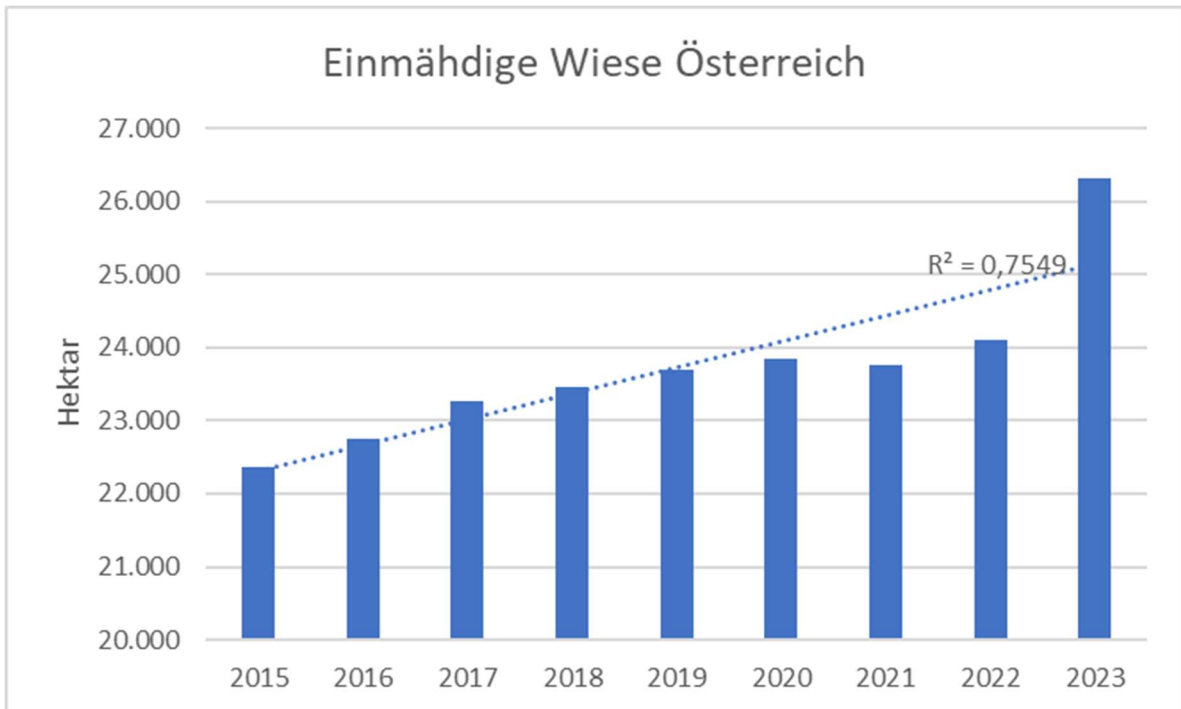


Abbildung 2: Flächenentwicklung der einmähdigen Mähwiesen/-weiden in Österreich im Zeitraum 2015–2023 (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023), p-Wert = 0,024, Skalierung der y-Achse ist zu beachten.

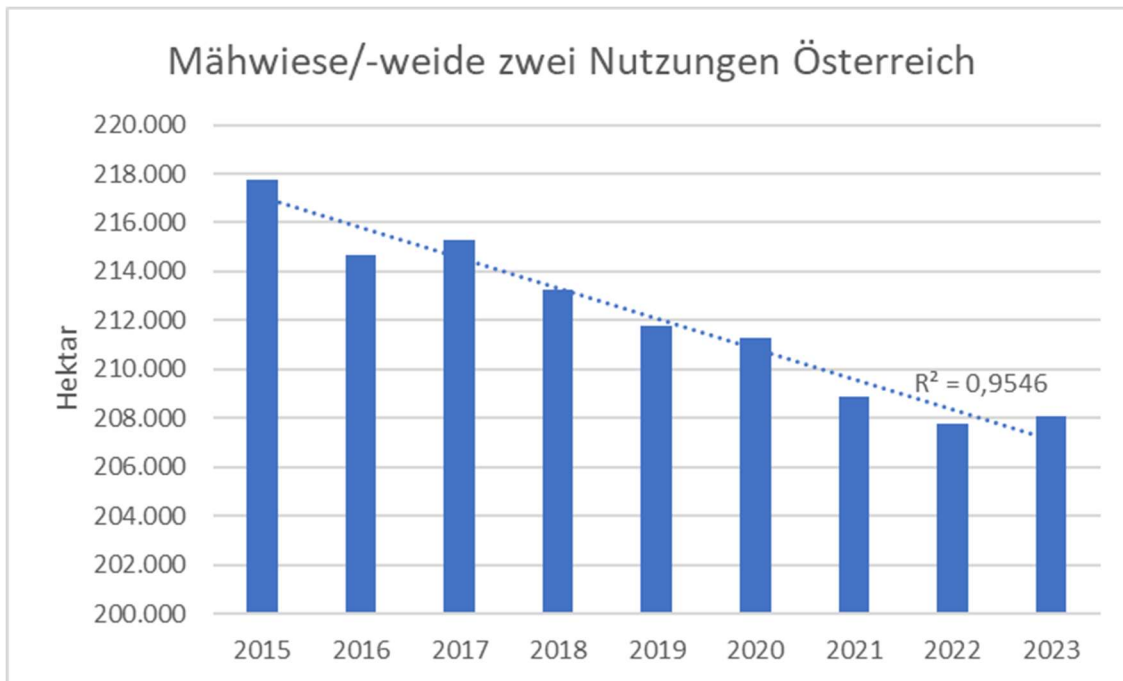


Abbildung 3: Flächenentwicklung der zweimähdigen Mähwiesen/-weiden in Österreich im Zeitraum 2015–2023 (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023), p -Wert $<0,001$.

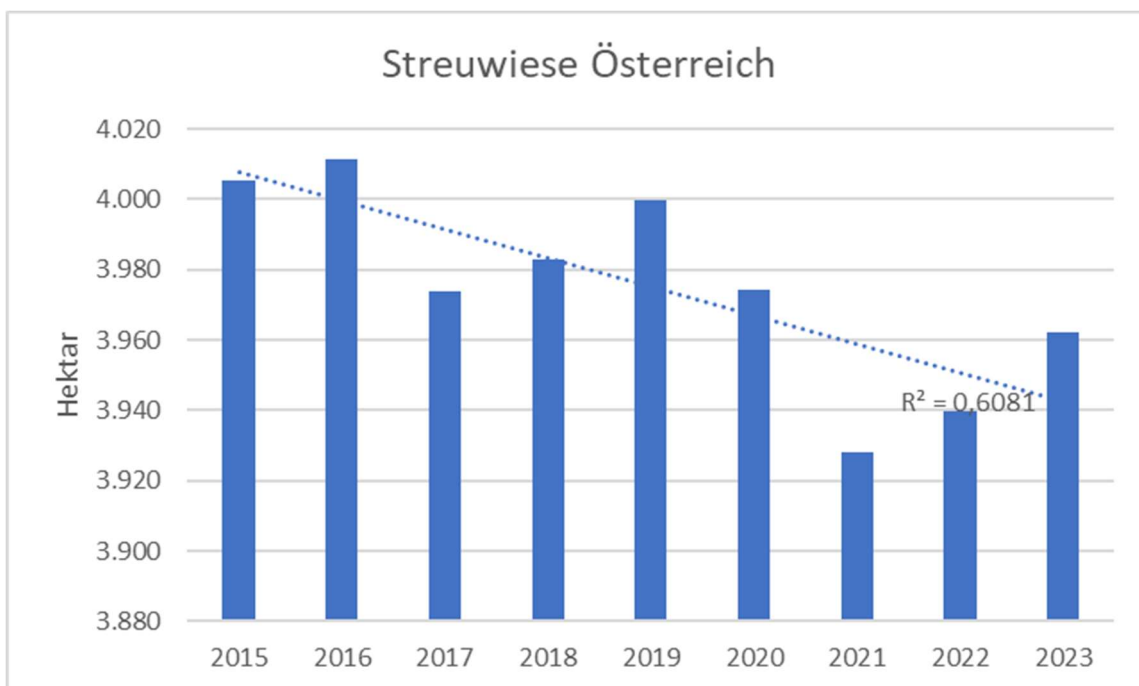


Abbildung 4: Flächenentwicklung der Streuwiesen in Österreich im Zeitraum 2015–2023 (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023), p -Wert = 0,013.

Für ein regional differenzierteres Bild sind die Bundesländer getrennt zu betrachten. Weil Oberösterreich das Bundesland mit den weitaus größten Grünlandflächen ist und den Nimbus einer besonders ertragsbetonten Bewirtschaftung innehat, wird es folgend im Detail betrachtet.

Oberösterreich

Im Zeitraum 2015–2023 hat die Gesamtfläche des gemähten Grünlandes in Oberösterreich leicht abgenommen (-3,3 %). Wenn auch diese Abnahme absolut gesehen immer noch als gering einzustufen ist, ist sie doch nahezu doppelt so stark wie im gesamten Österreich. Dieser Verlust an Grünland zeigt sich kontinuierlich über den Zeitraum (Agrarmarkt Austria, 2023).

Tabelle 4: Entwicklung der gemähten Grünlandflächen in Oberösterreich im Zeitraum 2015–2023 (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023).

Nutzungsart	Fläche (ha)									% 2023 gegenüber 2015	
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
Streuwiese	278	276	275	259	265	263	261	266	261	93,99	-6,01
Einmähdige Wiese	3.018	3.041	3.152	3.131	3.167	3.219	3.223	3.348	4.072	134,92	34,92
Mähwiese/-weide zwei Nutzungen	22.647	21.874	21.867	21.693	21.625	21.871	21.808	21.783	23.425	103,43	3,43
Mähwiese/-weide drei und mehr Nutzungen	169.399	168.853	168.729	169.110	168.745	168.518	167.383	164.213	159.164	93,96	-6,04
Oberösterreich gesamt	195.342	194.045	194.023	194.193	193.802	193.871	192.675	189.611	188.944	96,72	-3,28

Interessant ist auch hier die differenzierte Betrachtung der unterschiedlichen Nutzungskategorien. Streuwiesen sowie drei- und mehrmähdige Wiesen zeigten eine identische Abnahme von jeweils ca. 6,0 Prozent. Die Streuwiesenfläche dürfte sich seit 2018 stabilisiert haben. Damit liegen die Flächenverluste deutlich über dem österreichischen Durchschnitt (-1,1 % bzw. -1,4 %) (Agrarmarkt Austria, 2023).

Entgegen dem österreichischen Trend der kontinuierlichen Abnahme von zweimähdigen Wiesen (-4,5 %) entwickelte sich in Oberösterreich diese Nutzungskategorie über den Zeitraum 2015–2023 gegenläufig (+3,4 %). Allerdings sind dafür wahrscheinlich die beiden Randwerte 2015 und 2023 verantwortlich. Betrachtet man den Zeitraum dazwischen (2016–2022), so haben sich die zweimähdigen Wiesen in der Fläche konstant gehalten (siehe auch Diagramme unten). Jedenfalls kann in Oberösterreich von keinem Verlust an zweimähdigen Wiesen in diesem Zeitraum gesprochen werden (Agrarmarkt Austria, 2023).

Die Flächen an einmähdigen Wiesen haben von 2015–2023 stark und vor allem kontinuierlich zugenommen (+34,9 %). Das ist insbesondere im Hinblick auf ihr ökologisches Potential erfreulich (Agrarmarkt Austria, 2023).

Was für ganz Österreich bereits festgehalten wurde, gilt in noch größerem Ausmaß für Oberösterreich: Flächen mit, aus ökologischer Sicht, grundsätzlich hochwertigen Nutzungshäufigkeiten (einmähdig, zweimähdig) haben teils sehr deutlich zugenommen. Die Kategorie mit drei- und mehrmähdiger Nutzungshäufigkeit hat im Vergleich zu Österreich leicht überproportional abgenommen.

Für Oberösterreich lässt sich in diesem Zeitraum der Verlust an ein- und zweimähdigem Grünland nicht nachweisen. Eine Zunahme an Flächen mit ökologisch weniger wertvollen Nutzungshäufigkeiten ist ebenfalls nicht darstellbar.

In den folgenden Diagrammen für die Nutzungskategorien ist für die korrekte vergleichende Interpretation die unterschiedliche Flächenskalierung zu beachten.

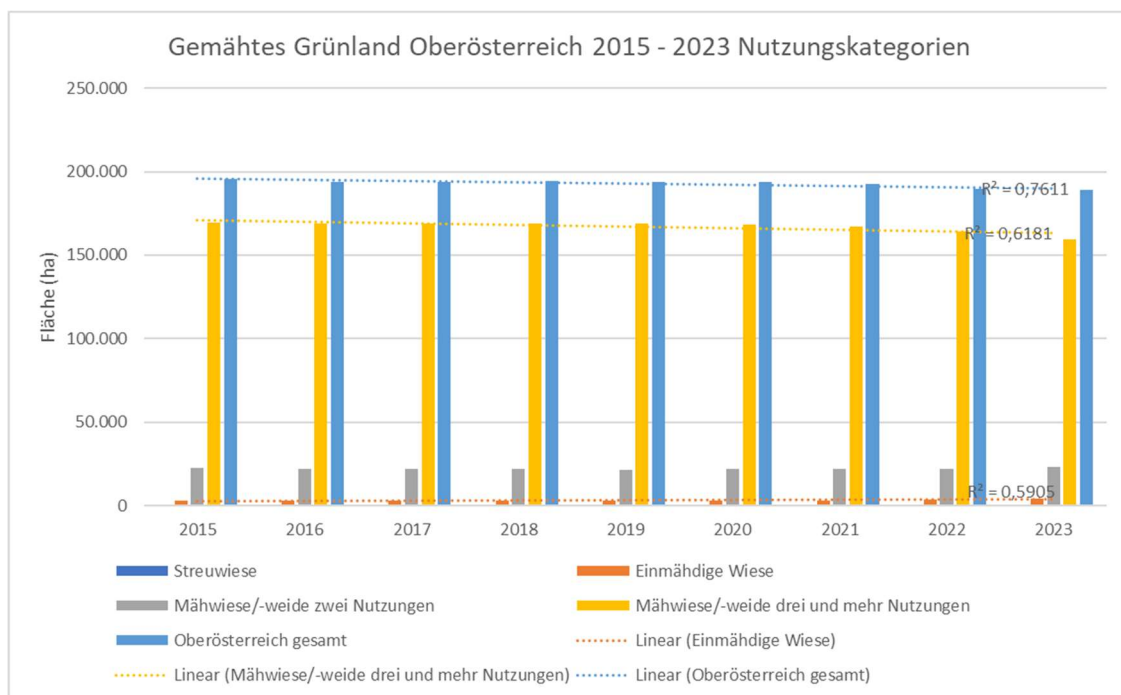


Abbildung 5: Aufteilung der unterschiedlichen Nutzungskategorien am gesamten „gemähten Grünland“ in Oberösterreich im Zeitraum 2015–2023 (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023).

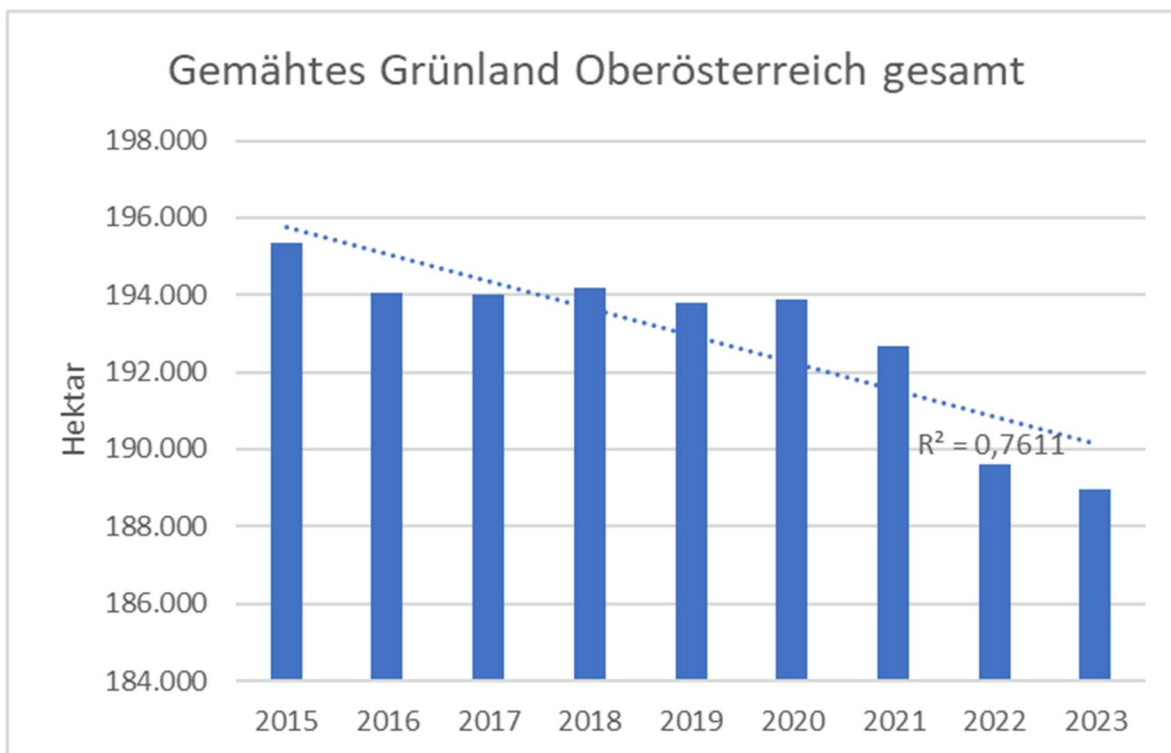


Abbildung 6: Flächenentwicklung des gesamten in Oberösterreich gemähten Grünlandes im Zeitraum 2015 – 2023 (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023), p-Wert = 0,002.

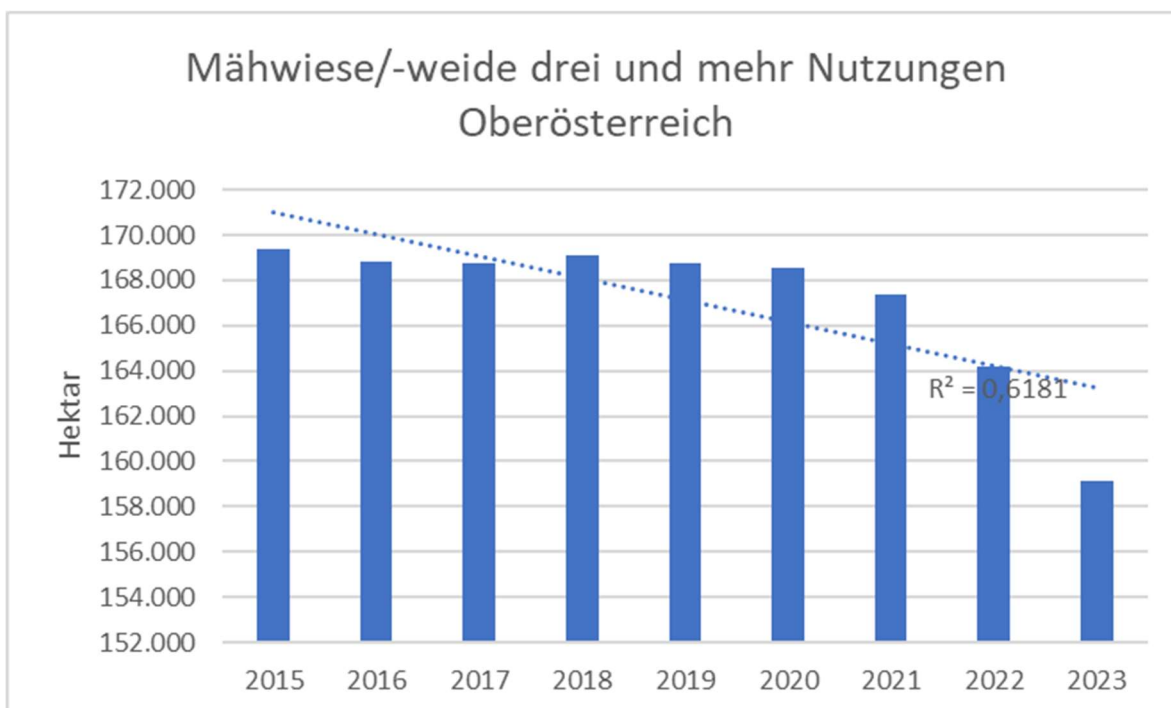


Abbildung 7: Flächenentwicklung der drei- und mehrmähdigen Mähwiesen/-weiden in Oberösterreich im Zeitraum 2015–2023 (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023), p-Wert = 0,012.

2 Hintergründe und Ziele

Nach Sichtung vorhandener Literatur zum Thema Beeinträchtigung von Insekten durch die Grünlandmahd durch Frühwirth Peter (LK OÖ), Braun Roman (MR OÖ) und Hintringer Johannes (MR OÖ) wurde festgestellt, dass diesbezüglich keine aussagekräftigen Studien für Wirtschaftsgrünland zu finden sind. Beispielsweise haben sich Frick und Fluri (2001) nur mit der Schädigung von Bienen bei der Mahd von blühenden Weißklee- und Phacelia-Parzellen befasst. Auf Initiative dieser Vertreter aus der oberösterreichischen Grünlandberatung gab es im Jahr 2019 mehrere Treffen unterschiedlicher Interessengruppen zur Ideenfindung bzw. Konzeptentwicklung, wie die Grünlandernte insektenschonender gestaltet werden könnte.

Nach mehreren Abstimmungstreffen wurde klar, dass hier Forschungsbedarf besteht, weil es zu diesem Zeitpunkt keine wissenschaftlichen Untersuchungen gab, welche aufzeigen, was bei der Grünlandernte im Wirtschaftsgrünland in Österreich mit den Insekten tatsächlich passiert. Daher wurde dieses Forschungsprojekt initiiert. Man beschränkte sich im ersten Schritt bewusst nur auf die Mahd von Grünlandflächen. Eine Ausweitung des Projektes auf die Untersuchung der Folgeschritte der Grünlandernte wurde bewusst nicht vorgenommen, weil dies den Rahmen der Möglichkeiten in diesem Forschungsprojekt überstiegen hätte. Wie im Kapitel Material und Methoden beschrieben, waren die Exaktversuche der unterschiedlichen Mähtechniken bereits tagesfüllend. Weitere Untersuchungen zu den Folgeschritten wie Kreiseln mittels Kreiselzettwender bzw. Schwaden konnten schon aus Zeitgründen nicht durchgeführt werden.

Bei der Konzeptentwicklung bzw. der Projektumsetzung waren folgende Organisationen bzw. Personen beteiligt:

- Maschinenring OÖ (Ing. Roman Braun, DI Johannes Hintringer)
- Landwirtschaftskammer OÖ (DI Peter Frühwirth, Mag. Michael Fritscher)
- AGES (Dr. Josef Mayr, Dr. Linde Morawetz, später: Dr. Dirk Louis Schorkopf)
- HBLFA Francisco Josephinum Wieselburg (DI Franz Handler)
- Fa. Pöttinger GmbH (DI Christian Ernst, Markus Reininger, MSc., später: Martin Baumgartner)
- selbständiger Biologe: Dr. Johann Neumayer

Darüber hinaus erfolgte die Konzeptentwicklung in Abstimmung mit der Stiftung für Natur, des Naturschutzbundes OÖ (Dr. Martin Schwarz) und der Universität für Bodenkultur Wien (Dr. Bärbel Pachinger).

Das vorliegende Projekt „Erhebung von Grundlagen zur Bewertung insektenschonender Mähtechniken im Wirtschaftsgrünland und in artenreichen Magerwiesen (ISM)“ bzw. als Kurzbezeichnung „Insektenschonendes Mähen“ wurde zur Förderung beim Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT) eingereicht und erfolgreich seitens des BMLRT genehmigt. Das Projekt startete am 01.08.2020. Im August 2020 fand ein Vorversuch statt, Exaktversuche folgten 2021 und 2022. Die Auswertungen der Versuche und der Endbericht des Projektes liegen per Anfang Juni 2023 vor.

In diesem Projekt sollten die Insektenverluste durch unterschiedliche Mähtechniken untersucht und Beurteilungskriterien erstellt werden, anhand derer die Mähtechniken als mehr oder weniger „insektenschonend“ klassifiziert werden können. Es sollte damit die Grundlage für einen Umstieg auf entsprechende Mähgeräte geschaffen werden bzw. der Umbau von bestehender Technik forciert werden, um die Insektenverluste im Grünland zu verringern. Zusätzlich sollte das Fluchtverhalten beobachtet und Schädigungsorte im Mähgerät festgestellt werden, damit konstruktive Verbesserungen an Mähgeräten vorgenommen werden können.

Die Fragestellungen gemäß Projektantrag sind:

- Wie wirken sich gängige Mähtechniken unter praxisnahen Bedingungen in den regionaltypisch genutzten Grünlandgebieten auf die dort vorhandenen Insekten aus?
- Können durch Veränderungen in der Mähgerätekonstruktion und durch Scheuchvorrichtungen Insektenverluste signifikant verringert werden?
- Welche Auswirkungen zeigen die gängigen und die veränderten Konstruktionen auf artenreichen Extensivflächen?
- Worauf ist bei der Klassifizierung von Mähgeräten im Hinblick auf Insektenschutz zu achten?

Konkret sollten folgende Tätigkeiten laut Projektantrag durchgeführt werden und Antworten liefern:

- Videoaufnahme und Analyse des Fluchtverhaltens von Insekten während des Mähvorganges mittels einer hochauflösenden Kamera.
- Lokalisation der Verletzungs- bzw. Tötungspunkte im Mähgerät durch den Einsatz von mit fluoreszierendem Pulver bestäubten Insekten als Grundlage für zukünftige Verbesserungsmaßnahmen.
- Im Jahr 2020 Erprobung der (theoretisch) geplanten Methoden zur Ermittlung der Insektenverluste für mögliche Adaptierungen bei den nachfolgenden Versuchen.
- Erfassung der Insektenverluste 2021 und 2022 in regionaltypischen Mähwiesen und extensiven ein- bis zweimähdigen Wiesen durch jeweils vier Mähversuche, Zeitpunkte jeweils abhängig von der Vegetationsentwicklung.
- Statistische Auswertung der festgestellten Insektenverluste durch verschiedene Mähvarianten beider Versuchsjahre.
- Stärken-/Schwächenanalyse der erprobten Untersuchungsmethode.
- Einreichung der Publikation der Versuchsergebnisse in 5 populärwissenschaftlichen Fachzeitschriften. Eine wissenschaftliche Publikation wird zusätzlich angestrebt.

3 Material und Methoden

Das Projekt startete 2020 mit einem Vorversuch. 2021 und 2022 folgten die Exaktversuche der ausgewählten Techniken. Der Versuchsablauf beim Vorversuch, die getesteten Mähverfahren, das Versuchsdesign, der Versuchsablauf der Exaktversuche und die erhobenen Daten werden in diesem Kapitel dargelegt.

3.1 Vorversuch 2020

Am 11.08.2020 wurden auf den Versuchsflächen der Firma Pöttinger in Grieskirchen die verschiedenen zu erprobenden Mähtechniken und das theoretisch durchdachte Verfahren zur Messung der Auswirkungen der Mahd auf die Insekten praktisch ausprobiert. Ziel dabei war es, das Verfahren vor den Exaktversuchen 2021 und 2022 einmal zu testen sowie zu erproben, wie lange die einzelnen Prozesse dauern und ob die theoretisch geplante Versuchsdurchführung praxistauglich ist. Das Verfahren zur Messung der Insektenanzahl wurde verfeinert und adaptiert, sodass es möglichst effizient bei den Exaktversuchen 2021 und 2022 durchgeführt werden konnte. Folgende sechs Mähtechniken wurden ausprobiert:

- oszillierendes Fingermähwerk (weil ein Doppelmessermähwerk in der Region nicht verfügbar war)
- Scheibenmähwerk (herkömmlich)
- Scheibenmähwerk mit Aufbereiter
- Scheibenmähwerk mit Abweiserblech vor dem Mähwerk (= Schutz-/Scheuchvorrichtung) (Details siehe nächstes Kapitel)
- Scheibenmähwerk mit Striegel, welcher rund 5 Meter vor dem Mähwerk durch den Bestand streift und Insekten "aufscheuchen" soll (= Schutz-/Scheuchvorrichtung) (Details siehe nächstes Kapitel)
- Scheibenmähwerk mit Öffnungen in der Mähwerkskonstruktion (= Schutz-/Scheuchvorrichtung)

Es wurde auch diskutiert, dass anstatt gekröpften Mähklingen gerade Klingen verwendet werden. Hintergedanke war, dass durch die gekröpfte Form der Mähklingen eine Sogwirkung entstehen kann, die unter Umständen zu höheren Insektenverlusten führen könnte. Die Idee der geraden Mähklingen wurde nach Rücksprache mit Technikherstellern wieder

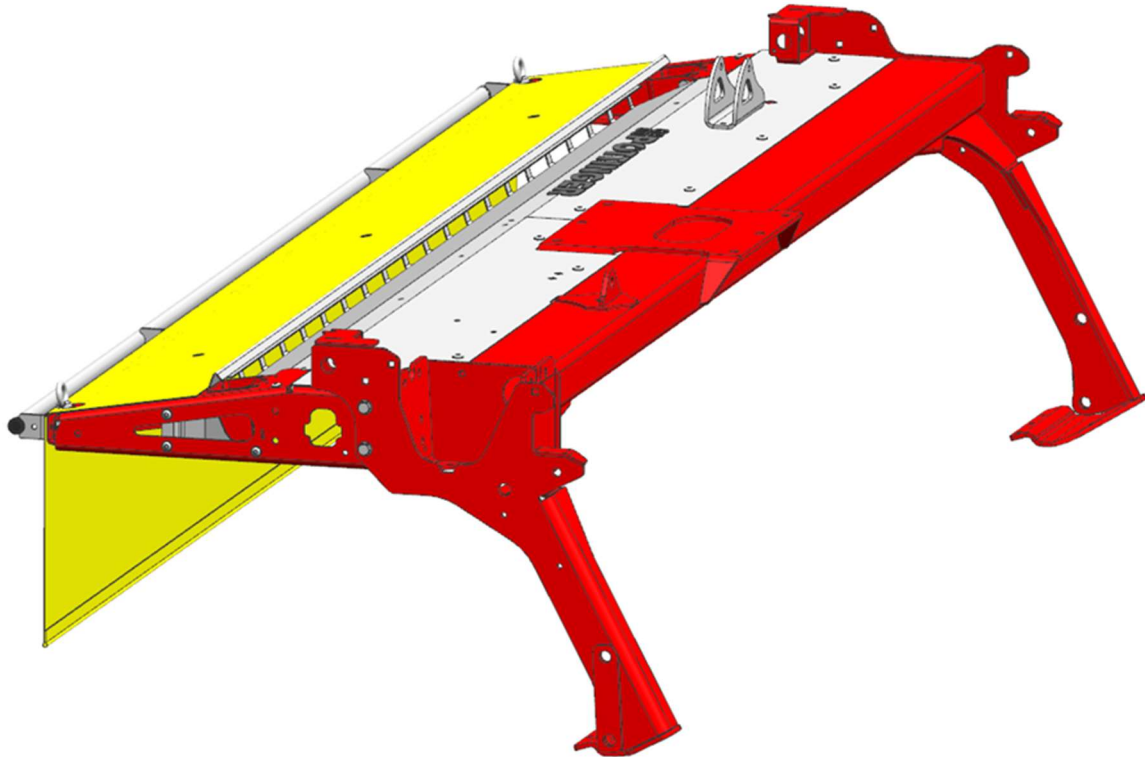


Abbildung 8: Öffnungen in der Mähgerätkonstruktion (schematisch), Darstellung: Fa. Pöttinger.

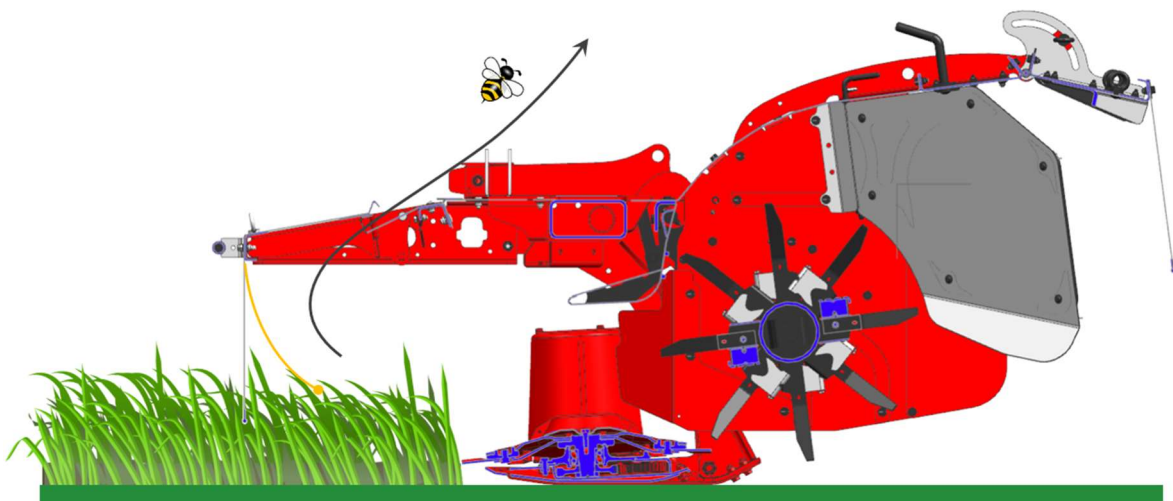


Abbildung 9: Öffnungen in der Mähgerätkonstruktion (schematisch), Darstellung: Fa. Pöttinger.

Die Idee dabei war, dass in der Mähgerät-Konstruktion eingefangene Insekten einen Fluchweg durch diese Öffnung aus dem Gefährdungsbereich bekommen bzw. durch den Fahrtwind, durch die entstehenden Verwirbelungen bei der Rotation der Mähscheiben oder des Aufbereiters aus dem Gefährdungsbereich hinaus geblasen werden. Bei der Wahl des Ortes

dieser Öffnungsschlitz war man sehr eingeschränkt, weil aus sicherheitstechnischen Gründen (z.B. müssen wegfliegende Steine gebremst werden) die Öffnungen nicht zu groß und nicht an jeder beliebigen Stelle am Mähgerät angebracht sein dürfen. Das generelle Weglassen der Planen war auch aus dem genannten Grund nicht möglich. Abbildung 10 zeigt einen Teil des Projektteams beim Vorversuch am 11.08.2020 beim Fixieren eines Gaze-Netzes zum Einfangen der durch die Öffnung entweichenden Insekten, um einen Überblick zu bekommen, wie viele Insekten durch die Öffnung entkommen.



Abbildung 10: Öffnungen in der Mähwerkskonstruktion als mögliche Schutzvorrichtung zum Entweichen von Insekten.

Die Einbeziehung eines Trommelmähwerkes in die Untersuchungen wurde diskutiert. Die Idee wurde verworfen, da der Zeitbedarf für die zusätzliche Variante zu einer Überschreitung der zulässigen Dauer eines einzelnen Versuches geführt hätte. Weiters hat die Bedeutung von Trommelmähwerken in der Praxis in den vergangenen Jahren tendenziell abgenommen.

Von den verschiedenen Mähvarianten wurden mit verschiedenen Kameras Videoaufnahmen gemacht. Diese Videoaufnahmen wurden im Winter 2020/2021 ausgewertet, um zu entscheiden, welche zwei der drei Schutz-/Scheuchvorrichtungen das vermeintlich größere

Insektenschonungspotential haben und somit in den Exaktversuch aufgenommen werden sollen. Für die Exaktversuche wurden bewusst nur fünf Verfahren ausgewählt, weil dies aus Zeitgründen für die praktische Versuchsdurchführung das Maximum war.

Auf der Versuchsfläche in Grieskirchen wurden dort lebende Heuschrecken eingefangen, mit fluoreszierendem roten Pulver eingefärbt und gezielt wieder ausgesetzt. Ziel war es, nach der Mahd die Farbe in der Mähgerätkonstruktion wieder zu finden und Indizien für den Schadensort im Mähwerk zu erhalten.



Abbildung 11: Die eingefärbten Heuschrecken wurden in der Mähversuchsfläche ausgesetzt. Bis zur Mahd wurde einige Minuten gewartet, damit sich die Heuschrecken in der Vegetation an ihre üblicherweise genutzten Stellen begeben konnten.



Abbildung 12: Josef Mayr (AGES) sucht den potentiellen Schädigungsort im Mähwerk mittels UV-Lampe – Suche nach Rückständen von fluoreszierendem Pulver.

3.2 Verwendete Mähgeräte bei den Exaktversuchen 2021 und 2022

Für die Versuche wurden folgende fünf Varianten eingesetzt:

- Doppelmessermähwerk bzw. Doppelmessermähbalken der Fa. BB Umwelttechnik mit 2,95 Metern Arbeitsbreite im Heckanbau (DMB)
- Scheibenmähwerk Novacat 302 der Fa. Pöttinger im Heckanbau mit 3,04 Metern Arbeitsbreite (https://www.poettinger.at/de_in/produkte/detail/noca/novacat-heckmaehwerk-mit-mittenaufhaengung)
- Scheibenmähwerk mit Aufbereiter Novacat 302 ED (Extra Dry Zinkenaufbereiter wurde in das Scheibenmähwerk eingebaut) (SMA)
- Scheibenmähwerk mit Aufbereiter und Schutz-/Scheuchvorrichtung Striegel (SMA1)
- Scheibenmähwerk mit Aufbereiter und Schutz-/Scheuchvorrichtung Abweiserblech (SMA2)

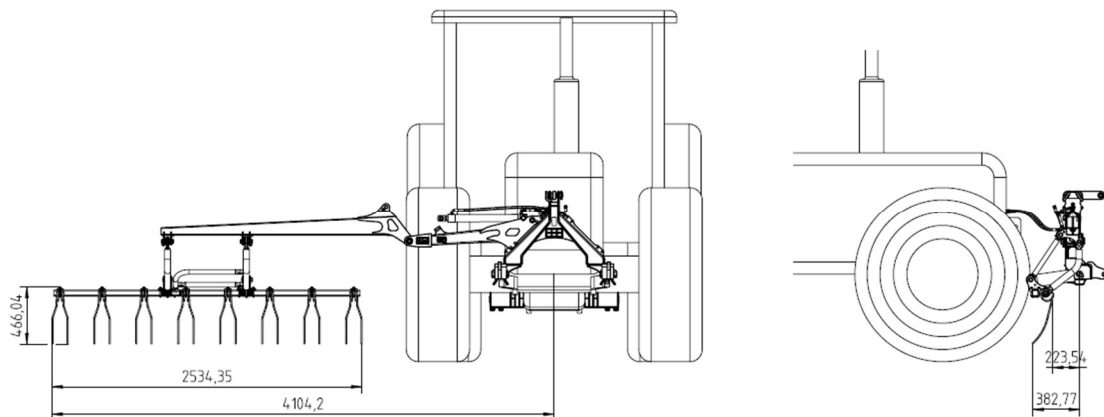


Abbildung 13: Scheibenmäherwerk mit Aufbereiter und Schutz-/Scheuchvorrichtung Striegel (SMA1), hier nur der Striegel als Skizze zu sehen, Darstellung: Fa. Pöttinger.

Theoretisch durchdachte Funktionsweise des Striegels: Der Striegel wird einige Meter vor dem Mähwerk durch den Bestand gezogen, sodass bei Insekten der Fluchtinstinkt geweckt wird und sie länger Zeit haben „zu fliehen“ (z.B. wegfliegen oder fallen lassen).

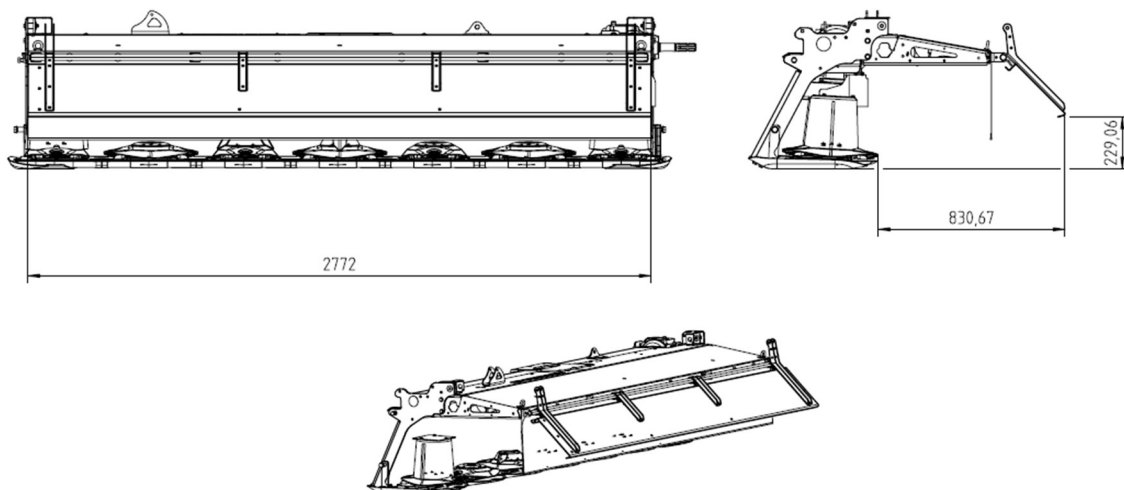


Abbildung 14: Scheibenmäherwerk mit Aufbereiter und Schutz-/Scheuchvorrichtung Abweiserblech (SMA2) als Skizze, Darstellung: Fa. Pöttinger.

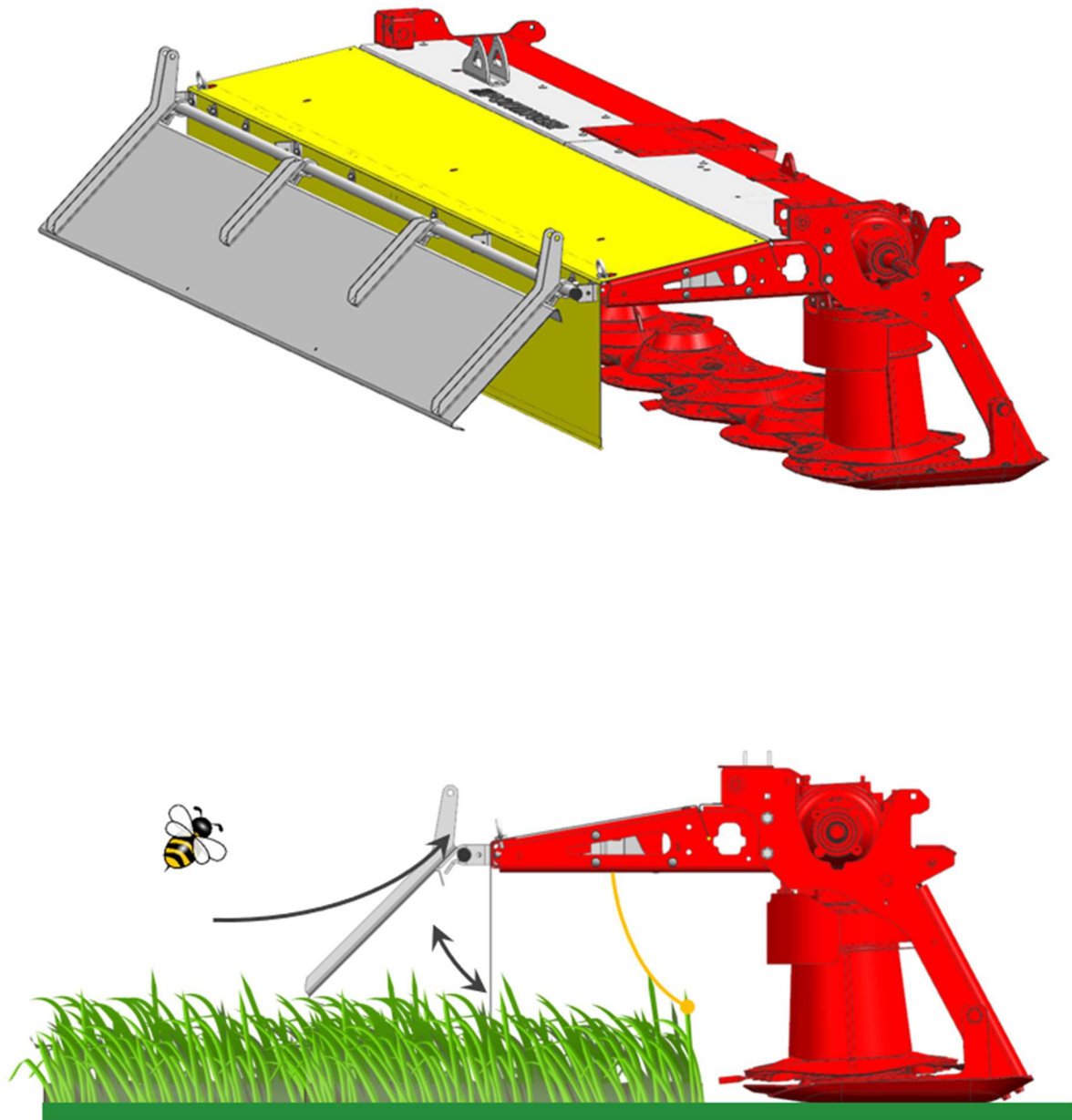


Abbildung 15: Scheibenmäherwerk mit Aufbereiter und Schutz-/Scheuchvorrichtung Abweiserblech (SMA2) schematisch, zwei Darstellungen: Fa. Pöttinger.

Theoretisch durchdachte Funktionsweise des Abweiserbleches: Das Abweiserblech ragt in den stehenden Grünlandbestand und wird so eingestellt, dass der Großteil der Blüten über das Abweiserblech hinausragt. Dadurch soll erreicht werden, dass möglichst viele blütenbesuchende Insekten bzw. Insekten, die sich im Grünlandbestand über dem vorderen Ende dieses Abweiserbleches aufhalten, über das Mäherwerk geleitet werden und nicht in das Mäherwerk gelangen.

3.3 Fahrgeschwindigkeit und Stoppelhöhe

Die Fahrgeschwindigkeit und die Schnitthöhen wurden bei den Exaktversuchen kontrolliert und dokumentiert. Die Fahrgeschwindigkeit beim Mähen lag mit dem Doppelmessermähwerk im Bereich von 7,9 bis 8,2 km/h. Mit den Scheibenmähwerken wurde von 11,8 bis 12,3 km/h gemäht. Dies sind praxisübliche Werte.

Die mittlere Stoppelhöhe bewegte sich bei allen Probepunkten zwischen 6,7 und 8,1 cm. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen Doppelmessermähwerk und Scheibenmähwerk.

3.4 Versuchsflächen und Erntezeitpunkte

Die Versuchsfläche „Wirtschaftsgrünland“ wird von Michael Neudorfer, Buchscharten 2, 4890 Frankenmarkt bewirtschaftet und liegt unmittelbar in nord-östlicher Richtung neben der beschriebenen Adresse. Die genauen Koordinaten der Fläche lauten: 47,994148°N, 13,411619°E.

Diese Fläche wird seit 2018 üblicherweise fünfmal als Mähwiese genutzt. Davor war sie vierschnittig. Soll hochwertiges Grundfutter für Milchkühe produziert werden, stellt diese Nutzungsintensität in der Region die Regel dar. Meist erfolgt der erste Schnitt Ende April bzw. Anfang Mai (mündl. Neudorfer, 2023).

In Abbildung 16 ist die Versuchsfläche markiert und die Nutzungshäufigkeit der umliegenden Grünlandflächen bzw. die im Jahr 2022 angebauten Ackerkulturen eingezeichnet. Die Darstellung soll aufzeigen, in welchem Umfeld die Versuchsfläche gelegen ist.



Abbildung 16: Nutzungshäufigkeiten von Grünlandflächen bzw. 2022 kultivierte Ackerfrüchte im Umkreis von 500 Metern zur Versuchsfläche (mündl. Neudorfer, 2023).

Im Versuchsjahr 2021 erfolgte der erste Schnitt aufgrund der verzögerten Vegetationsentwicklung deutlich später als üblich. Der Grund dafür: Die Witterung gestaltete sich im Frühjahr feucht-kühl, weshalb der optimale Schnitzeitpunkt aus Sicht der Milchkuh-Ernährung (Stadium Ähren-Rispen-Schieben der Leitgräser) im Vergleich zu den Vorjahren rund zwei Wochen später war. Besonders der Mai 2021 war im gesamten Bundesland Oberösterreich sehr niederschlagsreich, wodurch die Ernte des ersten Schnittes weiter verzögert und der Großteil der Flächen erst Ende Mai geerntet wurde. Der Exaktversuch auf der Versuchsfläche in Frankenmarkt wurde somit erst am 01.06.2021 durchgeführt. Der zweite Versuchsdurchgang erfolgte am 21.07.2021, wobei hier der zweite Schnitt und nicht der dritte Schnitt – wie ursprünglich geplant – geerntet wurde. Der dritte Versuchstermin 2021 fand schließlich am 01.10.2021 (4. Aufwuchs) statt. Aufgrund der Jahreszeit und des herbstlichen Wetters (kühl und starke Taubildung) konnten zu diesem Zeitpunkt naturgemäß wenige Insekten gefunden werden bzw. konnten durch die langanhaltende Feuchtigkeit die Insekten auch schwieriger vom Mähgut getrennt werden. Nach Abschluss des Versuchsjahres 2021 wurde daher beschlossen, dass der letzte Versuchstermin 2022 nicht zum 5. Schnitt – wie ursprünglich geplant – stattfinden soll, sondern bereits zum 4. Schnitt, weil hier ein höheres Insektenaufkommen erwartet wurde.

Im Jahr 2022 fanden die Mähversuche in Frankenmarkt zu folgenden Terminen statt: 1. Aufwuchs am 12.05.2022, 3. Aufwuchs am 13.07.2022 und 4. Aufwuchs am 23.08.2022. Beim 5. Aufwuchs wurden keine Mähvarianten mehr durchgeführt, es wurden aber nochmals die Transekt-Erhebungen zu den unterschiedlichen Tageszeitpunkten beim regional typischen Mähtermin gemacht. Dies fand am 05.10.2022 statt.

Die Versuchsfläche „Naturschutzfläche 2021“ befindet sich auf dem Gelände des Flugplatzes Wels, und zwar am südlichen Randbereich. Die genauen Koordinaten dieser Versuchsfläche lauten: 48.178841°N, 14.042126°E. Die Flächen des Flugplatzes Wels befinden sich im Europaschutzgebiet „Welser Heide“. Der erste und einzige Versuchstermin fand hier am 22.07.2021 statt. Diese Fläche durfte erst nach dem 15.07. gemäht werden, der 22.07. war also ein typischer Mähtermin für diese einmähdige Fläche.

Da auf dieser Naturschutzfläche zum Mähzeitpunkt Mitte Juli das Blütenangebot gering war, weil der Bestand ohnehin gräserbetont und ein Großteil der Kräuter schon verblüht war, konnten generell wenig Blütenbesucher beobachtet werden und die Anzahl der vorkommenden Insekten war vergleichsweise gering (siehe auch *Abbildung 35*). Auf dem Fünfschnittgrünland in Frankenmarkt konnten am Tag davor unter ähnlichen Witterungsbedingungen deutlich mehr Insekten gefunden werden.

Daher wurde entschieden, für das Versuchsjahr 2022 die Versuchsfläche zu wechseln. Aufgrund einer niederschlagsreichen Phase fand 2022 der Mähtermin auf der Naturschutzfläche wieder im Juli statt. Die angrenzenden Naturschutzflächen wurden auch am selben Tag gemäht – es wurde also auch hier ein praxisüblicher Schnitttermin gewählt. Diese neue Fläche wäre theoretisch auch schon im Juni mähbar gewesen.

Diese Versuchsfläche „Naturschutzfläche 2022“ befindet sich im Naturschutzgebiet „Himmelreich“ (Himmelreichbiotop) in Micheldorf. Die genauen Koordinaten dieser Versuchsfläche lauten: 47,863424°N, 14,132591°E. Der erste und einzige Versuch fand hier am 12.07.2022 statt.

3.5 Ablauf der Versuche

Der Ablauf eines Versuchstages gestaltete sich so, dass sowohl am Vormittag als auch am Nachmittag jeweils alle fünf Mähvarianten durchgeführt wurden. Am Vortag des jeweiligen Versuchstages wurden bereits Vorbereitungen getroffen.

3.5.1 Vorbereitungen am Tag davor

Die Probeflächen zur Heuschreckenerhebung (3 x 5 m) und die Transekte (10 x 2 m) zur Erhebung der Blütenbesucher (siehe dazu auch Abbildung 18) wurden bereits am Vortag mit Fiberglasstäben ausgepflockt bzw. entlang des Blütenbesuchertransekts ein Absperrband gespannt. Einerseits hatte dies logistische Gründe, weil ein Ausmessen und Ausstecken am Tag der Durchführung der Exaktversuche zu aufwändig gewesen wäre, um mit den Exaktversuchen um ca. 09.00 Uhr starten zu können. Andererseits hatte es auch den Grund, dass es durch das Ausstecken zu einem „Stören“ der Insekten und folglich einem Aufscheuchen von Insekten kommt. Durch das Ausstecken bereits am Vortag konnten sich die Insekten bis zur Versuchsdurchführung am nächsten Tag wieder möglichst ihrem natürlichen Verhalten entsprechend im Grünlandbestand verteilen und damit eine Beeinflussung des Ergebnisses ausgeschlossen werden. Außerdem wurde bereits am Vortag die gesamte Versuchsfläche des jeweiligen Halbtages ausgemäht (das Vorgewende, welches nicht Teil des Versuches war). Das Niederfahren des Aufwuchses neben den Versuchsflächen konnte dadurch auf ein Mindestmaß reduziert werden.



Abbildung 17: Fertig ausgesteckte und ausgemähte Versuchsfläche am 11.05.2022 für den Versuchstag am 12.05.2022 in Frankenmarkt.

In Abbildung 17 sieht man rechts die fünf Mähvarianten für den nächsten Vormittag. Die Absperrbänder kennzeichnen jeweils ein Blütenbesucher-Transekt (10 x 2 m). Jeweils vier, nur schwach sichtbare blaue Fiberglasstäbe begrenzen die Heuschreckentransekte (5 x 3 m).

3.5.2 Versuchsdesign auf der Fläche

Die Versuchsfläche gestaltete sich so, dass die fünf Mähvarianten jeweils nebeneinander angeordnet waren (siehe auch Abbildung 18). Für jede Mähvariante waren neun Meter Breite vorgesehen, wovon die mittleren drei Meter jeweils tatsächlich für den Versuch gemäht wurden. Links und rechts von diesen gemähten drei Metern war Platz für die Heuschreckenerhebung (siehe Abbildung 18, grün markiert) auf der einen Seite und ein Transekt für Blütenbesucher (siehe Abbildung 18, orange markiert) auf der anderen Seite. Diese Erhebungen (Heuschrecken und Blütenbesucher) erfolgten unmittelbar vor der Mahd und waren neben dem Mähstreifen (also dem tatsächlich gemähten drei Meter breiten Streifen) angeordnet. Grund dafür war, dass die Probepunkte (siehe Abbildung 18, dunkelgelb eingefärbt), auf welchen nachher die Auswertung von den Proben nach der Mahd stattfand, möglichst ungestört bleiben sollten, um keine Insekten zu verscheuchen und in der Folge die Ergebnisse zu verfälschen. Innerhalb eines Mähstreifens gab es drei Probepunkte.

Schnittvariante	53 Meter																									Schnittbreiter Mähstreifen																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
DMB																Heuschrecken-erhebung																3m																				
																3x5m Heuschrecken-erhebung																3m																				
	BOKU-Projekt eingefärbte Heuschrec Ken															Probe-punkt 1	10x2m Transekt Blütenbesucher																3m																			
SM																3x5m Heuschrecken-erhebung																3m																				
																3x5m Heuschrecken-erhebung																3m																				
	BOKU-Projekt eingefärbte Heuschrec Ken															Probe-punkt 1	10x2m Transekt Blütenbesucher																3m																			
SMA																3x5m Heuschrecken-erhebung																3m																				
																3x5m Heuschrecken-erhebung																3m																				
	BOKU-Projekt eingefärbte Heuschrec Ken															Probe-punkt 1	10x2m Transekt Blütenbesucher																3m																			
SMA1																3x5m Heuschrecken-erhebung																3m																				
																3x5m Heuschrecken-erhebung																3m																				
	BOKU-Projekt eingefärbte Heuschrec Ken															Probe-punkt 1	10x2m Transekt Blütenbesucher																3m																			
SMA2																3x5m Heuschrecken-erhebung																3m																				
																3x5m Heuschrecken-erhebung																3m																				
	BOKU-Projekt eingefärbte Heuschrec Ken															Probe-punkt 1	10x2m Transekt Blütenbesucher																3m																			
															45 Meter																																					
															Heuschrecken-erhebung																3m																					
															Mähstreifen																3m																					
															Blütenbesucher-erhebung																3m																					
															Heuschrecken-erhebung																3m																					
															Mähstreifen																3m																					
															Blütenbesucher-erhebung																3m																					
															Heuschrecken-erhebung																3m																					
															Mähstreifen																3m																					
															Blütenbesucher-erhebung																3m																					
															Heuschrecken-erhebung																3m																					
															Mähstreifen																3m																					
															Blütenbesucher-erhebung																3m																					

Abbildung 18: Versuchsdesign auf der Versuchsfäche eines Halbtages: Anordnung der fünf Mähvarianten und der Insekten-Erhebungen.

Die Reihenfolge der Mähvarianten (in Abbildung 18 als „Schnittvariante“ bezeichnet: Doppelmessermähwerk [DMB], herkömmliches Scheibenmähwerk [SM], Scheibenmähwerk mit Aufbereiter [SMA], Scheibenmähwerk mit Aufbereiter und Striegel [SMA1] und Scheibenmähwerk mit Aufbereiter und Abweiserblech [SMA2]) wurde bei jedem Durchgang (= Halbtage) abgewechselt.

Bei den Versuchen im Sommer 2021 (21.07. und 22.07.2021) wurde zusätzlich noch ein Wiederfangversuch mit fluoreszierenden Heuschrecken in den Ablauf integriert: Studierende der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) setzten jeweils rund 15 Heuschrecken in einer vorab ausgemähten 3 x 3 m² großen Probefläche (siehe Abbildung 18, auch gelb markiert) aus, welche nach der Mahd wieder gesucht und die Heuschreckenverluste entsprechend erhoben und dokumentiert wurden (Steiner & Zehl 2022). Die Heuschrecken wurden zuvor in der Region gesammelt und mit fluoreszierendem Farbstoff des Typs Radiant Color T1 (Pigment for animal tracing) eingefärbt, um sie gut vom Mahdgut unterscheiden zu können. Unmittelbar vor der Mahd wurden die Tiere auf den Probeflächen ausgesetzt. Nach dem Mähvorgang wurden die noch auffindbaren Heuschrecken eingesammelt und ihr Zustand bewertet. Dabei wurden die Kategorien „unverletzt“, „verletzt lebensfähig“ und „verletzt nicht lebensfähig“ unterschieden.

3.5.3 Ablauf eines Halbtages

Die Exaktversuche wurden jeweils am Vormittag um ca. 09.00 Uhr (bzw. wenn der Grünland-Bestand ausreichend abgetrocknet war) und am Nachmittag um ca. 13.00 Uhr gestartet (Details siehe Tabelle 5). Innerhalb eines Halbtages wurden die fünf Mähvarianten (Doppelmessermähwerk [DMB], herkömmliches Scheibenmähwerk [SM], Scheibenmähwerk mit Aufbereiter [SMA], Scheibenmähwerk mit Aufbereiter und Striegel [SMA1] und Scheibenmähwerk mit Aufbereiter und Abweiserblech [SMA2]) in den Exaktversuchen getestet.

Tabelle 5: Zeitraum der Versuchsdurchführung, wobei pro Versuchshalbtag der Beginn des 1. und des 5. (= letzten) Mähvariante angegeben ist (FM = Frankenmarkt, MD = Micheldorf).

Datum	Ort	Vormittag Beginn 1. Mähvariante	Vormittag Beginn 5. Mähvariante	Nachmittag Beginn 1. Mähvariante	Nachmittag Beginn 5. Mähvariante
01.06.2021	FM	9:10	10:50	12:30	13:43
20.07.2021	FM	10:05	11:45	14:05	15:15
21.07.2021	Wels	9:10	10:18	12:47	14:00
01.10.2021	FM	10:35	11:37	13:04	14:11
12.05.2022	FM	10:02	11:57	13:37	15:11
13.07.2022	FM	9:09	10:55	12:34	14:50
12.07.2022	MD	9:32	11:21	13:33	15:29
23.08.2022	FM	9:32	11:25	13:29	15:24

3.5.4 Reihenfolge der Mähvarianten

Die Varianten wurden jeweils in der Reihenfolge ihrer Anwendung gewechselt. Dadurch wurde sichergestellt, dass es aufgrund tageszeitlich unterschiedlicher Insektenaktivität zu keinem systematischen Fehler in der Aussagekraft der Ergebnisse kommt, wenn beispielsweise immer mit derselben Mähtechnik am oft kühleren frühen Vormittag gestartet wird. Zu diesem Zeitpunkt kann die Insektenaktivität oft noch geringer sein.

Die Reihenfolge der Varianten wurde – wie in Tabelle 6 und

Tabelle 7 angeführt – abgewechselt.

Tabelle 6: Reihenfolge der Mähvarianten an den verschiedenen Versuchstagen 2021 (jeweils links mit der ersten Variante beginnend).

Termin 1: Frankenmarkt (01.06.2021)					
Vormittags	SM	DMB	SMA	SMA1	SMA2
Nachmittags	SMA2	SMA1	SMA	DMB	SM
Termin 2: Frankenmarkt (21.07.2021)					
Vormittags	SMA1	SMA	SMA2	DMB	SM
Nachmittags	SM	DMB	SMA1	SMA2	SMA
Termin 3: Wels (22.07.2021)					
Vormittags	SMA2	SMA1	SMA	DMB	SM
Nachmittags	SM	DMB	SMA2	SMA1	SMA
Termin 4: Frankenmarkt (01.10.2021)					
Vormittags	SMA	SMA2	SMA1	SMA2	SM
Nachmittags	SM	SMA2	DMB	SMA1	SMA

Tabelle 7: Reihenfolge der Mähvarianten an den verschiedenen Versuchstagen 2022 (jeweils links mit der ersten Variante beginnend).

Termin 1: Frankenmarkt (12.05.2022)					
Vormittags	SMA	SMA2	SMA1	DMB	SM
Nachmittags	DMB	SM	SMA	SMA1	SMA2
Termin 2: Micheldorf (12.07.2022)					
Vormittags	SMA1	SMA	SMA2	SM	DMB
Nachmittags	DMB	SM	SMA1	SMA2	SMA
Termin 3: Frankenmarkt (13.07.2022)					
Vormittags	SM	DMB	SMA2	SMA	SMA1
Nachmittags	SMA	SM	SMA1	SMA2	DMB
Termin 4: Frankenmarkt (23.08.2022)					
Vormittags	SMA2	SMA1	SM	SMA	DMB
Nachmittags	SMA	SMA2	SMA1	DMB	SM

3.5.5 Ablauf eines Mähdurchganges im Detail

Vor der Mahd der Mähstreifen erfolgte jeweils die Erhebung der Blütenbesucher und die Erhebung der Heuschrecken. Dies wurde von folgenden Personen durchgeführt:

- Johann Neumayer
- Dirk Louis Schorkopf
- Katharina Pospisil
- Kathrin Grobbauer und/oder
- Linde Morawetz

Der Probepunkt (3 x 3 Meter) des Mähstreifens der jeweiligen Mähvariante wurde dabei nicht betreten, um möglichst keine Insekten zu verscheuchen. Die Erhebungen fanden, wie oben beschrieben, jeweils unmittelbar links und rechts der nach der Mahd auszuwertenden Probepunkte statt. Diese unmittelbare räumliche Nähe gewährleistet ein möglichst repräsentatives Stichprobenbild des Insektenvorkommens in größtmöglicher Nähe zum Probepunkt des Mähstreifens bei gleichzeitigem Nicht-Betreten dieses Probepunktes. Die Erhebung erfolgte neben den drei Probepunkten von drei der oben genannten Personen gleichzeitig. Folgende Parameter wurden bei jeder Aufnahme einer Probefläche (Heuschrecken- und Blütenbesuchertransekt) dokumentiert: Uhrzeit, Temperatur, Windstärke, Bewölkung, relative Luftfeuchtigkeit, Wuchshöhe (Blühhorizont) und Anzahl der Infloreszenzen (beim Blütenbesuchertransekt).

Im Blütenbesuchertransekt wurden nur Insekten erfasst, die sich auf einer Blüte niedergelassen hatten. Im Heuschreckentransekt wurden nur Heuschrecken erfasst.

Die beobachteten Insekten und Spinnen wurden in Größengruppen untergliedert dokumentiert:

- Klein: 3–<5 mm
- Mittel: 5–10 mm
- Groß: >10 mm

Die Untergliederung erfolgte in Abstimmung aller Biologen aus dem Projektteam. Man hat sich bewusst dazu entschieden, Insekten < 3 mm nicht zu erfassen, weil diese im Grünlandbestand oft mit freiem Auge ohnehin nur ungenügend erfassbar sind (in begrenzter Zeit) und weil bei großer Anzahl an vorkommenden Insekten die Bestimmung der kleineren zu lange gedauert und die Versuchsdurchführung deutlich in die Länge gezogen hätte. Die Einschränkung auf diese Größengruppen war ein Kompromiss aus Ressourcen Gründen.

Die jeweils erhobenen Daten und auch die Klasseneinteilung für die erhobenen biotischen und abiotischen Faktoren sind dem Erhebungsbogen (siehe Appendix 3) zu entnehmen.

Die Transekt-Begehungen und die Mäh-Erhebungen wurden auf Flächen von unterschiedlicher Größe durchgeführt. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden sie daher bei den Auswertungen gegebenenfalls auf eine Fläche von 10 m² rückgerechnet.



Abbildung 19: Entomologen bei der Aufnahme des 10 x 2 m großen Blütenbesucher-Transekts auf der Versuchsfläche Wels am 22.07.2021.

Sofort nach den Insekterhebungen erfolgte die Mahd mit der jeweils zu untersuchenden Technik (Mähvariante). Unmittelbar nach dem das Mähwerk passierte, wurde auf den abgemähten Streifen zwischen dem jeweiligen Blütenbesucher- und Heuschreckentransekt ein Gaze-Netz – montiert auf einem 3 x 3 Meter großen Rahmen – gelegt. Die Fläche, die von diesem Rahmen bzw. Netz abgedeckt war, war somit der 9 m² große Bereich für die Probenahme. In die Mitte der Fläche wurde zuvor ein ca. 70 cm langer Dorn gesteckt, damit das Netz nicht unmittelbar auf dem Mähgut auflag. In den folgenden fünf Minuten wurden von den Entomologen (Linde Morawetz, Dirk Louis Schorkopf, Josef Mayr, Johann Neumaier, Michael Opitz und/oder Sarah Mottinger) die überlebenden Insekten, die sich auf der Innenseite des Netzes befanden, erfasst und in einem Protokoll (Auswertungsbogen, siehe Appendix 4) notiert (Probe „Wegfliegende“).



Abbildung 20: Unmittelbar nach der Mahd wurde ein Rahmen mit einem Gaze-Netz über den 3 x 3 Meter großen Probepunkt gelegt.

In *Abbildung 20* sieht man einen Mähdurchgang in Frankenmarkt. Direkt hinter dem Mähwerk ist ein Schüler der Landwirtschaftlichen Fachschule (LFS) Vöcklabruck zu sehen, der den rund 70 cm langen Dorn in den Boden steckt, ehe das Netz auf den Probepunkt gelegt wird. Der im Frontanbau des Traktors angehängte Striegel der Variante SMA1 ist bei dieser Mähvariante hochgeklappt und kommt nicht zum Einsatz.

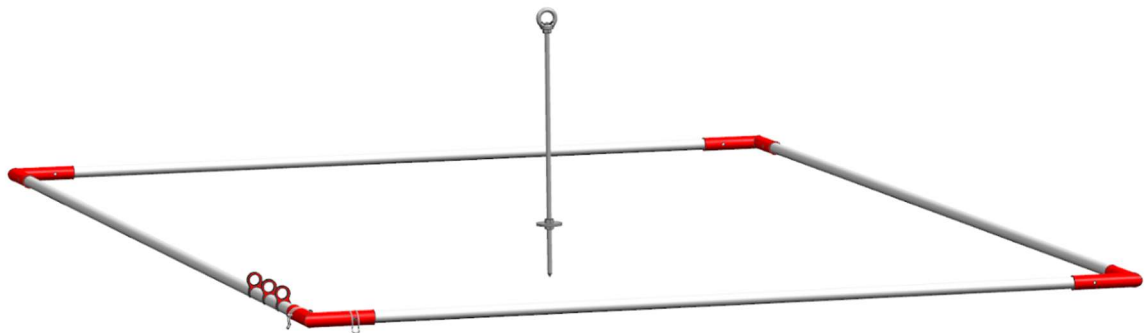


Abbildung 21: 3 x 3 m großer Metallrahmen, auf dem das Gaze-Netz mit Clips und Kabelbindern montiert wurde, schematisch. Darstellung: Fa. Pöttinger.

Während die wegfliegenden Insekten erhoben wurden, wurde das Mähgut an den Außenkanten des Rahmens mit einer Grasschere abgeschnitten.



Abbildung 22: Mähdurchgang mit dem Doppelmessermähwerk auf der Versuchsfläche in Micheldorf (Naturschutzfläche) am 12.07.2022.

Nach der Erhebung der wegfliegenden Insekten, wurde das Gaze-Netz von dem Probepunkt entfernt und das gesamte Mähgut von dieser 3 x 3 m großen Fläche auf die Sortiertische verfrachtet. Auf dem ca. 2 x 1 m großen Sortiertisch befand sich ein abnehmbares Gitter mit einer Maschenweite von 25 x 25 mm. Darauf wurde das Mähgut durchgeschüttelt, um die Insekten und Spinnen bestmöglich von der Pflanzenmasse zu trennen. In der unterhalb des Gitters angebrachten Sammelwanne der Sortiertische befanden sich danach die Insekten und Feinteile der Pflanzenmasse. Diese wurden dann durch ein noch feinmaschigeres Gitter in einer runden Öffnung der Sammelwanne weiter verfrachtet und in einem nach Probepunkt, Uhrzeit, Mähvariante und mit Probe „Mähgut“ gekennzeichneten Kunststoffbeutel gesammelt.

Die wegfliegenden Insekten wurden direkt in den Auswertungsbogen eingetragen (klassifiziert nach Insektengruppe und -größe). Die Insektenprobe „Mähgut“ wurde in Plastikbeutel abgefüllt und anschließend noch am selben Versuchstag von Entomologen ausgezählt.

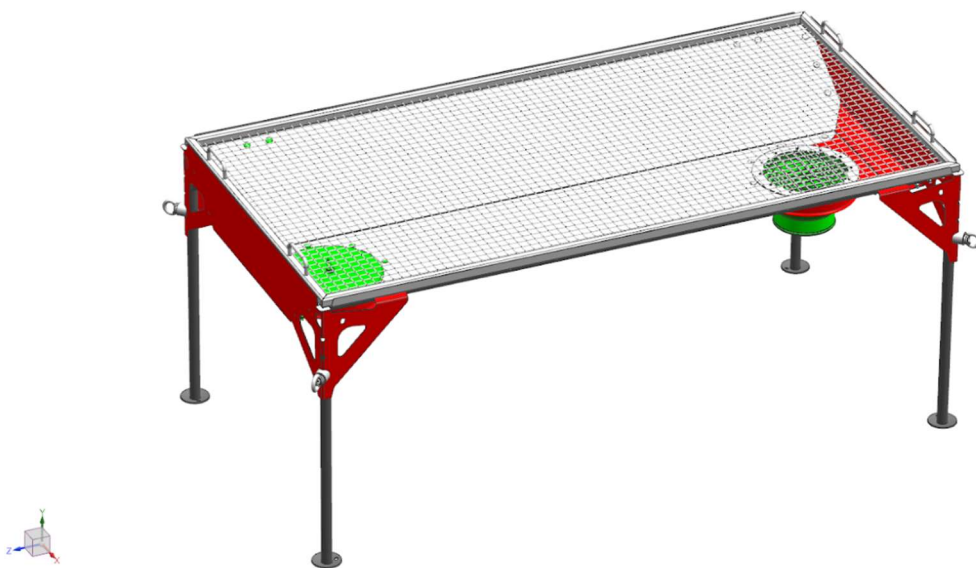


Abbildung 23: Schematische Darstellung eines Sortiertisches.

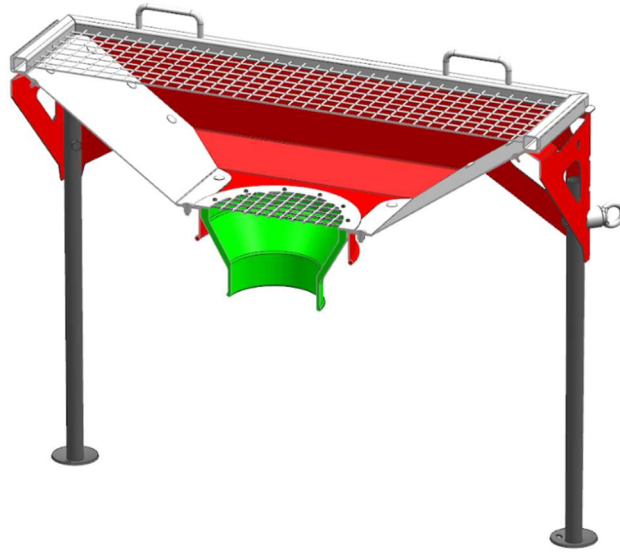


Abbildung 24: Schematische Darstellung eines Sortiertisches mit Trichter, an dem ein Plastikbeutel für die Insektenprobe „Mähgut“ angebracht wurde.



Abbildung 25: Sortiertisch im praktischen Einsatz beim Exaktversuch in Frankenmarkt.



Abbildung 26: Suche nach Insekten in der Auffangwanne nach dem Durchschütteln des Mähgutes.

Die vom Mähgut befreite Fläche wurde mit Laubsaugern abgesaugt (20 zufällige Saugstellen) und die so gesammelte Probe in einem im Ansaugrohr des Laubsaugers montierten Gaze-Netz-Beutel aufgefangen. Der Inhalt der Gaze-Netz-Beutel wurde ebenfalls in entsprechend gekennzeichnete Kunststoffbeutel (Probe „Sauger“) überführt. Beide Proben („Mähgut“ und „Sauger“) wurden anschließend an Spezialisten zur Auszählung der unterschiedlichen Insektengruppen übergeben.

Die Ansaugöffnung des Laubsaugers hat einen annähernd kreisförmigen Querschnitt und einen Durchmesser von 12 cm. Bei 20 Saugstellen wurde somit eine Fläche von insgesamt rund 0,29 m² abgesaugt. Das entspricht in etwa einem Anteil von 2,5 % des 9 m² großen Probepunktes (3 x 3 m) (plus etwaige aus dem Umkreis der Ansaugöffnung eingesaugte Insekten).



Abbildung 27: Absaugen der Fläche mittels Laubsauger

Bei der gesamten Versuchsdurchführung im Feld wurde das Projektteam von 12 – 15 Schülern der Landwirtschaftlichen Fachschule Vöcklabruck unterstützt.

Verwendete Utensilien:

- Gaze Netze mit einer Maschenweite von 1,2 x 1,6 mm
- Laubsauger Echo ES-255ES
- Diverses Kleinmaterial (Grasscheren, Schalen, Gabeln, Rechen, Fiberglasstäbe, etc.)
- Gaze Beutel (= Suction Bag E668; watdon.co.uk), der im Ansaugrohr des Laubsaugers montiert wurde:



Abbildung 28: Gaze Beutel.

3.5.6 Auswertung der Proben

Die mit Pflanzenteilen und manchmal auch mit Erde durchsetzten Proben wurden möglichst zeitnah vor Ort nach Insekten untersucht. Dabei wurden die gefundenen Tiere zumindest auf Ordnungs- und in vielen Fällen auch auf Familienniveau bestimmt und Größenklassen zugeordnet. Nur die Honigbiene (*Apis mellifera*) wurde durchgehend als Art von anderen Bienen unterschieden. Zudem wurden die Tiere in die beiden Kategorien „lebend“ und „tot bzw. beschädigt“ aufgetrennt. Als optische Hilfsmittel dafür kamen lediglich fallweise Lupen zum Einsatz. Die zeitnahe Auswertung der Proben erschien wichtig, um eine Verfälschung der Ergebnisse durch zu lange Lagerung zu vermeiden. Grund dafür ist, dass bei zu langer Lagerung der Proben unbeschädigte Insekten aus verschiedenen Gründen absterben und die Quote der anscheinend beim Mähen getöteten Tiere erhöhen können. Die Auswertung

der Proben wurde hauptsächlich von den Entomologen Bärbel Pachinger (BOKU), Martin Schwarz, Jonathan Schwarz und Maria Schwarz-Waubke durchgeführt.



Abbildung 29: Maria Schwarz-Waubke und Martin Schwarz beim Auszählen der Proben.

Wie in Appendix 16 im Anhang für das Beispiel in Frankenmarkt detailliert aufgelistet, wurde grundsätzlich nach im Feld leichter unterscheidbaren Insektengruppen differenziert. Manche Arten und Gruppen (z.B. Käfer und Fliegen) ließen sich zwar auch im Feld zweifelsfrei genauer bestimmen, kamen aber zu selten vor, um statistisch getrennt erfasst zu werden. Bei der Körpergröße wurde zwischen „klein“ (3 mm bis <5 mm), „mittel“ (5 mm bis 10 mm) und „groß“ (>10 mm) unterschieden. Bei sozialen Insekten wurde zwischen Arbeiterinnen, Männchen und Königinnen unterschieden. Ameisen, die sich in der Probe „Sauger“ und damit also – zum Teil in Massen (Ameisennester!) – am Boden befanden, wurden zwar gezählt, aber aus offensichtlichen Gründen nicht in der vergleichenden Statistik zur Untersuchung von direkten Mäherschadungsvergleichen berücksichtigt. Als „tot bzw. geschädigt“ galten alle toten und – mit aller Wahrscheinlichkeit – zur weiteren Reproduktion unfähigen Individuen. Da die Reproduktion für das Überleben einer Population ein wesentliches Kriterium ist, wurde die vermutete Reproduktionsfähigkeit herangezogen, um verletzt gefundene Individuen den Kategorien „tot bzw. geschädigt“ oder „lebendig“ zuzuordnen.

Im Folgenden wird die Kategorie „tot bzw. geschädigt“ vereinfachend als „tote“ bezeichnet.

3.5.7 Exkurs Begleitprojekt: Quantifizierung von möglichen Beobachtungsfehlern toter Individuen im Mähgut und durch Absaugen der Bodenoberfläche

Es liegt in der Natur der Sache, dass eine Erhebung von Insektenzahlen im Freiland immer einem gewissen Beobachtungsfehler der durchführenden Experten unterliegt und nie exakt die Realität widerspiegelt. Eine an das Projekt angehängte Masterarbeit (Oswald 2023) sollte klären, ob die Genauigkeit der Probenauszahlungen nach der Mahd (hierbei standen keine Binokulare zur Verfügung) für eine gute Aussagekraft des Projektes ausreicht. Auf diese Weise sollten eventuelle Fehlerquellen in der Datenerhebung definiert werden. Dabei wurden die folgenden zwei Fragen geklärt:

1. Wie genau sind die Erhebungen zu Zahlen an geschädigten Insekten und Spinnen (Körpergröße ≥ 3 mm)?
2. Sind die Fehler als statistisch bedeutsam zur Kategorisierung insektenschonender Mäh-techniken anzusehen?

Der Arbeitstitel der Masterarbeit lautet auf Deutsch derzeit wie folgt: „Stichproben-basierte Erhebung der Insekten-Biomasse und Biodiversität im Mähgut landwirtschaftlich genützter Wiesen“. Sie wurde von der AGES mit Zustimmung des BMLRT initiiert und erfolgt in Zusammenarbeit mit der Universität Wien (Univ. Prof. Harald Krenn als habilitierter Betreuer). Zoologiestudent (gleichzeitig Masterstudent im Programm „Naturschutz und Biodiversitätsmanagement“ an der Universität Wien) Mario Oswald wurde zum Zweck der Masterarbeit an der AGES angestellt und wird hier von Dr. Dirk Louis Schorkopf und Dr. Linde Morawetz betreut (beide: Abteilung für Bienenkunde und Bienenschutz).

Die Masterarbeit legte thematisch den Schwerpunkt ursprünglich bewusst nicht auf die Bewertung von Mäh-techniken. Stattdessen verwendete sie die gleichen Zählmethoden und die meisten Grundlagen der bisherigen Mähversuche, um die oben definierten Schwerpunktfragen zur Erhebung von Biodiversität und Biomasse im Mähgut zu beantworten. Es kamen dabei zusätzliche Messgrößen sowie zusätzliche Beobachtungsdurchgänge zum Einsatz. Eine zentrale zusätzliche Messgröße war die Erfassung der Biomasse der gezählten Individuen mittels Feinwaagen. Des Weiteren wurden schon kurz nach der Mahd ausgewertete Proben ein zusätzliches Mal unter Verwendung eines Binokulars ausgewertet sowie

zusätzliches Probenmaterial begutachtet, um Beobachtungsfehler beim Auszählen toter und lebender Individuen während des Projektverlaufs evaluieren zu können. Es wurde dabei darauf geachtet, dass alle Messungen im Rahmen der Masterarbeit den Projektverlauf und die damit verbundenen standardisierten Beobachtungen nicht beeinträchtigen. Da sich im Verlauf der Masterarbeit eine eventuelle Nützlichkeit der Biomassenerhebung zur Bewertung von Mähtechniken herausstellte, berichten wir elementare Ergebnisse hieraus in den Ergebnissen (siehe „Biomasseerhebung“ am Ende des Methoden- und Ergebnisteils).

Da die Schädigung der Insekten maßgebend für die Hauptfragen des vorliegenden Projekts war, erfasste die Masterarbeit nur jene Arbeitsschritte, in welchen die Quantifizierung von toten und geschädigten Insekten durch die Mahd von elementarer Bedeutung waren. Folglich beschäftigte sie sich nicht mit den Arbeitsschritten „Erhebung der Blütenbesucher und Heuschrecken“ oder „Erfassung wegfliegender Insekten“. Das Mähgut wurde v.a. auf folgende Aspekte kontrolliert:

1. Genauigkeit des Durchschüttelns von Insekten am Sortiertisch
2. Genauigkeit der Durchsicht von Mähgutproben durch Entomologen
3. Erhebung von Biomasse-Daten von gefundenen Insekten und Spinnen sowie vom Mähgut

3.6 Nächstgelegene Bienenstandorte zu den Versuchsflächen

Es wurde auch die Anzahl und die Entfernung der nächstgelegenen Honigbienenvölker zu den Versuchsflächen eruiert. Hier die Lage und Entfernung zu der jeweiligen Versuchsfläche:

Tabelle 8: Lage der nächstgelegenen Bienenstöcke zu den jeweiligen Versuchsflächen.

Versuchsfläche	Anzahl Bienenvölker	Distanz zur Versuchsfläche	Lage der Bienenvölker (Koordinaten)
Frankenmarkt	6	ca. 400 m	47°59'49,9"N 13°24'29,0"E
Wels	9	ca. 800 m	48°10'50,2"N 14°01'44,1"E
Micheldorf	1 Schau-Bienenstock (2 Waben)	< 200 m	47°51'48,8"N 14°08'00,2"E
Micheldorf	4	ca. 270 m	47°51'56,4"N 14°07'51,0"E

3.7 Statistische Auswertungsmethoden

Für den vorliegenden Endbericht wurde der gesamte Datensatz nochmals auf Format- und Tipp-Fehler überprüft (Dirk Louis Schorkopf, Linde Morawetz und Oliver Alber, AGES). So wie bereits bei dem zweiten und dritten Zwischenbericht analysierte Dirk Louis Schorkopf den Datensatz zunächst, um grundlegende Aussagen und mögliche Zusammenhänge für die Beantwortung der Projektfragen aufzudecken. Diese „Voranalysen“ erlaubten auch wichtige Anpassungen in der Auswahl von bestimmten Parametern für eine aussagekräftigere Beantwortung vieler Teilfragen zu setzen. Hierbei wurde die sogenannte Sterblichkeit (Tote eines Probepunktes dividiert durch die Anzahl aller gezählten Insekten eines Probepunktes), als auch der Anteil eines Probepunktes an der Gesamtsterblichkeit eines Versuchstages als wichtige Hilfsindikatoren identifiziert. Die Sterblichkeit eignet sich dabei besonders bei Vergleichen zwischen Terminen, Orten und Versuchstagen. Als eine weitere Indizierungsmöglichkeit zum Vergleich zwischen Terminen, Standorten und Mähvarianten wurde der sogenannte Anteil der Toten eines Probepunktes an der Gesamtheit der Toten eines Versuchstages identifiziert und herangezogen. Während sich letztere Indizierungsmethode für die relative Evaluierung von Mähvarianten zueinander (am gleichen Standort und Versuchstag) eignet, und dabei immer voraussetzt, dass alle Mähvarianten zu möglichst gleichen Teilen und Zeiten etc. eingesetzt werden, können die Sterblichkeits-Berechnungsmethoden (v.a.

erstgenannte „einfache Sterblichkeit“) auch vergleichend eingesetzt werden, wenn Mähvarianten nur einzeln und anhand verschiedener Umwelt- und Zeitfaktoren beobachtet werden.

Anhand obig erstellter Indikatoren untersuchte Dirk Louis Schorkopf des Weiteren, inwiefern sich verschiedene Beobachtungseinheiten (wie z.B. „Mähgut“, siehe Kapitel 3.5.5) besonders gut oder schlecht für die Robustheit und Wiederholbarkeit zu hiernach folgenden Aussagen oder Projektzielen eignen: 1) direkt verursachte Sterblichkeit durch eine Mähvariante; 2) Tages- und Jahreszeitenabhängigkeiten; 3) Abhängigkeit der Körpergröße; 4) Abhängigkeit von Tiergruppenzugehörigkeit; 5) Abhängigkeit der Schädigungsstärke einer Mähvariante von der Wiesenart (Naturschutz- vs. fünfschnittig genutzte Wiesentypen); 6) Abhängigkeit von weiteren – im Projekt mitberücksichtigten – biotischen und abiotischen Faktoren (siehe *Tabelle 9*). Zu allen oben genannten „Voranalysen“ und Vorüberlegungen wurden für einfachere Analysen Microsoft Office und für kompliziertere Zusammenhänge und Modellerstellungen (z.B. generalisierte lineare Modelle) SPSS genutzt.

Die zum Schluss tatsächlich verwendeten Modelle für die Hauptaussagen (Mähvariante und Schädigung bezüglich Insekten und Spinnen) und die damit einhergehende Erstellung der Signifikanzaussagen des vorliegenden Endberichts erfolgte durch einen professionellen Statistiker (Oliver Alber), u.a. auch aus Gründen der Unabhängigkeit zur möglichen „theoretischen bias“. Als Software zur Programmierung (Oliver Alber) bzw. Berechnung dieser Modelle (Oliver Alber, Linde Morawetz) diente die statistische Software R, Version 4.2.2 (R Core Team, 2022). Oliver Alber modellierte die Einflussgrößen auf die Sterblichkeit der Insekten (Anzahl tote Insekten pro Probepunkt) mittels eines General Linear Mixed Models (GLMM) mit Poisson-Verteilung und dem random Factor „Datum:Mähdurchgang“ (package lme4: Bates et al. 2015). Die Variablenselektion erfolgte mittels Vorwärtsselektion mit dem AIC (Akaike information criterion) als Selektionskriterium aus dem folgenden Set an Variablen: Mähvariante, Ort der Versuchsdurchführung, Wuchshöhe der Wiese, Windgeschwindigkeit, Bewölkungsgrad, Temperatur im Schatten, Luftfeuchtigkeit und Mähdurchgang (welcher Mähdurchgang im Laufe des Tages). Da diese Art der Darstellung der Insektensterblichkeit für die Analyse von Einzelgruppen (z.B. Heuschrecken) zu unpräzise war, wurde von Dirk Louis Schorkopf zusätzlich eine gewichtete Sterblichkeit pro Probepunkt erstellt. Hierzu wurde die Anzahl der Toten eines Probepunktes zunächst durch die Gesamtzahl der Toten eines Versuchstages dividiert und danach mit der mittleren Anzahl an Individuen eines Versuchstages multipliziert. Die dann nicht mehr mittels Poisson-Verteilung erstellbaren Modelle in GLMM wurden deshalb anstatt mittels GEE (Generalized Estimating Equations) mit sogenannter Pseudonormalverteilung als alternative Modellrechnung gerechnet (package

geepack: Højsgaard et al., 2006). Die Modellselektion erfolgte dabei mittels des QIC (Quasi information criterion). R wurde schließlich auch für die Erstellung von einigen Grafiken und Tabellen genutzt. Dabei wurden für die Erstellung der Grafiken die Zusatzpakete ggplot (Wickham, 2016), scales (Wickham & Seidel, 2022) und patchwork (Pedersen, 2022) sowie für die Erstellung der Ergebnistabellen das Zusatzpaket sjPlot (Lüdecke, 2022) verwendet.

Oliver Alber führte auch eine (in der Projektplanung ursprünglich nicht vorgesehene) sogenannte „Poweranalyse“ für den Rohdatensatz durch, welche wichtige objektiv-quantitative Hinweise zur Robustheit des statistischen GLMM-Modells, das auf allen ungefilterten Daten und auf allen acht Versuchstagen beruht, liefert. Die durch die Poweranalyse ermittelte Trennschärfe gibt die Fähigkeit des gewählten Signifikanztests an, Unterschiede (Effekte) zu erkennen, wenn sie in Wirklichkeit vorhanden sind. Dies ist für die Aussagenstärke über die gefundene allgemeine Schädigung von Insekten in der untersuchten Mählandwirtschaft von Bedeutung. Weitere Poweranalysen zum Zweck der besten Rechenmodellfindung in Hinblick auf die Evaluierung von der im Ergebnisteil vorgestellten Verbesserungen wurden ebenfalls durchgeführt. Die Power, also die Wahrscheinlichkeit dass die Nullhypothese bei tatsächlich vorliegenden Effekt durch den Signifikanztest verworfen wird, wurde dabei für folgende Szenarien bzw. GLMM-Modelle berechnet: 1) für die Totenzahlen des Rohdatensatzes (also alle Versuchstage und Beobachtungseinheiten ohne Rücksicht auf mögliche Ausreißer und ähnliche statistische „Störfaktoren“), 2) für die Totenzahlen aus Vormittagen vs. jenen aus Nachmittagen unter der Vorbedingung von mindestens 20 Individuen (tot + lebendig) pro Probepunkt, 3) für die Totenzahlen aus dem Mähgut, 4) für ausschließlich Früh- und Hochsommertermine (Mai-Juli), 5) für ausschließlich Juli-Termine, 6) für Versuchstermine bei einer Mindestlufttemperatur von 18 °C und Maximallufttemperatur von 30 °C. Die Powerwerte wurden direkt anhand der Definition des Modells und des Hypothesentests berechnet. Die entstehenden Kovarianzmatrices für die Powerberechnungen inkludierten die Mähvarianten als fixierten Effekt, wie auch die Zufallseffektvariablen und die durch Waldtests zustande gekommenen Chi-Quadratwerte (Unterschiede der Mäheffekte). Als Parameter wurden die geschätzten Effekte und Varianzkomponenten verwendet.

3.7.1 Evaluierung verschiedener Berechnungsweisen für die mögliche Kategorisierung von Mähvarianten nach ihrer „insektenschonenden“ Wirkung

Durch verschiedene Auswahl und Kombination von Insektengruppen (z.B. relative und absolute Häufigkeiten), Beobachtungseinheiten (z.B. nur Individuen aus dem Mähgut oder alle Individuen aus „Wegfliegende“ und „Sauger“) und Tages-/Jahreszeiten erstellte Dirk Louis Schorkopf Tabellen über alle acht Versuchstage und verglich diese nach offensichtlich feststellbaren Unterschieden bezüglich ihrer Aussagekraft zu den getesteten Mähvarianten, vor allem im Hinblick auf die Vergleichbarkeit mit dem zuvor von Oliver Alber erstellten GLMM-Modell, das auf die beobachteten Totenzahlen pro Probepunkt aller acht Versuchstage aufbaut. Es ist hierbei hilfreich, auf die folgende, zum Verständnis wichtige Unterscheidung hinzuweisen: Während die Feststellung der direkt durch übliche Mähvarianten verursachten Schädigungen in der Landwirtschaft geradezu voraussetzend möglichst alle in der Realität stattfindenden Schwankungen durch Jahreszeiten, Standorten u.v.m. berücksichtigen sollte – ist es bei der Kategorisierung von Mähvarianten nach ihrer insektenschädigenden Wirkung wichtig, solche Schwankungen überall dort in Grenzen (aber immer innerhalb realistischer, ortsüblicher Bedingungen!) zu halten, wo diese eine verlässliche Kategorisierung unwahrscheinlicher machen. Für die Evaluierung verschiedener Berechnungsmethoden zur Kategorisierung von Mähvarianten berechnete Dirk Louis Schorkopf schließlich aus einer Auswahl praktikabel erscheinender bzw. für jetzige Projektfragen nützlicher Berechnungsmethoden, die Standardabweichung vom Mittelwert der Schädigungsparameter (z.B. Anzahl der Toten, Sterblichkeit etc.) jeder Mähvariante für jede dieser Berechnungsformen für jeden der acht Versuchstage aus 2021–2022. Im nächsten Schritt wurden diese Abweichungen in Relation zu ihren Mittelwerten gesetzt (Abweichung der Standardabweichung vom Mittelwert in % = Standardabweichung/Mittelwert). Schließlich entstanden so fünf Abweichungen für jede der fünf Mähvarianten pro Versuchstag. Daraus wurde dann wieder der Mittelwert in % für alle Abweichungen aller Mähvarianten jeder Berechnungsmethode erstellt – der sogenannte „mittlere Abweichungswert“ pro Rechenmethode (Grundlage für %-Werte in *Abbildung 51*). Diese quantitative Vorgehensweise ermittelte jene Rechenmethode mit der geringsten mittleren Abweichung.

3.7.2 Ermittlung der „zuverlässigsten“ Kategorisierungsmethode

Hierzu erstellte Dirk Louis Schorkopf zunächst eine einfach nach Mittelwert (Median und/oder arithmetischer Mittelwert über alle Versuchstage) zustande kommende Kategorisierung der Mähvarianten, wobei jene Mähvariante mit der höchsten mittleren Anzahl an

toten Insekten (alternativ: höchste mittlere Sterblichkeit) zuletzt und jene mit der geringsten Anzahl zuerst gereiht wurde: Bei X untersuchten Mähvarianten, ergab dies also X Kategorien nach Mittelwert. Danach wurde die Anzahl der Kategorien nach tatsächlich beobachteten statistischen Signifikanzunterschieden korrigiert. Bei einer Anzahl Y von dadurch eindeutig an allen Versuchstagen unterscheidbaren „Mähvariantenklassen“ (X Klassen, wenn alle X Mähvarianten jeweils signifikant von jedem der anderen unterscheidbar sind) kann eine Kategorisierung mit Y Kategorien oder weniger vorgenommen werden. Bei z.B. 10 untersuchten Mähvarianten (A bis J) sind 2 Kategorien feststellbar, wenn jeweils fünf davon (z.B. A-E) sich eindeutig von anderen fünf (z.B. F-J) Mähvarianten immer (oder wenigstens an 90 % der Versuchstage) signifikant unterscheiden, egal ob sie sich manchmal auch innerhalb einer Kategorie statistisch signifikant voneinander unterscheiden können. Die zuverlässigste Kategorisierung sollte jene mit der am häufigsten richtigen Kategorisierungszugehörigkeit aller beteiligten Mähvarianten an allen Versuchstagen sein.

3.7.3 Auswahl der für eine Kategorisierung aussagekräftigsten Versuchstage

Um die Zuverlässigkeit einer Kategorisierung effizient zu gestalten, ist es sinnvoll, Mähversuche, die der Kategorisierung dienen sollen, an gewisse (vorher definierte!) Mindestanforderungen zu koppeln. Hierzu sollten wissenschaftlich (egal ob aus physikalisch-technischen oder ökologisch-biologischen Sachverhalten) nachvollziehbare abiotische (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Jahreszeit etc.) wie auch biotische Toleranzgrenzen (Mindestvegetationshöhe, Mindestanzahl an Insekten, produktivste Vegetationsperioden) herangezogen werden. Im vorliegenden Bericht wurde zwecks Annäherung an die zuverlässigste bzw. aussagekräftigste Kategorisierungsmethode zur Schädigung von Insekten eine Unterteilung nach Jahreszeiten vorgenommen und die Zuverlässigkeit der Kategorisierung mittels Treffsicherheit (% richtige Kategorisierung der Mähvariante) miteinander verglichen.

3.7.4 Quantifizierung der in 2022 stattgefundenen „Beobachtungsfehler“

Viele Insekten und Spinnentiere besitzen eine sogenannte „Tarntracht“, die es Beobachtern erschwert, sie in ihrer gewöhnlichen Umwelt zu erkennen. Dies soll z.B. die Wahrscheinlichkeit von Räubern gesehen zu werden – aber auch umgekehrt – möglichst klein halten. So fiel es nicht immer leicht, alle Insekten und Spinnenindividuen vom Mähgut oder von mit-eingebrachten Vegetations- und „Schmutz“-Teilen zu unterscheiden, vor allem wenn sie tot waren und sich nicht bewegten (siehe Probe „Sauger“ im Tablett in Abbildung 29). Im Lauf

des Versuchsjahres 2021 wurde der Verdacht geäußert, dass der Anteil an – durch die verwendete Methode übersehenen – Individuen (Körpergröße 3 mm und mehr) möglicherweise für statistische Auswertungen berücksichtigt werden muss. Deshalb wurde im Rahmen einer von der AGES finanzierten Masterarbeit (Betreuung durch Dirk Louis Schorkopf und Linde Morawetz) dieser Beobachtungsfehler für die Beobachtungseinheiten „Mähgut“ und „Sauger“ u.a. mittels Biomassenerhebung quantifiziert. Dabei wurde das gesamte Probenmaterial eines Probepunktes erst im Anschluss an das Auszählen durch die Entomologen und nachdem es als „abgehandelt“ markiert wurde, zur sogenannten „Kontrollsicht“ (Fehlererhebung) weitergegeben. Zur Auffindung möglicherweise übersehener Individuen wurde bei gutem Auflicht das Material unter dem Mikroskop nach Insekten und Insektenkörperteilen untersucht. Schließlich wurde die Biomasse der übersehenen Insekten pro Probepunkt eingewogen und dann mit der Biomasse jener Individuen pro Probepunkt verglichen, die schon am Entomologisch im Feld als solche erkannt wurden. Für die in dem vorliegenden Bericht erstellten statistischen Signifikanzanalysen zu Fehlerquoten und Biomassen (siehe auch Biomassenerhebung) pro Mähvariante erstellte Dirk Louis Schorkopf generalisierte lineare Modelle (IBM SPSS vers. 21).

3.7.5 Biomassenerhebung

Hier soll nur kurz erwähnt werden, dass im Laufe der oben genannten Masterarbeit von Mario Oswald (Masterstudent an der Universität Wien, dortiger Hauptbetreuer: Prof. Dr. Harald Krenn) die Biomasse der Insekten und Spinnentiere (3 mm und darüber) für „Mähgut“ und „Sauger“, also für die Beobachtungsprobepunkte aller durchgeführten Mähvarianten, erhoben wurde. Da die Ergebnisse überraschend verlässliche Hinweise auf die mögliche Evaluierung von Insektenschädigungen lieferten, die gut mit den Evaluierungen aus den Individuenzahlen übereinstimmen, werden sie kurz als „Exkurs“ am Ende des Ergebnisteils als Zusatzinformation vorgestellt. Die Genauigkeit des Messinstruments (Mettler Toledo AE 200) lag laut Herrn Oswald bei 0,1 mg. Hierbei wurde die Frischmasse aller Individuen eines Probepunktes – getrennt nach tot und lebend aufgefundene Tiere – abgewogen.

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse Vorversuch 2020

Im Vorversuch 2020 lag der Schwerpunkt auf folgenden Tätigkeiten bzw. Fragestellungen:

- Videoaufnahme und Analyse des Fluchtverhaltens von Insekten während des Mähvorganges, mittels hochauflösender Kameras.
- Lokalisation der Verletzungs- bzw. Tötungspunkte im Mähgerät durch den Einsatz von mit fluoreszierendem Pulver bestäubten Insekten als Grundlage für zukünftige Verbesserungsmaßnahmen.
- Erprobung der geplanten Methoden zur Ermittlung der Insektenverluste für mögliche Adaptierungen bei den nachfolgenden Versuchen.

Im Vorversuch auf den Versuchsflächen der Firma Pöttinger in Grieskirchen zeigten die Videoaufnahmen sehr gut auf, dass durch den Striegel als Scheuchvorrichtung der Fluchtinstinkt der Insekten ausgelöst werden kann und offensichtlich einige Insekten weggeflogen sind (siehe Abbildung 30, gelb eingekreist).



Abbildung 30: Screenshot einer Videoaufnahme beim Vorversuch in Grieskirchen. In dem Bestand reich an Ackerbeikräutern und -gräsern (Hirsen, Knöterich, Kamillen etc.) scheuchte der Striegel einen Teil der Insekten auf, die offensichtlich wegflogen.



Abbildung 31: Screenshot einer Videoaufnahme beim Vorversuch in Grieskirchen. In dem Pflanzenbestand, reich an Ackerbeikräutern und -gräsern (Hirsen, Kamillen etc.), schien das Abweiserblech (links) seinen Zweck zu erfüllen und Insekten über das Mähwerk zu leiten.

Die Öffnungen in der Mähgerätekonstruktion schienen nach Beobachtungen beim Vorversuch und Auswertung der Videoaufnahmen am wenigsten erfolgversprechend, weshalb diese Variante nicht als eigene Versuchsvariante in die Exaktversuche 2021 und 2022 aufgenommen wurde, wie auch schon im Kapitel 3 „Material und Methoden“ angeführt.

Eine Lokalisation des Schädigungsortes im Mähwerk mittels fluoreszierendem Pulver, das zuvor auf die eingefangenen Heuschrecken aufgetragen wurde, war nicht möglich, weil trotz intensiver Untersuchung des Mähwerks das Pulver nicht mehr auffindbar war. Auch die Suche mithilfe von UV-Lampen brachte nicht den gewünschten Erfolg. Der Verdacht liegt nahe, dass das Mähgut das Pulver soweit aus dem Mähwerk entfernt hat, dass es nicht mehr sichtbar war. Es konnte allerdings beobachtet werden, dass tendenziell nur jene Heuschrecken verletzt wurden, welche direkt im Mähhorizont saßen bzw. direkt vom Mähwerk erdrückt wurden, wie beispielhaft Abbildung 32 zeigt.



Abbildung 32: Fluoreszierendes Pulver einer zerdrückten Heuschrecke auf einem Stein nach der Mahd.

Die Methode zur Ermittlung der Insektenverlustmessung (zuvor Transekterhebungen, Gaze-Netz unmittelbar nach der Mahd auf den Probepunkt legen, Mähgut durchschütteln, Fläche absaugen, Auswertung der verschiedenen gesammelten Proben) konnte bei dem Vorversuch hinreichend getestet und verfeinert werden. Der Ablauf für die Exaktversuche gestaltete sich dann derart, wie im Kapitel 3 Material und Methoden bereits ausführlich beschrieben.

4.2 Allgemeine Charakterisierung der Versuchstage und Standorte nach abiotischen Faktoren

Wie geplant wurden Versuche und Beobachtungen zu tatsächlich am Standort üblichen Mähzeitpunkten und Jahreszeiten durchgeführt. Das üblicherweise fünfmähdige Grünland in Frankenmarkt wurde 2021 witterungsbedingt nur viermal gemäht, 2022 fanden die üblichen fünf Schnitte statt (siehe „Versuchsflächen und Erntezeitpunkte“ in Methoden). Die quantifizierten abiotischen Faktoren sind in *Tabelle 9* aufgelistet. In der gleichen Tabelle sind die Werte der zwei extensiven, also der einmähdigen Naturschutzfläche in Wels 2021 und der zweimähdigen Naturschutzfläche in Micheldorf 2022 eingetragen. Auch hier wurde nur zu Zeitpunkten gemäht, die der tatsächlich dort üblichen Vorgangsweise entsprach. Es ist hier aber wichtig anzumerken, dass der Mähzeitpunkt in Micheldorf (12.07.2022) zwar innerhalb ortsüblich-tolerierter Wetterbedingungen stattfand, jedoch im Vergleich zu allen anderen Versuchstagen im Tagesverlauf von deutlich ungünstigeren Perioden mit starker Bewölkung durchsetzt war, die kurzfristig auch zu leichtem Niederschlag führten (wie auch in *Tabelle 9* ersichtlich). Dies ist insofern wichtig anzumerken, als aus Sicht der anwesenden Entomologen bei konstant sonnigem Tagesverlauf im Gesamtverlauf merkbar mehr Blütenbesucher auf dieser blütenreichen Wiese zu erwarten gewesen wären. Die Gesamtzahl der Insekten nach der Mahd ordnet sich dennoch innerhalb der drei maximal beobachteten Zahlen an gezählten Insekten aller Projektstage ein (ohne Ameisen an 3. Stelle mit 1089 Individuen; mit Ameisen an 1. Stelle mit 3225 Individuen).

Tabelle 9: Deskriptive Statistik zu abiotischen und biotischen Faktoren pro Versuchstag, dargestellt als Mittelwert aller Mahddurchläufe aller acht Versuchstage (Minimalwert – Maximalwert). Windstärke gemessen nach Beaufort von 0 bis 4 (0 = windstill, 4 = Zweige bewegen sich, Papier vom Boden aufgehoben), Wolkenbedeckung gemessen von 0 bis 3: 0 = klarer Himmel (0 % Bedeckung), 3 = hoch (71-100 % Bedeckung), N = 30 pro Versuchstag, N = 240 für die Gesamtdarstellung, FM = Frankenmarkt, MD = Micheldorf.

Datum	Ort	Windstärke	Wolken-Bedeckung	Temperatur [°C]	Relative Luftfeuchte [%]	Wuchshöhe [cm]
01.06.2021	FM	1.4 (1-2)	1.5 (1-2)	22.6 (18-26.2)	34 (29-48)	48 (40-50)
20.07.2021	FM	2.1 (1-3)	2.2 (2-3)	26.4 (21.5-29.1)	47 (43-63)	58.3 (20-135)
21.07.2021	Wels	1.7 (1-2)	0.5 (0-1)	23.9 (18.4-27.8)	44.2 (35-62)	63.2 (40-115)
01.10.2021	FM	1.5 (0-3)	1.9 (1-3)	15.4 (11.5-18.8)	60.7 (52-69)	26.4 (20-52)
12.05.2022	FM	3.7 (3-4)	1.4 (1-2)	24.8 (23.1-26.1)	42.8 (38-45)	49.7 (30-85)
12.07.2022	MD	1.5 (0-3)	2.8 (2-3)	20.0 (17.7-22.5)	64.7 (57-75)	60.2 (35-110)
13.07.2022	FM	1.9 (1-3)	0.5 (0-2)	24.4 (20-28.3)	44.7 (24-69)	45.2 (30-90)
23.08.2022	FM	2.8 (1-4)	2.6 (2-3)	22.1 (17.4-27.1)	45.2 (34-58)	46.2 (20-65)
GESAMT	—	2.1 (0-4)	1.7 (0-3)	22.5 (11.5-29.1)	47.9 (24-75)	49.6 (20-135)

4.3 Zusammensetzung der Insektenfauna auf den untersuchten Flächen – Allgemeines

Folgend ein Überblick über die beobachtete Gliedertierfauna (3 mm Körpergröße und darüber).

4.3.1 Übersicht über die Anzahl beobachteter Insekten und Spinnen

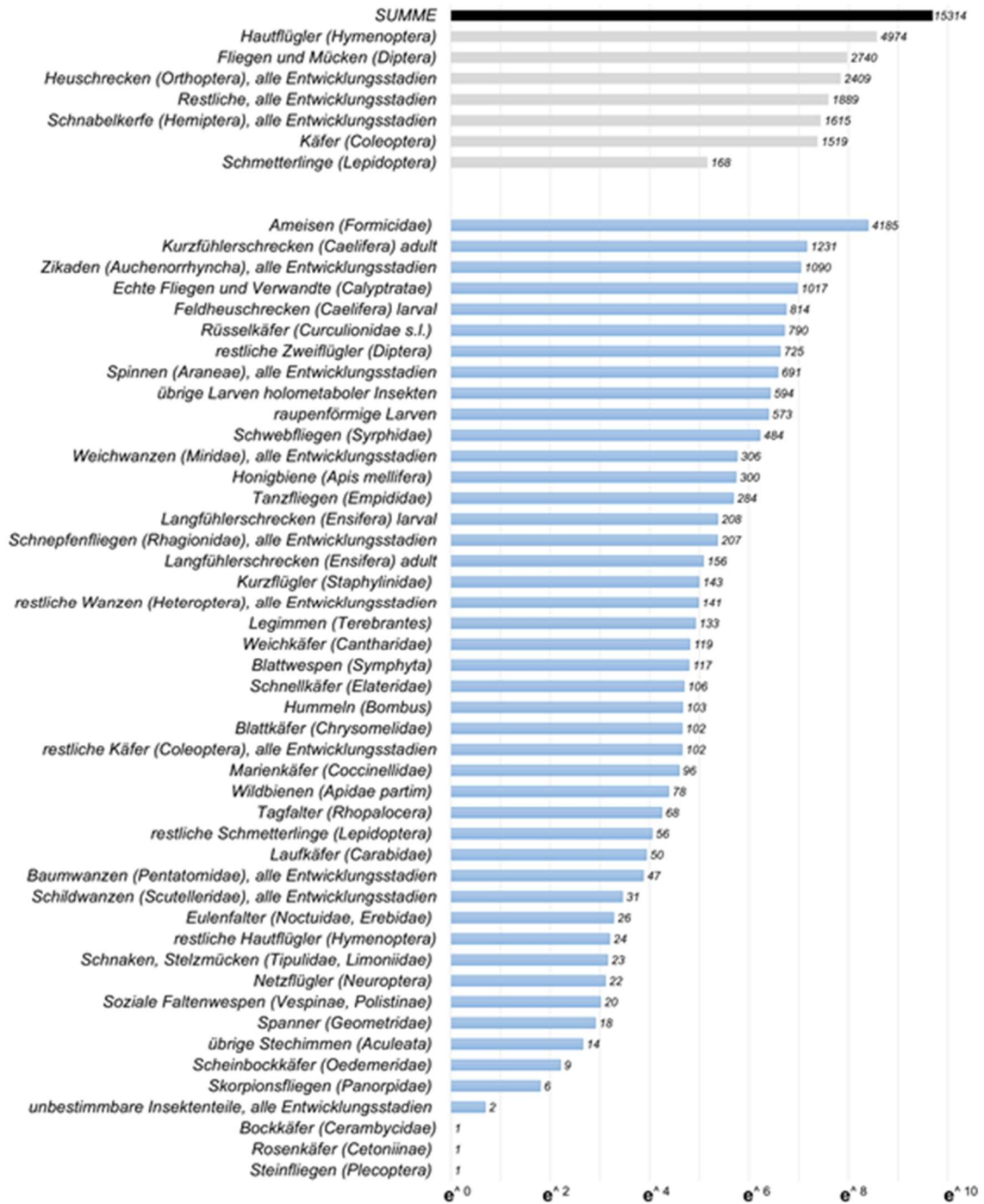


Abbildung 33: Summe aller Gliedertiere (≥ 3 mm) und ihrer systematischen Teilgruppen, die im Laufe aller Versuche, Orte und Beobachtungseinheiten gezählt worden sind (logarithmische Darstellung zur Basis e). Sofern nicht anders angegeben, sind nur die Adultstadien der jeweiligen Artengruppen gemeint.

In Summe wurden im Zuge der acht Versuchstage 15.314 Individuen an Insekten und Spinentieren ≥ 3 mm Körpergröße erhoben (Abbildung 33). Hierzu zählen nicht nur die nach der Mahd auf dem sogenannten „Entomologentisch“ beobachteten, sondern auch die „wegfliegenden“ (flüchtende Insekten unter dem 3 x 3 m Netz) Individuen als auch alle weiteren Individuen, die vor der Mahd in den sogenannten „Blütenbesucher-“ und „Heuschrecken-“ Transekten gesichtet wurden. Von dieser großen Anzahl aus allen acht Versuchstagen war der größte Anteil an Individuen den Hautflüglern (4974 Individuen), Fliegen (2740) und Heuschrecken (2409) zugeordnet.

Bei Betrachtung einer feineren systematischen Aufgliederung wird deutlich, dass die Ordnung der Hautflügler von Ameisen dominiert wurde (Abbildung 33). Lediglich 789 Individuen der beobachteten Hautflügler (16 %) waren anderen Gruppen als den Ameisen zuzuordnen. Diese hohe Zahl an Ameisen kam vermutlich dadurch zustande, weil die unterstützenden Schüler beim Aufsaugen mittels Laubsaugern diese teilweise direkt auf Ameisenhügel aufgesetzt hatten und damit Individuen in die Stichprobe integriert haben, die nicht direkt vom Mähvorgang betroffen waren (siehe auch Appendix 29). Der Einfluss der hohen Individuenzahl von Ameisen auf den vorliegenden Datensatz und seine Analyse wird in einem späteren Kapitel im Detail erläutert (siehe Ergebnisse, Kapitel 4.4.3).

Andere relativ individuenreiche Gruppen (>100 Individuen) der Hautflügler waren Honigbienen (*Apis mellifera*, 300 Individuen), Schlupfwespen (Ichneumonidae, 133 Individuen), Blattwespen (Symphyta, 117 Individuen) und Hummeln (*Bombus*, 103 Individuen).

Über ein Drittel der Individuen aus der Ordnung der Fliegen wurde den „Stubenfliegen-Verwandten“ (Muscidae/Anthomyidae und ähnliche: 1017 Individuen) zugeordnet (Abbildung 33). In dieser Insektenordnung waren im Vergleich zu den anderen Ordnungen sehr viele Individuen nicht näher bestimmt (725 Individuen). Die Schwebfliegen (Syrphidae, 484 Individuen), Tanzfliegen (Empididae im weiteren Sinn, 284 Individuen) und Schnepfenfliegen (Rhagionidae, 207 Individuen) waren weitere individuenreiche Gruppen (>100 Individuen) aus der Ordnung der Fliegen.

Die Heuschrecken bestanden zu 84 % aus Individuen der Kurzfühlerschrecken (Caelifera, 1231 adulte und 814 larvale Individuen). Die restlichen Individuen waren den Langfühlerschrecken (Ensifera) zugeordnet.

Unterschiede zwischen extensiven und fünfschnittigen Mähflächen

Tabelle 10: Die Tabellenaufstellung zeigt die insgesamt zehn am häufigsten beobachteten Gliedertiergruppenkategorien für den fünfschnittigen Mähstandort Frankenmarkt (sowohl Juli 2021 als auch Juli 2022) und für die zwei extensiven Standorte Wels und Micheldorf. Zusätzlich zum Rang und der Summe sind die Prozente dieser Summe im Verhältnis zur Gesamtsumme des Versuchstages (ohne Ameisen), also Individuen aus Blüh- und Heuschreckentransekten, als auch die Individuen aus den Probepunkten dargestellt. Ameisen wurden nur angedeutet (Grund: siehe Kapitel 4.4.3). a.E. = alle Entwicklungsstadien.

Frankenmarkt			Frankenmarkt				
	20.07.2021			13.07.2022			
Rang	Summe	2721	Rang	Summe	1955		
		(%)			(%)		
1	übrige Larven (Holometabola)	478	17,6%	1	Echte Fliegen (Calypterae)	342	17,5%
2	Kurzfühlerschrecken (Caelifera), a.E.	424	15,6%	2	Kurzfühlerschrecken (Caelifera), a.E.	379	19,4%
3	Echte Fliegen (Calypterae)	262	9,6%	3	Rüsselkäfer (Curculionidae s.l.)	174	8,9%
4	Fliegen, Mücken (Diptera) unbest.	240	8,8%	4	Raupenförmige LARVEN	171	8,7%
5	Spinnen (Araneae), a.E.	209	7,7%	5	Honigbienen (Apis mellifera)	167	8,5%
6	Zikaden (Auchenorrhyncha), a.E.	170	6,2%	6	Zikaden (Auchenorrhyncha), a.E.	163	8,3%
7	Raupenförmige LARVEN	153	5,6%	7	Schwebfliegen (Syrphidae)	152	7,8%
8	Schwebfliegen (Syrphidae)	151	5,5%		Ameisen	76	3,9%
	Ameisen	122	4,5%	8	Spinnen (Araneae), a.E.	74	3,8%
9	Honigbienen (Apis mellifera)	103	3,8%	9	Fliegen, Mücken (Diptera) unbest.	73	3,7%
10	Blattwespen (Symphyta)	95	3,5%	10	übrige Larven (Holometabola)	42	2,1%
Wels			Micheldorf				
	21.07.2021			12.07.2022			
Rang	Summe	1405	Rang	Summe	1693		
		(%)			(%)		
	Ameisen	1772		Ameisen	2136		
1	Kurzfühlerschrecken (Caelifera), a.E.	651	46,3%	1	Kurzfühlerschrecken (Caelifera), a.E.	506	29,9%
2	Langfühlerschrecken (Ensifera), a.E.	147	10,5%	2	Zikaden (Auchenorrhyncha), a.E.	189	11,2%
3	Zikaden (Auchenorrhyncha), a.E.	97	6,9%	3	Langfühlerschrecken (Ensifera), a.E.	128	7,6%
4	Spinnen (Araneae), a.E.	72	5,1%	4	Spinnen (Araneae), a.E.	119	7,0%
5	Schnabelkerfen (Hemiptera) unbest.	71	5,1%	5	Echte Fliegen (Calypterae)	100	5,9%
6	Weichwanzen (Miridae), a.E.	60	4,3%	6	Schwebfliegen (Syrphidae)	84	5,0%
7	Baumwanzen (Pentatomidae), a.E.	30	2,1%	7	Fliegen, Mücken (Diptera) unbest.	54	3,2%
8	Fliegen, Mücken (Diptera) unbest.	28	2,0%	8	Rüsselkäfer (Curculionidae s.l.)	53	3,1%
9	Schwebfliegen (Syrphidae)	27	1,9%	9	Hummeln (Bombus)	52	3,1%
10	Echte Fliegen (Calypterae)	27	1,9%	10	Schnabelkerfen (Hemiptera) unbest.	47	2,8%

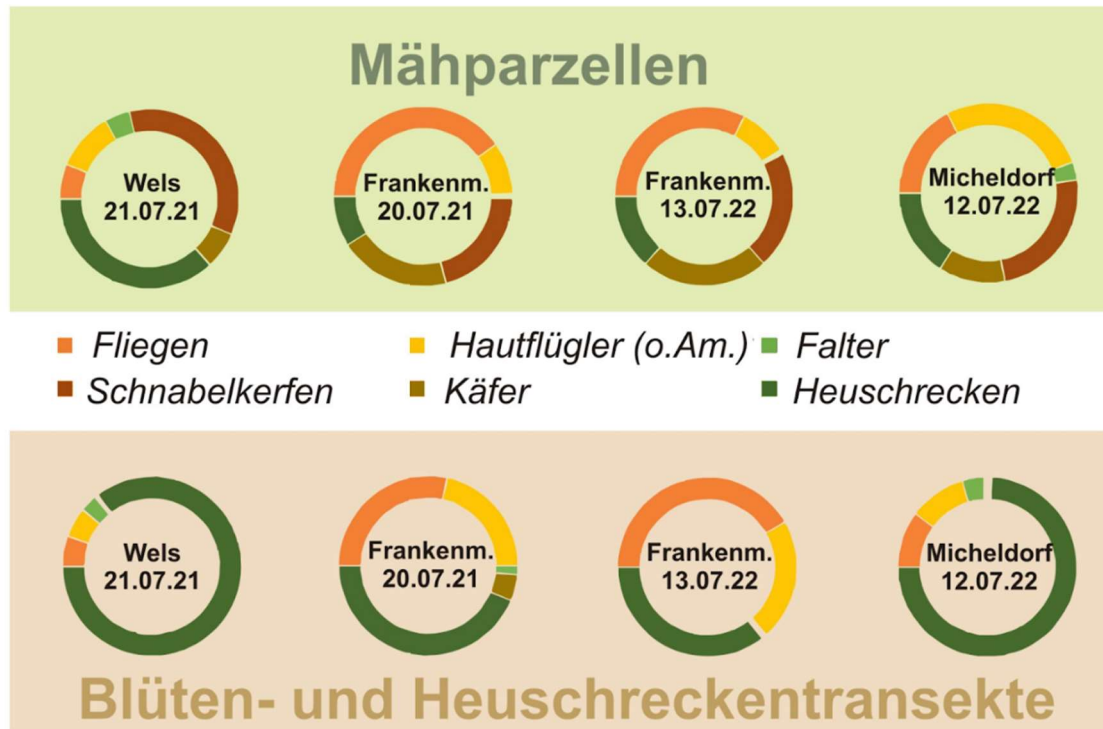


Abbildung 34: Dargestellt sind die prozentualen Anteile von Insektengroßgruppen (ohne Ameisen, o.Am., siehe Kapitel 4.3.3) für Beobachtungen sowohl vor (Blüh- und Heuschreckentransekte) als auch nach dem eigentlichen Mähvorgang (Probepunkt-Beobachtungen) am Standort der fünfschnittigen Mähfläche (Frankenmarkt; 2021 und 2022) als auch bei den extensiven Mähflächen zur grafischen Verdeutlichung von augenscheinlichen Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen diesen Standorten und Standorttypen. So sind Heuschrecken (Orthoptera) besonders an extensiven Standorten im Juli häufig zu sehen, während Fliegen (Diptera) deutlich häufiger am fünfschnittigen Mähstandort, sowohl vor als auch unmittelbar nach der Mahd, beobachtet wurden.

4.3.2 Jahres- und jahreszeitliche Schwankungen

Die Individuenzahl der beobachteten Insekten und Spinnentiere auf den Mähflächen schwankte deutlich im jahreszeitlichen Verlauf (Tabelle 11). In beiden Versuchsjahren war die Individuenzahl im Juli am höchsten. Die geringste Individuenzahl wurde im Oktober 2021 gemessen (kein Termin in 2022). Das gleiche Muster ist ersichtlich, wenn statt der Individuenzahl die mittlere Anzahl an Individuen/m² herangezogen wird (Tabelle 11).

Tabelle 11: Anzahl der beobachteten Insekten und Spinnentiere pro Versuchstag (Summe aus allen beobachteten Transekten vor und Probepunkten nach der Mahd) bzw. die entsprechenden Quadratmetermittelwerte. Ameisen wurden bei der Berechnung der Gesamt- und Mittelwertszahlen nicht berücksichtigt. FM = Frankenmarkt.

2021	FM (1. Jun)	FM (20.Jul)	Wels (21.Jul)	FM (1. Okt)	Alle Versuchstage
GESAMT 2021	966	2721	1405	441	5533
Mittelwert pro Quadratmeter	1,1	3,7	2,2	0,5	1,9

2022	FM (12. Mai)	Micheldorf (12.Juli)	FM (13. Juli)	FM (23. Aug)	Alle Versuchstage
GESAMT 2022	856	1701	1959	1080	5596
Mittelwert pro Quadratmeter	1,0	2,9	3,2	1,3	2,1

Manche Insektengruppen bilden den beschriebenen Jahresverlauf der Gesamtheit an beobachteten Gliedertieren (Abbildung 36) genau ab wie zum Beispiel die adulten Kurzfühlerschrecken (Caelifera), von denen im Juli die meisten Individuen beobachtet wurden (Abbildung 35, rote Linie). Doch die Populationsdynamik einzelner Gruppen wich teilweise auch von diesem Gesamttrend ab. So wurde die maximale Individuenzahl der Zikaden im August beobachtet (Abbildung 35, graue Linie). Die Rüsselkäfer (braune Punkte) wiederum waren über alle untersuchten Jahreszeiten mit relativ ähnlichen Individuenzahlen vertreten. Will man Schlüsse über das Auftreten (und damit die Gefährdung) von einzelnen Insektengruppen treffen, ist es daher notwendig, sich diese im Detail anzusehen (siehe auch Appendix D: Zeitliches Auftreten verschiedener Insektengruppen).

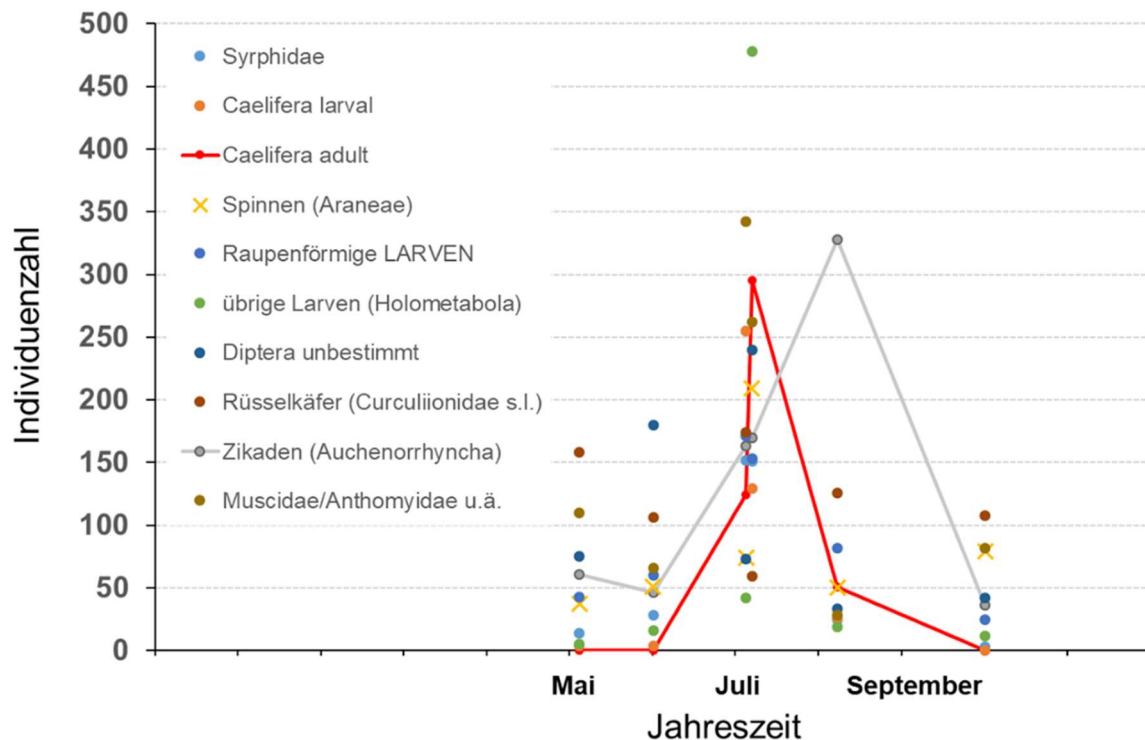


Abbildung 35: Schwankungen der beobachteten Insektenhäufigkeit (Gesamtheit aller gezählten Individuen vor und nach allen Mähdurchgängen in 2021 und 2022) für den Hauptstandort Frankenmarkt und die zehn zahlenstärksten Teilgruppen für jeden Versuchstag (siehe auch Abbildungen in Appendix D: Zeitliches Auftreten verschiedener Insektengruppen). Beispielhaft wurden die Datenpunkte der Zikaden (grau) und adulten Caelifera (rot) mittels Linien verbunden, um die asynchronen Teilschwankungen verschiedener Teilgruppen zu verdeutlichen, welche oft von der allgemein wahrgenommenen Jahresschwankung der Gesamtinsektenpopulation (siehe Abbildung 36) abweichen kann.

Auch bei den Transekteerhebungen waren jahreszeitliche Schwankungen zu erkennen. Für alle dargestellten Großgruppen wurde die maximale Anzahl an Individuen im Juli gemessen (Abbildung 36). Dabei waren Heuschrecken und Fliegen besonders häufig vertreten. Der beschriebene Trend war in beiden Versuchsjahren zu beobachten. Dies ist gut daran zu erkennen, dass der dargestellte jahreszeitliche Verlauf relativ kontinuierlich erfolgt, obwohl die Daten sich aus den Messwerten von zwei Versuchsjahren zusammensetzen (siehe schwarze und goldene Pfeile oberhalb der x-Achse).

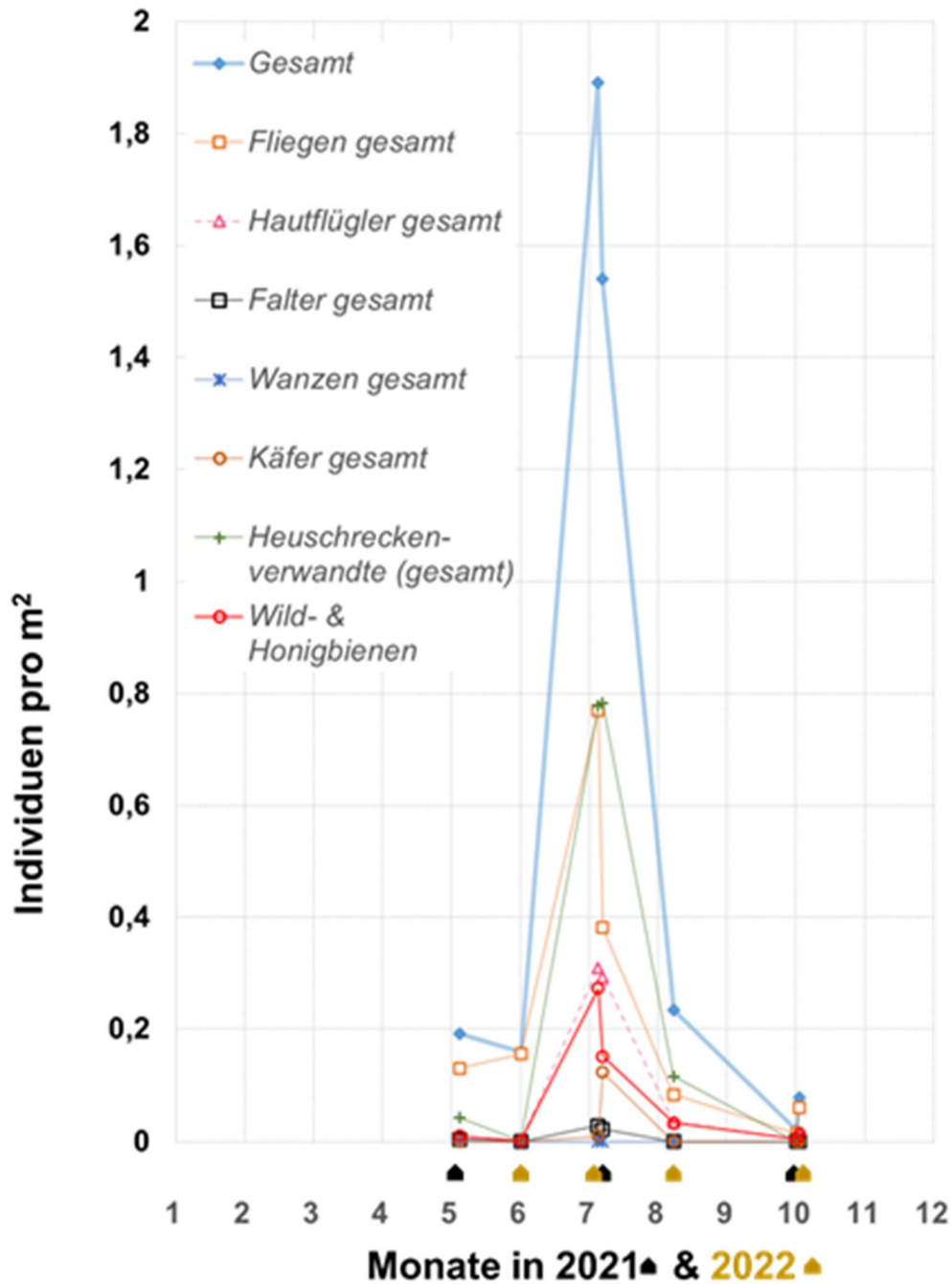


Abbildung 36: Mittlere Insektendichte pro m^2 im Jahresverlauf (2021 und 2022; siehe pfeilartige Hinweise auf die Jahreszugehörigkeit) auf Blüten im Blühtransekt plus der beobachteten Anzahl an Heuschrecken im Heuschreckentransekt unmittelbar vor den eigentlichen Mähdurchgängen. Bitte zu beachten, dass die Gesamtzahl an Arthropoden vor der Mahd (nur Blütenbesucher und Heuschrecken) aufgrund der methodisch unterschiedlichen Herangehensweise grundsätzlich wesentlich geringer ausfallen muss als bei der Erhebung nach der Mahd (alle vom Mähgut erfasste Individuen, siehe Methoden).

Beispiel: Honigbienen und Wildbienen

Aufgrund ihrer wirtschaftlichen und ökologischen Sonderstellung wurden die Honig- und Wildbienen besonders eingehend untersucht. Insgesamt wurden 370 Wild- und Honigbienen (alle Beobachtungen) im Verlauf beider Versuchsjahre im Zuge dieser Studie quantifiziert. Der prozentuelle Anteil schwankte deutlich zwischen den Versuchstagen (Abbildung 37) und es gab Versuchstage, an welchen keine oder fast keine Bienen beobachtet wurden (siehe auch Abbildung 38). Es ist hier nochmals wichtig zu betonen, dass sich die Versuchstage an den tatsächlichen Nutzungszeitpunkten im jeweiligen Jahr orientierten.

Honigbienen waren an allen Standorten zu den Mähterminen in wesentlich geringeren Dichten unmittelbar vor der Mahd zu beobachten als andere Insektengruppen (Abbildung 36). Sie lagen in der Individuenzahl – auch bei Hinzuziehen der Beobachtungen unmittelbar nach der Mahd – im mittleren bis unteren Feld der zehn häufigst beobachteten Insekten (Tabelle 10). Zudem waren sie zu den Mähterminen unmittelbar vor der Mahd in wesentlich geringeren Dichten zu beobachten als andere Insekten, obwohl die Völker nahe genug an den Versuchsflächen standen. Der Flugkreisradius von Honigbienen wird mit bis zu drei Kilometer beschrieben. Die weiteste Entfernung von den Völkern zur Versuchsfläche betrug an der Versuchsfläche in Wels 800 Meter. Die Flächen lagen also deutlich innerhalb des Flugkreises der Honigbienen.

Die Gründe für die geringe Zahl beobachteter Honigbienen sind in der Häufigkeit blühender Pflanzen und auch dem Blühzustand bzw. der Attraktivität der Blütenpflanzen auf den Versuchsflächen zu sehen. Auf den fünfschnittigen Wiesen in Frankenmarkt waren kaum blühende Pflanzen zu finden, von denen die Bienen Nektar oder Pollen sammeln konnten. Auf der Versuchsfläche (Naturschutzfläche) in Wels war der erste Schnitt nach den Vorgaben des Flugplatzbetreibers erst Mitte Juli möglich. Zu diesem Zeitpunkt waren bereits viele der Blütenpflanzen verblüht bzw. ausgetrocknet und daher als Nahrungsquelle für die Honigbienen ungeeignet. Bei den Versuchen in Micheldorf waren die Wetterbedingungen für einen Beflug durch Honigbienen ungünstig. Zusätzlich waren an diesem Standort Blütenpflanzen außerhalb der Versuchsflächen für die Honigbienen attraktiver.

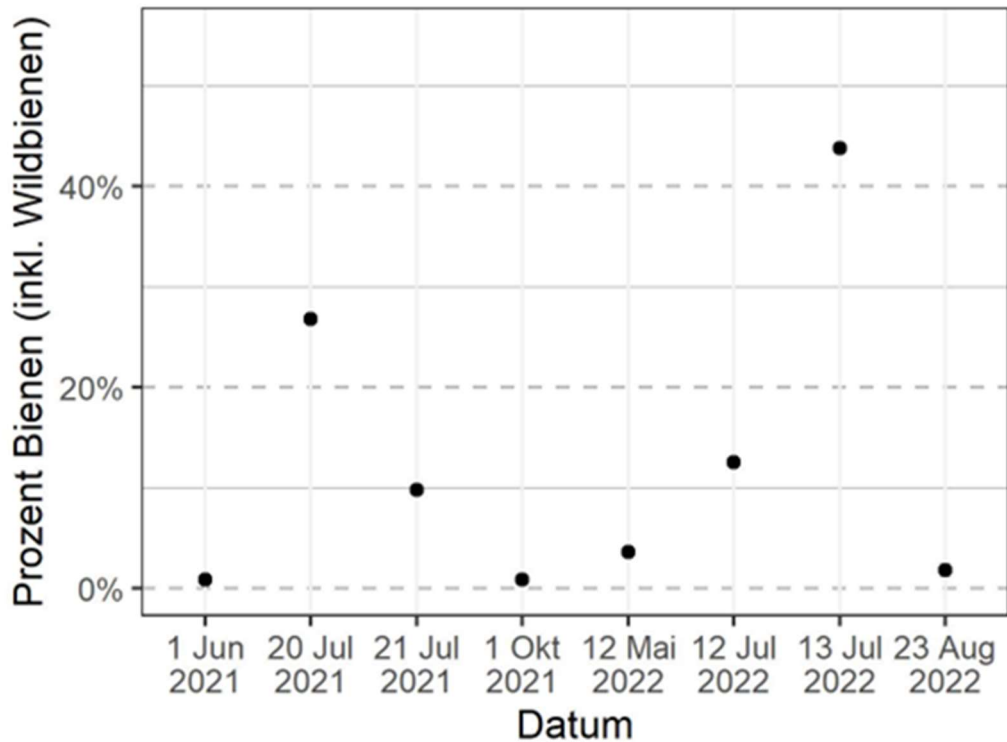


Abbildung 37: Ungleichmäßige und unterschiedliche Verteilung der Individuenanteile im Verlauf der Versuchstermine des Projekts anhand der Gruppe Bienen (Honigbienen und Wildbienen). Zu jedem Versuchstag ist der prozentuelle Anteil an der Gesamtsumme (100 % = Summe aller Individuen der Bienen aller 8 Versuchstage mit jeweils 2 x 5 Mähdurchgängen) dargestellt.

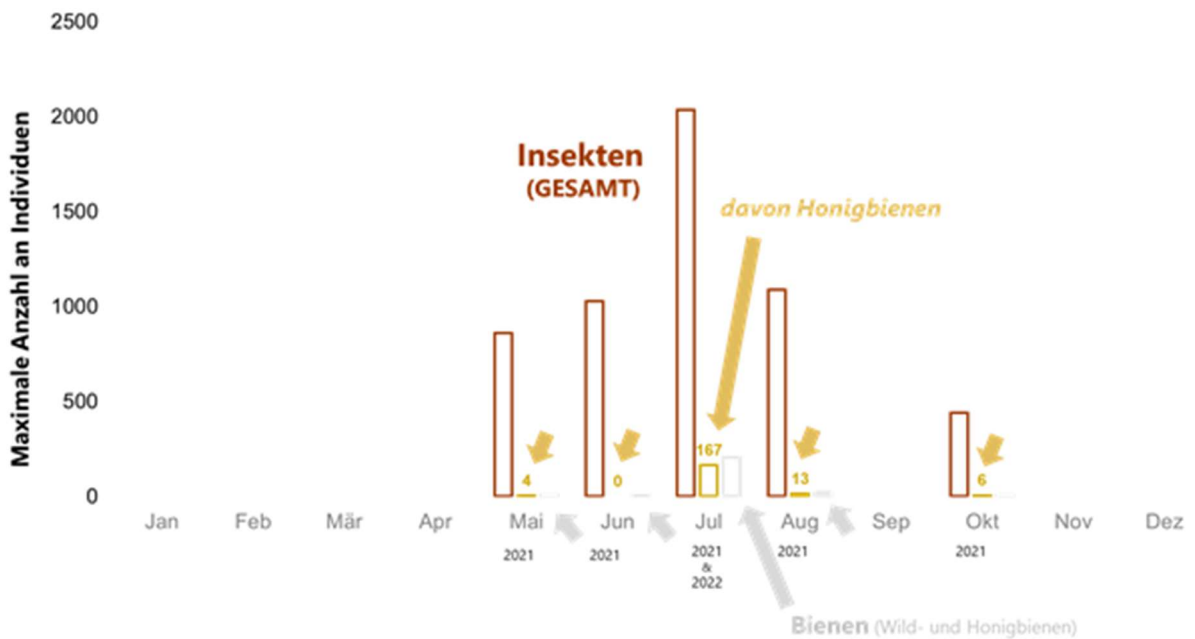


Abbildung 38: Im Jahresverlauf jeweils die aus beiden Versuchsjahren (2021 und 2022) maximale Anzahl an Honigbienen (goldbraun, wie auch der Wild- und Honigbienen (grau) im Vergleich zu allen am gleichen Standort zur gleichen Zeit gezählten Insekten und Spinnentiere (braun).

4.3.3 Vergleich Insektenvorkommen vor und nach der Mahd

Eine Abschätzung der Vollständigkeit der Beschreibung der Insektenaktivität durch die Erhebungen während der Mähversuche wurden mittels einer Transekterhebung vor der Mahd ermittelt. Für die Transekte erfolgte eine Fokussierung auf drei Insektengruppen: Bienen, Schwebfliegen und Heuschrecken. Die Transekt-Begehungen und die Mäh-Erhebungen wurden auf Flächen von unterschiedlicher Größe durchgeführt (siehe Material und Methoden, Kapitel 3.5.2 und 3.5.5). Zur besseren Vergleichbarkeit wurden sie daher auf eine Fläche von 10 m² rückgerechnet (*Tabelle 12*).

Generell wurden während der acht Transekterhebungen 3.151 Individuen beobachtet (*Tabelle 12*). Die Juli-Termine zeichneten sich durch eine hohe Individuenzahl aus – an diesen vier Terminen wurden 91 % der insgesamt beobachteten Individuen gezählt. Die Transekt-daten zeigen, dass auf den Wiesen im Schnitt deutlich mehr Heuschrecken beobachtet wurden als Bienen oder Schwebfliegen. Diese Aussage gilt für den gesamten Versuchszeitraum, ist aber besonders deutlich für die im Juli erhobenen Daten zu sehen: An den Juli-Terminen wurden im Schnitt neun Heuschrecken pro 10 m², aber nur eine Biene und eine Schwebfliege beobachtet (*Tabelle 12*).

Ein Vergleich in der Individuenzahl zwischen Transekten und Mähversuchen zeigt, dass während der Transektbegehungen im Mittel um ein Drittel mehr Heuschrecken als nach den Mähvorgängen beobachtet wurden (*Tabelle 12*). Dieser Unterschied zwischen den beiden Zählzeitpunkten war bei allen fünf Mähvarianten zu erkennen (*Abbildung 39*). Es kann vermutet werden, dass bei allen Mähvarianten ein gewisser Teil der Heuschrecken vor dem Mähvorgang aus der Mähfläche flüchten konnte. Auch bei Bienen (Honig- und Wildbienen) kann diese Tendenz beobachtet werden – sie ist aufgrund der generell geringen Zahl an beobachteten Bienen weniger ausgeprägt. Für Schwebfliegen sind im Mittel keine Unterschiede zwischen Transektbegehungen und Mäherhebungen zu beobachten. Dies lässt vermuten, dass kaum Schwebfliegen vor dem Mähwerk flüchten konnten.

Ein wichtiges Detail dieses Datensatzes ist die hohe Anzahl an Ameisen, die während der Mähversuche ausgezählt wurden (diese Gruppe wurde bei den Transekt-Begehungen nicht erhoben). Diese stellen etwa ein Drittel aller erhobenen Individuen dar. Betrachtet man nur den artenreichsten Monat Juli, so wurden fast 50 % aller ausgezählten Individuen den Ameisen zugeordnet. Der Einfluss der hohen Individuenzahl von Ameisen auf das vorliegende Datenset und seine Analyse wird in einem späteren Kapitel im Detail erläutert (siehe Ergebnisse, Kapitel 4.4.3).

Tabelle 12: Vergleich der Erhebungstransekte vor (Trans.) und die Erhebungs-Probepunkte nach der Mahd (Mähparz.). Übersicht über die Anzahl der Insekten und deren Mittelwerte (pro Probepunkt und pro 10 Quadratmeter) für alle acht Versuchstage (grün) und alle vier Julitermine in 2021 und 2022.

Transekterhebungen erfolgten vor der Mahd und nur für ausgewählte Insektengruppen (siehe Methoden). Hier wurden zum Vergleich bestimmte Gruppen hervorgehoben, die bei Erhebungen vor und nach der Mahd quantifiziert wurden. Die überragend große Zahl an Ameisen in Beobachtungen nach der Mahd wurde hinzugefügt, da dies im späteren Verlauf der statistischen Analysen und Überlegungen von Bedeutung ist.

	Fläche in Quadratmeter	Summe	Mittelwert	
		pro Parzelle	pro 10m ²	
Alle 8 Versuchstage (2021 und 2022)				
Transekte gesamt	Blühtransekt: 20m ² Heuschreckentrans.: 15m ²	3151		
<i>Trans. Heuschrecken</i>	15	1694	7,1	4,7
<i>Trans. Wild- & Honigbienen</i>	20	369	1,5	0,8
<i>Trans. Schw ebfiegen</i>	20	314	1,3	0,7
Mähparzellen (ohne Ameisen)	9	7978	33,2	36,9
<i>Mähparz. Ameisen</i>	9	4183	17,4	19,4
<i>Mähparz. Heuschrecken</i>	9	715	3,0	3,3
<i>Mähparz. W.- & Honigbienen</i>	9	112	0,5	0,5
<i>Mähparz. Schw ebfiegen</i>	9	170	0,7	0,8

Alle 4 Versuchstage im Juli (jeweils 2 in 2021 und 2022)

Transekte gesamt		2858		
<i>Trans. Heuschrecken</i>	15	1633	13,6	9,1
<i>Trans. Wild- & Honigbienen</i>	20	341	2,8	1,4
<i>Trans. Schw ebfiegen</i>	20	280	2,3	1,2
Mähparzellen (ohne Ameisen)	9	4930	41,1	45,6
<i>Mähparz. Ameisen</i>	9	4104	34,2	38,0
<i>Mähparz. Heuschrecken</i>	9	655	5,5	6,1
<i>Mähparz. W.- & Honigbienen</i>	9	104	0,9	1,0
<i>Mähparz. Schw ebfiegen</i>	9	134	1,1	1,2

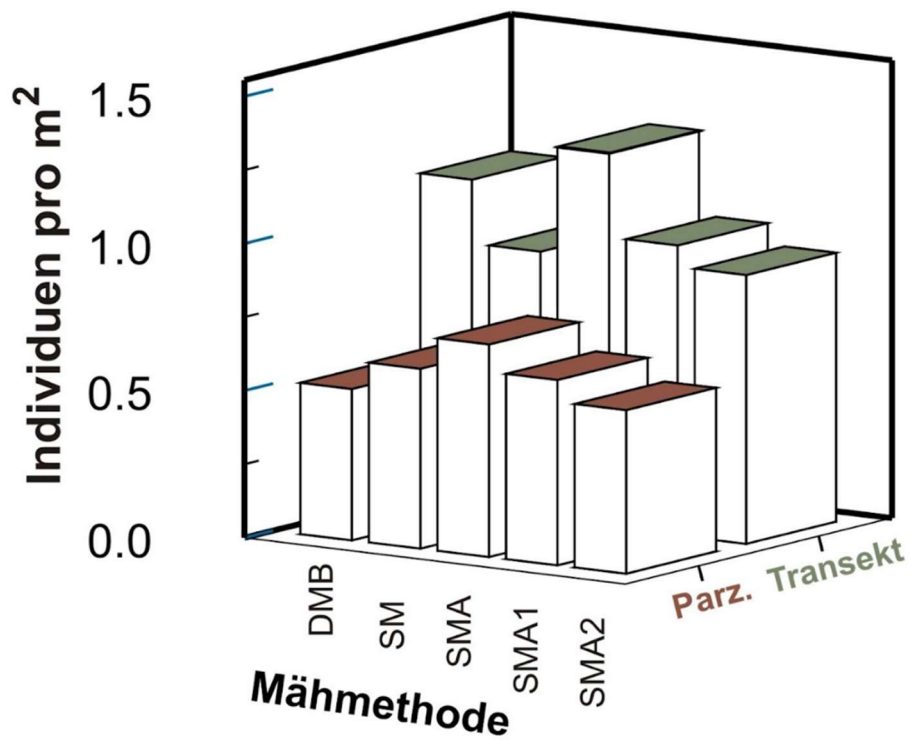


Abbildung 39: Mittlere Anzahl der natürlich vorkommenden Individuen aller Heuschrecken pro Quadratmeter aus den vier Juliterminen (jeweils zwei in 2021 und 2022) vor (Transekt) und nach der Mahd (Parz.) als Beispiel für mögliches Flüchten vor Erfassung durch das Mähwerk für alle untersuchten Methoden.

4.3.4 Quantifizierte Insektengruppen im Verlauf verschiedener Beobachtungseinheiten

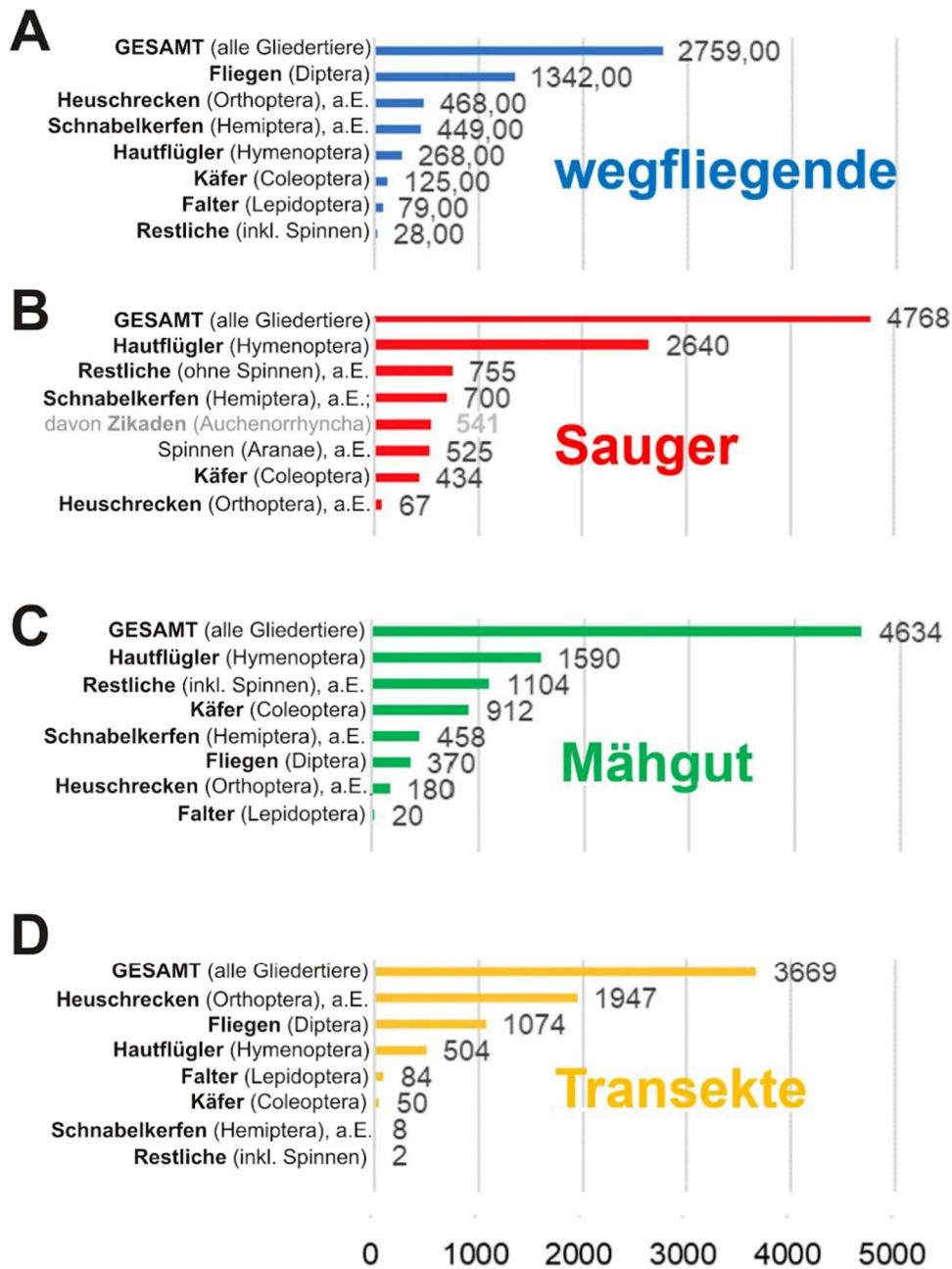


Abbildung 40: Die Gesamtzahl aller beobachteten Insekten im Projekt bzw. deren Unterteilung, aufgeteilt nach den Beobachtungseinheiten nach der Mahd (A-C) und zu den Transekteerhebungen vor der Mahd (D; als Summe aus Blühstreifentransekt und Heuschreckentransekt) aus den detaillierteren Abbildungen aus Appendix 29 bis Appendix 32 im Anhang zur beispielhaften Veranschaulichung zu den deutlichen Häufigkeitsunterschieden. Gezeigt ist die Zahl aller Individuen, die gezählt wurden (lebend oder tot). Zu beachten ist, dass die Beobachtungsflächen vor und nach der Mahd nicht identisch sind, auch nicht im Bezug zur Flächengröße (siehe Methoden).

4.4 Schädigung der Insekten und Grundlagen für die Evaluation der zum Einsatz gebrachten Mähvarianten

4.4.1 Anzahl der toten Insekten durch die untersuchten Mähvarianten

Die Anzahl an Individuen, die nach der Mahd tot oder schwer verletzt beobachtet wurde, war nicht für alle Mähvarianten gleich. Dies ist deutlich, trotz großer Schwankungsbreite in den Gesamttotenzahlen (Abbildung 41) und der Zusammensetzung der Gliedertierhäufigkeiten an den verschiedenen Standorten (Tabelle 13), sowohl bei Betrachtung der Gesamttotenzahlen und ihrer Mittelwerte (siehe Unterkapitel „Direkte Schädigung der Insekten und Spinnen durch die untersuchten Mäh“), als auch bei der später berechneten Sterblichkeit pro Probepunkt (siehe Kapitel 4.4.3) zu sehen.

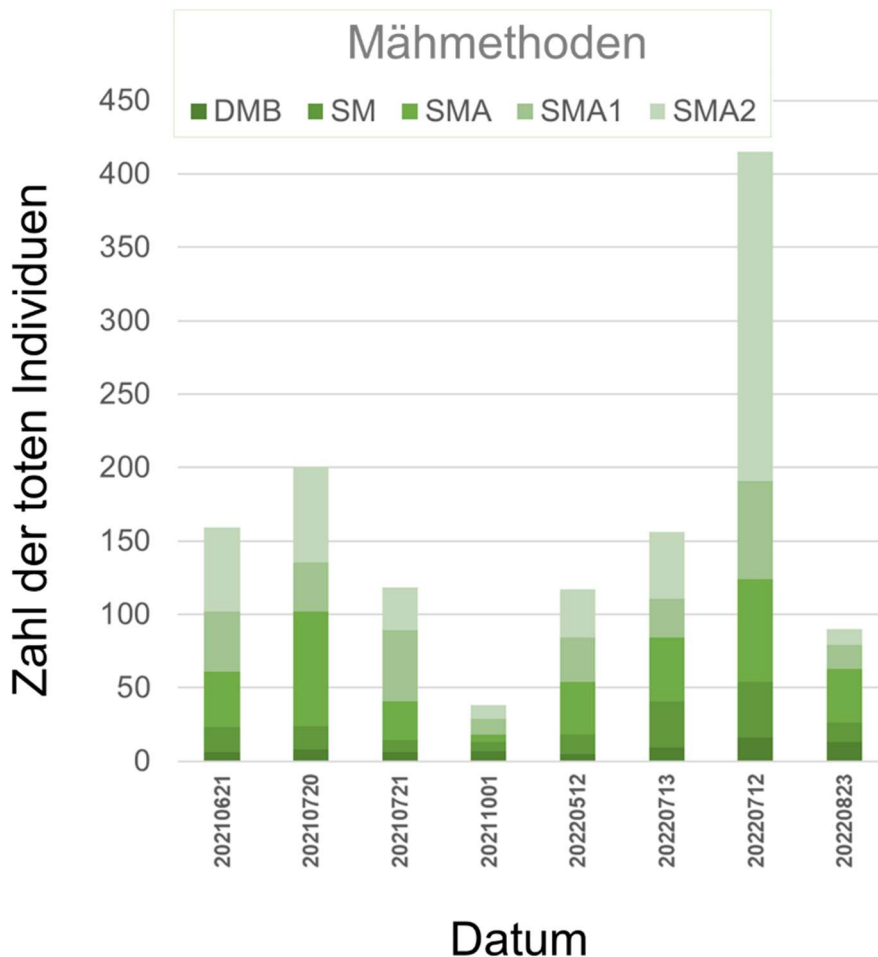


Abbildung 41: Die Gesamtzahl an toten Individuen durch die verschiedenen Mähvarianten (DMB = Doppelmessermähbalken, SM = Scheibenmähwerk, SMA= Scheibenmähwerk mit Aufbereiter, SMA1 = SMA mit Striegel, SMA2 = SMA mit Abweiserblech) schwankte aufgrund jahreszeitlicher Insektenhäufigkeitsunterschiede (siehe 4.3.2) stark zwischen den – an realen, ortsüblichen Mähterminen stattfindenden – acht Versuchstagen (21.06.2021–23.08.2022).

Tabelle 13: Die Tabellenaufstellung zeigt – in Anlehnung an Tabelle 10 – die insgesamt zehn, nach Individuenzahlen am stärksten durch die Mahd betroffenen (tote, inklusive schwer beschädigte Individuen) Gliedertiergruppenkategorien für den fünfschnittigen Mähstandort Frankenmarkt (sowohl Juli 2021 als auch 2022) und für die zwei extensiven Standorte Wels und Micheldorf. Zusätzlich zum Rang und der Summe sind die Prozente dieser Summe im Verhältnis zur Gesamtsumme der Toten (ohne Ameisen) des Versuchstages (N = 30 Probepunkte zu je 9 m²) dargestellt. Ameisen wurden nur angedeutet (Grund: siehe Kapitel 4.4.3), a.E. = alle Entwicklungsstadien.

Frankenmarkt - tote Individuen			Frankenmarkt - tote Individuen				
20.07.2021			13.07.2022				
Rang	Summe	187 (%)	Rang	Summe	144 (%)		
1	übrige Larven (Holometabola)	35	18,7%	1	Echte Fliegen (Calypterae)	30	20,8%
2	Fliegen, Mücken (Diptera) unbest.	27	14,4%	2	Raupenförmige LARVEN	23	16,0%
3	Spinnen (Araneae), a.E.	25	13,4%	3	Zikaden (Auchenorrhyncha), a.E.	15	10,4%
4	Zikaden (Auchenorrhyncha), a.E.	22	11,8%	4	Rüsselkäfer (Curculionidae s.l.)	15	10,4%
5	Raupenförmige LARVEN	19	10,2%		Ameisen	12	8,3%
	Ameisen	13	7,0%	5	Kurzfühlerschrecken (Caelifera), a.E.	11	7,6%
6	Coleoptera unbestimmt	11	5,9%	6	Fliegen, Mücken (Diptera) unbest.	9	6,3%
7	Echte Fliegen (Calypterae)	10	5,3%	7	Schnepfenfliegen (Rhagionidae)	6	4,2%
8	Kurzfühlerschrecken (Caelifera), a.E.	5	2,7%	8	Spinnen (Araneae), a.E.	6	4,2%
9	Honigbienen (Apis mellifera)	4	2,1%	9	Weichwanzen (Miridae), a.E.	5	3,5%
10	Schlupfwespe (Ichneumonidae)	4	2,1%	10	übrige Larven (Holometabola)	4	2,8%
Wels - tote Individuen			Micheldorf - tote Individuen				
21.07.2021			12.07.2022				
Rang	Summe	60 (%)	Rang	Summe	95 (%)		
	Ameisen	58		Ameisen	320		
1	Kurzfühlerschrecken (Caelifera), a.E.	26	43,3%	1	Kurzfühlerschrecken (Caelifera), a.E.	19	20,0%
2	Langfühlerschrecken (Ensifera), a.E.	6	10,0%	2	Zikaden (Auchenorrhyncha), a.E.	12	12,6%
3	Weichwanzen (Miridae), a.E.	4	6,7%	3	Langfühlerschrecken (Ensifera), a.E.	12	12,6%
4	Baumwanzen (Pentatomidae), a.E.	4	6,7%	4	Echte Fliegen (Calypterae)	10	10,5%
5	Zikaden (Auchenorrhyncha), a.E.	3	5,0%	5	Spinnen (Araneae), a.E.	8	8,4%
6	Raupenförmige LARVEN	3	5,0%	6	Schnabelkerfen (Hemiptera) unbest.	5	5,3%
7	Spinnen (Araneae), a.E.	3	5,0%	7	Weichwanzen (Miridae), a.E.	5	5,3%
8	Fliegen, Mücken (Diptera) unbest.	2	3,3%	8	Fliegen, Mücken (Diptera) unbest.	3	3,2%
9	Schlupfwespen (Ichneumonidae)	2	3,3%	9	Schlupfwespen (Ichneumonidae)	3	3,2%
10	übrige Larven (Holometabola)	2	3,3%	10	Rüsselkäfer (Curculionidae s.l.)	3	3,2%

4.4.2 Direkte Schädigung der Insekten und Spinnen durch die untersuchten Mähvarianten

Wie in Abbildung 42 zu sehen, war die mittlere Anzahl (und %-Anteil) an toten Individuen durch Einwirkungen des Scheibenmähers (SM) etwa doppelt so hoch, wie beim Doppelmesserbalken (DMB). Alle drei Mähvarianten mit Aufbereiter zeigten wiederum im Mittel mindestens eine Verdoppelung zu den Totenzahlen des SM und eine Vervierfachung zum DMB. Da dies später (siehe 4.7 Methodenevaluation und Berechnungsgrundlagen) von großer Bedeutung ist, soll hier daran erinnert werden (Details siehe Methoden), dass für die Rohdaten alle Individuen aller Beobachtungseinheiten (Wegfliegende, Mähgut, Sauger) nach dem Mähen herangezogen werden. Die in Tabelle 14 vorgestellte statistische Modellierung und die Berechnung von signifikanten Unterschieden beruht auf diesen Rohdaten. Folgende Abbildung zeigt den Anteil der einzelnen Mähvarianten an der Gesamttotenzahl eines Tages.

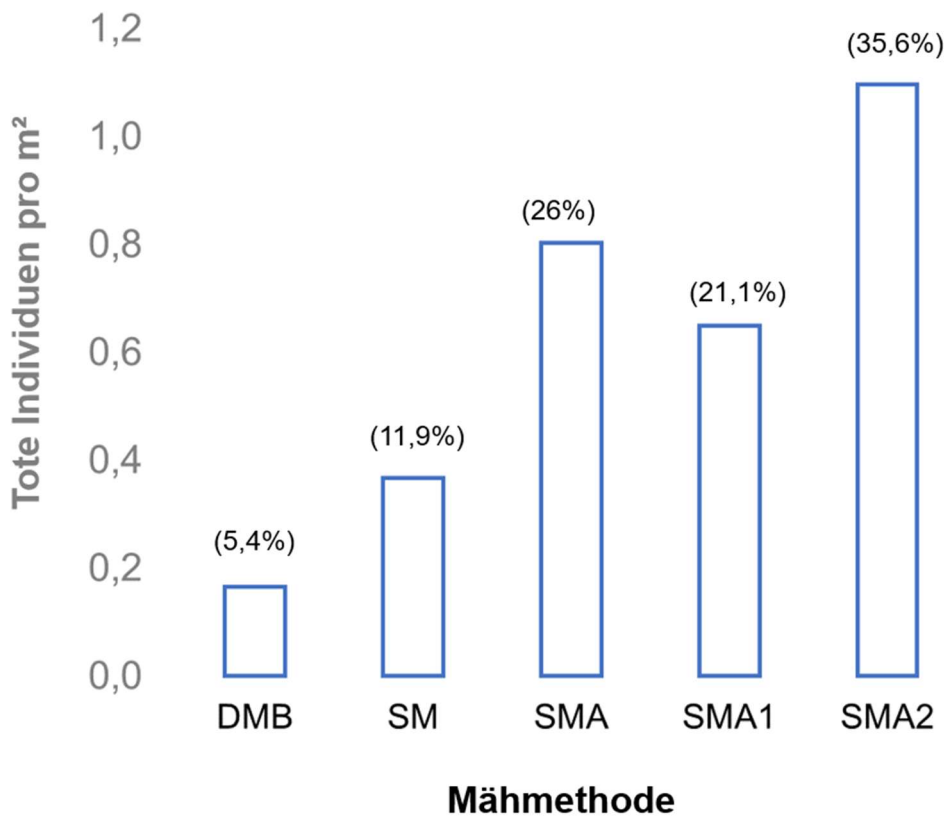


Abbildung 42: Mittlere Anzahl toter und geschädigter Insekten und Spinnentiere pro Probepunktquadratmeter ($N = 48$ pro Methode) aus allen durchgeführten Mähversuchen der jeweiligen Mähvarianten (DMB = Doppelmessermähbalken, SM = Scheibenmähwerk, SMA= Scheibenmähwerk mit Aufbereiter, SMA1 = SMA mit Striegel, SMA2 = SMA mit Abweiserblech) in absoluten Individuenzahlen dargestellt. In Klammern darüber stehen die korrespondierenden Prozentwerte bezüglich des Anteils der jeweiligen Methode an der Gesamttotenzahl aller Methoden pro Versuchstag.

Tabelle 14: Einflussfaktoren auf die Anzahl von toten und geschädigten Insekten, modelliert mit einem Generalized Linear Mixed Model (Poisson Verteilung, random factor: Mähdatum:Probepunkt), N = 240 Probepunkte (= 8 Versuchstage mit 2 x 5 Mähdurchgängen und 3 Probepunkte pro Mähdurchgang). Dabei gibt das Incidence Rate Ratio das Verhältnis, in dem sich die Todesrate im Vergleich zum Referenzlevel (RL) unterscheidet, z.B. bei den Mähvarianten DMB. Das 95 % Konfidenzintervall gibt den Bereich, in dem sich die Incidence Rate Ratio mit 95 %-iger Wahrscheinlichkeit bewegt. Nur signifikante Variablen werden gezeigt (forward selection). Alternative Modellberechnung mittels GEE siehe Appendix 34.

Variable	Level	Rate des Ereignis- verhältnisses	95% Konfidenz- intervalle	Signifikanz- level
Mähvariante (RL: DMB)	SM	2,42	1,80 – 3,25	<0,001
	SMA	5,10	3,88 – 6,70	<0,001
	SMA1	4,18	3,16 – 5,52	<0,001
	SMA2	7,19	5,45 – 9,48	<0,001
Bewölkung		1,20	1,02 – 1,42	0,026
Luftfeuchte [%] (RL: 20-35 %)	36-50 %	0,72	0,55 – 0,96	0,026
	51-65 %	0,67	0,47 – 0,94	0,021
	66-80 %	0,47	0,30 – 0,75	0,001
Ort (RL: Frankenmarkt)	Micheldorf	3,34	1,73 – 6,44	<0,001
	Wels	1,12	0,59 – 2,14	0,734

Die durchgeführten Poweranalysen („Testgüten/Trennschärfen“- Analyse) für den Gesamtdatensatz – also für die Ermittlung der Testgüte bezüglich der Mähvarianteneffekte für alle untersuchte Mahdzeitpunkte im Verlauf zweier Jahre an extensiven und fünfschnittigen Standorten ergab eine Testgüte von über 99 % (N = 240 Probepunkte). Die Mindestzahl an Probepunkt-Stichproben (eindeutige Datum- und Probepunkt-Zugehörigkeit) zur Erreichung der Power von 90 % lag hierbei bei 60 Probepunkten. Die beobachteten Signifikanzunterschiede zwischen Doppelmesserbalken, Scheibenmäherwerken und Scheibenmäherwerken mit Aufbereiter sind also statistisch gesehen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit authentisch bzw. abgesichert.

4.4.3 Hinzufügen der Sterblichkeit als Messgröße und „Insektenschonungs-Indikator“

Da die Anzahl der Toten als alleinige Messgröße über die Jahreszeiten und Orte hinweg zwar für die Beschreibung der Insektenschädigung in der realen Grünlandernte die richtige Wahl ist, erschwert sie die Betrachtung bestimmter Aspekte für die statistische Evaluation der Mähgeräte. Wohl bringt die Erstellung eines statistischen Modells (wie in diesem Endbericht von Statistikern erstellt, siehe Methoden) eine für sehr viele Fragen des Projekts befriedigende Lösung. Dieses allein kann aber trotzdem bei ausschließlicher Verwendung der Totenzahlen nicht alle Aspekte beleuchten. Dies fällt vor allem dann ins Gewicht, wenn die zu vergleichenden Aspekte (z.B. im Jahresverlauf oder aufgrund der Populationsdemografie) durch extreme Unterschiede in Häufigkeit oder gar Auftreten charakterisiert sind. Hier ist – auch für die bessere Veranschaulichung in Grafiken – mit „Indexwerten“ zu arbeiten, wie im Folgenden mit Sterblichkeit (Anzahl der Toten/Gesamtzahl der Individuen) oder Anteil der Toten (Totenzahl einer Mähvariante/Gesamtzahl der Toten aller Mähvariante des Versuchstages). So wird in Abbildung 43 recht deutlich, dass manche Versuchstage stärker als andere vom berechneten Mittelwert abweichen. Dies kann an vielen Faktoren liegen. Durch Untersuchung des Rohdatensatzes mit Hilfe der Sterblichkeitsdarstellungen, kann aber – wie im vorliegenden Versuch – viel leichter auf die sogenannten „Hauptverantwortlichen“ für diese Schwankungen geschlossen werden. So wurde durch diese Berechnungsmethode schnell klar, dass z.B. die übermäßigen Ameisenhäufigkeiten in der Beobachtungseinheit „Sauger“, vor allem an den extensiven Mähstandorten Wels und Micheldorf überproportional zu den Schwankungen vom Gesamtmittelwert beitragen.

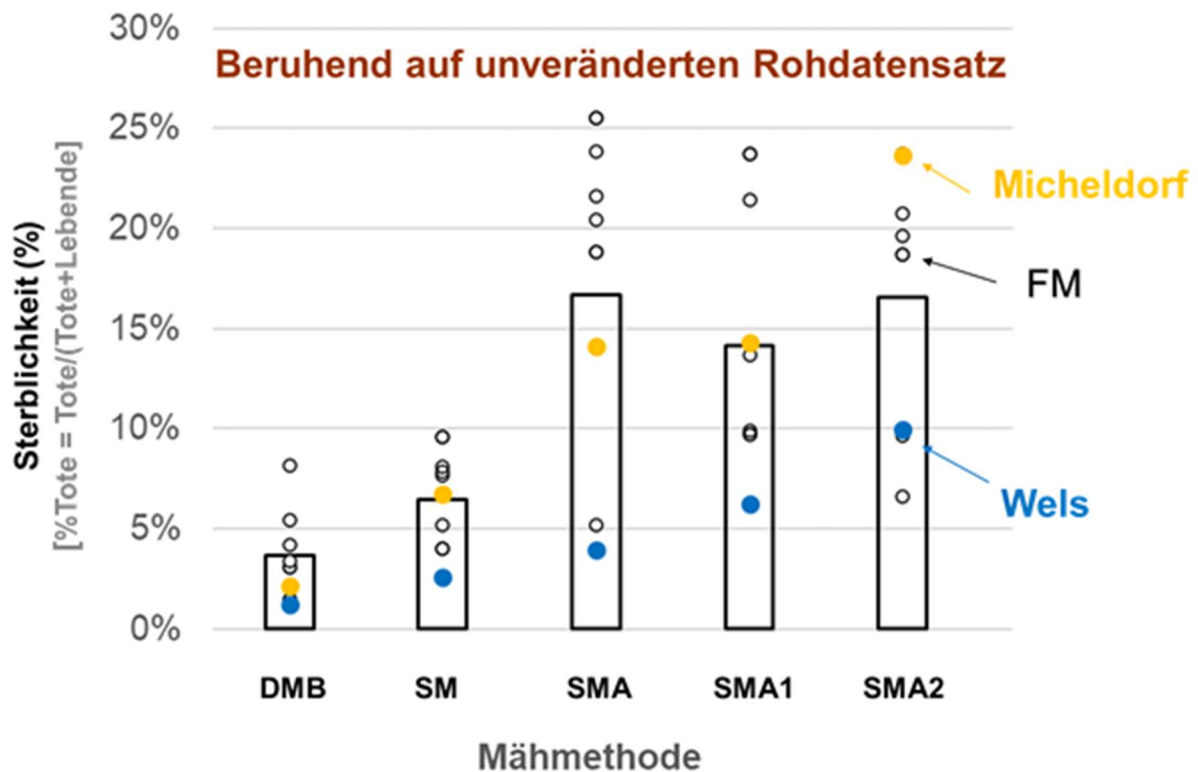


Abbildung 43: Über Mittelwert- oder Medianberechnungen aller Versuche (Balken) wird ein deutliches „Sterblichkeitsprofil“ sichtbar ($SMA2 = SMA1 = SMA > SM > DMB$), allerdings weichen die Einzelwerte (leere und gefüllte Kreise) zum Teil noch relativ stark voneinander ab. Da die Naturschutzwiese in Wels (blau gefüllte Kreise) als extensiver Standort hier bei der Mähvariante SMA stark von der anderen extensiven Mähfläche (Micheldorf, gelb gefüllte Kreise) abweicht, müsste festgestellt werden, was zu dieser Abweichung führte.

Tatsächlich stellte sich später heraus (siehe Kapitel 4.7.2, und vergleichende Berechnungen ohne Ameisen im Appendix), dass die Evaluierung der Mähvarianten bei Berücksichtigung dieser Hauptfaktoren viel bessere Vorhersagen und robustere Kategorisierungen ermöglicht. Da die große Anzahl lebender Ameisen in der Beobachtungseinheit „Sauger“ außerdem – wie sich erst sehr spät im Verlauf der Versuche herausstellte – durch eine Schwäche in den Methoden („methodischer“ Fehler) zustande kam, ist die Entnahme der Ameisen aus dieser Beobachtungseinheit sogar für viele Fragestellungen zwingend notwendig. Die Schwäche in der Methodik lag darin, dass der – doch sehr leistungsstarke – Sauger nicht nur die beim Mähvorgang zu Boden gefallen lebenden und toten Individuen aufsaugte, sondern auch am Bodenhorizont lebende Tiere, welche eigentlich nicht von Mähwerken erfasst werden können. Dies traf vor allem auf die – in den Naturschutzflächen besonders ausgeprägten – Ameisenhügel zu, die leider bei den stichprobenartigen Saugvorgängen erfasst wurden.

4.4.4 Sterblichkeitsberechnungen identifizieren die Individuengröße als einen Faktor für erhöhte Schädigungswahrscheinlichkeit

Ein interessantes – möglicherweise zum ersten Mal für Gliedertiere beobachtetes – Phänomen war die Abhängigkeit der Schädigungswahrscheinlichkeit durch Mähvorgänge von der Körpergröße. Bei alleiniger Betrachtung der Totenzahlen – also ohne Information zur oben erklärten Sterblichkeit – könnte man irrtümlich annehmen, dass kleine und mittelgroße Individuen wesentlich häufiger durch die Mahd betroffen sind als große. Es ist nämlich tatsächlich so, dass durchwegs mehr kleine und mittelgroße Insekten unter den Toten sind als große Individuen. Hierbei wird aber völlig außer Acht gelassen, dass große Insektenarten grundsätzlich wesentlich geringere Individuenzahlen aufweisen als kleine. In den untersuchten Flächen war die kleinste Körpergrößenkategorie im Mittel häufiger vertreten als die mittelgroße. Die große Körpergrößenkategorie war mit Abstand die am seltenste anzutreffende Körpergröße. Bei Berücksichtigung dieser Tatsache, ergab sich folgendes Bild (siehe Abbildung 44): Große Individuen nahmen – unabhängig von der Mähvariante – immer einen größeren Anteil an der Sterblichkeit als mittelgroße und kleine Insekten ein. Dabei gab es in mehreren Fällen sowohl stark gepanzerte Käfer unter den großen wie auch kleinen Individuen. Gleiches gilt auch für „weichhäutigere“ Spinnen und Fliegen. Heuschrecken liegen bezüglich der Chitinpanzerung wohl irgendwo im Mittelfeld. Große Heuschreckenindividuen waren besonders häufig unter den Toten der großen Körpergrößenkategorie.

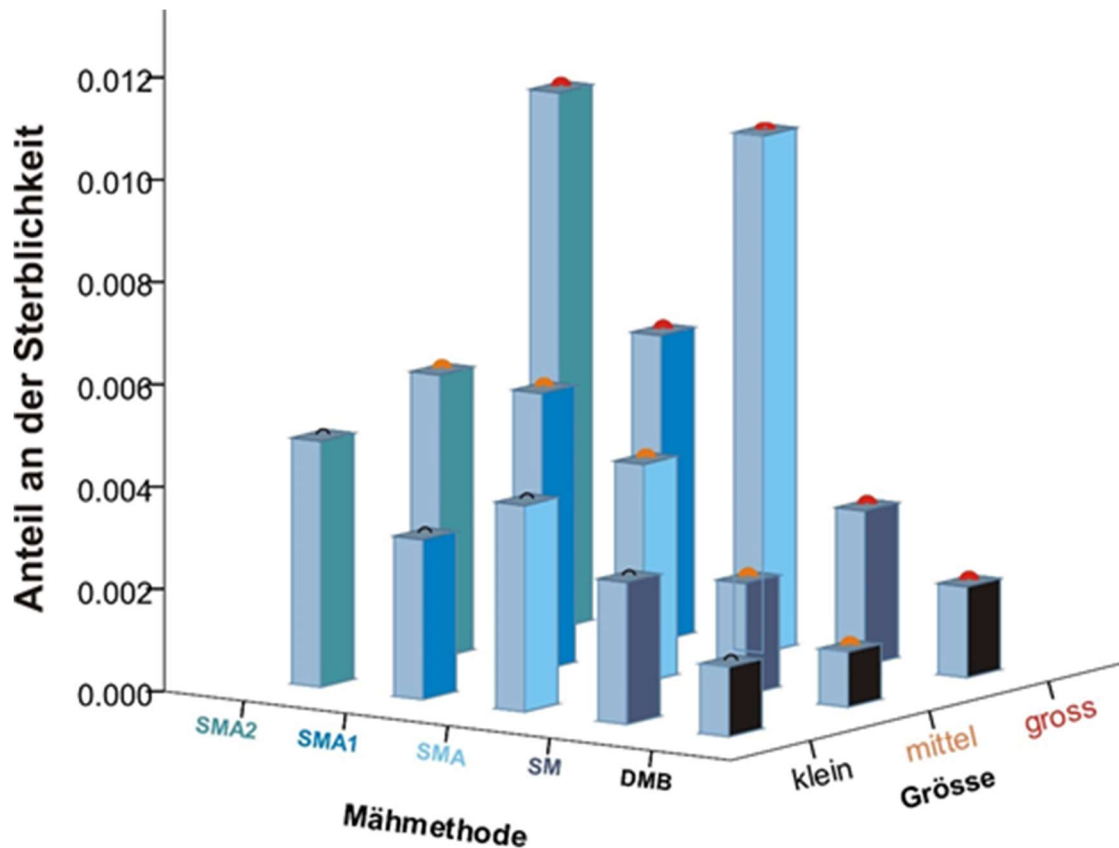


Abbildung 44: Berechnungen der Sterblichkeit (hier der Anteil der Toten eines Probepunktes an der Gesamtsterblichkeitsrate des gleichen Versuchstages) zeigen einen offensichtlichen Zusammenhang zwischen der Individuengröße (klein: 3-5 mm; mittel: 5-10 mm; groß: über 10 mm) und dem Anteil der gezählten toten Insekten eines Probepunktes an der Gesamttotenzahl eines Versuchstages innerhalb einer Größengruppe. Die, für die Gesamtheit der Insekten, deutlich beobachtete Abhängigkeit der Sterblichkeit von der Mähvariante (DMB, SM, SMA, SMA1, SMA2, siehe Methoden) bleibt dabei für alle Größenkategorien bestehen.

4.5 Unterschiede zwischen den Hauptinsektengruppen inklusive Bienen

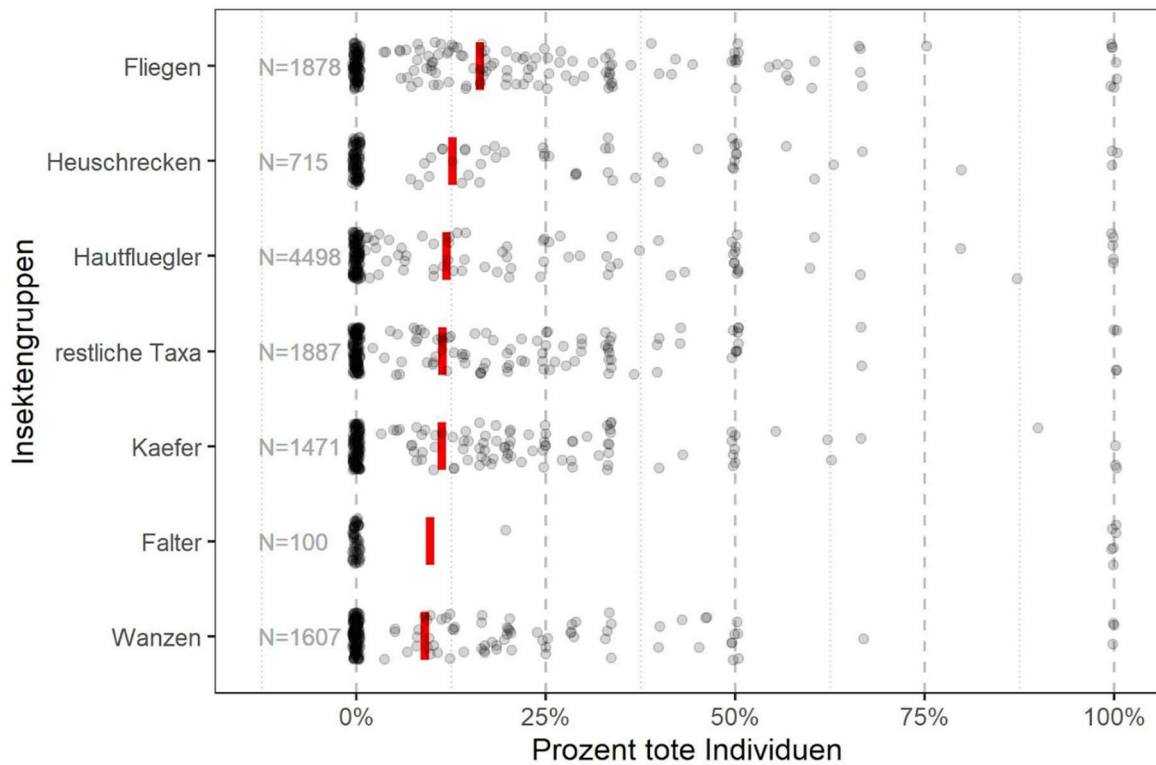


Abbildung 45: Die Sterblichkeit (Anteil toter Insekten) pro Probepunkt (aufsummiert Wegfliegende, im Mähgut, vom Boden aufgesaugt) in Prozent war nicht für alle Großgruppen gleich. Einzelwerte sind als Kreisfläche, der arithmetische Mittelwert als roter Balken dargestellt (N = 240 Probepunkte, N = 8 Versuchstage mit 2 x 5 Mähdurchgängen und 3 Probepunkte pro Mähdurchgang), N = Anzahl der Individuen pro Taxon.

Die berechnete Sterblichkeit der Wild- und Honigbienen konnte bei der vom Projektteam gesetzten Mindestanforderung von mindestens 10 Individuen pro Versuchstag von 0 bis 20 Prozent schwanken (Abbildung 46). Es sind also an vier der acht Versuchstage die Mindestanforderungen nicht erfüllt worden, weil insgesamt zu wenige Individuen in der Gesamtheit aller Beobachtungseinheiten nach dem Mähvorgang an jenen Tagen verzeichnet wurden. Besonders anschaulich wird die doch relativ geringe Anzahl an tatsächlich tot oder beschädigt aufgefundenen Bienen, wenn sie in Relation zur Gesamtzahl aller Bienen am gleichen Versuchstag (siehe Abbildung 47) und dann im Verhältnis zur Gesamtheit der Insekten und Spinnentiere betrachtet (Abbildung 38) werden. Die maximal an einem der acht Versuchstage erhobene Anzahl an toten Bienen lag bei insgesamt vier Individuen. Es ist deshalb auf Signifikanzberechnungen in allen statistischen Auswertungen, die auf Sterblichkeit oder Anzahl der toten Bienen beruhen, verzichtet worden. Es kann also bezüglich Bienen in diesem

Endbericht keine statistische Aussage über signifikante Unterschiede zwischen den getesteten Mähvarianten gemacht werden. Eine Kategorisierung der vorgestellten Mähgeräte aufgrund bienenschädigender Wirkungen konnte also aufgrund der geringen Totenzahl nicht durchgeführt werden. Die geringen Zahlen deuten somit – vor allem im Vergleich mit anderen Insektengruppen – auf in der Realität relativ geringe direkte Schädigungseinwirkungen der getesteten Mähtechniken auf Wild- und Honigbienen pro Mähdurchgang hin.

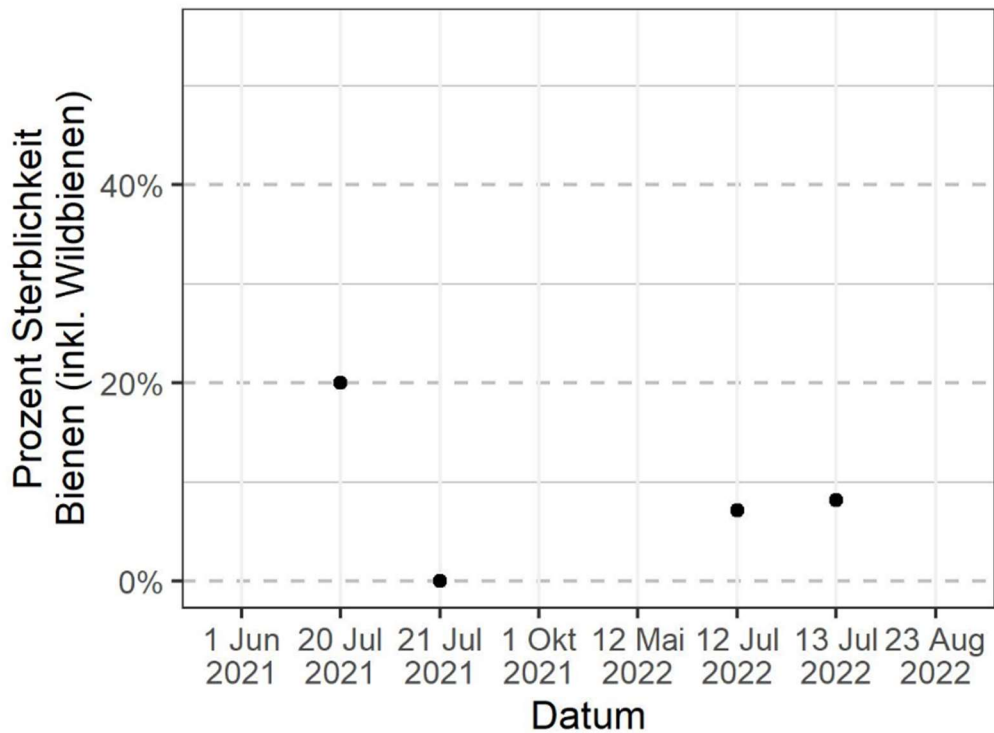


Abbildung 46: Die Sterblichkeit (Anteil toter Individuen) der Bienen (Honigbienen + Wildbienen) pro Versuchstag (2 x 5 Mähdurchgänge). Prozentwerte wurden nur für Versuchstage dargestellt, an welchen mindestens 10 Individuen der jeweiligen Gruppe gezählt wurden.

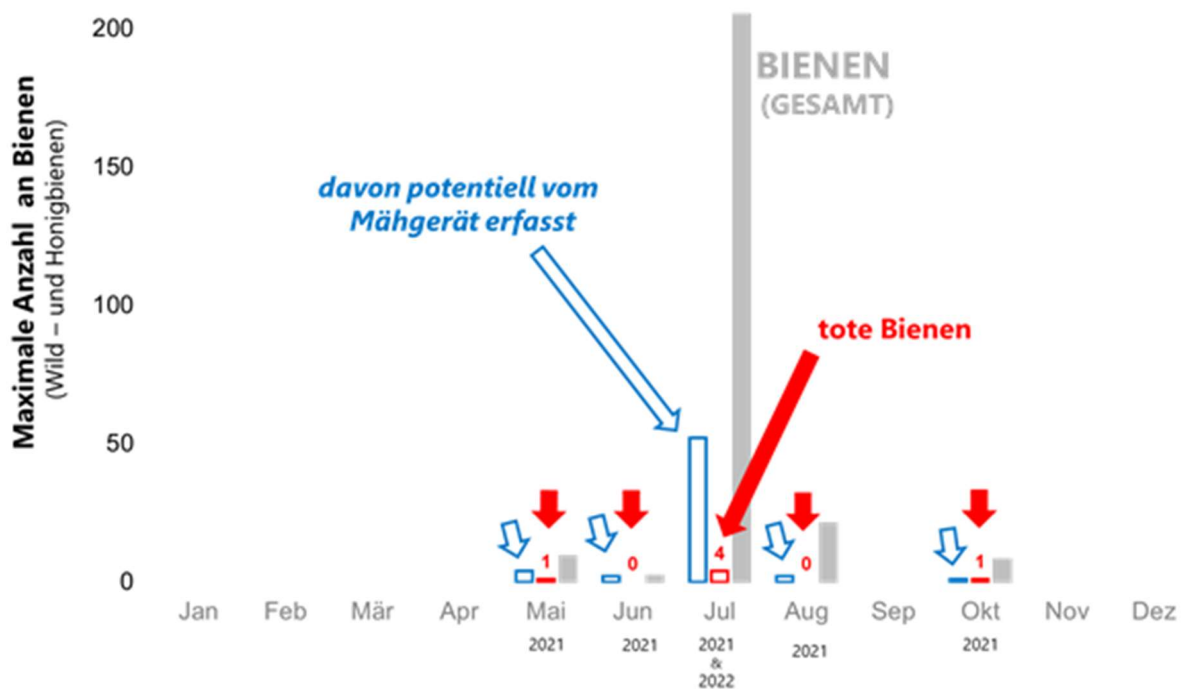


Abbildung 47: Dargestellt ist die im Jahresverlauf – für die Summe aller Beobachtungseinheiten – nach der Mahd maximal registrierte Anzahl der toten (rot, Wild- und Honigbienen) und der lebenden Individuen (die potentiell vom Mähgerät erfasst aber überlebt haben; blau) pro Monat für beide Versuchsjahre. Vergleichend dazu werden in grau die schon in Abbildung 38 gezeigten – maximal pro Monat an einem Versuchstag registrierten – Gesamtzahlen an Bienen (Summe aller Wild- und Honigbienen aus allen Transekten und Probepunkten) dargestellt.

4.6 Wiederfangversuch fluoreszierende Heuschrecken

Der Wiederfangversuch der fluoreszierenden Heuschrecken, die von Studierenden der BOKU gezielt in den Probeflächen ausgebracht wurden, zeigten signifikante Unterschiede der relativen Sterblichkeiten der Varianten DMB, SM und den Aufbereitervarianten (SMA, SMA1 und SMA2). Zwischen den Aufbereitervarianten gab es keine signifikanten Unterschiede. Die Mittelwerte der relativen Sterblichkeit der Heuschrecken lag bei DMB bei 4 %, bei SM bei 11 %, bei SMA bei 36 %, bei SMA1 (Striegel) bei 31 % und bei SMA2 (Abweiserblech) auch bei 36 %.

Nur wenige Exemplare der Heuschrecken wurden nicht wiedergefunden (siehe Appendix 33).

Hier ist die relative Anzahl an toten bzw. nicht lebensfähigen Heuschrecken im Verhältnis zu allen wiedergefundenen (tote + lebende) dargestellt.

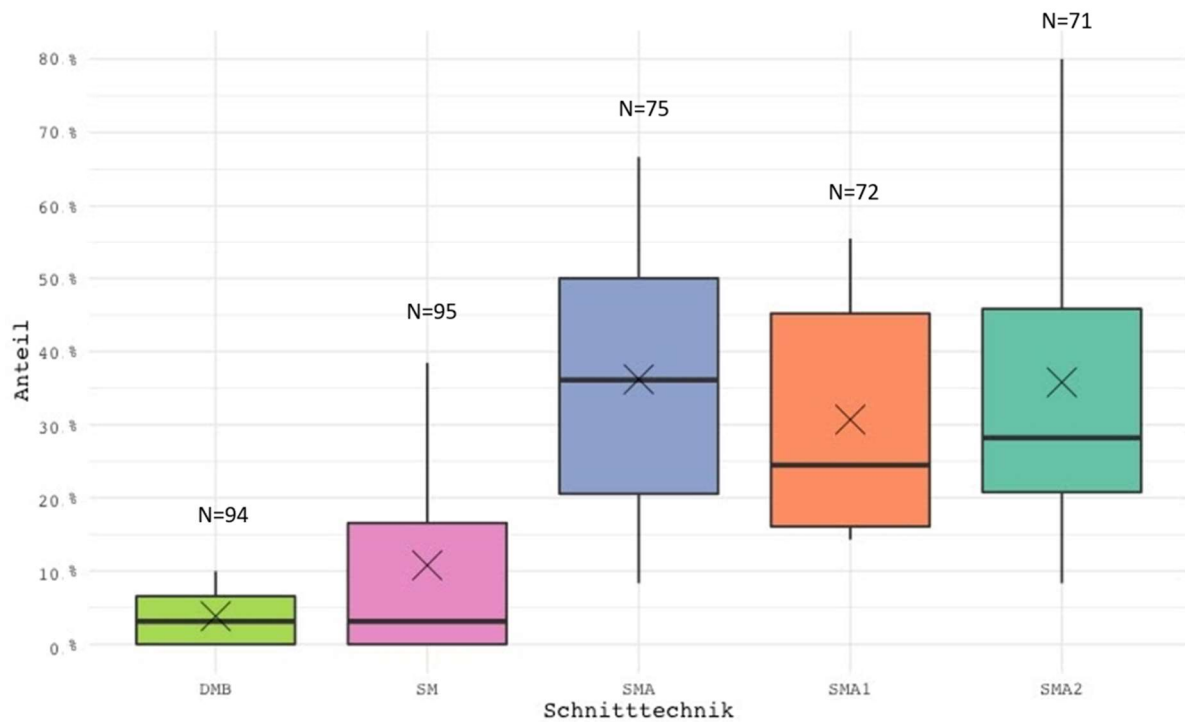


Abbildung 48: Anteile der nicht lebensfähigen Heuschrecken bei N = 6 Wiederholungen, $p = 0,0139$, $\alpha = 0,05$ im Vergleich der verschiedenen Mähtechniken in %, Querstrich = Median, X = Mittelwert (verändert nach Steiner & Zehl 2022).

4.7 Methodenevaluation und Berechnungsgrundlagen

4.7.1 Quantifizierung von Beobachtungsfehlern in 2022

Beobachtungsfehler bezüglich übersehener oder fälschlicherweise als zu klein für die Stichprobe angesehene Individuen (zur Erinnerung: nur mindestens 3 mm große Individuen sollten berücksichtigt werden) kamen im Mittel geringfügig (unter 5 %), aber regelmäßig in den Beobachtungseinheiten „Mähgut“ und „Sauger“ vor.

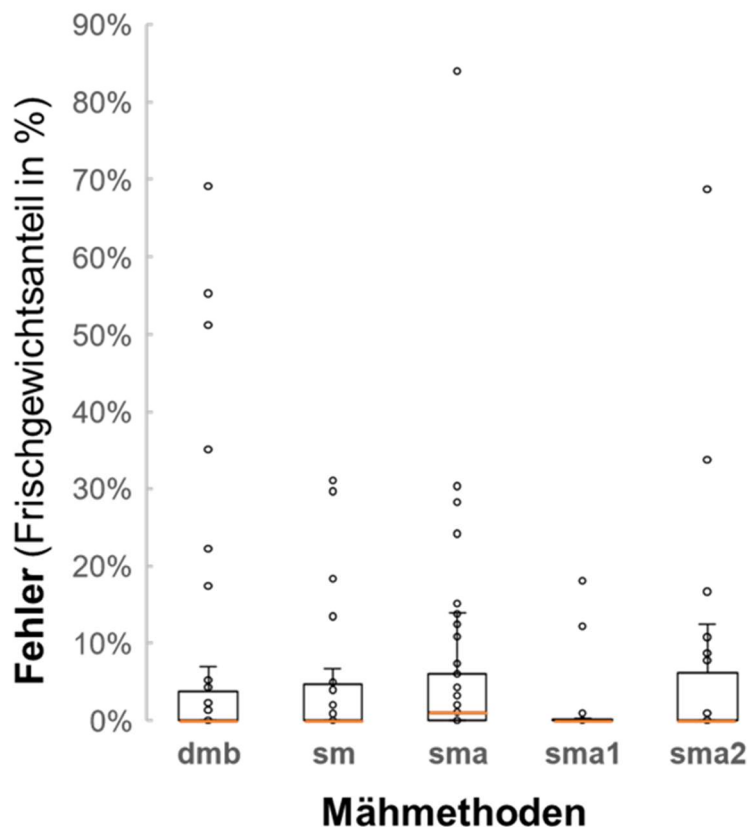


Abbildung 49: Die nicht normalverteilte Fehlerquote (berechnet anhand der übersehenen Frischmasse der Insekten pro Insekten- und Spinnenbiomasse jedes Probepunktes, siehe Methoden, Kapitel 3.5.7 bzw. 3.7.5) war in den meisten Fällen unter 5 % der Gesamtmasse pro Probepunkt (nur Mähgut und Sauger) bei jeder der untersuchten Mähvarianten. Es gab keinen Hinweis auf statistisch signifikante Unterschiede in der Fehlerquote zwischen den Mähvarianten (DMB = Doppelmessermähbalken, SM = Scheibenmähwerk, SMA= Scheibenmähwerk mit Aufbereiter, SMA1 = SMA mit Striegel, SMA2 = SMA mit Abweiserblech).

Im Zuge der Masterarbeit von Mario Oswald konnte die Fehlerquote sowohl in Hinsicht übersehener Biomasse (Abbildung 49) als auch in Bezug zur Individuenzahl (Abbildung 50) ermittelt werden.

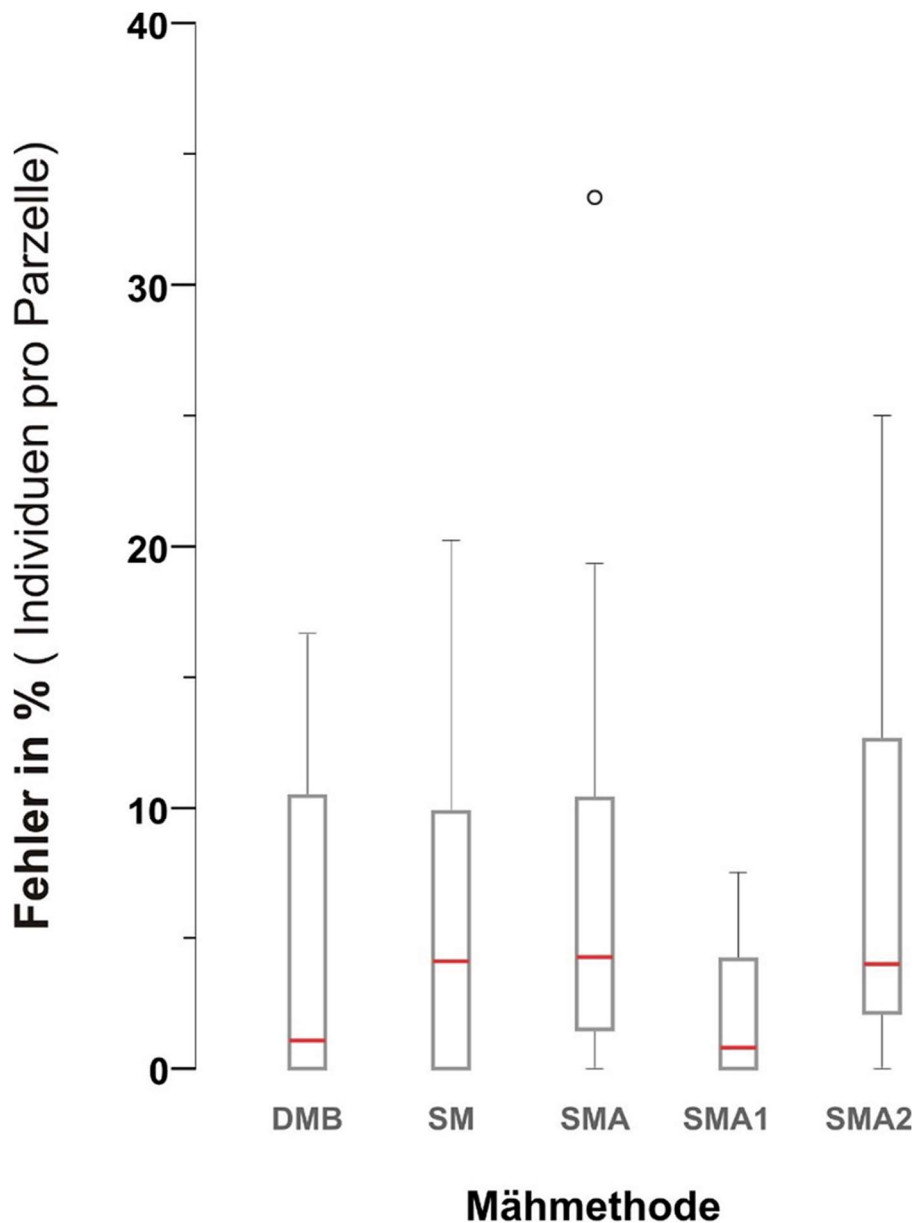


Abbildung 50: Der ermittelte Beobachtungsfehleranteil in % bezüglich Gesamtindividuenzahlen pro Probepunkt (N = 12 Probepunkte pro Mähvariante) für die Versuchstage 12.05.2022 (Frankenmarkt) und 12.07.2022 in Micheldorf. Die untersuchten Beobachtungsfehler betrafen übersehene Insekten und Insektenteile (z.B. Kopf, halbe Körperteile usw.) aus den Beobachtungseinheiten „Mähgut“ und „Sauger“.

Wenn statt Biomasse die Individuenzahl herangezogen wurde, so kamen mitunter etwas größere Schwankungen zustande, als es bei den abgewogenen Insekten und Insektenteilen der Fall war. Für die mögliche Erklärung dieses spezifischen Sachverhalts ist es wichtig hier

anzumerken, dass die überwiegende Mehrheit an übersehenen Individuen kleine Insekten waren, die in der Biomasse als Fehler wohl – im wahrsten Sinne des Wortes – weniger ins Gewicht gefallen sein dürften als der Vergleich durch Auszählen der Individuen. Andererseits waren bei der Beobachtungseinheit Sauger auch öfters kleine Rüsselkäfer und typische Bodenorganismen wie Collembolen dabei, welche im Feld möglicherweise als kleiner als 3 mm eingestuft wurden, obwohl sie unter dem Binokular eindeutig als 3 mm große Individuen (oder darüber) identifiziert werden konnten. Statistische Berechnungen, die sich nur auf den Datensatz für die in Abbildung 50 durchgeführten zwei Versuchstagen mit insgesamt 60 Probepunkte stützen, ergaben keine signifikanten Unterschiede in der Grundaussage (DMB signifikant weniger Insektenschädigung als SM und alle SMA-Varianten signifikant mehr als SM), wenn die Beobachtungsfehler berücksichtigt wurden. Ein direkter statistischer Vergleich der Fehlerraten unter den in Abbildung 50 gezeigten Methoden ergab keinen signifikanten Unterschied in der mittleren Fehlerquote pro Probefläche. Statistisch gesehen kamen also im Mittel Beobachtungsfehler bei allen Mähvarianten in etwa gleich häufig vor.

Genauigkeit des Durchschüttelns von Insekten am Sortiertisch

Die Anzahl der Insekten und Spinnentiere, die noch im durchgeschüttelten Mähgut (unmittelbar nach der Durchsicht auf dem Sortiertisch, siehe Methoden) gefunden wurden, war bemerkenswert gering. Es wurden in Proben aus 16 Probepunkten (8 aus Micheldorf am 12.07.2022 und weitere 8 aus Frankenmarkt am folgenden Tag) lediglich in vier Fällen Individuen mit der Körpergröße 3 mm oder darüber gefunden: tot: eine kleine Ameise; lebend: eine kleine Spinne und zwei kleine Fliegen (jeweils als einzige Individuen in einer der Proben). Im Vergleich zu den Beobachtungsfehlern, die beim Übersehen auf dem sogenannten „Entomologentisch“ stattfanden, war diese Anzahl so gering, dass dieser Fehler als vernachlässigbar eingestuft wurde. Vor allem die toten Individuen, welche maßgeblich für die Bewertung der Mähvarianten sind, wurden also durch den Sortiertisch effizient erfasst (N = 12; Fehler < 1 %).

4.7.2 Evaluierung der Evaluierungsmethoden: Reihung der entwickelten Berechnungsmethoden nach Aussagekraft, Kategorisierungskontrasten und derzeitiger Machbarkeit

Vergleich verschiedener Index- und Berechnungsarten

Für die Evaluierung der verschiedenen Mähvarianten bezüglich ihrer „Insektenfreundlichkeit“ muss darauf geachtet werden, eine möglichst objektive, robuste und nachvollziehbare Bewertung mit geeigneter Rechenmethode auszuwählen. Wie in Kapitel 4.4.3 erörtert, können bestimmte Variablen und Faktoren im Rohdatensatz zu falschen oder weniger robusten Aussagen führen. Abbildung 51 zeigt eine mit einfachen Mitteln durchgeführte Quantifizierung der beobachteten Abweichungen nach verschiedenen Rechenmethoden, die auf verschiedene Kombinationen in der Auswahl der Beobachtungseinheiten, wobei die Berechnung der Sterblichkeit bei alleiniger Berücksichtigung der Beobachtungseinheit „Sauger“ besonders schlecht abschneidet (Abbildung 51, Abbildung 52). Bemerkenswert ist, dass bei Berücksichtigung aller Rohdaten, die Evaluierungsstärke deutlich schlechter ausfällt, als wenn nur die Beobachtungseinheit „Mähgut“ gewählt wird. Noch etwas besser bzw. am besten schnitt dann der Rohdatensatz ohne Lebende aus der Beobachtungseinheit „Sauger“ ab. Anders formuliert waren die Versuchstage in der Kategorisierung dann am ähnlichsten, wenn nur Daten aus den Beobachtungseinheiten „Wegfliegende“, „Mähgut“ und Tote vom „Sauger“ zusammengefasst wurden.

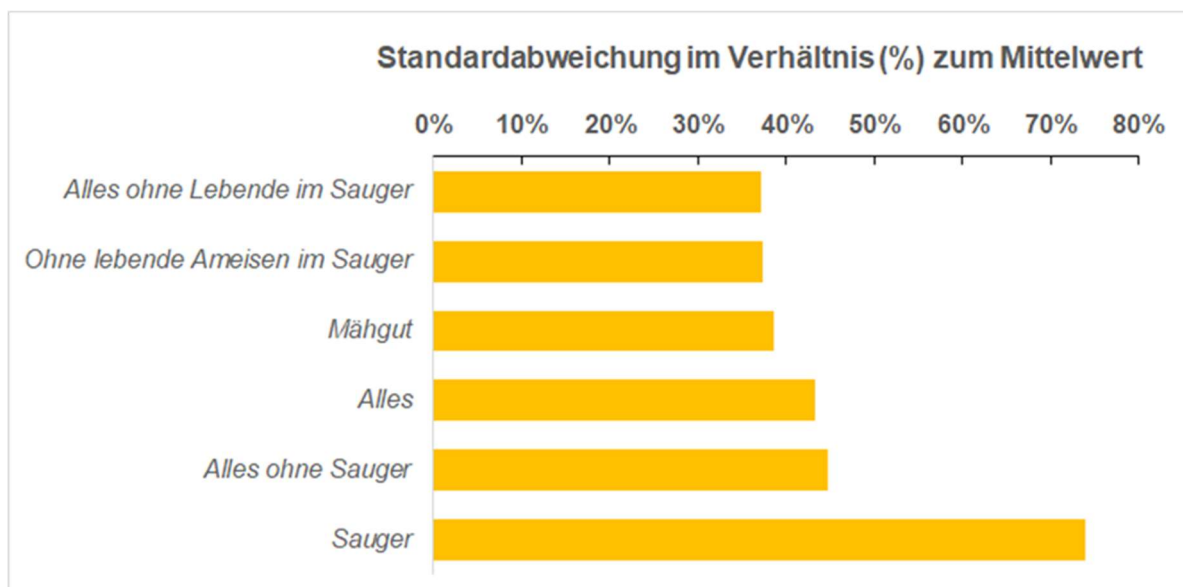


Abbildung 51: Im Verhältnis zum Sterblichkeitsmittelwert aller fünf Mähvarianten war die Standardabweichung bei jenen Berechnungsmethoden höher, die nicht den problematischen Sachverhalt der überdurchschnittlich im Sauger repräsentierten Ameisen berücksichtigen.

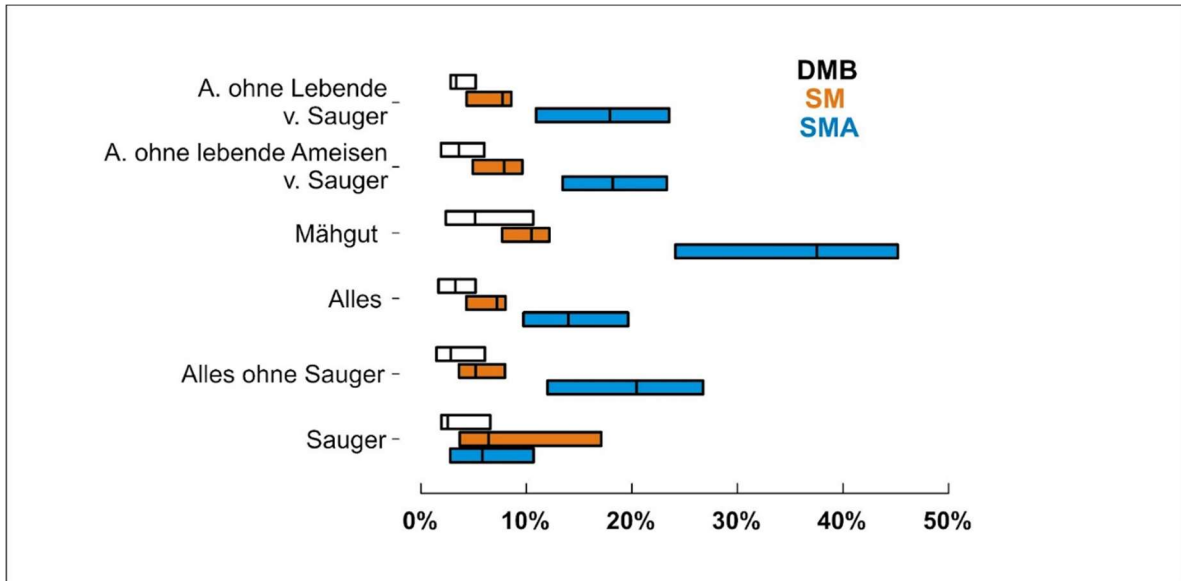


Abbildung 52: Mediane und die dazugehörigen ersten und dritten Quartile über die Tagesmittelwerte der Sterblichkeit zu den drei Mähvarianten Doppelmesserbalken (DMB), Scheibenmäher (SM, orange) und SMA (SM mit Aufbereiter, blau), geordnet nach Berechnungsmethoden die unterschiedliche Beobachtungseinheiten nach der Mahd (Wegfliegende, Mähgut, Sauger, siehe Methoden) ein- oder ausschließen. Zur besseren Übersichtlichkeit wurden SMA1 und SMA2 hier nicht mit dargestellt. Die Berechnungsmethoden wurden wie in Abbildung 51 gereiht. Tatsächlich ergab die hier letztgereichte Berechnungsmethode nicht nur den geringsten Kontrast zwischen den drei dargestellten Methoden, sondern führte zudem zu einer Veränderung der Mittelwerts- als auch Medianreihung bei zwei (SM und SMA) der drei hier verglichenen Methoden. Alles (abgekürzt A.): alle Daten aus allen Beobachtungseinheiten; Alles ohne Sauger: Alle Individuen aus den Beobachtungseinheiten „Wegfliegende“ und „Mähgut“.

Wiederholbarkeit (Reproduzierbarkeit) zur Kategorisierung der im Detail untersuchten Mähvarianten der Studie

Die Tabelle 15 zeigt, in welche Kategorie die jeweilige Mähtechnik zum jeweiligen Versuchstermin (vormittags und nachmittags) gefallen wäre, hätte man diesen einen Termin als alleinigen Tag zur Kategorisierung herangezogen (bei Untersuchung der Proben „Wegfliegende“, „Mähgut“ und tote Individuen aus dem „Sauger“). Es ist jeweils die Reihenfolge hinsichtlich Insektenschädigungs- bzw. -schonungspotential dargestellt: 1 = geringste Insektenverluste, 3c = höchste Insektenverluste). Es wurde sowohl dargestellt, wenn jede untersuchte Mähvariante als Kategorie zählt (5 Kategorien) als auch die Zusammenfassung der drei Aufbereitervarianten SMA, SMA1 und SMA2 in einer Kategorie (= 3 Kategorien: DMB, SM, SM mit Aufbereiter).

Aus der Darstellung lassen sich im Groben zwei Aussagen ableiten: Für eine Kategorisierung von (potentiell) insektenschonender Mähtechniken ist es zielführend, diese im Frühsommer

bzw. Sommer durchzuführen, weil sich gezeigt hat, dass hier die Unterschiede zwischen den Mähmethoden entsprechend stärker ausgeprägt sind bzw. sich die Unterschiede im Hinblick auf das Insektenschädigungs- bzw. -schonungspotential stärker nachweisen lassen.

Umgekehrt hat es beim Spätsommer- und vor allem beim Herbsttermin keine so großen Unterschiede gegeben, dass diese zuverlässig unterscheidbar gewesen wären (vergleiche z.B. 01.10.2021: SMA wäre zu diesem Zeitpunkt sogar in die Kategorie DMB gefallen). Die Wahl der Mähmethode hatte zu diesen Zeitpunkten also keinen so starken Einfluss auf die Insektenverluste als im Frühsommer/Sommer.

Tabelle 15: Die beste, im Rahmen der vorliegenden Studie durchgeführten Berechnungsmethoden („Alles ohne Lebende im Sauger“, siehe auch Abbildung 51) ergab eine im Mittel (!) gute Kategorisierungssicherheit von 90%, wenn alle Versuchstermine berücksichtigt wurden und eine hundertprozentige Kategorisierungssicherheit, wenn nur Früh- und Hochsommertermine (Mai bis Juli) herangezogen wurden und Herbsttermine (grauer Hintergrund) deshalb unberücksichtigt blieben.

Versuchstermin	Mähmethoden und Kategorien					GESAMT richtig (%)	
	DMB	SM	SMA	SMA1	SMA2	5 Kategorien	3 Kategorien
Grundlage (aufgrund der Mittelwertberechnung aus den Früh- und Hochsommerwerten)	1	2	3b	3a	3c		
20210621	1	2	3b	3a	3c	100%	100%
20210720	1	2	3b	3a	3c	100%	100%
20210721	1	2	3a	3c	3b	40%	100%
20211001	3a	2	1	3b	3a	20%	60%
20220512	1	2	3c	3b	3b	40%	100%
20220713	1	2	3c	3a	3c	60%	100%
20220712	1	2	3a	3b	3c	60%	100%
20220823	2	1	3c	3b	3a	0%	60%
					Mittelwert (alle 8 Versuchstage)	53%	90%
					Mittelwert (alle 6 Früh- und Hochsommertage)	67%	100%

In der nachfolgenden Tabelle 16 ist ersichtlich, wie sich diese Art der Kategorisierung auswirkt, wenn nur Zahlenmaterial aus der Beobachtungseinheit „Mähgut“ ausgewertet wird. In dem vorliegenden Datensatz zeigte sich, dass sich durch diese Einschränkung eine Kategorisierung erstaunlich gut durchführen lässt. Diese methodische Vereinfachung könnte

also für die Einsparung von Ressourcen und Kosten – vor allem im Hinblick auf Versuche, die einen ersten guten Einblick in das „Insektenschonungspotential“ liefern sollen – angedacht werden.

Tabelle 16: Als drittbeste Berechnungsmethode im Rahmen der vorliegenden Studie ergaben die Werte allein aus dem Mähgut und den Früh- und Hochsommerterminen noch immer verlässliche Kategorisierungswerte bei drei Kategorien (DMB, SM und SMAx).

Mähmethoden und Kategorien							
Grundlage (aufgrund der Mittelwertberechnung aus den Früh- und Hochsommerwerten)	DMB	SM	SMA	SMA1	SMA2		
	1	2	3b	3a	3c		
Versuchstermin						GESAMT richtig (%)	
						5 Kategorien	3 Kategorien
20210621	1	2	3b	3c	3a	60%	100%
20210720	1	2	3c	3a	3b	60%	100%
20210721	1	2	3a	3c	3b	40%	100%
20211001	3a	1	2	3c	3b	0%	40%
20220512	1	2	3c	3a	3a	60%	100%
20220713	1	2	3c	3b	3a	40%	100%
20220712	1	2	3a	3b	3c	60%	100%
20220823	2	1	3b	3b	3a	20%	60%
					Mittelwert (alle 8 Versuchstage)	43%	88%
					Mittelwert (alle 6 Früh- und Hochsommertage)	53%	100%

Die durchgeführten Poweranalysen für die Ermittlung der Testgüte wurden für verschiedene Szenarien/Paramterauswahlen berechnet, um festzustellen, wie viele Probepunkt-Stichproben für die Erreichung von 90 % Power (Testgüte) einer Mähvarianteevaluation unter den Testbedingungen notwendig waren. Bei Auswahl aller Totenzahlen aller acht Versuchstermine mit fünf Mähvarianten ohne Rücksicht auf mögliche Ausreißer (statistische „Störfaktoren“), waren zur Erreichung von 90 % Power mindestens 60 Probepunkt-Stichproben für fünf Mähvarianten notwendig, also 12 Probepunkte pro Mähvariante. Wenn nur Individuen aus dem Mähgut berücksichtigt wurden, verringerte sich die Mindeststichprobenzahl auf 50 (10 pro Mähvariante). Bei der abiotischen Umweltfaktorvorbedingung von mindestens 18 °C und maximal 30 °C lag die notwendige Mindestzahl bei 40 (8 Stichproben pro Mähvariante). Wenn nur Versuchstage aus dem Monat Juli eingeschlossen wurden, wa-

ren mindestens 36 Probepunkt-Stichproben (7 bis 8 pro Mähvariante) notwendig. Für ausschließlich Stichproben aus Vormittagen oder Nachmittagen mit der Vorbedingung von mindestens 20 Individuen (tot + lebendig) pro Probepunkte waren am Nachmittag sechs Probepunkt-Stichproben weniger notwendig als am Vormittag (mindestens 34 versus 40 für fünf bzw. mindestens 7 versus 8 für jede Mähvariante). Wenn alle Früh- und Hochsommertermine genützt wurden, so waren mindestens 32 Stichproben notwendig (6 bis 7 pro Mähvariante). Beachtenswerterweise erreichte die Power bei alleiniger Beobachtung des Mähguts und Beschränkung auf Versuche zwischen Ende Mai und Ende Juli 90 % bei nur 30 Probepunkt-Stichproben für fünf Mähvarianten bzw. 6 Probepunkt-Stichproben pro Mähvariante.

4.8 Faktoren, die bei der Evaluation der Mähvarianten beachtet werden mussten

Zunächst ist es im Rahmen der hier vorliegenden Analysen und Berechnungen wichtig, zwei grundlegend voneinander unterscheidbare Perspektiven bzw. Ziele im Auge zu behalten: 1) Zum einen soll durch die vorliegende Studie die direkte Schädigungswirkung von Mähvarianten auf die natürlich in den Wiesen vorkommenden Insekten – möglichst unabhängig von Gelände oder Jahreszeit, aber dafür unbedingt unter tatsächlich in der Realität so stattfindenden Zeitpunkten – quantifiziert werden. 2) Zum anderen sollten nützliche Evaluationskriterien und Grundlagen für die Kategorisierung von Mähgeräten nach ihrer insektenschädigenden Wirkung gefunden bzw. erörtert werden. Dies ist deshalb wichtig festzuhalten, weil beide Ziele bzw. Perspektiven unterschiedliche – z.T. gar konträre Berechnungsschwerpunkte und Analyseschritte verlangen. So ist es bei Erfassen des obigen Punkts 1) nicht nur interessant, sondern sogar notwendig, die Schädigungen an Insekten durch Mähgeräte im Jahresverlauf und möglichst auch auf unterschiedlichem Gelände und bei unterschiedlichen Bedingungen wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit sowie Tageszeit zu testen.

4.8.1 Stärken-Schwächen-Analyse für die Erfassung der Insektenschädigung durch gängige Mähpraktiken auf regionaltypischen Mähwiesen

Stärken:

- Praxisnahes Versuchsdesign – natürlich vorkommende Insektenpopulationen werden berücksichtigt.
- Aussagekraft der Untersuchung auf die landwirtschaftliche Praxis zu 100 % übertragbar.
- Die derzeit wahrscheinlich umfassendste und möglicherweise genaueste, dem Projektteam bekannte Methode zur bestmöglichen Erfassung möglichst vieler vom Mähgerät erfassten Insekten und Spinnentierarten, die natürlich auf einer Wiese vorkommen.
- Dadurch, dass die endemisch vorkommende Insektenpopulation beobachtet wird und die Versuche ohne vorherige, dem eigentlichen Mähvorgang vorangestellte Manipulationen auskommen, werden viele mögliche „bias“-Faktoren vermieden. So könnten vorher – selbst wenn natürlich am Versuchsstandort vorkommend – dort ausgesetzte Individuen und Arten physiologische Stressfaktoren aufweisen und möglicherweise im Augenblick des Mähvorgangs untypische Verhaltensweisen zeigen, die das Ergebnis des Mähversuchs beeinflussen könnten.
- Gute Erfassung art- oder gliedertiergruppenspezifischer Schädigungs- bzw. Sterblichkeitsraten.
- Es werden gleichzeitig auch viele wertvolle Daten gesammelt, die über die allgemeinen Insektenpopulationszusammensetzungen, -häufigkeiten und -zustände Auskunft geben, die für viele andere Teildisziplinen ökologische, biologische und landwirtschaftlich relevante Fragestellungen von Nutzen sein können, weil viele Insektenarten sehr gute Zeiger für Veränderungen im Klima, dem Pflanzenvorkommen u.v.m. darstellen. Dies setzt natürlich voraus, dass die Daten auch in einer anonymisierten Form zur Verfügung stehen müssen.

Schwächen:

- Zeit- und personalintensiv (= kostenintensiv).
- Gute und reproduzierbare Gruppenarbeit setzt voraus, dass sich die Mitglieder schon kennen und wenigstens ein wenig gemeinsame Vorerfahrung in der

Durchführung der doch komplexen Mähversuche gesammelt haben. Hierzu gehören auch Komplikationen, die sich durch unterschiedliche Fachsprachen, Zielvorstellungen und „Versuchdurchführungskulturen“ der involvierten Disziplinen bzw. durch die Experten aus unterschiedlichen Fachbereichen ergeben.

- Eine absolute Erfassung der direkten Schädigung aller Insekten ist nicht für alle Arten gewährleistet (für Insekten unter 3 mm müsste zusätzlicher Aufwand betrieben werden, wie die Verwendung eines Mikroskops). Ähnlich eingeschränkt ist die Erfassung aller schnell wegfliegenden Insekten für eine besonders genaue Darstellung der Sterblichkeit, da die Anzahl der toten Individuen von der Gesamtzahl der vorhandenen Individuen abhängt, die vom Mähgerät erfasst werden.
- Die stichprobenartige Suche nach toten oder durch den Mähvorgang bis zum Untergrund fallenden Insekten durch den Sauger kann Fehlerquellen (siehe überproportional große Ameisenhäufigkeiten an manchen Versuchstagen) mit sich bringen. Zwar kann man sich nur auf die toten Individuen im Sauger beschränken, jedoch werden durch den stichprobenartigen Vorgang nicht notwendigerweise immer alle tot bis zum Untergrund fallenden Insekten erfasst. Extrapolation der Anzahl von toten Insekten kann ohne Erstellung von Kalibrierungskurven zu grober Überschätzung von Totenzahlen führen, wie von uns durchgeführte Vergleiche beim Absaugen der ganzen Probepunkt-Fläche nach dem Standard-Saugvorgang zeigten.
- Es werden nur jene Schädigungen von Insektenindividuen registriert, die einen mit Sicherheit tödlichen Verlauf oder eine sichere Reproduktionsunfähigkeit mit sich bringen. Leicht oder mittelgeschädigte Individuen könnten eine Fitnessminderung erleiden, die hier unberücksichtigt bleiben muss. Andererseits konnte in Einzelfällen beobachtet werden, dass für tot gehaltene Tiere nach längerer Zeit wieder zu Krabbeln anfangen.

4.8.2 Stärken-Schwächen-Analyse der Untersuchungsmethode für die Klassifizierung von Mähgeräten

Stärken:

- Praxisnahes Versuchsdesign – natürlich vorkommende Insektenpopulationen werden berücksichtigt.
- Aussagekraft der Untersuchung auf die landwirtschaftliche Praxis zu 100 % übertragbar.
- Das Versuchsdesign (Beobachtungen verschiedener Mähvarianten durch die gleiche Arbeitsgruppe am gleichen Versuchstag und Fläche) gleicht viele der Evaluationsschwächen aus, die sich auf die vergleichende Schädigungswirkung von Mähvarianten konzentrieren, weil im Durchschnitt die gleichen Fehler an allen Methoden in etwa gleich häufig auftreten und sich dadurch ausgleichen.

Schwächen:

- Große Schwankungsbreiten der Insektenverluste innerhalb der Mähvarianten – viele Wiederholungen für valide Aussagen nötig
- Zeit- und personalintensiv (= kostenintensiv).
- Gute und reproduzierbare Gruppenarbeit setzt voraus, dass sich die Mitglieder schon kennen und wenigstens ein wenig gemeinsame Vorerfahrung in der Durchführung der doch komplexen Mähversuche gesammelt haben. Hierzu gehören auch die Komplikationen, die sich durch unterschiedliche Fachsprachen, Zielvorstellungen und „Versuchdurchführungskulturen“ der involvierten Disziplinen bzw. durch die Experten aus unterschiedlichen Fachbereichen ergeben.
- Es muss die gesamte Gliedertierpopulation (Körpergröße 3 mm oder darüber) betrachtet werden. Nur eingefärbte Heuschrecken zu betrachten, liefert keine Aussage über andere Insektengruppen – es gibt beträchtliche Schädigungsunterschiede zwischen Insektengruppen.
- Evaluationsstörfaktor [Schwäche: Ameisen gehören rausgenommen].

4.9 Biomasseauswertungen statt Individuenzahlen

Folgend werden ausgewählte Auswertungen der im Zuge der in Kapitel 3.5.7 beschriebenen begleitenden Masterarbeit erhobenen Daten dargestellt.

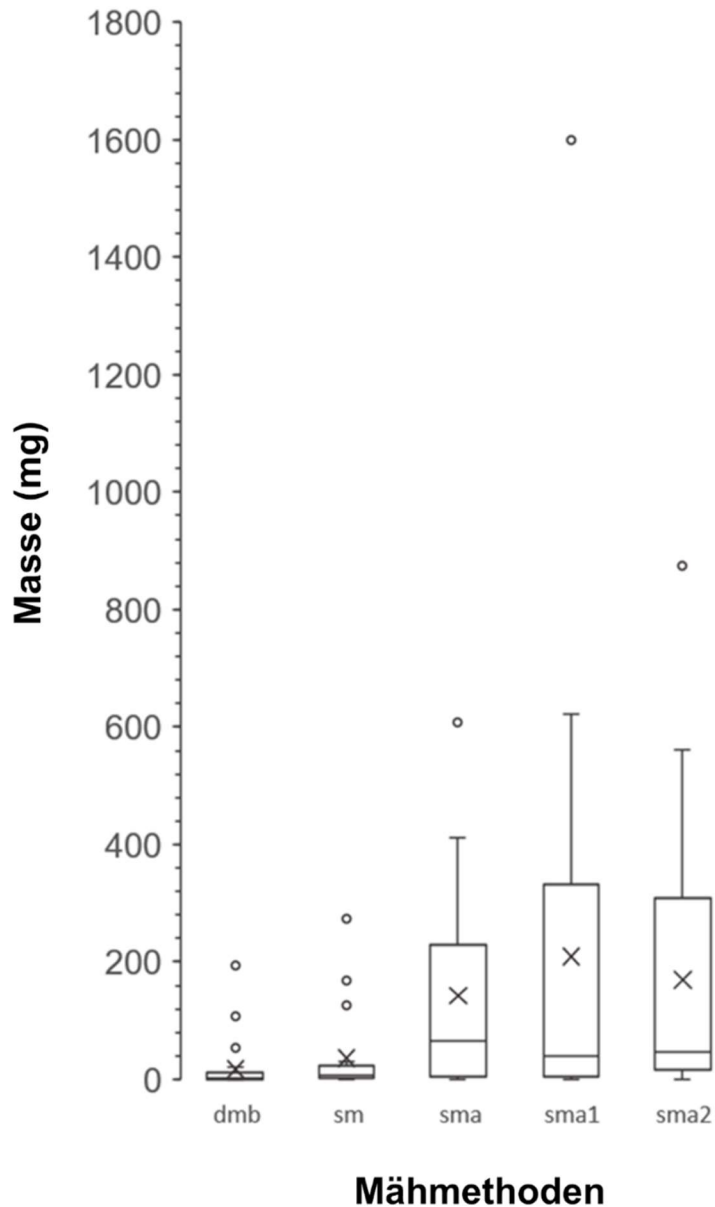


Abbildung 53: Frischgewichtsmasse toter oder schwer geschädigter Insekten und Spinnentiere in mg, geordnet nach Mähvarianten (DMB = Doppelmessermähbalken, SM = Scheibenmähwerk, SMA= Scheibenmähwerk mit Aufbereiter, SMA1 = SMA mit Striegel, SMA2 = SMA mit Abweiserblech). Die Aufbereiter hatten im Mittel spürbar und deshalb auch klar signifikant höhere Totenmassen. Zusätzlich zum Median wurde hier auch der arithmetische Mittelwert (X) den Boxplots (erste und dritte Quartile, Kreise = statistische Ausreißer) zugewiesen.

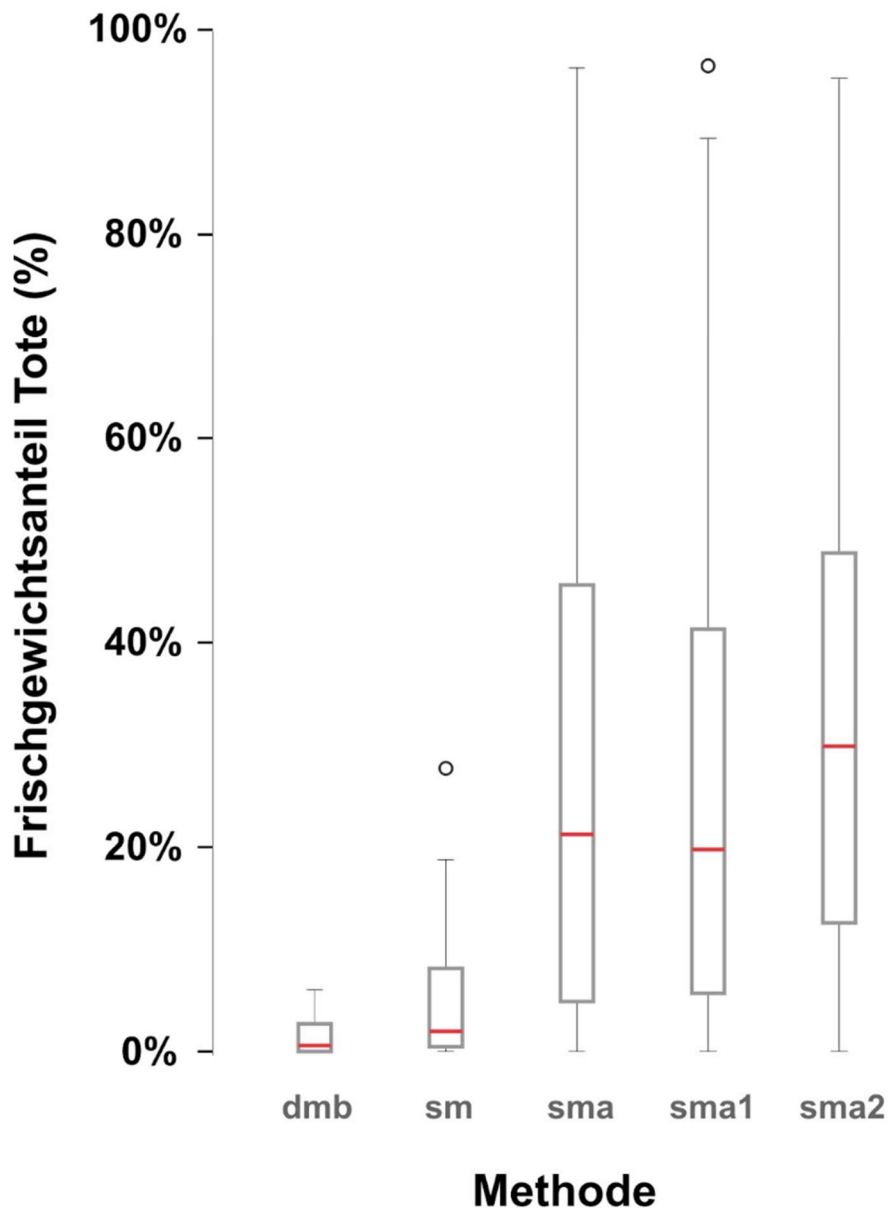


Abbildung 54: Frischgewichtsmasse toter oder schwer geschädigter Insekten und Spinnentiere im Verhältnis zur Gesamtmasse pro Probepunkt (aus Mähgut und Sauger), geordnet nach Mähvarianten (DMB = Doppelmessermähbalken, SM = Scheibenmähwerk, SMA= Scheibenmähwerk mit Aufbereiter, SMA1 = SMA mit Striegel, SMA2 = SMA mit Abweiserblech). Auch im Verhältnis zur Probepunkt-Gesamtmasse hatten die Aufbereiter im Mittel spürbar und deshalb auch klar signifikant höhere Totmassenanteile.

5 Diskussion

Nach ersten Feldversuchen in der Schweiz seit 2000 (Fluri et al., 2001, Humbert et al., 2010b), die z.T. mit Dummies und z.T. in Flächen mit sehr hoher Bienendichte durchgeführt wurden, werden heute die Auswirkungen verschiedener Mähtechniken auf unterschiedliche Insekten untersucht und Verbesserungen der Mähtechnik evaluiert (von Berg et al., 2023b). Die vorliegende Untersuchung analysiert zum ersten Mal die mechanische Wirkung verschiedener Mähtechniken und des Aufbereiters sowie von zwei Scheuch- bzw. Abweisungseinrichtungen auf alle Insekten über 3 mm Körperlänge auch im Wirtschaftsgrünland bei natürlichen Dichten.

Niedrige absolute Insektenverluste können aus einer schonenden Mähtechnik oder aber aus einer niedrigen Häufigkeit der betreffenden Insekten resultieren. Im Zuge der vorliegenden Untersuchung wurden Fünfschnittwiesen drei Mal in der Saison und je eine Einschnitt- und eine Zweischnitt-Naturschutzwiese einmal in der Saison untersucht, um auch Daten über Insektenverluste im Laufe der Grünlanderntesaison zu praxisüblichen Mähzeitpunkten zu erlangen.

5.1 Relative Mortalität bei verschiedenen Mähtechniken

Die niedrigsten Mortalitäten erzeugte der Doppelmesserbalken mit ca. 5 % (Abbildung 42), gefolgt vom Scheibenmähwerk mit ca. doppelt so hoher Sterberate. Mit rund 20 % bis 35 % waren die Mortalitäten bei den Mähwerken mit Aufbereiter wesentlich höher (Abbildung 42). Berücksichtigt man die 4, manchmal 5 Mähdurchgänge auf einer Wiese, so wird deutlich, dass solche Mortalitätsraten in Summe Folgen haben.

Überproportional wurden größere Insekten geschädigt, was sich mit den größer wirkenden Kräften erklären lässt. Dementsprechend lassen sich auch die deutlich höheren Mortalitätsraten der Heuschrecken interpretieren (siehe *Abbildung 48* und *Appendix 5*). Sowohl bei den markierten Heuschrecken als auch bei den in den Freilanduntersuchungen ausgewerteten Tieren zeigte SMA1 Schutzwirkung für große Insekten (*Abbildung 44*).

Aus *Appendix 5* ist zu sehen, dass Insekten mit einem verstärkten Außenskelett (z.B. Rüsselkäfer) auch unter den Toten waren. Dies entsprach nicht der Erwartung, dass Insekten mit

einem weicheren Außenskelett wie Fliegen stärker geschädigt werden als solche mit einer harten Cuticula (z.B. Käfer).

Bei der vorliegenden Untersuchung wurde mit praxisüblichen Fahrgeschwindigkeiten gemäht. Bei einer verringerten Fahrgeschwindigkeit haben die Insekten länger Zeit zu fliehen, es kommt umgekehrt aber auch zu einer intensiveren Bearbeitung der Fläche durch die Mähklingen. In einer theoretischen Berechnung nach von Berg et al. (2023a) zur potentiellen Schadwirkung von Mähwerken wird auf die beeinflusste Fläche durch die Mähklingen hingewiesen. Bei konstanter Zapfwellendrehzahl und folglich konstanter Geschwindigkeit der Mähklingen wird die Fläche bei langsamer Mähgeschwindigkeit öfter beeinflusst als bei schnellerer Fahrgeschwindigkeit. Bei Scheibenmähwerken kommt das Forscherteam auf eine bearbeitete Fläche von rund 5,1 m² beeinflusste Fläche durch die Mähklingen je Quadratmeter gemähter Fläche (bei 12 km/h Fahrgeschwindigkeit). Bei der Mahd mit einem Doppelmessermähwerk kommt es auf 1,4 m². Sollten in der Praxis einmal schnellere Fahrgeschwindigkeiten möglich sein, wird die Fläche weniger intensiv bearbeitet und das Schadpotential könnte sinken. Langsamere Fahrgeschwindigkeiten könnten Fahrgeschwindigkeiten könnten das Schadpotential des jeweiligen Mähwerks erhöhen. Unterschiedliche Fahrgeschwindigkeiten wurden aber in der vorliegenden Untersuchung nicht getestet und es kann nicht pauschal empfohlen werden, die Mähgeschwindigkeit zu verringern, um den Insekten das Flüchten zu ermöglichen. Das unterschiedliche Verhältnis zwischen beeinflusster Fläche durch die Mähklingen zu gemähter Fläche zwischen Scheibenmähwerk und Doppelmessermähwerk könnte aber ein Erklärungsansatz sein, warum es in der vorliegenden Untersuchung doch signifikante Unterschiede zwischen Scheibenmähwerk und Doppelmessermähwerke hinsichtlich Insektenschonung bzw. -schädigung gibt. Der bearbeitete Horizont ist bei beiden Verfahren annähernd gleich.

Bei den Mortalitäten infolge Wiesenmahd ist zu berücksichtigen, dass die Mähverluste nicht die einzigen sind. Die Flächen werden mehrmals an wenigen Tagen befahren, wodurch es zu mechanischen Schädigungen von Kleinlebewesen durch Überfahren mit schweren Maschinen beim Zetten und anderen Tätigkeiten kommen dürfte. Durch die Mahd kommt es zu einer Änderung des Mikroklimas, die für Organismen, die auf hohe Luftfeuchtigkeit angewiesen sind, bedrohlich sein kann. Besonders an heißen sonnigen Tagen ist zu erwarten, dass viele weichhäutige Insekten, vor allem wenig mobile Entwicklungsstadien, vertrocknen und sterben. Das Angebot an Blüten fällt schlagartig weg wie auch das Nahrungsangebot für phytophage Insekten. In beiden Fällen erscheint das Vorhandensein von Randstrukturen wesentlich, damit Tiere Rückzugsräume und Blüten finden können. Jedoch werden nur mobile Arten bzw. Entwicklungsstadien rasch genug abwandern können. Beobachtungen von

Martin Schwarz zeigen, dass mit dem Abtransport des Mähgutes auch Insekten und Spinnen von der Wiese entfernt werden. Welche Rolle diese Faktoren für das Überleben von Insekten spielen, ist den Projektverantwortlichen nicht bekannt und es konnten auch keine für alle Insekten repräsentativen Studien dazu gefunden werden. Diese Faktoren waren nicht Teil der vorliegenden Untersuchung, erscheinen aber von großer Bedeutung, weshalb es sehr wichtig ist, diese Faktoren in eigenen Studien zu untersuchen.

Nach Pöllinger et al. (2000), Höner (2021) und Erfahrungen der oberösterreichischen Grünlandpraxis kann durch Verwendung des Aufbereiters eine Überfahrt mit dem Kreiselzettwender eingespart werden, weil der Aufbereiter die Trocknung des Erntegutes entsprechend beschleunigt. Durch die zusätzliche Überfahrt und die Bearbeitung des Mähgutes mit dem Kreiselzettwender kann es zu weiteren Insektenverlusten kommen und könnte die relativ hohen Insektenverluste durch die Verwendung des Aufbereiters relativieren. Für eine objektive Beurteilung der Insektenverluste in der Verfahrenskette der Grünlandernte müsste man den Vergleich Mähwerk ohne Aufbereiter plus Kreiselzettwender der Mahd mit dem Aufbereiter gegenüberstellen.

5.2 Absolute Insektenverluste im Jahresverlauf

Die höchsten Individuenzahlen an Insekten waren im Juli zu finden, gefolgt von Juni und August. Die je nach Mähtechnik unterschiedliche relative Mortalitätsrate führt bei hohen Insektendichten zu deutlich höheren absoluten Insektenverlusten in Zeiten hoher Abundanzen. Die vergleichsweise hohe relative Mortalitätsrate von Scheibenmähwerken mit Aufbereitern wirkt sich also besonders im Hochsommer gravierender aus, wenn die Abundanzen hoch sind. Bei den für viele Vogelarten als Nahrung wesentlichen Heuschrecken sind dann auch die Individuen erwachsen und werden aufgrund ihrer Größe überproportional von Aufbereitern geschädigt (*Abbildung 44*).

Die Ergebnisse decken sich in den Grundzügen mit Literaturangaben, die aber immer nur ein wesentlich kleineres Datenset untersuchten. So wurde die ansteigende Reihenfolge der Schädigung von Insekten durch Messerbalken, Rotationsmähwerk und Mähwerk mit Aufbereiter überall gefunden.

Die Rolle von Saugmähern und Schlegelmulchern (vgl. Hemmann et al. 1987) ist ein Sonderfall, der für die Grünlandwirtschaft kaum eine Rolle spielt. Trotzdem bleibt die Frage schwierig zu deuten, wieso in dieser Studie selbst der Balkenmäher eine Mortalität von über 50 %

bei adulten Wanzen hervorrief. Gleichzeitig war die Mortalität von Mehlkäfern und von Wanzenlarven deutlich niedriger, aber immer noch deutlich höher als in der vorliegenden Untersuchung. Bei nur einer untersuchten Art können sich aber viele Parameter auswirken, z.B. die durchschnittliche Sitzhöhe der Tiere, die das Ergebnis beeinflussen können. Dagegen wurde im vorliegenden Versuch der Ansatz vertreten, alle Tiere summarisch zu betrachten und dann die Eigenschaften genauer anzuschauen, die zu einer erhöhten Schädigung führen. Die bei Hemmann et al. (1987) untersuchten Baumwollwanzen sind relativ groß und große Tiere, vor allem relativ weiche, werden stärker geschädigt (*Abbildung 44*).

Die Ergebnisse dieser Studie decken sich mit den Ergebnissen von Humbert et al. (2010), vor allem in der Aussage, dass große bodennahe Dummies stärker von Balken- und Rotationsmähergeräten geschädigt wurden, vom Aufbereiter aber zusätzlich und stärker große, 20 – 30 cm hoch angebrachte Dummies. Während also von Balken- und Rotationsmäherwerken vor allem große und weiche Tiere geschädigt werden, die sich bodennah auf Ebene der Messer befinden, sind es bei Aufbereitern alle Tiere in der Vegetation, wobei wiederum aufgrund der einwirkenden Kräfte große und weiche Tiere überproportionale Mortalitäten aufweisen. In Summe resultiert daraus eine mindestens dreimal so hohe Mortalität bei der Verwendung des Aufbereiters im Vergleich mit einem Doppelmesserbalken (*Abbildung 43*). Bezogen auf die Biomasse sind die Unterschiede noch weit gravierender bis über den Faktor 10 (*Abbildung 54*).

Sind die beobachteten Schädigungsraten überhaupt relevant?

Die meisten Insektenarten haben eine relativ hohe Vermehrungsrate und können verschiedene widrige Umstände gut kompensieren. Eine Schädigungsrate von z.B. 20 % bei einmaliger Mahd kumuliert sich jedoch mit der Häufigkeit der Mahddurchgänge: Eine 20-prozentige Mortalität bei einem Mahddurchgang reduziert einen Bestand von 100 Tieren bei 5 Mahddurchgängen auf 32,8. Dabei sind die nicht bekannten Folgen der anderen mit der Grünlandernte verbundenen Tätigkeiten noch gar nicht berücksichtigt. Dabei kann die Schädigungsrate z.B. von Heuschrecken je nach Entwicklungsstadium stark schwanken und wird wohl in den letzten Nymphenstadien, wenn die Tiere bereits relativ groß, aber noch weich und noch nicht flugfähig sind, am höchsten sein. Auch sollten Arten mit flugunfähigen Weibchen wesentlich stärker geschädigt werden als die flugfähigen und mobileren Männchen.

Im Verlauf der letzten 50 Jahren hat sich die Grünlandbewirtschaftung grundlegend verändert. Es wurde die Schnitthäufigkeit erhöht, folglich wurde dem Entzug entsprechend die Düngermenge gesteigert, auch die Schlaggrößen sind gewachsen. Die Mechanisierung und

die Schlagkraft der Maschinen sowie die intensive Bearbeitung des Erntegutes haben zugenommen. Alle diese Faktoren haben eine Auswirkung auf die Insektenpopulationen.

Bemerkenswert für das gesamte Projektteam war, dass im Vergleich zu den extensiven Standorten Micheldorf und Welser Flugfeld relativ viele Individuen auf der seit 2018 üblicherweise fünfschnittigen Versuchsfläche (davor vierschnittig) zu finden waren und die vorkommenden Insekten mit diesen Bedingungen offenbar umgehen können. Es ist festzuhalten, dass nicht unbedingt die Individuenzahl an Insekten wohl aber die Artenzusammensetzung von der Nutzungshäufigkeit abhängt (*Abbildung 34*). Die meisten Individuen an Insekten (Ameisen ausgenommen, aus beschriebenen Gründen) wurden beim Julitermin 2021 in Frankenmarkt gefolgt vom Julitermin 2022 in Frankenmarkt gefunden (siehe *Tabelle 11*). Wenn auch deutlich andere Arten und Artengruppen vorgekommen sind und die Witterungsverhältnisse (Micheldorf 2022) bzw. die räumliche und zeitliche Entfernung zwischen den Versuchsorten bzw. Versuchstagen keinen unmittelbaren Vergleich zulassen, war das Insektenvorkommen auch auf der Fläche in Frankenmarkt vergleichsweise hoch, weshalb man sich jedenfalls auch am Wirtschaftsgrünland Gedanken über insektenschonende Grünlandernte gemacht werden sollte. Es werden immerhin mehr als 343.000 ha in Österreich als Wirtschaftsgrünland (Mähwiesen/-weiden mit drei und mehr Nutzungen) genutzt (Agrarmarkt Austria, 2023). Weitere Untersuchungen zu dieser flächenmäßig bedeutsamen Grünlandnutzungsform und der darin lebenden Insekten wären wünschenswert (siehe oben).

Humbert et al. (2010) betonen die Wichtigkeit von Strukturen in den bzw. am Rand von Wiesen, in die ein Teil der Population bei und nach der Mahd fliehen und woher sie Wiesen wieder besiedeln können. Diese Frage war zwar nicht Teil der Studie, ist aber bei einer Gesamtbetrachtung des Systems Wiese und bei Überlebensanalysen von Insekten in Wiesen nicht zu vernachlässigen.

5.3 Mögliche Kategorisierung von Mähgeräten nach ihrer Schädigungswirkung auf Insekten

Eine Kategorisierung von Mähgeräten ist bei genauerem Hinsehen alles andere als trivial, vor allem wenn man – wie in der Realität immer gegeben – sich ständig ändernden und mitunter auch regelmäßig „zufällig“ auftretenden Rahmenbedingungen gegenübersteht. Dies schlägt sich in einer hohen Schwankungsbreite bezüglich toter Insektenzahlen bei An-

wendung des gleichen Mähgeräts nieder. Die Ergebnisse zeigen aber einen Unterschied zwischen dem hier getesteten Doppelmesserbalken und Mähern mit Aufbereitern, selbst nach wenigen Beobachtungsereignissen. Aufgrund der vorliegenden statistischen Analysen kann klar auf eine Kategorisierungsmöglichkeit geschlossen werden. Genauso klar ist aber auch, dass kleine Kategorisierungsschritte und daher kleine Unterschiede in der mittleren Anzahl geschädigter Insekten mit viel größerer Unsicherheit einhergehen. Es ist daher notwendig bei Kategorisierungen – neben ausreichend häufigen Stichproben unter realen Bedingungen im Zielgebiet des einzusetzenden Mähgerätes – diese so deutlich voneinander in ihrer Schädigungswahrscheinlichkeit abzugrenzen, dass in der Mehrzahl der Beobachtungen die zu unterscheidenden Maschinen in die gleiche Kategorie fallen. In unserem Fall wären hiermit sicherlich DMB und SM von SMA/SMA1/SMA2 zu unterscheiden. SM würde sich in der Mehrzahl der Beobachtungen insektenschädigender auswirken, wenn auch in spürbar geringerem Umfang als dies für jedes der SMA-Varianten der Fall war. SMA, SMA1 und SMA2 jedoch würden nach obiger Vorgehensweise in die gleiche Kategorie fallen, jedenfalls für jene Wiesen- und Landschaftstypen, die im Rahmen dieser Studie inkludiert waren.

5.4 Welche Auswirkungen zeigen die gängigen und die veränderten Konstruktionen auf artenreichen Extensivflächen?

Es gibt keine Unterschiede, die zu einem anderen Ergebnis der Insektenverluste führen (auch wenn die Insektenartenzusammensetzung eine deutlich andere ist). Auf Extensivflächen wurden deutlich mehr Ameisen gefunden. Da die Ameisen aus den Untersuchungen ausgeschlossen wurden, gab es keine relevanten Unterschiede hinsichtlich Insektenverluste der unterschiedlichen Mähvarianten.

5.5 Worauf ist bei der Klassifizierung von Mähgeräten in Hinblick auf Insektenschutz zu achten?

Ein Ziel des Projektes war auch die Entwicklung einer Methode zur Kategorisierung von Mähgeräten im Hinblick auf die Vermeidung der Schädigung von Insekten.

Die Ergebnisse in *Tabelle 15* zeigen, dass eine Kategorisierung der Mähwerke mit der angewendeten Vorgehensweise auf Basis der im Mähgut gefundenen lebenden sowie toten und geschädigten Insekten grundsätzlich möglich ist. Aufgrund der relativ großen Streuung müssen die Unterschiede zwischen den Mähwerken für allgemeine Aussagen relativ groß sein,

damit diese statistisch signifikant sind. Dies wird durch einen Vergleich der Ergebnisse in *Tabelle 15* mit den Ergebnissen in *Abbildung 42* belegt. Es ist daher nicht zu erwarten, dass sich Scheibenmäherwerke bzw. Aufbereiter von verschiedenen Herstellern unter Feldbedingungen signifikant unterscheiden.

Für die Einordnung eines neuen Mähgerätes hinsichtlich Insektenschonung wird folgende Vorgehensweise vorgeschlagen:

- Als Maßstab für den Grad der Schädigung der Insekten wird die Sterblichkeit der Insekten größer 3 mm im Mähgut verwendet. Die Vorgehensweisen, siehe Kapitel 3.5.6 und Kapitel 3.7, sind entsprechend anzuwenden.
- Die Versuche werden an zwei Standorten zwischen Ende Mai und Mitte Juli abgewickelt.
- Pro Standort werden mit jedem beteiligten Mähgerät ein Versuch am Vormittag (ab 10.00 Uhr) und einer am Nachmittag (ab 14.00 Uhr) durchgeführt. Die Lufttemperatur muss dabei zwischen 18 °C und 30 °C liegen.
- Die Wuchshöhe auf der Versuchsfläche muss mindestens 25 – 30 cm betragen und mindestens 10 cm über der Schnitthöhe des Mähwerks liegen.
- Es muss mit voller Arbeitsbreite des untersuchten Mähwerkes gemäht werden.
- Pro Versuch wird das Mähgut von drei Probepunkten, wovon jeder eine gemähte Fläche von mindestens 9 m² umfasst, analysiert. Jeder Probepunkt umfasst die volle Arbeitsbreite des untersuchten Mähwerkes.
- Versuche müssen mit natürlich am Versuchstandort vorkommenden Gliedertieren (Insekten und Spinnen) durchgeführt werden. Der zu mähenden Wiese dürfen vor Versuchsbeginn keine Gliedertiere absichtlich entnommen oder hinzugefügt werden. Störungen der Wiesenflächen sollten vor Versuchsbeginn (Versuchsvorbereitungen) möglichst klein gehalten oder vermieden werden (z.B. durch Vorbereitungen am Vortag).
- Wenn alle Beobachtungseinheiten (Wegfliegende, Mähgut, Sauger) methodisch erfasst werden, so müssen für jede Mähvariante mindestens 20 Individuen pro Probepunkt und in Summe mindestens 300 Individuen pro Mähvariante und Versuchstag gefunden werden. Wenn nur das Mähgut methodisch erfasst wird, so müssen für jede Mähvariante mindestens 7 Individuen pro Probepunkt und mindestens 70 Individuen pro Methode und Versuchstag gefunden werden. Bei Unterschreitung dieser Werte – trotz Einhalten von Mindesttemperatur und Mähzeitpunkt – wird empfohlen, die Probepunkte entsprechend zu vergrößern.

- Die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit beim Mähen und die Schnitthöhe müssen praxisüblich sein und im Versuchsbericht angegeben werden. Im Versuchsbericht sind auch die Einstellung des eventuell vorhandenen Aufbereiters sowie die mittlere Geschwindigkeit der Schneidwerkzeuge anzugeben.
- Wesentliche Merkmale des Mähgerätes müssen im Bericht dokumentiert werden.
- Dies sind beispielsweise:
 - Angaben auf dem Herstellerschild (Foto)
 - Betriebsanleitung
 - Besondere konstruktive Merkmale, die für die Insektenschonung relevant sind.

Welches Mähwerk als Referenzmähwerk eingesetzt wird, hängt wesentlich von der Fragestellung der Untersuchung ab. Zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit mit dem aktuell insektenschonendsten Mähwerk sollte als Referenz immer auch ein Doppelmessermähwerk in die Untersuchungen einbezogen werden.

Eine Unterscheidung zwischen Mähgeräten der gleichen Bauart (Scheibenmähwerk des Herstellers A mit Scheibenmähwerk des Herstellers B) wird aufgrund der großen Streuung der Ergebnisse nicht möglich sein. Ein Vergleich von unterschiedlichen Bauarten ist hingegen sehr wohl denkbar.

6 Schlussfolgerungen

Das Doppelmessermähwerk erwies sich von den getesteten Verfahren am insektenschonenendsten, gefolgt von Scheibenmähwerk ohne Aufbereiter und den Aufbereitervarianten. In der landwirtschaftlichen Praxis haben Doppelmessermähwerke im Vergleich zu Scheibenmähwerken eine untergeordnete Bedeutung, da sie eine geringere Fahrgeschwindigkeit beim Mähen und damit eine geringere Flächenleistung erlauben. Weiters ist der Wartungsaufwand durch das regelmäßig erforderliche Schleifen der Messer um ein Vielfaches höher als bei Scheibenmähwerken.

Die Schutz- und Scheuchvorrichtungen „Striegel“ und „Abweiserblech“ haben keine signifikanten Verbesserungen gebracht. Aus Sicht der Arbeitsgruppe könnte in einer Weiterentwicklung der Scheuchvorrichtung „Striegel“ durch weitere Adaptierungen verbessert werden (auf den Fluchtinstinkt der Insekten und ihre Geschwindigkeit achten), weil dieser in der Tendenz etwas besser als das herkömmliche Scheibenmähwerk mit Aufbereiter abgeschnitten hat.

Bei den Sommeraufwüchsen (Juni/Juli) wurde die größte Anzahl an Insekten gefunden. Gleichzeitig sind in diesem Zeitraum die Insekten aufgrund ihrer natürlichen Entwicklung in vielen Fällen in einem Stadium großer Körpergröße. Dies erhöht wiederum die Wahrscheinlichkeit, bei der Mahd verletzt bzw. getötet zu werden, vor allem entsprechend überproportional höher, wenn mit dem Aufbereiter gemäht wird.

Wenn zu diesem Zeitraum fachlich auf den Aufbereiter verzichtet werden kann, sollte der Aufbereiter nicht zum Einsatz kommen (z.B. Silagebereitung an heißen Sommertagen bei wenig Pflanzenbiomasse besteht oft die Gefahr, dass das Mähgut rasch abtrocknet und zu trocken wird; unter solchen Bedingungen entfällt dann auch meist das Zetten mittels Kreiseltzettwender). Praktisch heißt das, dass der Ausbau des Aufbereiters vereinfacht werden sollte: Der Ausbau sollte möglichst einfach und unkompliziert durch eine Person möglich sein, sofern sich dies technisch lösen lässt. Es ist daher wünschenswert, dies so zu vereinfachen, dass es in der landwirtschaftlichen Praxis bei Arbeitsspitzen zur Ernte auch durchgeführt wird.

Über die gesamte Verfahrenskette der Grünlandernte kann keine Aussage getroffen werden, weil man sich in dieser Studie auf den Einfluss verschiedener Mähtechniken konzentriert hat. Die Einsparung eines Zettdurchganges mit dem Kreiselzettwender könnte die vergleichsweise höheren Verlustraten des Aufbereiteters zumindest relativieren. Es braucht weitere Untersuchungen, um die gesamte Verfahrenskette zu beleuchten, um letztlich eine Aussage treffen zu können, wie die gesamte Grünlandernte möglichst insektenschonend durchgeführt werden kann.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Nutzung des Dauergrünlandes in Österreich, Fläche in ha (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023).....	12
Tabelle 2: Anteile von zweimähdigem sowie drei- und mehrmähdigem Grünland an der Gesamtgrünlandfläche des Bundeslandes (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023).	13
Tabelle 3: Entwicklung der Nutzungsarten der gemähten Grünlandflächen in Österreich im Zeitraum 2015–2023 (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023).....	14
Tabelle 4: Entwicklung der gemähten Grünlandflächen in Oberösterreich im Zeitraum 2015–2023 (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023).	17
Tabelle 5: Zeitraum der Versuchsdurchführung, wobei pro Versuchshalbtag der Beginn des 1. und des 5. (= letzten) Mähvariante angegeben ist (FM = Frankenmarkt, MD = Micheldorf).	37
Tabelle 6: Reihenfolge der Mähvarianten an den verschiedenen Versuchstagen 2021 (jeweils links mit der ersten Variante beginnend).	39
Tabelle 7: Reihenfolge der Mähvarianten an den verschiedenen Versuchstagen 2022 (jeweils links mit der ersten Variante beginnend).	40
Tabelle 8: Lage der nächstgelegenen Bienenstöcke zu den jeweiligen Versuchsflächen.....	53
Tabelle 9: Deskriptive Statistik zu abiotischen und biotischen Faktoren pro Versuchstag, dargestellt als Mittelwert aller Mahddurchläufe aller acht Versuchstage (Minimalwert – Maximalwert). Windstärke gemessen nach Beaufort von 0 bis 4 (0 = windstill, 4 = Zweige bewegen sich, Papier vom Boden aufgehoben), Wolkenbedeckung gemessen von 0 bis 3: 0 = klarer Himmel (0 % Bedeckung), 3 = hoch (71-100 % Bedeckung), N = 30 pro Versuchstag, N = 240 für die Gesamtdarstellung, FM = Frankenmarkt, MD = Micheldorf.	63
Tabelle 10: Die Tabellenaufstellung zeigt die insgesamt zehn am häufigsten beobachteten Gliedertiergruppenkategorien für den fünfschnittigen Mähstandort Frankenmarkt (sowohl Juli 2021 als auch Juli 2022) und für die zwei extensiven Standorte Wels und Micheldorf. Zusätzlich zum Rang und der Summe sind die Prozente dieser Summe im Verhältnis zur Gesamtsumme des Versuchstages (ohne Ameisen), also Individuen aus Blüh- und Heuschreckentransekten, als auch die Individuen aus den Probepunkten dargestellt. Ameisen wurden nur angedeutet (Grund: siehe Kapitel 4.4.3). a.E. = alle Entwicklungsstadien.	66
Tabelle 11: Anzahl der beobachteten Insekten und Spinnentiere pro Versuchstag (Summe aus allen beobachteten Transekten vor und Probepunkten nach der Mahd) bzw. die entsprechenden Quadratmetermittelwerte. Ameisen wurden bei der Berechnung der Gesamt- und Mittelwertszahlen nicht berücksichtigt. FM = Frankenmarkt.	68

Tabelle 12: Vergleich der Erhebungstransecte vor (Trans.) und die Erhebungs-Probepunkte nach der Mahd (Mähparz.). Übersicht über die Anzahl der Insekten und deren Mittelwerte (pro Probepunkt und pro 10 Quadratmeter) für alle acht Versuchstage (grün) und alle vier Julitermine in 2021 und 2022. Transecterhebungen erfolgten vor der Mahd und nur für ausgewählte Insektengruppen (siehe Methoden). Hier wurden zum Vergleich bestimmte Gruppen hervorgehoben, die bei Erhebungen vor und nach der Mahd quantifiziert wurden. Die überragend große Zahl an Ameisen in Beobachtungen nach der Mahd wurde hinzugefügt, da dies im späteren Verlauf der statistischen Analysen und Überlegungen von Bedeutung ist..... 74

Tabelle 13: Die Tabellenaufstellung zeigt – in Anlehnung an Tabelle 10 – die insgesamt zehn, nach Individuenzahlen am stärksten durch die Mahd betroffenen (tote, inklusive schwer beschädigte Individuen) Gliedertiergruppenkategorien für den fünfschnittigen Mähstandort Frankenmarkt (sowohl Juli 2021 als auch 2022) und für die zwei extensiven Standorte Wels und Micheldorf. Zusätzlich zum Rang und der Summe sind die Prozente dieser Summe im Verhältnis zur Gesamtsumme der Toten (ohne Ameisen) des Versuchstages (N = 30 Probepunkte zu je 9 m²) dargestellt. Ameisen wurden nur angedeutet (Grund: siehe Kapitel 4.4.3), a.E. = alle Entwicklungsstadien.....

Tabelle 14: Einflussfaktoren auf die Anzahl von toten und geschädigten Insekten, modelliert mit einem Generalized Linear Mixed Model (Poisson Verteilung, random factor: Mähdatum:Probepunkt), N = 240 Probepunkte (= 8 Versuchstage mit 2 x 5 Mähdurchgängen und 3 Probepunkte pro Mähdurchgang). Dabei gibt das Incidence Rate Ratio das Verhältnis, in dem sich die Todesrate im Vergleich zum Referenzlevel (RL) unterscheidet, z.B. bei den Mähvarianten DMB. Das 95 % Konfidenzintervall gibt den Bereich, in dem sich die Incidence Rate Ratio mit 95 %-iger Wahrscheinlichkeit bewegt. Nur signifikante Variablen werden gezeigt (forward selection). Alternative Modellberechnung mittels GEE siehe Appendix 34.....

Tabelle 15: Die beste, im Rahmen der vorliegenden Studie durchgeführten Berechnungsmethoden („Alles ohne Lebende im Sauger“, siehe auch Abbildung 51) ergab eine im Mittel (!) gute Kategorisierungssicherheit von 90%, wenn alle Versuchstermine berücksichtigt wurden und eine hundertprozentige Kategorisierungssicherheit, wenn nur Früh- und Hochsommertermine (Mai bis Juli) herangezogen wurden und Herbsttermine (grauer Hintergrund) deshalb unberücksichtigt blieben. 94

Tabelle 16: Als drittbeste Berechnungsmethode im Rahmen der vorliegenden Studie ergaben die Werte allein aus dem Mähgut und den Früh- und Hochsommerterminen noch immer verlässliche Kategorisierungswerte bei drei Kategorien (DMB, SM und SMAx). 95

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Aufteilung der unterschiedlichen Nutzungskategorien am gesamten „gemähten Grünland“ in Österreich im Zeitraum 2015–2023 (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023).</i>	14
<i>Abbildung 2: Flächenentwicklung der einmähdigen Mähwiesen/-weiden in Österreich im Zeitraum 2015–2023 (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023), p-Wert = 0,024, Skalierung der y-Achse ist zu beachten.</i>	15
<i>Abbildung 3: Flächenentwicklung der zweimähdigen Mähwiesen/-weiden in Österreich im Zeitraum 2015–2023 (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023), p-Wert <0,001.</i>	16
<i>Abbildung 4: Flächenentwicklung der Streuwiesen in Österreich im Zeitraum 2015–2023 (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023), p-Wert = 0,013.</i>	16
<i>Abbildung 5: Aufteilung der unterschiedlichen Nutzungskategorien am gesamten „gemähten Grünland“ in Oberösterreich im Zeitraum 2015–2023 (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023).</i>	18
<i>Abbildung 6: Flächenentwicklung des gesamten in Oberösterreich gemähten Grünlandes im Zeitraum 2015 – 2023 (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023), p-Wert = 0,002.</i>	19
<i>Abbildung 7: Flächenentwicklung der drei- und mehrmähdigen Mähwiesen/-weiden in Oberösterreich im Zeitraum 2015–2023 (verändert nach Agrarmarkt Austria, 2023), p-Wert = 0,012.</i>	19
<i>Abbildung 8: Öffnungen in der Mähgerätkonstruktion (schematisch), Darstellung: Fa. Pöttinger.</i>	24
<i>Abbildung 9: Öffnungen in der Mähgerätkonstruktion (schematisch), Darstellung: Fa. Pöttinger.</i>	24
<i>Abbildung 10: Öffnungen in der Mähwerkskonstruktion als mögliche Schutzvorrichtung zum Entweichen von Insekten.</i>	25
<i>Abbildung 11: Die eingefärbten Heuschrecken wurden in der Mähversuchsfläche ausgesetzt. Bis zur Mahd wurde einige Minuten gewartet, damit sich die Heuschrecken in der Vegetation an ihre üblicherweise genutzten Stellen begeben konnten.</i>	26
<i>Abbildung 12: Josef Mayr (AGES) sucht den potentiellen Schädigungsort im Mähwerk mittels UV-Lampe – Suche nach Rückständen von fluoreszierendem Pulver.</i>	27
<i>Abbildung 13: Scheibenmähwerk mit Aufbereiter und Schutz-/Scheuchvorrichtung Striegel (SMA1), hier nur der Striegel als Skizze zu sehen, Darstellung: Fa. Pöttinger.</i>	28
<i>Abbildung 14: Scheibenmähwerk mit Aufbereiter und Schutz-/Scheuchvorrichtung Abweiserblech (SMA2) als Skizze, Darstellung: Fa. Pöttinger.</i>	28
<i>Abbildung 15: Scheibenmähwerk mit Aufbereiter und Schutz-/Scheuchvorrichtung Abweiserblech (SMA2) schematisch, zwei Darstellungen: Fa. Pöttinger.</i>	29

<i>Abbildung 16: Nutzungshäufigkeiten von Grünlandflächen bzw. 2022 kultivierte Ackerfrüchte im Umkreis von 500 Metern zur Versuchsfläche (mündl. Neudorfer, 2023).</i>	31
<i>Abbildung 17: Fertig ausgesteckte und ausgemähte Versuchsfläche am 11.05.2022 für den Versuchstag am 12.05.2022 in Frankenmarkt.</i>	33
<i>Abbildung 18: Versuchsdesign auf der Versuchsfläche eines Halbtages: Anordnung der fünf Mähvarianten und der Insekten-Erhebungen.</i>	35
<i>Abbildung 19: Entomologen bei der Aufnahme des 10 x 2 m großen Blütenbesucher-Transekts auf der Versuchsfläche Wels am 22.07.2021.</i>	42
<i>Abbildung 20: Unmittelbar nach der Mahd wurde ein Rahmen mit einem Gaze-Netz über den 3 x 3 Meter großen Probepunkt gelegt.</i>	43
<i>Abbildung 21: 3 x 3 m großer Metallrahmen, auf dem das Gaze-Netz mit Clips und Kabelbindern montiert wurde, schematisch. Darstellung: Fa. Pöttinger.</i>	44
<i>Abbildung 22: Mähdurchgang mit dem Doppelmessermähwerk auf der Versuchsfläche in Micheldorf (Naturschutzfläche) am 12.07.2022.</i>	44
<i>Abbildung 23: Schematische Darstellung eines Sortiertisches.</i>	45
<i>Abbildung 24: Schematische Darstellung eines Sortiertisches mit Trichter, an dem ein Plastikbeutel für die Insektenprobe „Mähgut“ angebracht wurde.</i>	46
<i>Abbildung 25: Sortiertisch im praktischen Einsatz beim Exaktversuch in Frankenmarkt.</i>	46
<i>Abbildung 26: Suche nach Insekten in der Auffangwanne nach dem Durchschütteln des Mähgutes.</i>	47
<i>Abbildung 27: Absaugen der Fläche mittels Laubsauger</i>	48
<i>Abbildung 28: Gaze Beutel.</i>	49
<i>Abbildung 29: Maria Schwarz-Waubke und Martin Schwarz beim Auszählen der Proben.</i>	50
<i>Abbildung 30: Screenshot einer Videoaufnahme beim Vorversuch in Grieskirchen. In dem Bestand reich an Ackerbeikräutern und -gräsern (Hirsens, Knöterich, Kamillen etc.) scheuchte der Striegel einen Teil der Insekten auf, die offensichtlich wegflogen.</i>	59
<i>Abbildung 31: Screenshot einer Videoaufnahme beim Vorversuch in Grieskirchen. In dem Pflanzenbestand, reich an Ackerbeikräutern und -gräsern (Hirsens, Kamillen etc.), schien das Abweiserblech (links) seinen Zweck zu erfüllen und Insekten über das Mähwerk zu leiten.</i>	60
<i>Abbildung 32: Fluoreszierendes Pulver einer zerdrückten Heuschrecke auf einem Stein nach der Mahd.</i>	61
<i>Abbildung 33: Summe aller Gliedertiere (≥ 3 mm) und ihrer systematischen Teilgruppen, die im Laufe aller Versuche, Orte und Beobachtungseinheiten gezählt worden sind (logarithmische Darstellung zur Basis e). Sofern nicht anders angegeben, sind nur die Adultstadien der jeweiligen Artengruppen gemeint.</i>	64
<i>Abbildung 34: Dargestellt sind die prozentualen Anteile von Insektengroßgruppen (ohne Ameisen, o.Am., siehe Kapitel 4.3.3) für Beobachtungen sowohl vor (Blüh- und</i>	

Heuschreckentransekte) als auch nach dem eigentlichen Mähvorgang (Probepunkt-Beobachtungen) am Standort der fünfschnittigen Mähfläche (Frankenmarkt; 2021 und 2022) als auch bei den extensiven Mähflächen zur grafischen Verdeutlichung von augenscheinlichen Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen diesen Standorten und Standorttypen. So sind Heuschrecken (Orthoptera) besonders an extensiven Standorten im Juli häufig zu sehen, während Fliegen (Diptera) deutlich häufiger am fünfschnittigen Mähstandort, sowohl vor als auch unmittelbar nach der Mahd, beobachtet wurden. 67

Abbildung 35: Schwankungen der beobachteten Insektenhäufigkeit (Gesamtheit aller gezählten Individuen vor und nach allen Mähdurchgängen in 2021 und 2022) für den Hauptstandort Frankenmarkt und die zehn zahlenstärksten Teilgruppen für jeden Versuchstag (siehe auch Abbildungen in Appendix D: Zeitliches Auftreten verschiedener Insektengruppen). Beispielhaft wurden die Datenpunkte der Zikaden (grau) und adulten Caelifera (rot) mittels Linien verbunden, um die asynchronen Teilschwankungen verschiedener Teilgruppen zu verdeutlichen, welche oft von der allgemein wahrgenommenen Jahresschwankung der Gesamtinsektenpopulation (siehe Abbildung 36) abweichen kann..... 69

Abbildung 36: Mittlere Insektendichte pro m² im Jahresverlauf (2021 und 2022; siehe pfeilartige Hinweise auf die Jahreszugehörigkeit) auf Blüten im Blühtransekt plus der beobachteten Anzahl an Heuschrecken im Heuschreckentransekt unmittelbar vor den eigentlichen Mähdurchgängen. Bitte zu beachten, dass die Gesamtzahl an Arthropoden vor der Mahd (nur Blütenbesucher und Heuschrecken) aufgrund der methodisch unterschiedlichen Herangehensweise grundsätzlich wesentlich geringer ausfallen muss als bei der Erhebung nach der Mahd (alle vom Mähgut erfasste Individuen, siehe Methoden). 70

Abbildung 37: Ungleichmäßige und unterschiedliche Verteilung der Individuenanteile im Verlauf der Versuchstermine des Projekts anhand der Gruppe Bienen (Honigbienen und Wildbienen). Zu jedem Versuchstag ist der prozentuelle Anteil an der Gesamtsumme (100 % = Summe aller Individuen der Bienen aller 8 Versuchstage mit jeweils 2 x 5 Mähdurchgängen) dargestellt. 72

Abbildung 38: Im Jahresverlauf jeweils die aus beiden Versuchsjahren (2021 und 2022) maximale Anzahl an Honigbienen (goldbraun, wie auch der Wild- und Honigbienen (grau) im Vergleich zu allen am gleichen Standort zur gleichen Zeit gezählten Insekten und Spinnentiere (braun). 72

Abbildung 39: Mittlere Anzahl der natürlich vorkommenden Individuen aller Heuschrecken pro Quadratmeter aus den vier Juliterminen (jeweils zwei in 2021 und 2022) vor (Transekt) und nach der Mahd (Parz.) als Beispiel für mögliches Flüchten vor Erfassung durch das Mähwerk für alle untersuchten Methoden. 75

Abbildung 40: Die Gesamtzahl aller beobachteten Insekten im Projekt bzw. deren Unterteilung, aufgeteilt nach den Beobachtungseinheiten nach der Mahd (A-C) und zu den Transekterhebungen vor der Mahd (D; als Summe aus Blühstreifentransekt und Heuschreckentransekt) aus den detaillierteren Abbildungen aus Appendix 29 bis Appendix 32 im Anhang zur beispielhaften Veranschaulichung zu den deutlichen Häufigkeitsunterschieden. Gezeigt ist die Zahl aller Individuen, die gezählt wurden (lebend oder tot). Zu beachten ist, dass die Beobachtungsflächen vor und nach der Mahd nicht identisch sind, auch nicht im Bezug zur Flächengröße (siehe Methoden). 76

Abbildung 41: Die Gesamtzahl an toten Individuen durch die verschiedenen Mähvarianten (DMB = Doppelmessermähbalken, SM = Scheibenmähwerk, SMA= Scheibenmähwerk mit Aufbereiter, SMA1 = SMA mit Striegel, SMA2 = SMA mit Abweiserblech) schwankte aufgrund jahreszeitlicher Insektenhäufigkeitsunterschiede (siehe 4.3.2) stark zwischen den – an realen, ortsüblichen Mähterminen stattfindenden – acht Versuchstagen (21.06.2021–23.08.2022). 77

Abbildung 42: Mittlere Anzahl toter und geschädigter Insekten und Spinnentiere pro Probepunktquadratmeter (N = 48 pro Methode) aus allen durchgeführten Mähversuchen der jeweiligen Mähvarianten (DMB = Doppelmessermähbalken, SM = Scheibenmähwerk, SMA= Scheibenmähwerk mit Aufbereiter, SMA1 = SMA mit Striegel, SMA2 = SMA mit Abweiserblech) in absoluten Individuenzahlen dargestellt. In Klammern darüber stehen die korrespondierenden Prozentwerte bezüglich des Anteils der jeweiligen Methode an der Gesamttotenzahl aller Methoden pro Versuchstag. 79

Abbildung 43: Über Mittelwert- oder Medianberechnungen aller Versuche (Balken) wird ein deutliches „Sterblichkeitsprofil“ sichtbar (SMA2 = SMA1 = SMA > SM > DMB), allerdings weichen die Einzelwerte (leere und gefüllte Kreise) zum Teil noch relativ stark voneinander ab. Da die Naturschutzwiese in Wels (blau gefüllte Kreise) als extensiver Standort hier bei der Mähvariante SMA stark von der anderen extensiven Mähfläche (Micheldorf, gelb gefüllte Kreise) abweicht, müsste festgestellt werden, was zu dieser Abweichung führte. 82

Abbildung 44: Berechnungen der Sterblichkeit (hier der Anteil der Toten eines Probepunktes an der Gesamtsterblichkeitsrate des gleichen Versuchstages) zeigen einen offensichtlichen Zusammenhang zwischen der Individuengröße (klein: 3-5 mm; mittel: 5-10 mm; groß: über 10 mm) und dem Anteil der gezählten toten Insekten eines Probepunktes an der Gesamttotenzahl eines Versuchstages innerhalb einer Größengruppe. Die, für die Gesamtheit der Insekten, deutlich beobachtete Abhängigkeit der Sterblichkeit von der Mähvariante (DMB, SM, SMA, SMA1, SMA2, siehe Methoden) bleibt dabei für alle Größenkategorien bestehen. 84

Abbildung 45: Die Sterblichkeit (Anteil toter Insekten) pro Probepunkt (aufsummiert Wegfliegende, im Mähgut, vom Boden aufgesaugt) in Prozent war nicht für alle

<i>Großgruppen gleich. Einzelwerte sind als Kreisfläche, der arithmetische Mittelwert als roter Balken dargestellt (N = 240 Probepunkte, N = 8 Versuchstage mit 2 x 5 Mähdurchgängen und 3 Probepunkte pro Mähdurchgang), N = Anzahl der Individuen pro Taxon.</i>	<i>85</i>
<i>Abbildung 46: Die Sterblichkeit (Anteil toter Individuen) der Bienen (Honigbienen + Wildbienen) pro Versuchstag (2 x 5 Mähdurchgänge). Prozentwerte wurden nur für Versuchstage dargestellt, an welchen mindestens 10 Individuen der jeweiligen Gruppe gezählt wurden.</i>	<i>86</i>
<i>Abbildung 47: Dargestellt ist die im Jahresverlauf – für die Summe aller Beobachtungseinheiten – nach der Mahd maximal registrierte Anzahl der toten (rot, Wild- und Honigbienen) und der lebenden Individuen (die potentiell vom Mähgerät erfasst aber überlebt haben; blau) pro Monat für beide Versuchsjahre. Vergleichend dazu werden in grau die schon in Abbildung 38 gezeigten – maximal pro Monat an einem Versuchstag registrierten – Gesamtzahlen an Bienen (Summe aller Wild- und Honigbienen aus allen Transekten und Probepunkten) dargestellt.</i>	<i>87</i>
<i>Abbildung 48: Anteile der nicht lebensfähigen Heuschrecken bei N = 6 Wiederholungen, $p = 0,0139$, $\alpha = 0,05$ im Vergleich der verschiedenen Mähtechniken in %, Querstrich = Median, \bar{X} = Mittelwert (verändert nach Steiner & Zehl 2022).</i>	<i>88</i>
<i>Abbildung 49: Die nicht normalverteilte Fehlerquote (berechnet anhand der übersehenen Frischmasse der Insekten pro Insekten- und Spinnenbiomasse jedes Probepunktes, siehe Methoden, Kapitel 3.5.7 bzw. 3.7.5) war in den meisten Fällen unter 5 % der Gesamtmasse pro Probepunkt (nur Mähgut und Sauger) bei jeder der untersuchten Mähvarianten. Es gab keinen Hinweis auf statistisch signifikante Unterschiede in der Fehlerquote zwischen den Mähvarianten (DMB = Doppelmessermähbalken, SM = Scheibenmähwerk, SMA= Scheibenmähwerk mit Aufbereiter, SMA1 = SMA mit Striegel, SMA2 = SMA mit Abweiserblech).</i>	<i>89</i>
<i>Abbildung 50: Der ermittelte Beobachtungsfehleranteil in % bezüglich Gesamtindividuenzahlen pro Probepunkt (N = 12 Probepunkte pro Mähvariante) für die Versuchstage 12.05.2022 (Frankenmarkt) und 12.07.2022 in Micheldorf. Die untersuchten Beobachtungsfehler betrafen übersehene Insekten und Insektenteile (z.B. Kopf, halbe Körperteile usw.) aus den Beobachtungseinheiten „Mähgut“ und „Sauger“.</i>	<i>90</i>
<i>Abbildung 51: Im Verhältnis zum Sterblichkeitsmittelwert aller fünf Mähvarianten war die Standardabweichung bei jenen Berechnungsmethoden höher, die nicht den problematischen Sachverhalt der überdurchschnittlich im Sauger repräsentierten Ameisen berücksichtigen.</i>	<i>92</i>
<i>Abbildung 52: Mediane und die dazugehörigen ersten und dritten Quartile über die Tagesmittelwerte der Sterblichkeit zu den drei Mähvarianten Doppelmesserbalken (DMB), Scheibenmäher (SM, orange) und SMA (SM mit Aufbereiter, blau), geordnet nach</i>	

Berechnungsmethoden die unterschiedliche Beobachtungseinheiten nach der Mahd (Wegfliegende, Mähgut, Sauger, siehe Methoden) ein- oder ausschließen. Zur besseren Übersichtlichkeit wurden SMA1 und SMA2 hier nicht mit dargestellt. Die Berechnungsmethoden wurden wie in Abbildung 51 gereiht. Tatsächlich ergab die hier letztgereimte Berechnungsmethode nicht nur den geringsten Kontrast zwischen den drei dargestellten Methoden, sondern führte zudem zu einer Veränderung der Mittelwerts- als auch Medianreihung bei zwei (SM und SMA) der drei hier verglichenen Methoden. Alles (abgekürzt A.): alle Daten aus allen Beobachtungseinheiten; Alles ohne Sauger: Alle Individuen aus den Beobachtungseinheiten „Wegfliegende“ und „Mähgut“..... 93

Abbildung 53: Frischgewichtsmasse toter oder schwer geschädigter Insekten und Spinnentiere in mg, geordnet nach Mähvarianten (DMB = Doppelmessermähbalken, SM = Scheibenmähwerk, SMA= Scheibenmähwerk mit Aufbereiter, SMA1 = SMA mit Striegel, SMA2 = SMA mit Abweiserblech). Die Aufbereiter hatten im Mittel spürbar und deshalb auch klar signifikant höhere Totenmassen. Zusätzlich zum Median wurde hier auch der arithmetische Mittelwert (\bar{X}) den Boxplots (erste und dritte Quartile, Kreise = statistische Ausreißer) zugewiesen..... 100

Abbildung 54: Frischgewichtsmasse toter oder schwer geschädigter Insekten und Spinnentiere im Verhältnis zur Gesamtmasse pro Probepunkt (aus Mähgut und Sauger), geordnet nach Mähvarianten (DMB = Doppelmessermähbalken, SM = Scheibenmähwerk, SMA= Scheibenmähwerk mit Aufbereiter, SMA1 = SMA mit Striegel, SMA2 = SMA mit Abweiserblech). Auch im Verhältnis zur Probepunkt-Gesamtmasse hatten die Aufbereiter im Mittel spürbar und deshalb auch klar signifikant höhere Totmassenanteile..... 101

Literaturverzeichnis

Agrarmarkt Austria (2023): INVEKOS, MFA-Kulturflächen 2015-2023, persönliche Mitteilung am 16.05.2023.

Bowler, D.E., Helldbjerg, H., Fox, A.D., de Jong, M. & Böhning-Gaese, K. (2019): Long-term declines of European insectivorous bird populations and potential causes. – *Conservation Biology* 33/5: 1120-1130.

Classen, A., Hirler, A. & Oppermann, R. (1996): Auswirkungen unterschiedlicher Mähgeräte auf die Wiesenfauna in Nordost-Polen – untersucht am Beispiel von Amphibien und Weißstorch. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 28(5): 139–144.

Fluri, P.; Frick, R. & Jaun, A. (2001): Bienenverluste beim Mähen mit Rotationsmähwerken. – *Agrarforschung* 8(5): 196-201.

BML (Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft (Hrsg.)(2022): *Grüner Bericht 2022 – Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft*. BML, Wien: S. 288.

Habel, J.C., Teucher, M., Gros, P., Schmitt, T. & Ulrich, W. (2021): Land use and climate change affects butterfly diversity across Northern Austria. – *Landscape Ecology* 36 (6): 1741–1754, <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01242-6>.

Habel, J.C., Schmitt, T.; Gros, P. & Ulrich, W. (2022): Breakpoints in butterfly decline in Central Europe over the last century. – *Science of the Total Environment* 851 158315, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158315>.

Hallmann, C.A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hörrn, T., Goulson, D., de Kroon, H. (2017): More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. – *PLoS ONE* 12(10): e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>.

Hemmann, K., Hopp, I. & Paulus, H. F. (1987): Zum Einfluss der Mahd durch Messerbalken, Mulcher und Saugmäher auf Insekten am Straßenrand. – *Natur und Landschaft* 62: 103–106.

Höner, G. (2021): Krone Mähwerke: Gras zügig trocken – geht das nur mit Aufbereiter? *Top Agrar Österreich* <https://www.topagrar.com/technik/news/krone-maehwerke-gras-zue-gig-trocken-geht-das-nur-mit-aufbereiter-12748796.html> (30.11.2021).

Højsgaard, S., Halekoh, U. & Yan J. (2006) The R Package geepack for Generalized Estimating Equations. – *Journal of Statistical Software*, 15, 2: 1-11.

Humbert, J.-Y.; Ghazoul, J.; Richner, N.; Walter, T. (2010a): Hay harvesting causes high orthopteran mortality. – *Agriculture, Ecosystems & Environment* 139(4): 522–527, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.09.012>.

Humbert, J.-Y.; Ghazoul, J.; Sauter, G.J.; Walter, T. (2010b): Impact of different meadow mowing techniques on field invertebrates. – *Journal of Applied Entomology* 134(7): 592–599, <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2009.01503.x>.

Humbert, J.-Y.; Ghazoul, J.; Walter, T. (2009): Meadow harvesting techniques and their impacts on field fauna.– *Agriculture, Ecosystems & Environment* 130 (1-2): 1–8, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.11.014>.

Humbert, J.-Y., Richter, N., Sauter, J. & Walter, T. (2010): Wiesen-Ernteprozesse und ihre Wirkung auf die Fauna. – *ART-Bericht* 724: 1-12.

Lüdecke, D. (2022). *sjPlot: Data Visualization for Statistics in Social Science*. R package version 2.8.12.

Neudorfer, M. (2023): Persönliche Mitteilung am 23.05.2023.

Oswald, M. (2023): A sample-based survey about the biomass of insects and biodiversity in grass clippings of agriculturally used meadows. [Provisorischer Titel einer noch in Endbearbeitung befindlichen Masterarbeit an der Universität Wien im Rahmen des Masterstudiums "Naturschutz und Biodiversitätsmanagement UA 066 879"; universitärer Hauptbetreuer: Prof. Dr. Harald Krenn; Hauptbetreuer an der AGES: Dr. Dirk Louis Schorkopf]. Zum Zeitpunkt des Endberichts noch unveröffentlicht.

Pan-European Common Bird Monitoring Scheme (2023): Common farmland birds indicator, Europe, single European species habitat classification, 1980-2021. https://pecbms.info/trends-and-indicators/indicators/indicators/E_C_Fa/ (21.05.2023).

Pedersen T (2022). patchwork: The Composer of Plots. R package version 1.1.2.

Pöllinger, A., Greimel, M., Pötsch, E., Steinwidder, A. & Häusler, J. (2000): Der Mähauflbereiter mit Breitschwadablage – Untersuchungen bezüglich Abtrocknungsverhalten am Feld und am Futterstock, Siliereigenschaften, Futterqualität und Leistungsbedarf im Vergleich zu herkömmlich geerntetem Futter. Abschlussbericht des Projektes AL 992203, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Österreich.

Pöttinger GmbH (2023): Persönliche Mitteilung am 09.05.2023.

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Seibold, S., Gossner, M.M., Simons, N.K., Blüthgen, N., Müller, J., Ambarlı, D., Ammer, C., Bauhus, J., Fischer, M., Habel, J.C., Linsenmair, K.E., Nauss, T., Penone, C., Prati, D., Schall, P., Schulze, E.D., Vogt, J., Wöllauer, S. & Weisser, W.W. : Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. – Nature 574: 671-674.

Steidle, J. (2018): Insektensterben: Daten, Fakten und Gegenmaßnahmen für mehr Biodiversität. https://rp.baden-wuerttemberg.de/rpt/Abt5/Ref56/Netzwerk-Naturschutz/Documents/nn_plenum_2018_Steidle_Insektensterben.pdf (18.01.2020).

Steidle, J.L.M., Kimmich, T., Csader, M., Betz, O. (2022): Negative impact of roadside mowing on arthropod fauna and its reduction with ‘arthropod-friendly’ mowing technique. – Journal of Applied Entomology 146(5): 465-472, <https://doi.org/10.1111/jen.12976>.

Steiner, B. & Zehl, L. (2022) Insektenschonende Mähtechnik. Bachelorarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien. 30 S.

Van de Poel, D. & Zehm, A. (2014): Die Wirkung des Mähens auf die Fauna der Wiesen – Eine Literaturlauswertung für den Naturschutz. – ANLIEGENNATUR 36(2): 36–51.

Vickery, J.A., Tallowin, J.R., Feber, R.E., Asteraki, E.J., Atkinson, P.W., Fuller, R.J. & Brown, V.K. (2001): The management of lowland neutral grasslands in Britain: effects of agricultural practices on birds and their food resources. – *Journal of Applied Ecology* 38: 647-664.

von Berg, L.; Frank, J.; Sann, M.; Betz, O., Steidle, J.L.M. & Böttinger, S. (2023a): Insect- and spider-friendly mowing technology in grassland – overview and evaluation. – *Landtechnik* 78(2): 80-96

von Berg, L.; Frank, J.; Sann, M.; Betz, O., Steidle, J.L.M. & Böttinger, S. (2023b): Insect-Mow – Entwicklung und Evaluierung insekten- und spinnenfreundlicher Mähetechniken als Beitrag zu einer nachhaltigen Form der landwirtschaftlichen Grünlandnutzung. <https://insect-mow.uni-hohenheim.de/> (21.05.2023).

Wickham, H. (2016). *GGPLOT2: Elegant Graphics for Data Analysis* 2016 Springer-Verlag, New York.

Wickham H, Seidel D (2022). *scales: Scale Functions for Visualization*. R package version 1.2.1

Wilke, N. (1992): Beeinflussung von Heuschrecken durch Mahd und verschiedene Mahd-systeme in wechselfeuchten Wiesen norddeutscher Flussauen. – Diplomarbeit, Technische Universität Braunschweig.

Abkürzungen

A.	Alles
Abk.	Abkürzung
a.E.	alle Entwicklungsstadien
AGES	Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit
AIC	Akaike information criterion
Art.	Artikel
BMLRT	Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus
BML	Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft
BOKU	Universität für Bodenkultur Wien
ca.	circa
DMB	Doppelmessermähbalken bzw. Doppelmessermähwerk
GLMM	General Linear Mixed Models
GEE	Generalized Estimating Equations)
ha	Hektar
Fa.	Firma
FM	Frankenmarkt

HBLFA	Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt
LFS	Landwirtschaftliche Fachschule
LK	Landwirtschaftskammer
Mähparz.	Mähparzelle = Probepunkt
MD	Micheldorf
MR	Maschinenring
QIC	Quasi information criterion
SM	Scheibenmähwerk
SMA	Scheibenmähwerk mit Aufbereiter
SMA1	Scheibenmähwerk mit Aufbereiter und Schutz-/Scheuchvorrichtung 1 = Striegel
SMA2	Scheibenmähwerk mit Aufbereiter und Schutz-/Scheuchvorrichtung 2 =Abweiserblech
Trans.	Transecte bzw. Erhebungstransecte
v.a.	vor allem
usw.	und so weiter
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil

Danksagung

Ein besonderer Dank gilt Familie Neudorfer aus Frankenmarkt, die nicht nur ihre Fläche für die Versuchsdurchführung zur Verfügung gestellt, sondern auch gegebenenfalls bei der Versuchsdurchführung unterstützt hat – sei es maschinell oder mit anderen kleinen Gefälligkeiten.

Ein weiterer Dank gilt dem Fliegerclub Weiße Möwe Wels vom Flugplatz Wels. Hier durften wir 2021 auf den Naturschutzflächen des Flugplatzes einen Versuchstag verbringen. Trotz strengerer Sicherheitsauflagen am Flugplatzgelände konnten wir ungestört die Versuche durchführen.

2022 fand der Exaktversuch auf der Naturschutzfläche im Himmelreichbiotop in Micheldorf statt. Hier gilt der Dank den Flächenbesitzern und insbesondere Werner Bejvl, der das Himmelreichbiotop seit Jahren betreut und uns dort die Versuchsdurchführung ermöglichte bzw. gegebenenfalls auch unterstützte.

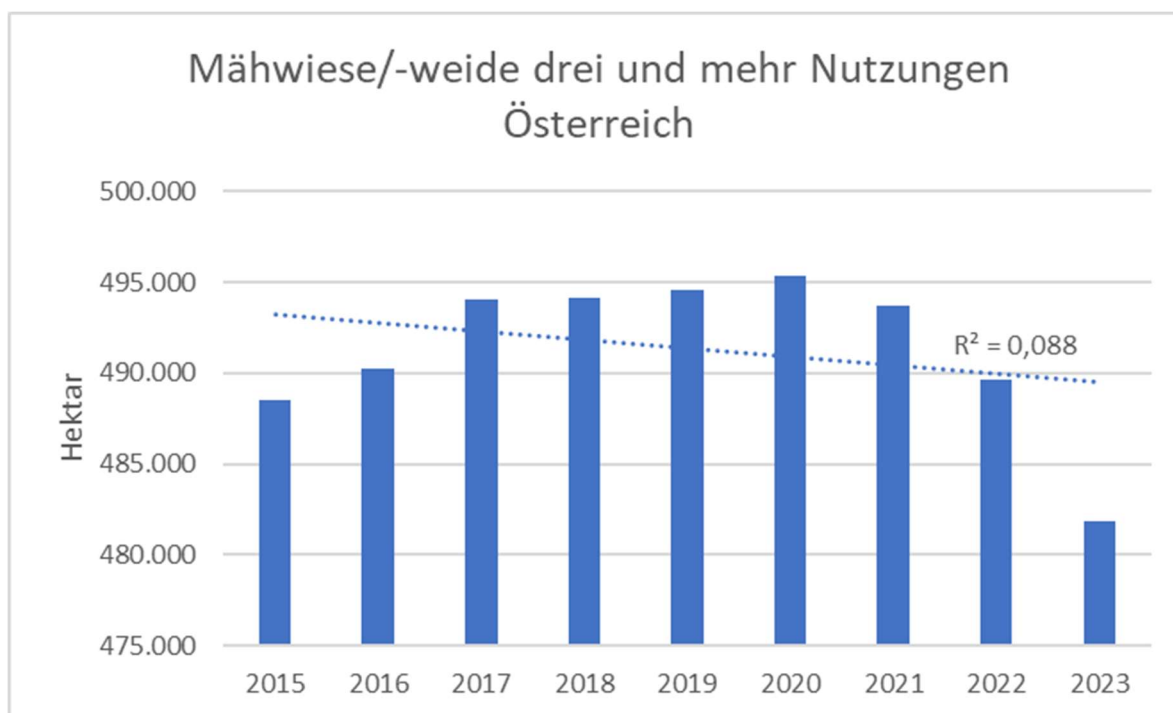
Ohne die tatkräftige Unterstützung der zahlreichen Schüler der Landwirtschaftlichen Fachschule Vöcklabruck wäre die Versuchsdurchführung nicht in diesem Umfang möglich gewesen. Vielen Dank dem Direktor Hannes Oberascher und dem Lehrerteam, dass die Schüler oft sehr kurzfristig für die Versuchsdurchführung vom Unterricht freigestellt wurden. Besonderer Dank gilt aber den Schüler selbst, die tatkräftig bei den Versuchen mitgewirkt haben.

Zu guter Letzt geht ein Dank an die Studierenden Benjamin Steiner und Leopold Zehl (beide BOKU) und Mario Oswald (Universität Wien). Im Zuge ihrer wissenschaftlichen Arbeiten betreffend dem Wiederfangversuch mit eingefärbten Heuschrecken bzw. der Biomasseerhebung und der Fehleranalyse haben sie dieses Projekt sehr bereichert und dankenswerterweise auch die Daten entsprechend zur Verfügung gestellt.

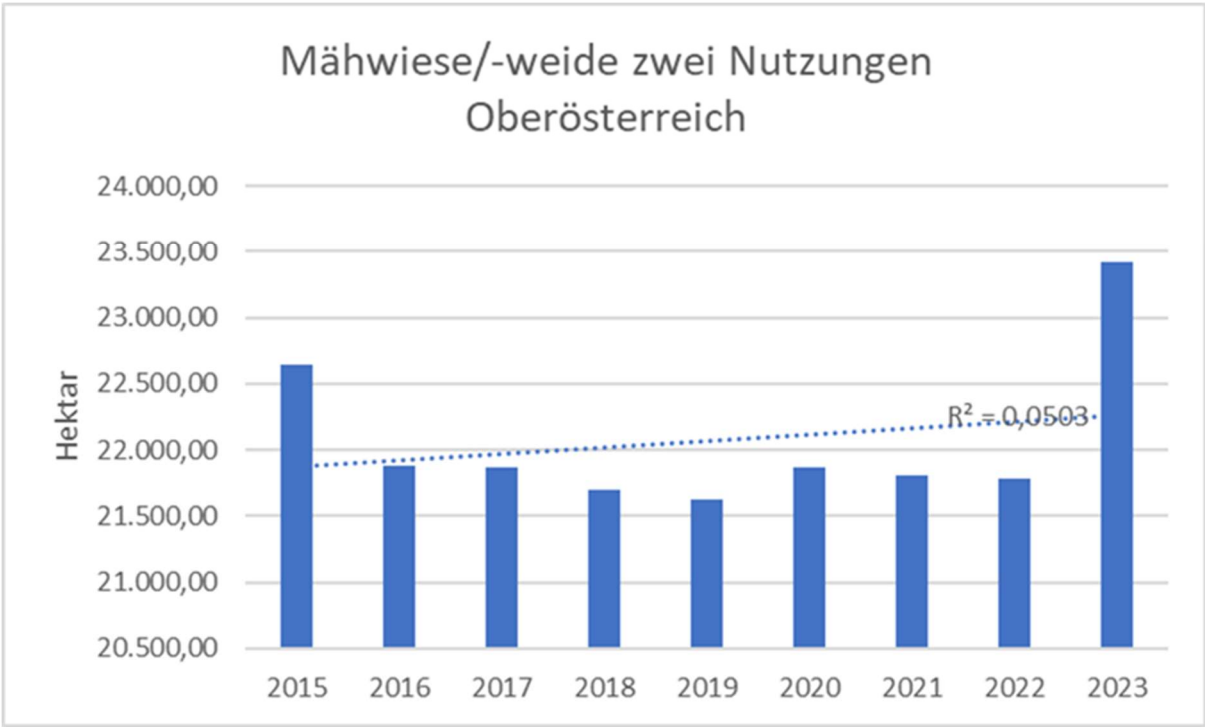
Anhang

Appendix A – Flächenentwicklungen Grünlandflächen in Österreich

Appendix 1: Flächenentwicklung der drei- und mehrmähdigen Mähwiesen/-weiden in Österreich im Zeitraum 2015–2023 (Agrarmarkt Austria, 2023), Skalierung der y-Achse ist zu beachten.



Appendix 2: Flächenentwicklung der zweimähdigen Mähwiesen/-weiden in Oberösterreich im Zeitraum 2015–2023 (Agrarmarkt Austria, 2023), Skalierung der y-Achse ist zu beachten



Appendix B – Formulare zur Datenerhebung

Appendix 3: Erhebungsbogen zur Erfassung der Heuschrecken und Blütenbesucher vor der Mahd „links“ und „rechts“ neben des Auswertungsprobepunktes, vergleiche dazu auch Abbildung 18).

Erhebungsbogen Freilandenerhebung – Blütenbesucher und Heuschrecken										
Ort:	Versuchsvariante: DMB <input type="checkbox"/> SM <input type="checkbox"/> SMA <input type="checkbox"/> SMA1 <input type="checkbox"/> SMA2 <input type="checkbox"/>					Parzelle 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>				
Wuchshöhe (Blühhorizont):	cm	Datum:		von:	bis:	Kartiererin:				
Windstärke nach Beaufort	0-Windstille	1-Kaum merklich Rauch treibt leicht ab	2-Blätter rascheln, Wind im Gesicht spürbar	3-Blätter und dünne Zweige bewegen sich	4 Zweige bewegen sich, Papier wird vom Boden gehoben	Temperatur (C°)				
Bewölkung	0-klarer Himmel 0%	1-wenig 1-34%	2-mittel 35-75%	3-hoch 71-100%		%rH				
Hautflügler (Hymenoptera) sozial	K	A	M							
Honigbiene (<i>Apis mellifera</i>)				Schmetterlinge (Lepidoptera)						
Hummelh (<i>Bombus</i> sp.)				Tagfalter						
Soziale Faltenwespen				Dickkopffalter						
Übrige Hautflügler	klein	mittel	groß	Eulenfalter (Noctuidae, Erebidae)						
Wildbienen				Spanner (Geometridae)						
Übrige Stechimmen (Grabwespen, Faltenw.)				Wanzen (Heteroptera)						
Übrige Taillenwespen (Schlupfwespen...)				Weichwanzen (Miridae)						
Blattwespen (Symphyta)				Baum- und Schildwanzen (Pentatomidae, restl. Wanzen)						
Zweiflügler (Diptera)				Heuschrecken 3*5m						
Schwebfliegen (Syrphidae)				Langfühlerschrecken (Ensifera)						
Stubenfliegenverw. (Muscidae/Anth.) u.Ä.				adult						
Schnaken (Tipulidae, Limoniidae)				larval						
Käfer (Coleoptera)				adult						
Bockkäfer (Cerambycidae)				larval						
Rosenkäfer (Cetoniidae)				Neuroptera (Netzflügler)						
Scheinbockkäfer (Oedemeridae)				Mecoptera (Schnabelhafte)						
Weichkäfer (Cantharidae)				Spinnen (Araneae)						
				Klein: <5mm, Mittel: 5-10 mm, Groß: >10 mm						

Appendix 4: Auswertungsbogen für jede Probe nach der Mahd von den Auswertungsprobepunkten.

Auswertungsbogen Mähversuch
Auswertungsbogen

Ort:	Versuchsvariante: DMB <input type="checkbox"/> SM <input type="checkbox"/> SMA <input type="checkbox"/> SMA1 <input type="checkbox"/> SMA2 <input type="checkbox"/>	Bearbeiterin:
Parzelle 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>	Datum: Zeit: vm <input type="checkbox"/> nm <input type="checkbox"/>	Fraktion: wegflegend <input type="checkbox"/> Mähgut lebend <input type="checkbox"/> Mähgut tot/beschädigt <input type="checkbox"/> Sauger lebend <input type="checkbox"/> Sauger tot/beschädigt <input type="checkbox"/>

Anmerkungen:

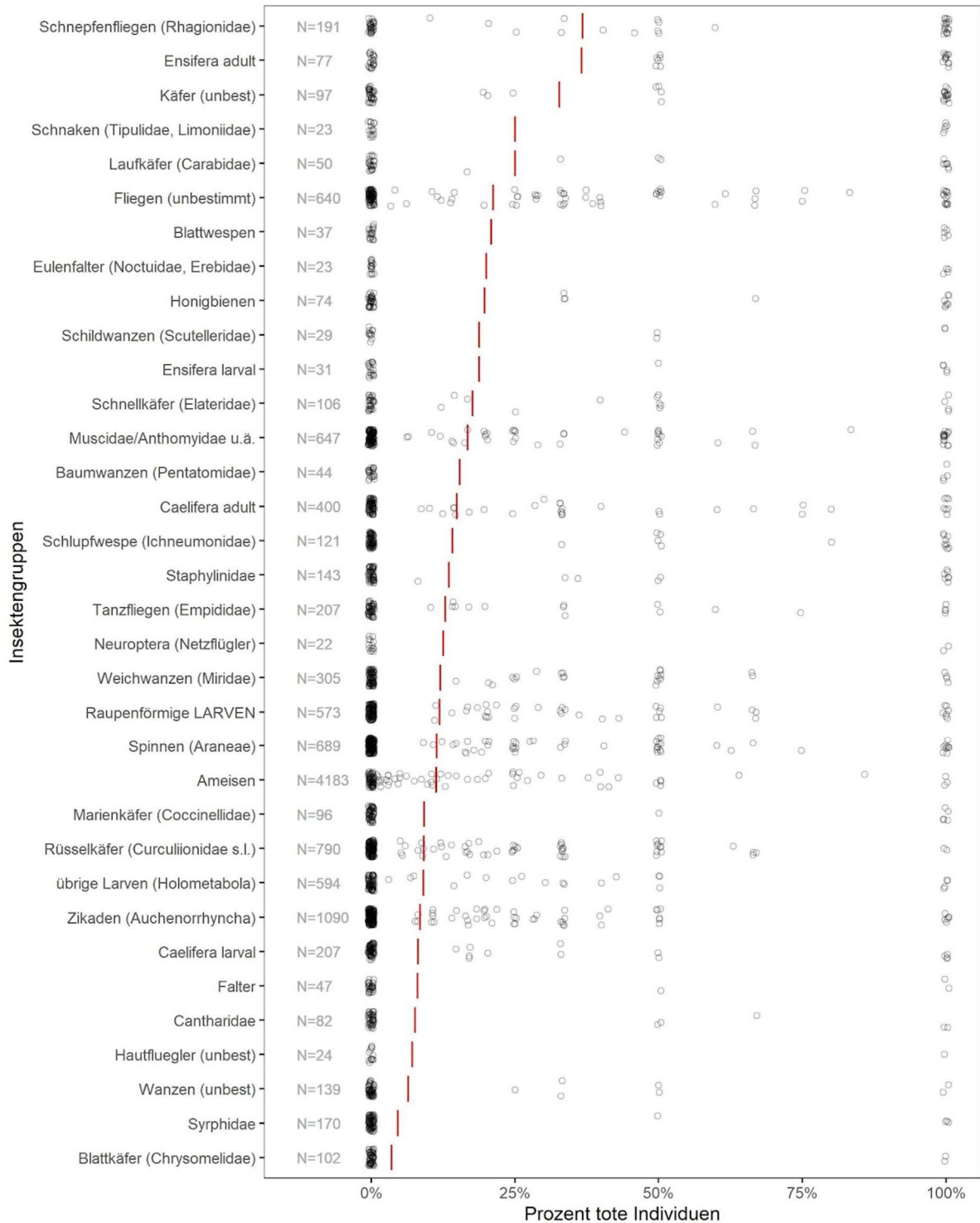
	K	A	M	klein	mittel	groß
Hautflügler (Hymenoptera) sozial						
Honigbiene (<i>Apis mellifera</i>)						
Hummeln (<i>Bombus</i> sp.)						
Soziale Faltenwespen						
Amseisen (Formicidae)						
Übrige Hautflügler	klein	mittel	groß			
Wildbienen						
Übrige Stechimmen (Grabwespen, Faltenw. ...)						
Übrige Taillenwespen (Schlupfwespen...)						
Blattwespen (Symphyta)						
Zweiflügler (Diptera)						
Schwebfliegen (Syrphidae)						
Schnepfenfliegen (Rhagionidae)						
Stubenfliegenverw. (Muscidae/Anth.) u.ä.						
Schnaken (Tipulidae, Limoniidae)						
Tanzfliegen (Empididae)						
Käfer (Coleoptera)						
Laufkäfer (Carabidae)						
Blattkäfer (Chrysomelidae)						
Bockkäfer (Cerambycidae)						
Rosenkäfer (Cetoniidae)						
Scheinbockkäfer (Oedemeridae)						
Weichkäfer (Cantharidae)						
Schnellkäfer (Elateridae)						
Marienkäfer (Coccinellidae)						
Rüsselkäfer (Curculionidae s.l.)						
Heuschrecken (Saltatoria)						
Langfühlerschrecken (Ensifera)				adult		
Kurzfühlerschrecken (Caelifera)				larval		
Neuroptera (Netzflüger)				adult		
Mecoptera (Schnabelhafte)				larval		
raupenförmige Larven						
übrige Larven (Holometabola)						
Spinnen (Araneae)						

klein: 3-<5 mm, mittel: 5-10 mm, groß: >10 mm

Appendix C: Sterblichkeit verschiedener Insektengruppen

Appendix C1 – Gesamtsterblichkeit per Taxon

Appendix 5: Gesamtsterblichkeit per Taxon.

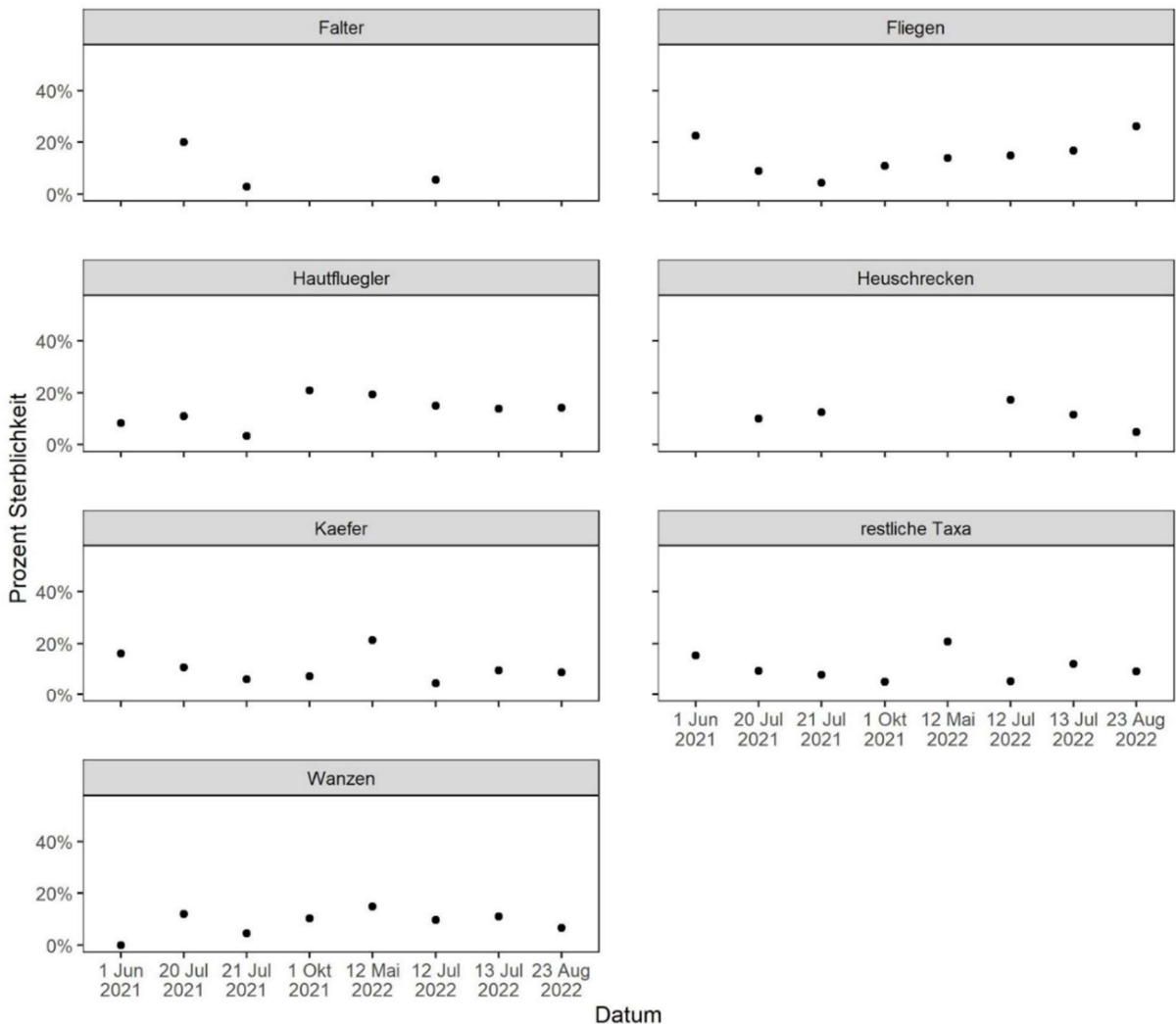


Die Sterblichkeit (Anteil toter Insekten) pro Probepunkt (aufsummiert: Wegfliegende, im Mähgut und vom Boden aufgesaugt) in Prozent für alle registrierten Taxa. Einzelwerte sind

als Kreisfläche, der arithmetische Mittelwert als roter Balken dargestellt (N = 240 Probenpunkte = 8 Versuchstage mit 2 x 5 Mähdurchgängen und 3 Probenpunkte pro Mähdurchgang). Wenn Larven einer Gruppe zusätzlich aufgelistet sind, so handelt es sich bei der Sterblichkeit einer Gruppe nur um die Sterblichkeit adulter Tiere. Nur Taxa mit mindestens 20 Individuen im Datenset sind angeführt. N = Anzahl der Individuen pro Taxon.

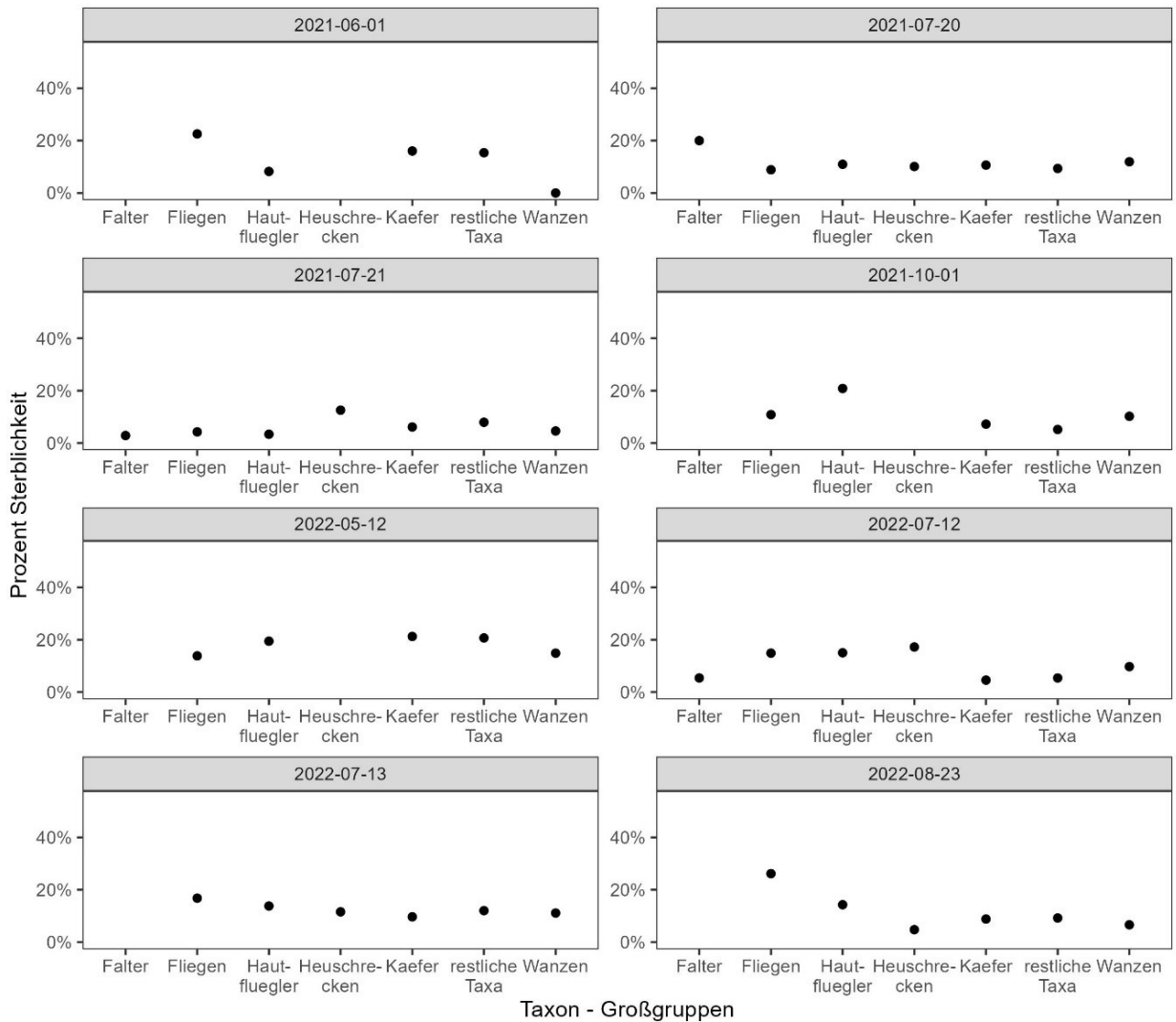
Appendix C2 – Sterblichkeit im Verlauf der Versuchstermine

Appendix 6: Sterblichkeit im Verlauf der Versuchstermine.



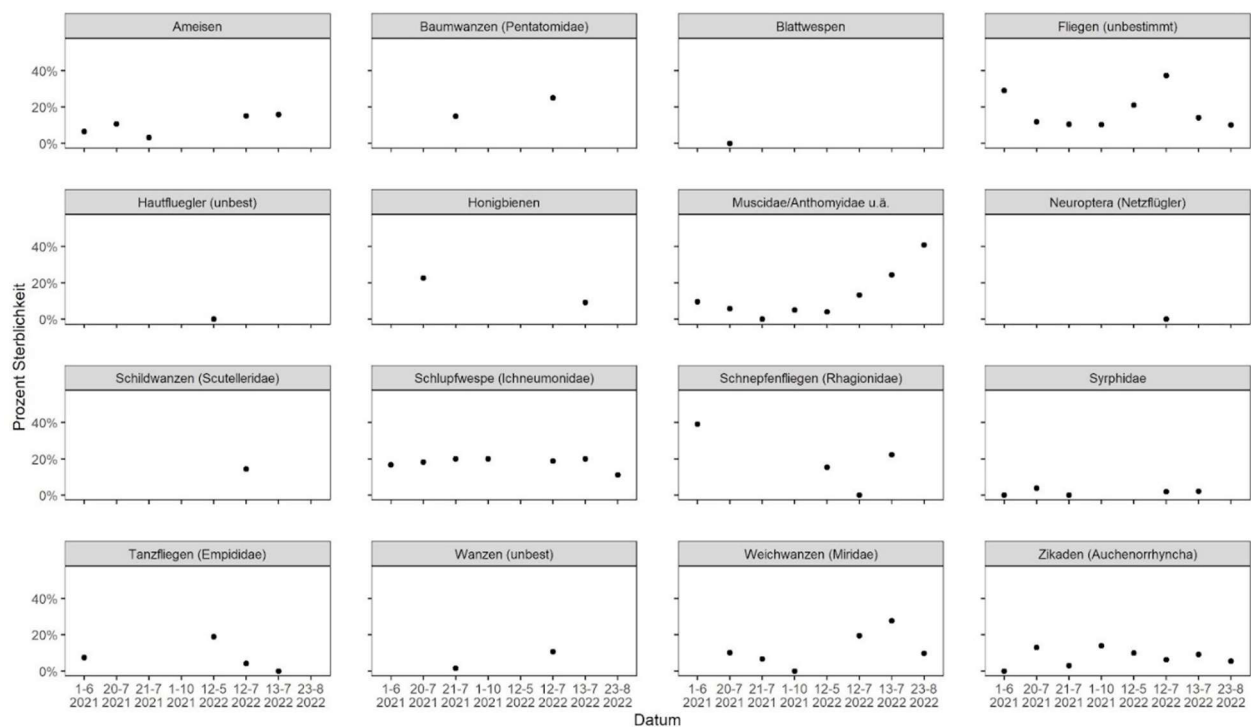
Die Sterblichkeit (Anteil toter Individuen) der jeweilig dargestellten systematischen Groß-einheit pro Versuchstag (2 x 5 Mähdurchgänge). Prozentwerte wurden nur für Versuchstage dargestellt, an welchen mindestens 10 Individuen der jeweiligen Gruppe gezählt wurden.

Appendix 7: Sterblichkeit im Verlauf der Versuchstermine, andere Darstellung als in Appendix 6.



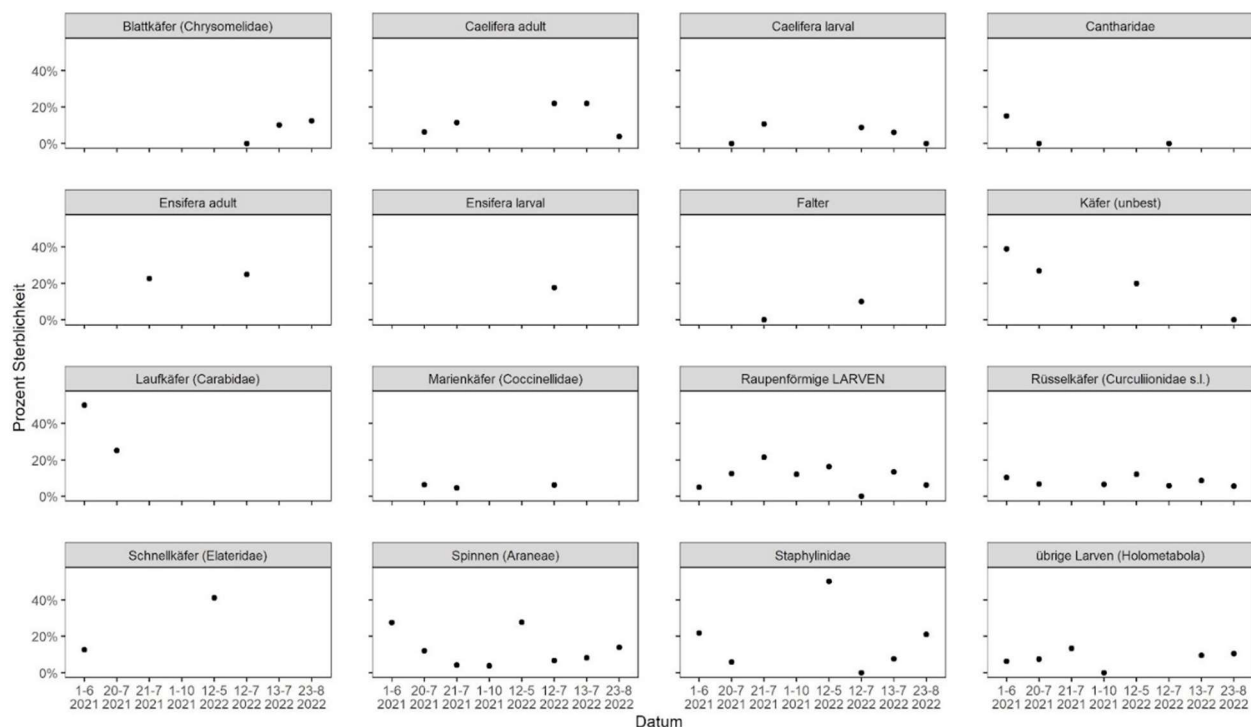
Die vergleichende Sterblichkeit (Anteil toter Individuen) der jeweilig dargestellten systematischen Großeinheit, getrennt nach Versuchstag. Prozentwerte wurden nur für Versuchstage dargestellt, an welchen mindestens 10 Individuen der jeweiligen Gruppe gezählt wurden. (Werte ident zu Appendix 6, nur unterschiedliche Darstellung)

Appendix 8: Die Sterblichkeit kleinerer systematischer Einheiten im Verlauf der Versuchstermine.



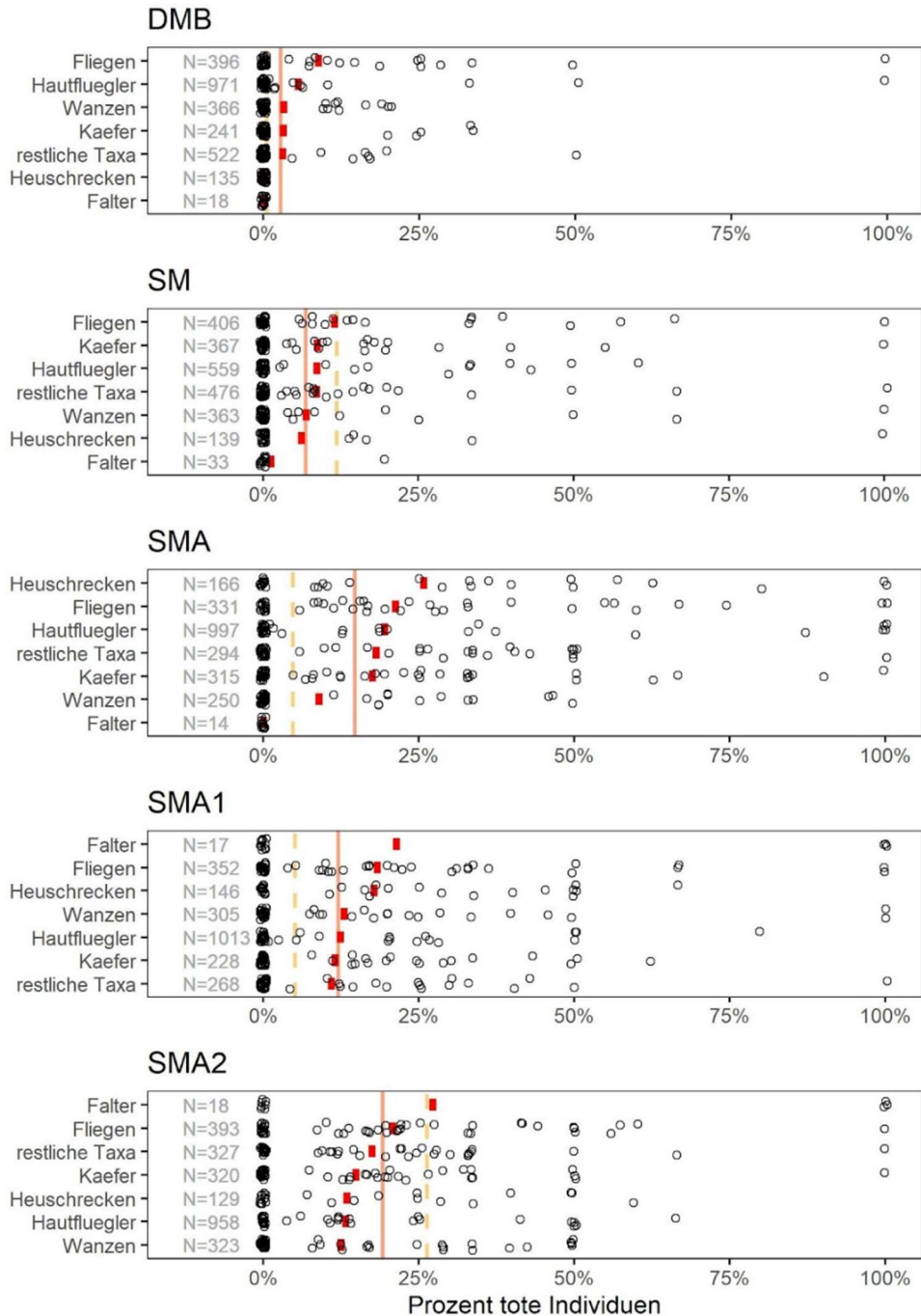
Prozentwerte wurden nur für Versuchstage dargestellt an welchen mindestens 10 Individuen der jeweiligen Gruppe gezählt wurden.

Appendix 9: Die Sterblichkeit kleinerer systematischer Einheiten im Verlauf der Versuchstermine (Fortsetzung zu Appendix 8).



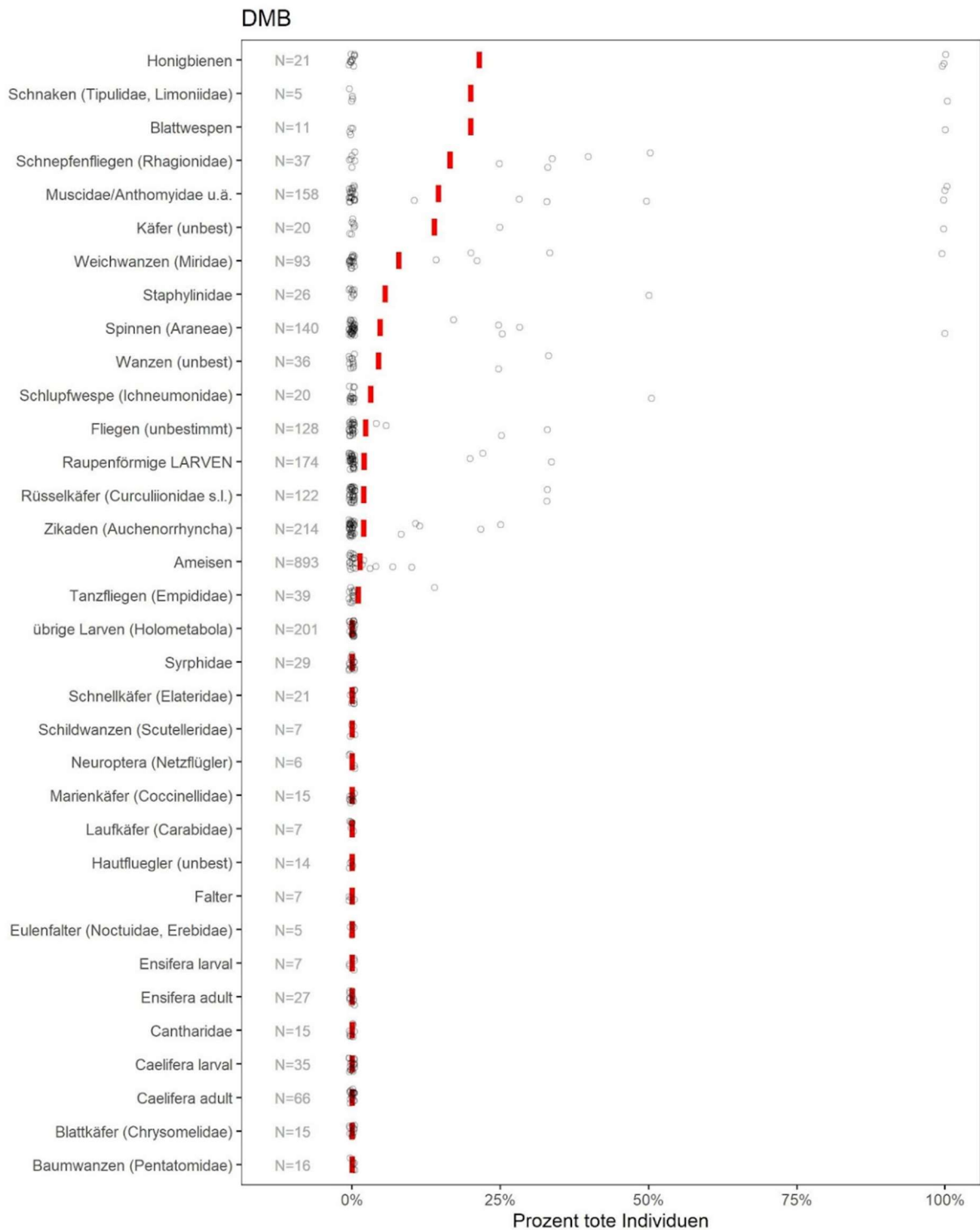
Appendix C3 – Gesamtsterblichkeit per Taxon und Mähvariante

Appendix 10: Gesamtsterblichkeit per Taxon und Mähvariante.



Die Sterblichkeit (Anteil toter Individuen) der jeweilig dargestellten systematischen Groß-einheit pro Mähvariante (8 Versuchstage x 2 Mähdurchgänge). Nur Taxa mit mindestens 20 Individuen im gesamten Datenset sind angeführt. N = Anzahl der Individuen pro Taxon und Mähvariante. Orange durchgezogene Linie = tote Individuen gesamt für entsprechende Mähvariante, Hellorange strichlierte Linie = tote Individuen ohne Ameisen für entsprechende Mähvariante.

Appendix 11: Die Sterblichkeit (Anteil toter Insekten) pro Probepunkt (aufsummiert: Wegfliegende, im Mähgut und vom Boden aufgesaugt) in Prozent für alle registrierten Taxa für die Mähvariante DMB.



Einzelwerte sind als Kreisfläche, der arithmetische Mittelwert als roter Balken dargestellt (N = 48 Probepunkte = 8 Versuchstage mit 2 Mähdurchgängen und 3 Probepunkte pro Mähdurchgang). Wenn Larven einer Gruppe zusätzlich aufgelistet sind, so handelt es sich bei der Sterblichkeit einer Gruppe nur um die Sterblichkeit adulter Tiere. Mittelwert nur für Taxa mit N > 4 angeführt. N = Anzahl der Individuen pro Taxon.

Appendix 12: Die Sterblichkeit (Anteil toter Insekten) pro Probepunkt (aufsummiert: Wegfliegende, im Mähgut und vom Boden aufgesaugt) in Prozent für alle registrierten Taxa für die Mähvariante SM.



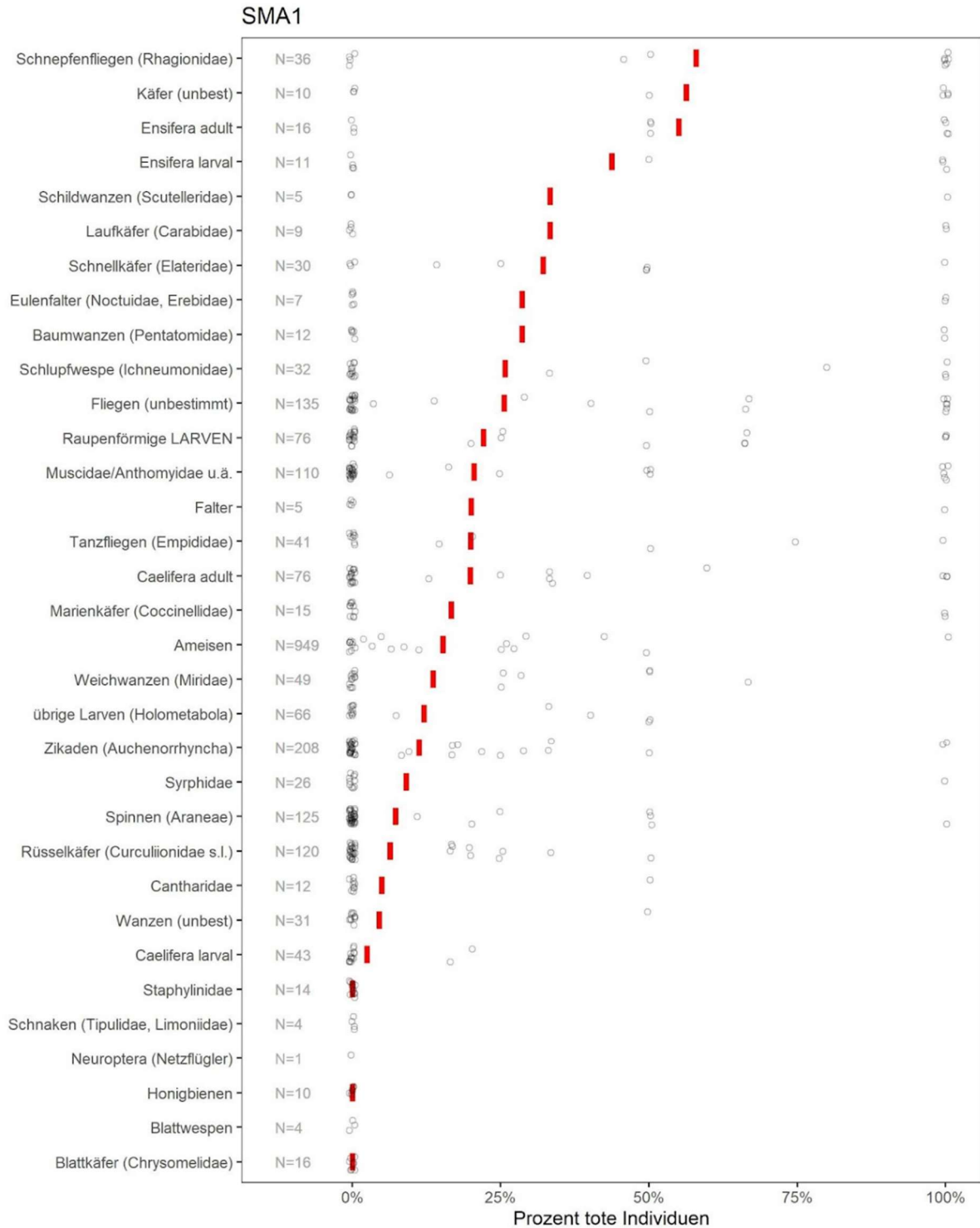
Einzelwerte sind als Kreisfläche, der arithmetische Mittelwert als roter Balken dargestellt (N = 48 Probepunkte = 8 Versuchstage mit 2 Mähdurchgängen und 3 Probepunkte pro Mähdurchgang). Wenn Larven einer Gruppe zusätzlich aufgelistet sind, so handelt es sich bei der Sterblichkeit einer Gruppe nur um die Sterblichkeit adulter Tiere. Mittelwert nur für Taxa mit N > 4 angeführt. N = Anzahl der Individuen pro Taxon.

Appendix 13: Die Sterblichkeit (Anteil toter Insekten) pro Probepunkt (aufsummiert: Wegfliegende, im Mähgut und vom Boden aufgesaugt) in Prozent für alle registrierten Taxa für die Mähvariante SMA.



Einzelwerte sind als Kreisfläche, der arithmetische Mittelwert als roter Balken dargestellt (N = 48 Probepunkte = 8 Versuchstage mit 2 Mähdurchgängen und 3 Probepunkte pro Mähdurchgang). Wenn Larven einer Gruppe zusätzlich aufgelistet sind, so handelt es sich bei der Sterblichkeit einer Gruppe nur um die Sterblichkeit adulter Tiere. Mittelwert nur für Taxa mit N > 4 angeführt. N = Anzahl der Individuen pro Taxon.

Appendix 14: Die Sterblichkeit (Anteil toter Insekten) pro Probepunkt (aufsummiert: Wegfliegende, im Mähgut und vom Boden aufgesaugt) in Prozent für alle registrierten Taxa für die Mähvariante SMA1.



Einzelwerte sind als Kreisfläche, der arithmetische Mittelwert als roter Balken dargestellt (N = 48 Probepunkte = 8 Versuchstage mit 2 Mähdurchgängen und 3 Probepunkte pro Mähdurchgang). Wenn Larven einer Gruppe zusätzlich aufgelistet sind, so handelt es sich bei der Sterblichkeit einer Gruppe nur um die Sterblichkeit adulter Tiere. Mittelwert nur für Taxa mit N > 4 angeführt. N = Anzahl der Individuen pro Taxon.

Appendix 15: Die Sterblichkeit (Anteil toter Insekten) pro Probepunkt (aufsummiert: Wegfliegende, im Mähgut und vom Boden aufgesaugt) in Prozent für alle registrierten Taxa für die Mähvariante SMA2.

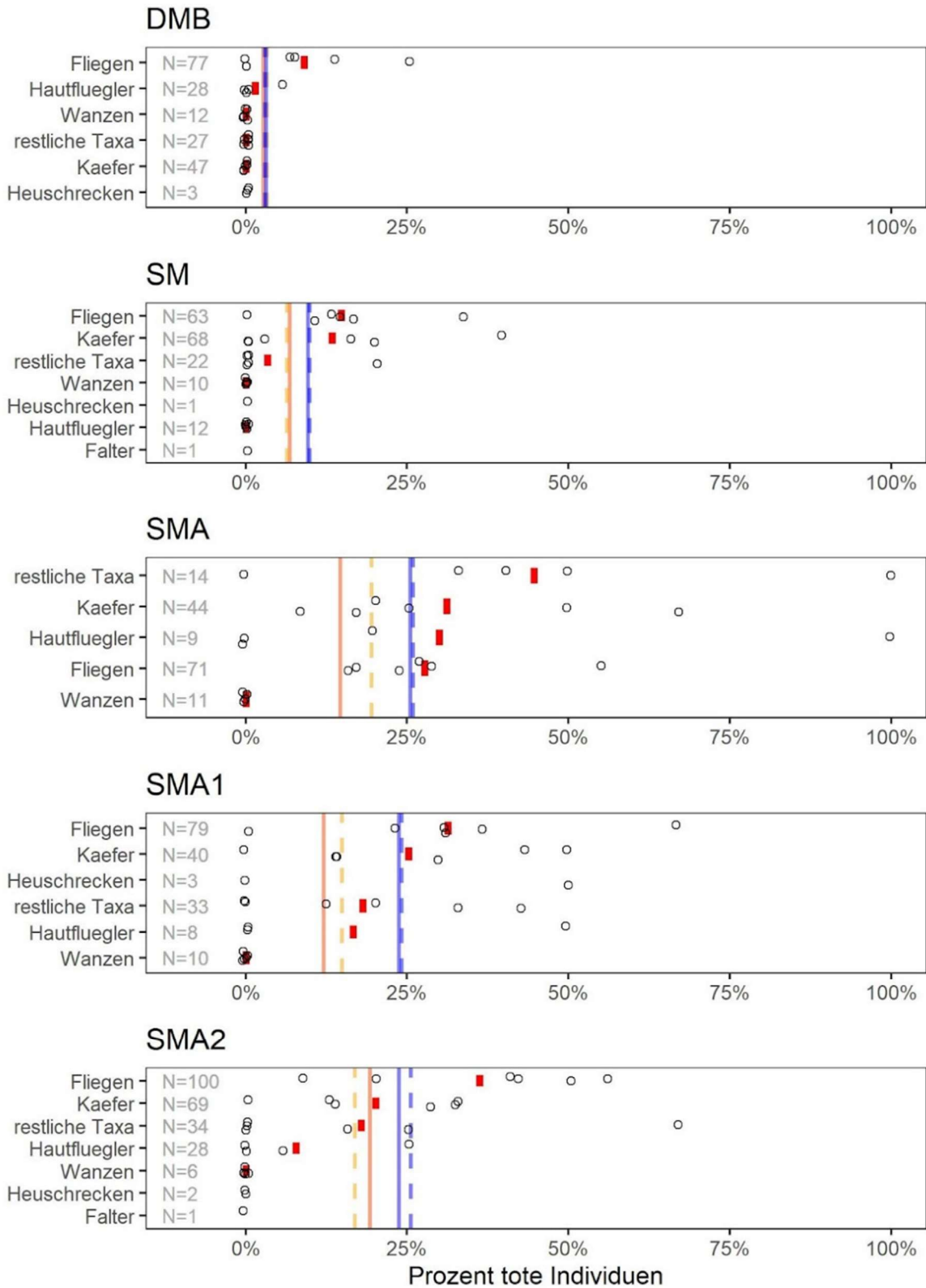


Einzelwerte sind als Kreisfläche, der arithmetische Mittelwert als roter Balken dargestellt (N = 48 Probepunkte = 8 Versuchstage mit 2 Mähdurchgängen und 3 Probepunkte pro Mähdurchgang). Wenn Larven einer Gruppe zusätzlich aufgelistet sind, so handelt es sich bei der Sterblichkeit einer Gruppe nur um die Sterblichkeit adulter Tiere. Mittelwert nur für Taxa mit N > 4 angeführt. N = Anzahl der Individuen pro Taxon.

Appendix C4 – Gesamtsterblichkeit per Taxon, Mähvariante und Datum

Appendix 16: Die Sterblichkeit (Anteil toter Insekten) pro Probepunkt (aufsummiert: Wegfliegende, im Mähgut und vom Boden aufgesaugt) in Prozent für alle Großtaxa und den Mähtermin am 1. Juni 2021.

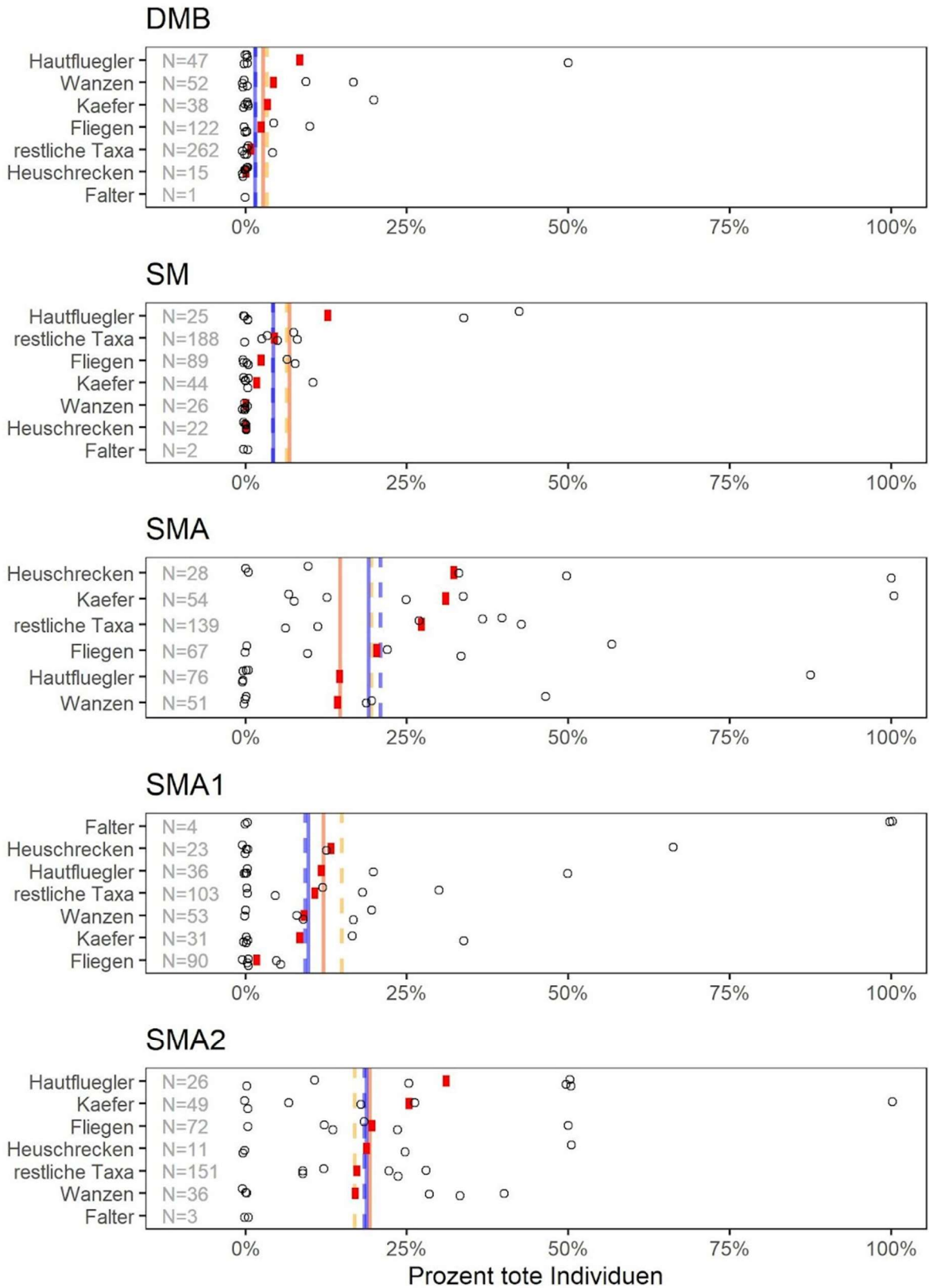
01. Juni 2021, Frankenmarkt



Einzelwerte sind als Kreisfläche, der arithmetische Mittelwert als roter Balken dargestellt (N per Mähvariante: 6 Probepunkte = 2 Mähdurchgänge x 3 Probepunkte). Mittelwert nur für Taxa mit $N > 4$ angeführt. N = Anzahl der Individuen pro Taxon. Orange durchgezogene Linie = Gesamt-Sterblichkeit für entsprechende Mähvariante und das gesamte Datenset, blaue durchgezogene Linie = Gesamt-Sterblichkeit für entsprechende Mähvariante für dargestelltes Datum. Strichlierte Linien: äquivalente Berechnung zu durchgezogenen Linien mit Datenset ohne Ameisen.

Appendix 17: Die Sterblichkeit (Anteil toter Insekten) pro Probepunkt (aufsummiert: Wegfliegende, im Mähgut und vom Boden aufgesaugt) in Prozent für alle Großtaxa und den Mähtermin am 20. Juli 2021.

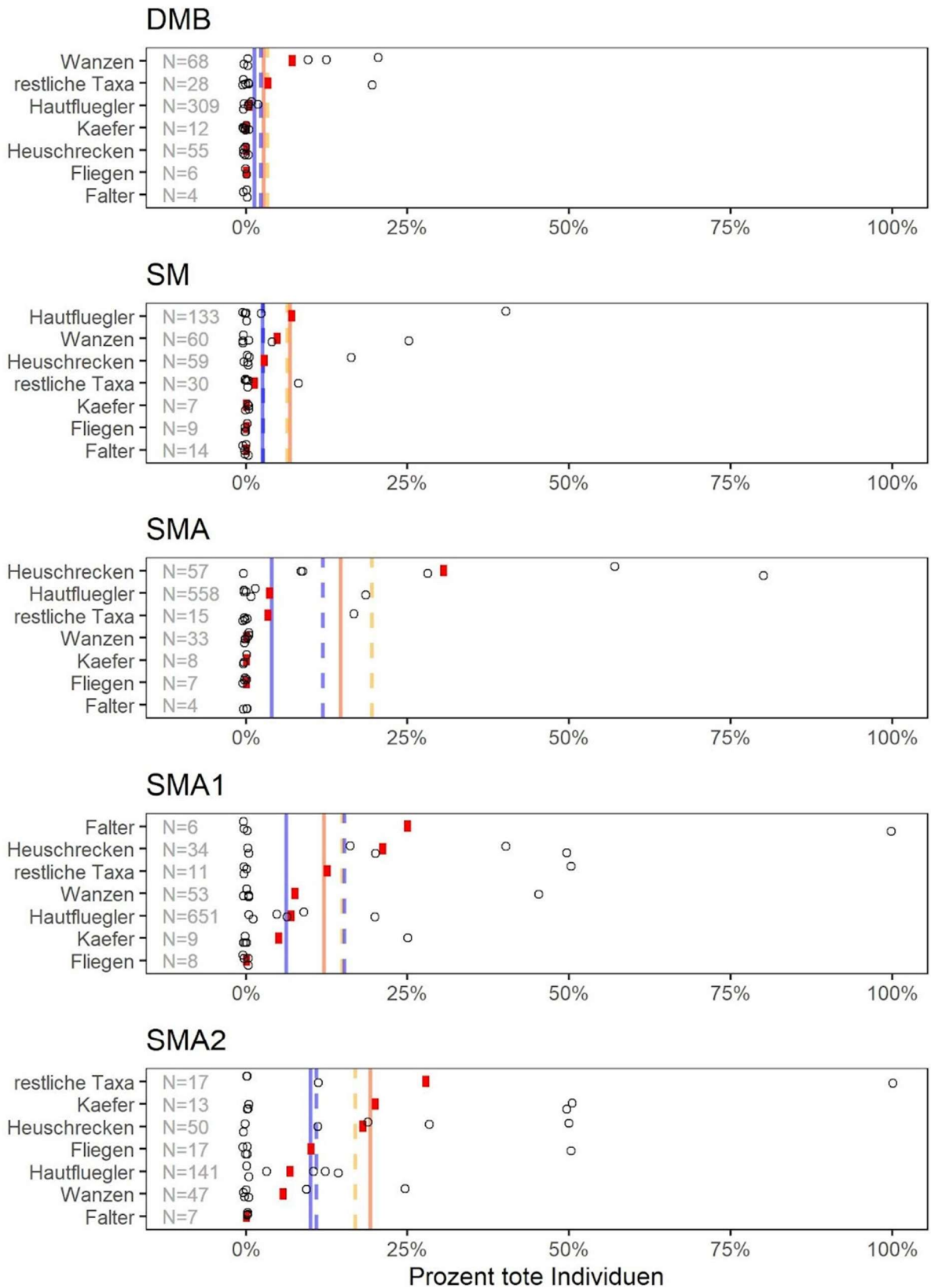
20. Juli 2021, Frankenmarkt



Einzelwerte sind als Kreisfläche, der arithmetische Mittelwert als roter Balken dargestellt (N per Mähvariante: 6 Probepunkte = 2 Mähdurchgänge x 3 Probepunkte). Mittelwert nur für Taxa mit N > 4 angeführt. N = Anzahl der Individuen pro Taxon. Orange durchgezogene Linie = Gesamt-Sterblichkeit für entsprechende Mähvariante und das gesamte Datenset, blaue durchgezogene Linie = Gesamt-Sterblichkeit für entsprechende Mähvariante für dargestelltes Datum. Strichlierte Linien: äquivalente Berechnung zu durchgezogenen Linien mit Datenset ohne Ameisen.

Appendix 18: Die Sterblichkeit (Anteil toter Insekten) pro Probepunkt (aufsummiert: Wegfliegende, im Mähgut und vom Boden aufgesaugt) in Prozent für alle Großtaxa und den Mähtermin am 21. Juli 2021.

21. Juli 2021, Welser Flugfeld



Einzelwerte sind als Kreisfläche, der arithmetische Mittelwert als roter Balken dargestellt (N per Mähvariante: 6 Probepunkte = 2 Mähdurchgänge x 3 Probepunkte). Mittelwert nur für Taxa mit N > 4 angeführt. N = Anzahl der Individuen pro Taxon. Orange durchgezogene Linie = Gesamt-Sterblichkeit für entsprechende Mähvariante und das gesamte Datenset, blaue durchgezogene Linie = Gesamt-Sterblichkeit für entsprechende Mähvariante für dargestelltes Datum. Strichlierte Linien: äquivalente Berechnung zu durchgezogenen Linien mit Datenset ohne Ameisen.

Appendix 19: Die Sterblichkeit (Anteil toter Insekten) pro Probepunkt (aufsummiert: Wegfliegende, im Mähgut und vom Boden aufgesaugt) in Prozent für alle Großtaxa und den Mähtermin am 1. Oktober 2021.

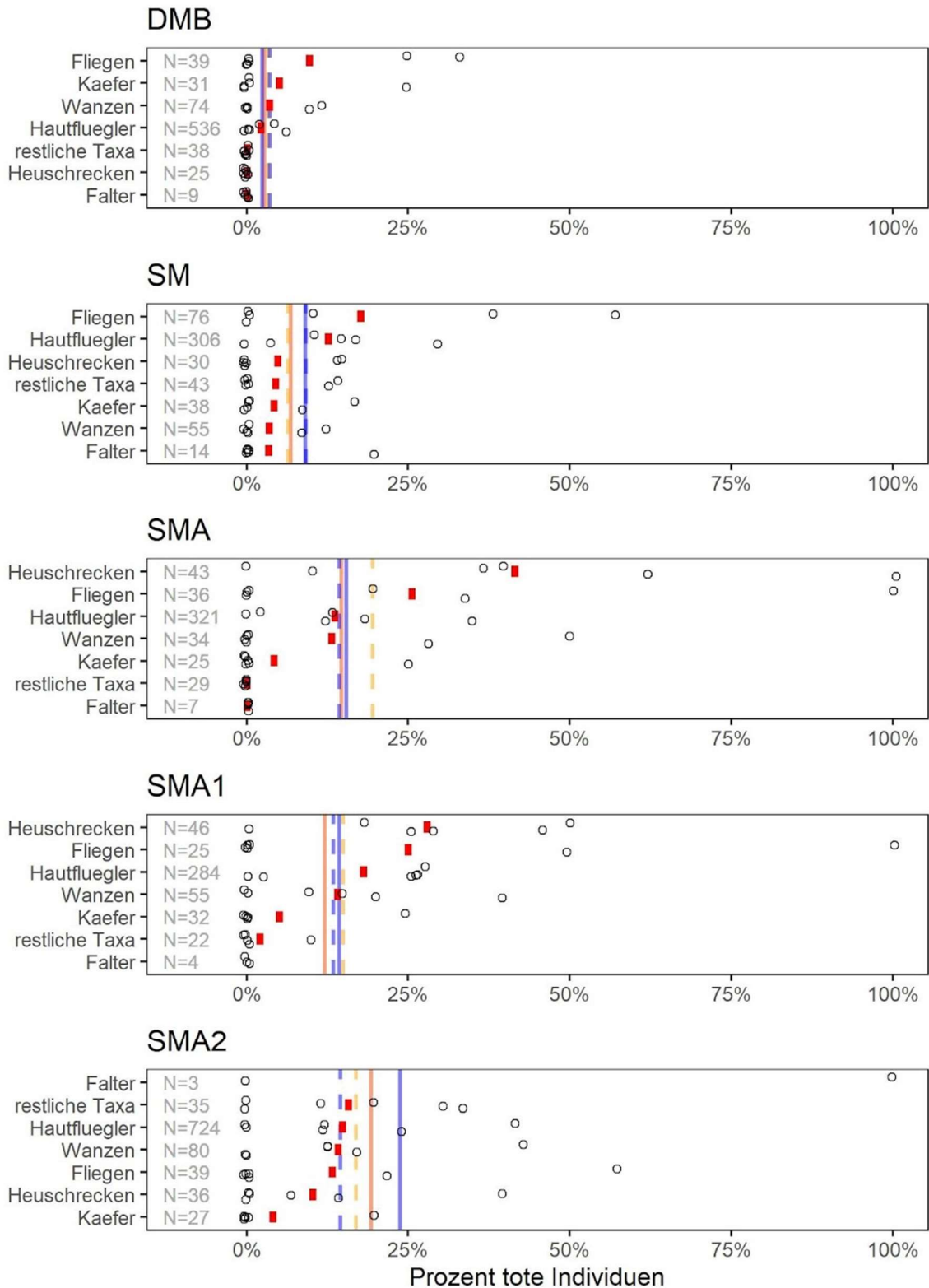
01. Oktober 2021, Frankenmarkt



Einzelwerte sind als Kreisfläche, der arithmetische Mittelwert als roter Balken dargestellt (N per Mähvariante: 6 Probepunkte = 2 Mähdurchgänge x 3 Probepunkte). Mittelwert nur für Taxa mit N > 4 angeführt. N = Anzahl der Individuen pro Taxon. Orange durchgezogene Linie = Gesamt-Sterblichkeit für entsprechende Mähvariante und das gesamte Datenset, blaue durchgezogene Linie = Gesamt-Sterblichkeit für entsprechende Mähvariante für dargestelltes Datum. Strichlierte Linien: äquivalente Berechnung zu durchgezogenen Linien mit Datenset ohne Ameisen.

Appendix 20: Die Sterblichkeit (Anteil toter Insekten) pro Probepunkt (aufsummiert: Wegfliegende, im Mähgut und vom Boden aufgesaugt) in Prozent für alle Großtaxa und den Mähtermin am 12. Mai 2022.

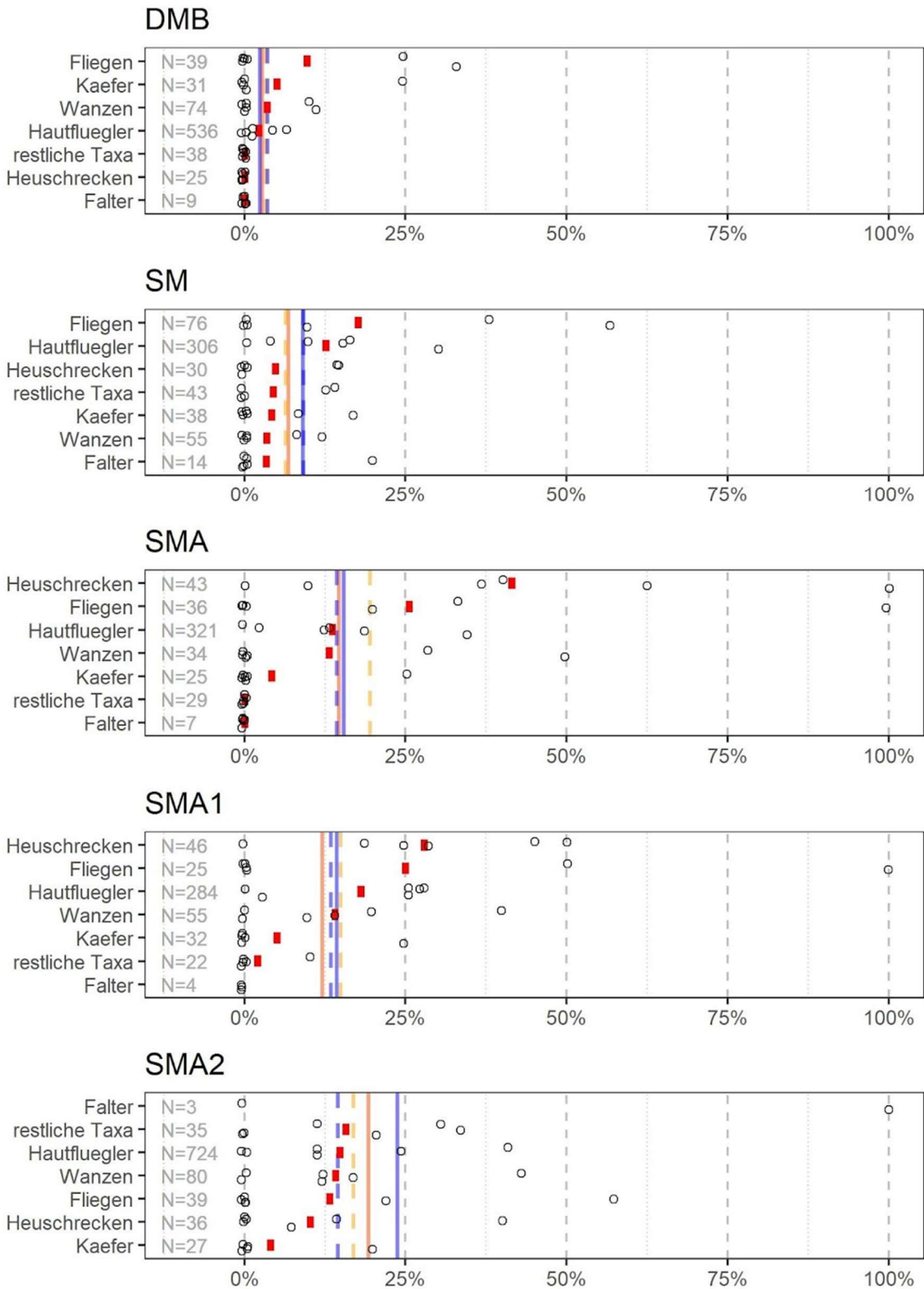
12. Juli 2022, Micheldorf



Einzelwerte sind als Kreisfläche, der arithmetische Mittelwert als roter Balken dargestellt (N per Mähvariante: 6 Probepunkte = 2 Mähdurchgänge x 3 Probepunkte). Mittelwert nur für Taxa mit N > 4 angeführt. N = Anzahl der Individuen pro Taxon. Orange durchgezogene Linie = Gesamt-Sterblichkeit für entsprechende Mähvariante und das gesamte Datenset, blaue durchgezogene Linie = Gesamt-Sterblichkeit für entsprechende Mähvariante für dargestelltes Datum. Strichlierte Linien: äquivalente Berechnung zu durchgezogenen Linien mit Datenset ohne Ameisen.

Appendix 21: Die Sterblichkeit (Anteil toter Insekten) pro Probepunkt (aufsummiert: Wegfliegende, im Mähgut und vom Boden aufgesaugt) in Prozent für alle Großtaxa und den Mähtermin am 12. Juli 2022.

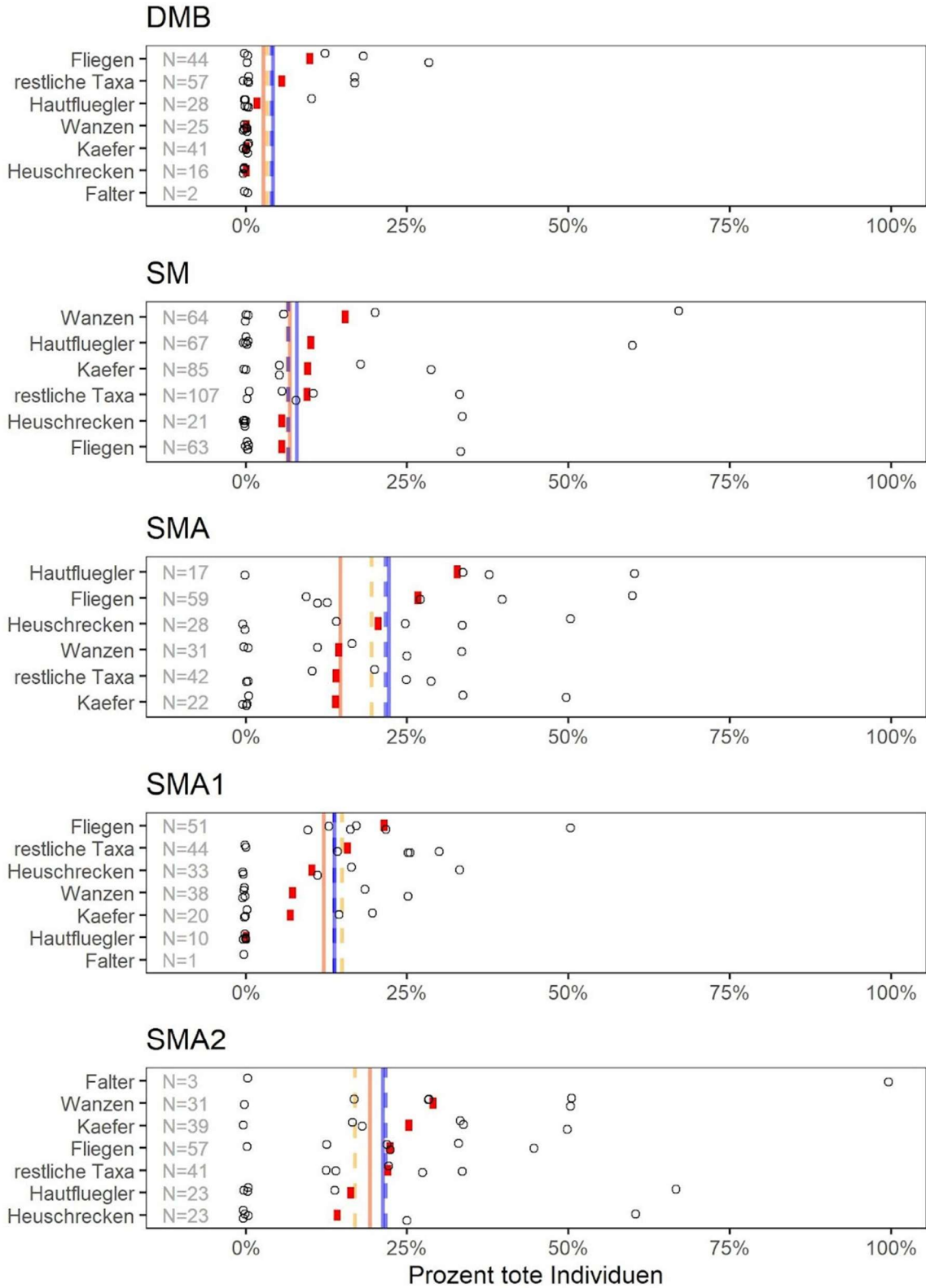
12. Juli 2022, Micheldorf



Einzelwerte sind als Kreisfläche, der arithmetische Mittelwert als roter Balken dargestellt (N per Mähvariante: 6 Probepunkte = 2 Mähdurchgänge x 3 Probepunkte). Mittelwert nur für Taxa mit $N > 4$ angeführt. N = Anzahl der Individuen pro Taxon. Orange durchgezogene Linie = Gesamt-Sterblichkeit für entsprechende Mähvariante und das gesamte Datenset, blaue durchgezogene Linie = Gesamt-Sterblichkeit für entsprechende Mähvariante für dargestelltes Datum. Strichlierte Linien: äquivalente Berechnung zu durchgezogenen Linien mit Datenset ohne Ameisen.

Appendix 22: Die Sterblichkeit (Anteil toter Insekten) pro Probepunkt (aufsummiert: Wegfliegende, im Mähgut und vom Boden aufgesaugt) in Prozent für alle Großtaxa und den Mähtermin am 13. Juli 2022.

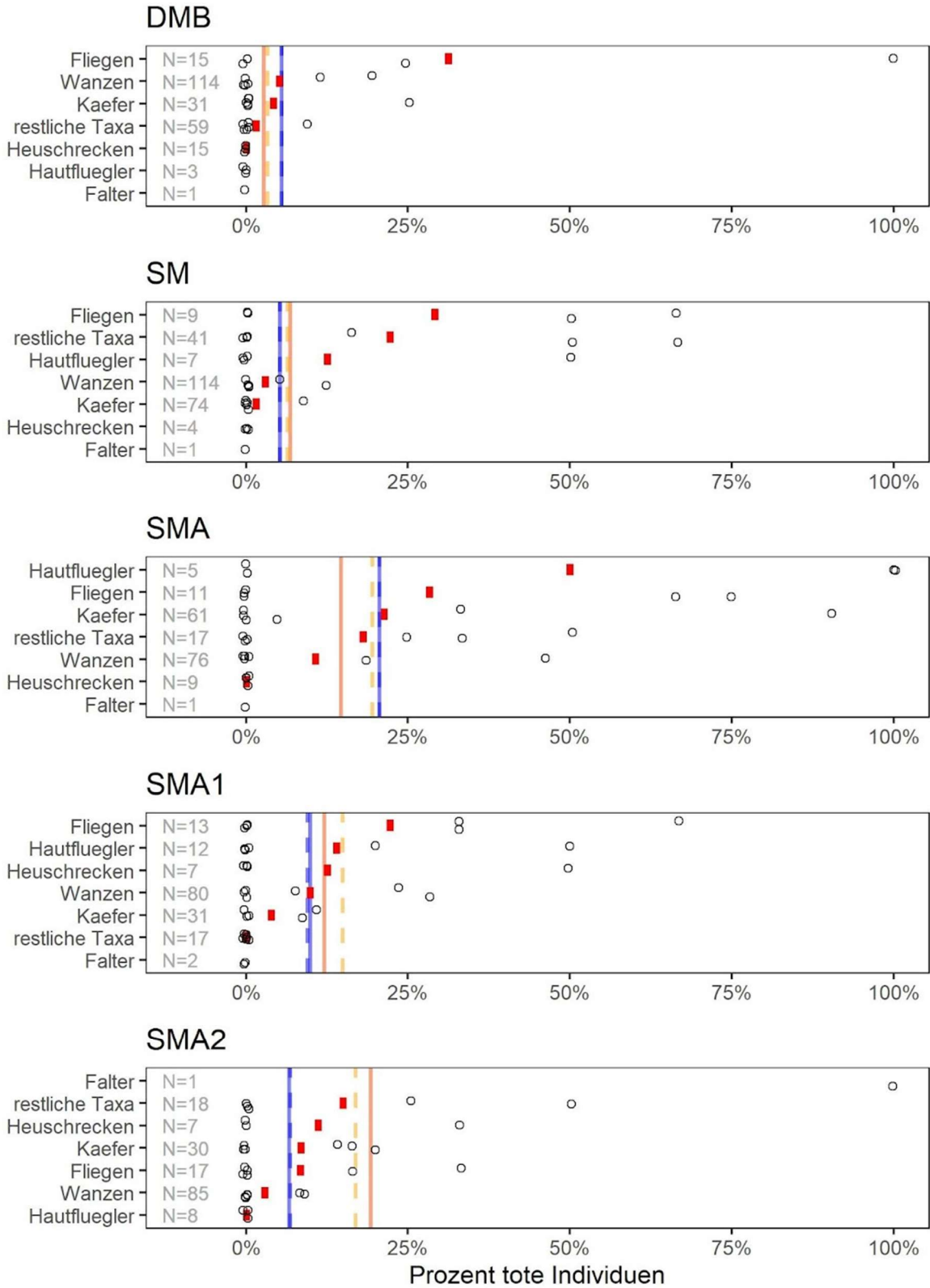
13. Juli 2022, Frankenmarkt



Einzelwerte sind als Kreisfläche, der arithmetische Mittelwert als roter Balken dargestellt (N per Mähvariante: 6 Probepunkte = 2 Mähdurchgänge x 3 Probepunkte). Mittelwert nur für Taxa mit $N > 4$ angeführt. N = Anzahl der Individuen pro Taxon. Orange durchgezogene Linie = Gesamt-Sterblichkeit für entsprechende Mähvariante und das gesamte Datenset, blaue durchgezogene Linie = Gesamt-Sterblichkeit für entsprechende Mähvariante für dargestelltes Datum. Strichlierte Linien: äquivalente Berechnung zu durchgezogenen Linien mit Datenset ohne Ameisen.

Appendix 23: Die Sterblichkeit (Anteil toter Insekten) pro Probepunkt (aufsummiert: Wegfliegende, im Mähgut und vom Boden aufgesaugt) in Prozent für alle Großtaxa und den Mähtermin am 23. August 2022.

23. August 2022, Frankenmarkt

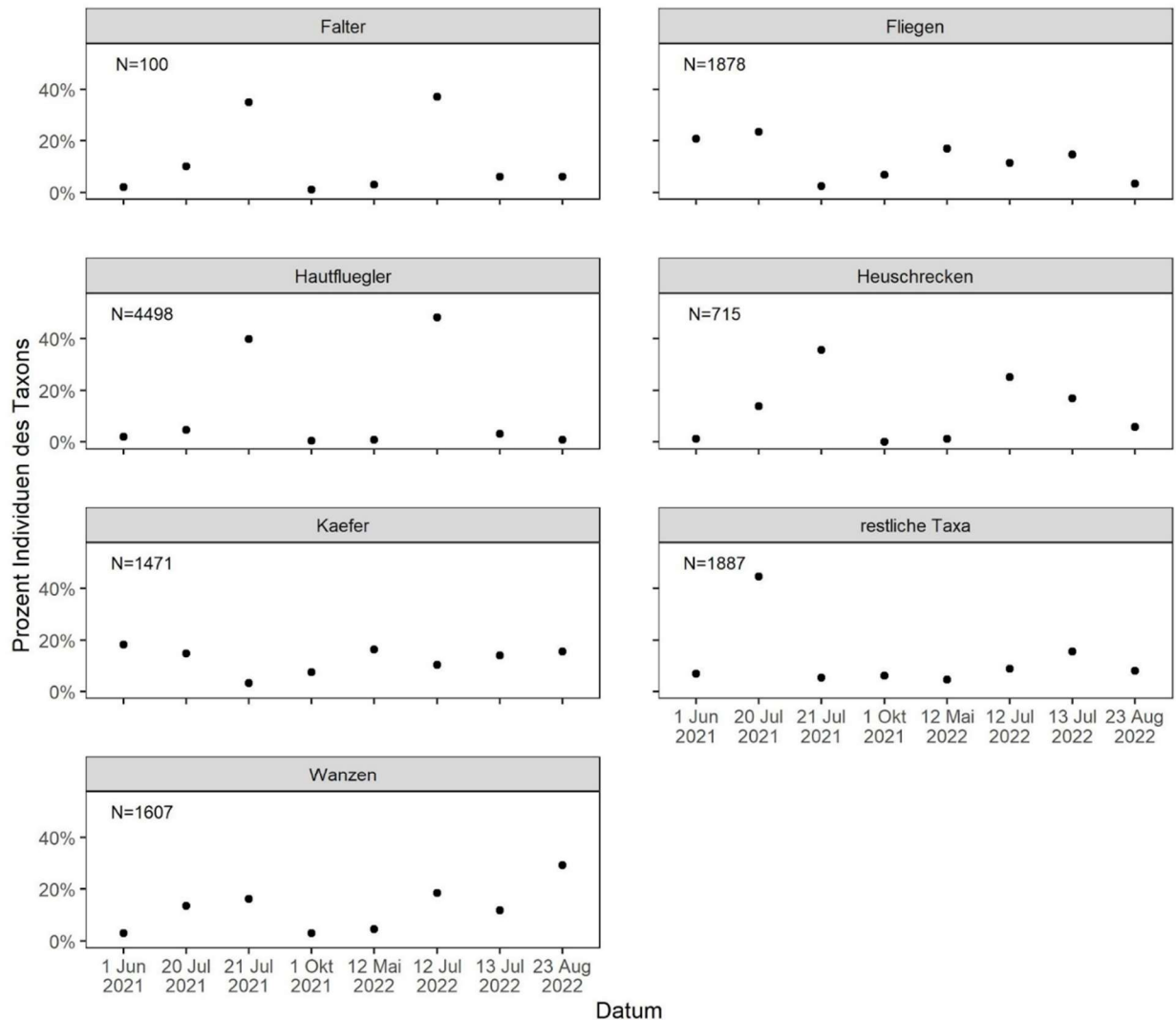


Einzelwerte sind als Kreisfläche, der arithmetische Mittelwert als roter Balken dargestellt (N per Mähvariante: 6 Probepunkte = 2 Mähdurchgänge x 3 Probepunkte). Mittelwert nur für Taxa mit N > 4 angeführt. N = Anzahl der Individuen pro Taxon. Orange durchgezogene Linie = Gesamt-Sterblichkeit für entsprechende Mähvariante und das gesamte Datenset, blaue durchgezogene Linie = Gesamt-Sterblichkeit für entsprechende Mähvariante für dargestelltes Datum. Strichlierte Linien: äquivalente Berechnung zu durchgezogenen Linien mit Datenset ohne Ameisen.

Appendix D: Zeitliches Auftreten verschiedener Insektengruppen

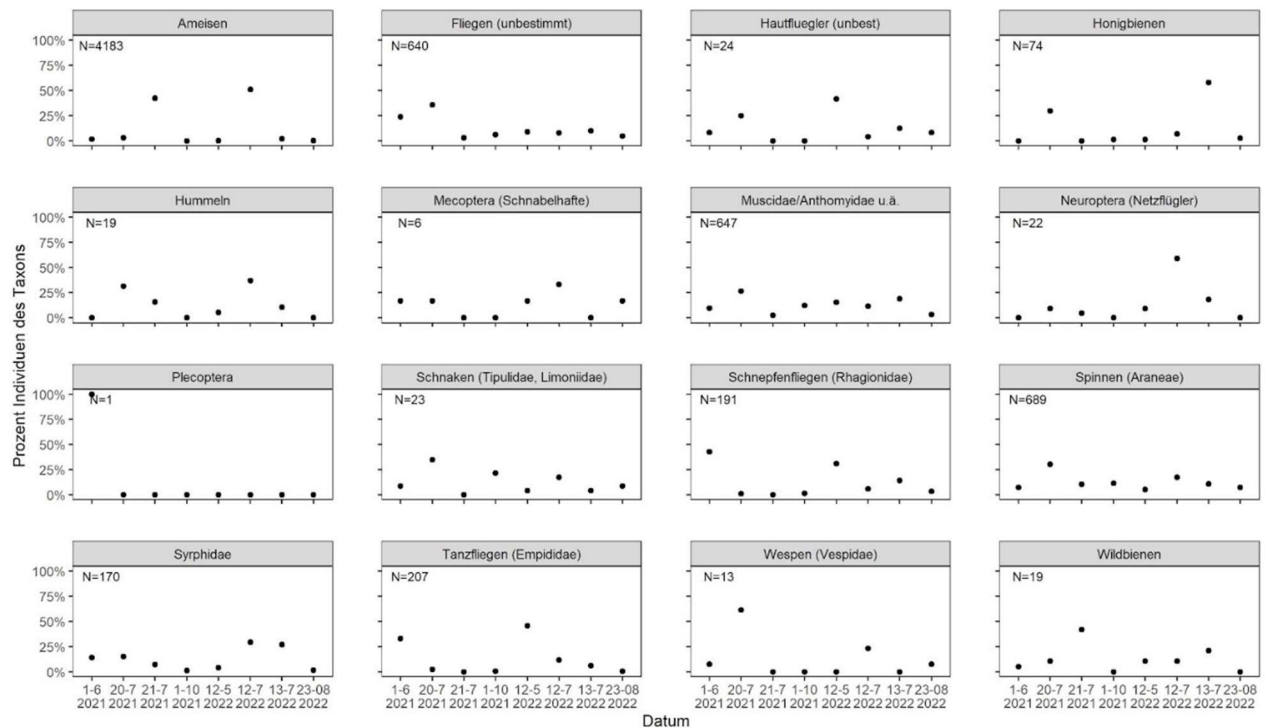
Appendix D1 – Prozentanteile: Anteilsverlauf nach Datum

Appendix 24: Ungleichmäßige und unterschiedliche Verteilung der Individuenanteile im Verlauf der Versuchstermine des Projekts.



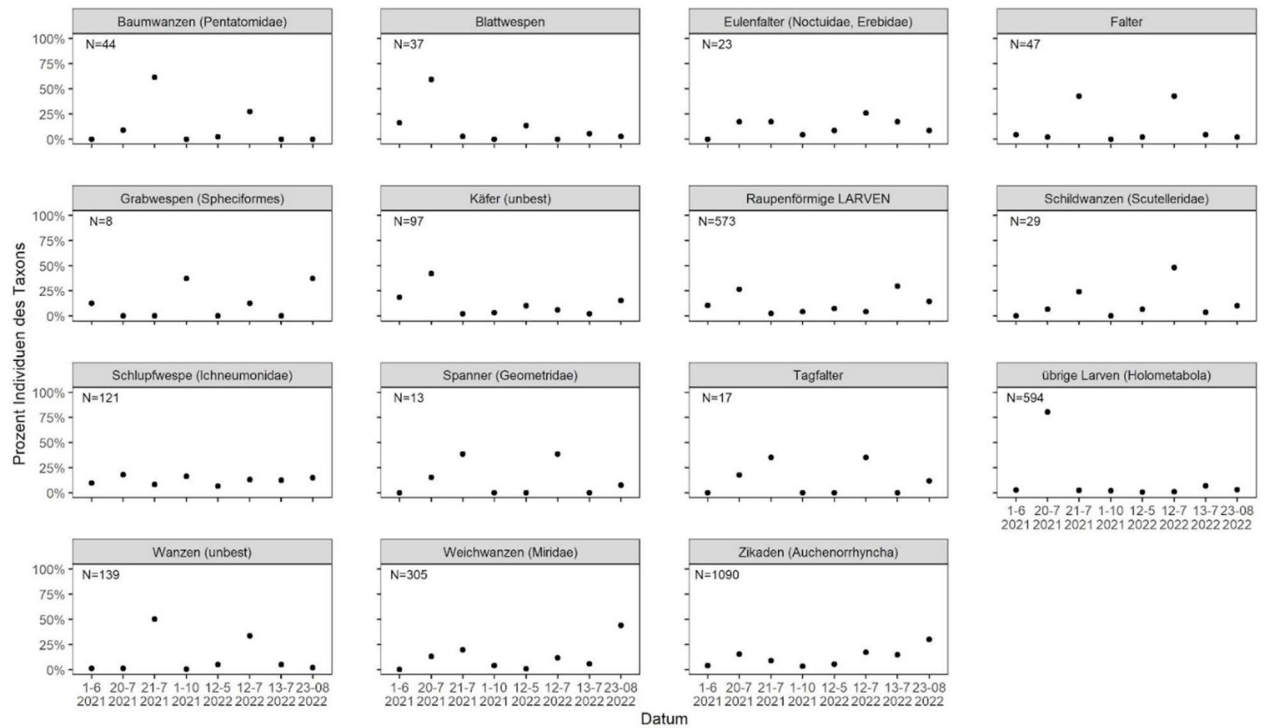
Für jede der dargestellten systematischen Einheiten (Taxa) ist zu jedem Versuchstag der prozentuelle Anteil an der Gesamtsumme (100% = Summe aller Individuen einer Gruppe aller 8 Versuchstage mit jeweils 2 x 5 Mähdurchgängen) dargestellt.

Appendix 25: Ungleichmäßige und unterschiedliche Verteilung der Individuenanteile im Verlauf der Versuchstermine des Projekts auch für kleinere systematische Einheiten (vgl. Appendix 24).

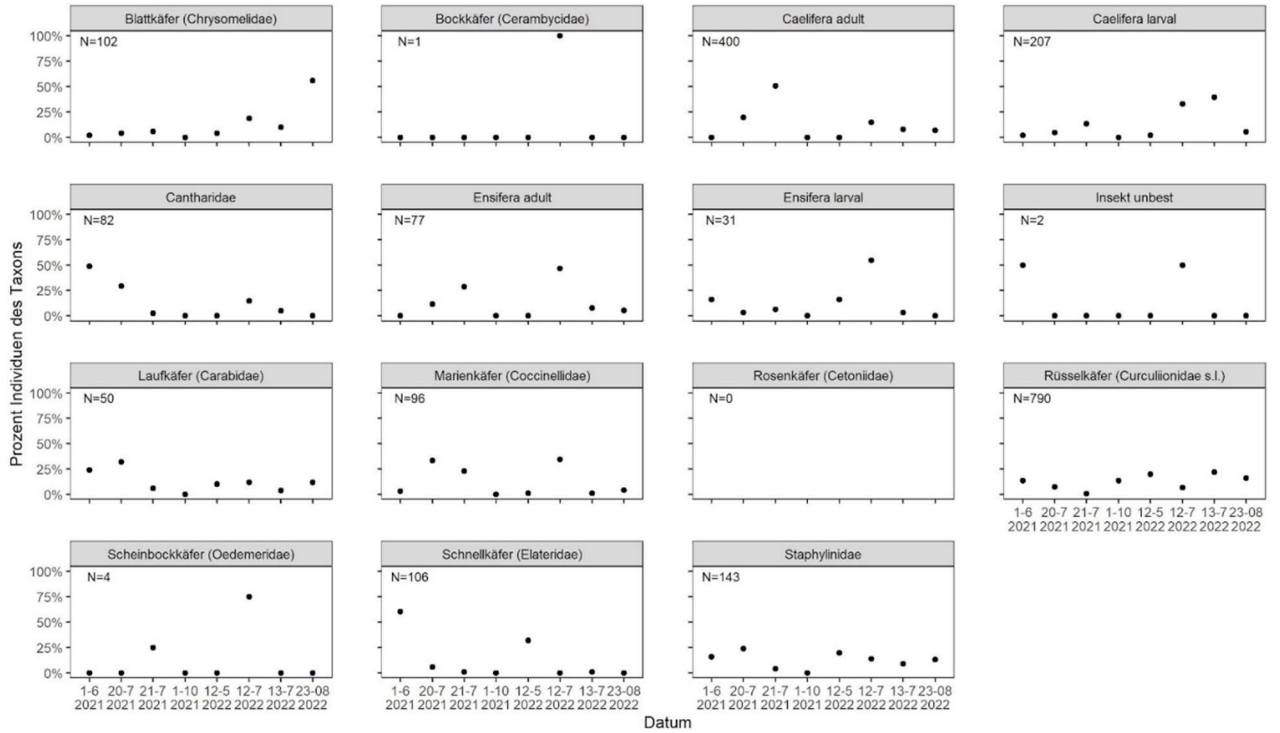


Für jede der aufgezeigten systematischen Einheiten (Taxa) ist zu jedem Versuchstag der prozentuelle Anteil an der Gesamtsumme (100% = Summe aller Individuen einer Gruppe aller 8 Versuchstage mit jeweils 2 x 5 Mähdurchgängen) dargestellt.

Appendix 26: Ungleichmäßige und unterschiedliche Verteilung der Individuenanteile im Verlauf der Versuchstermine. Siehe Erklärung in Appendix 25.

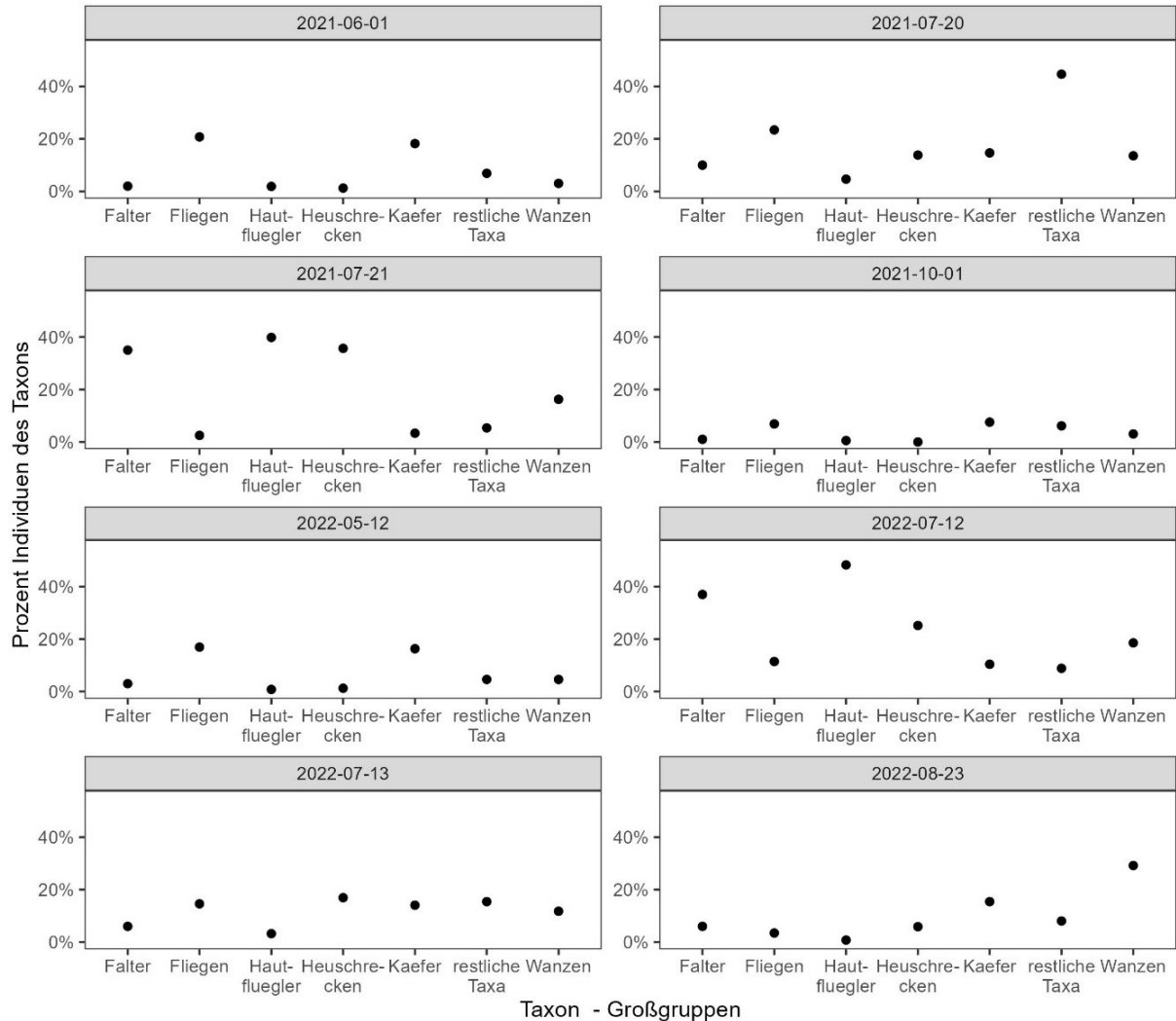


Appendix 27: Ungleichmäßige und unterschiedliche Verteilung der Individuenanteile im Verlauf der Versuchstermine. Siehe Erklärung in Appendix 25.



Appendix D2 – Prozentanteile der verschiedenen Gruppen zu jedem Versuchstermin

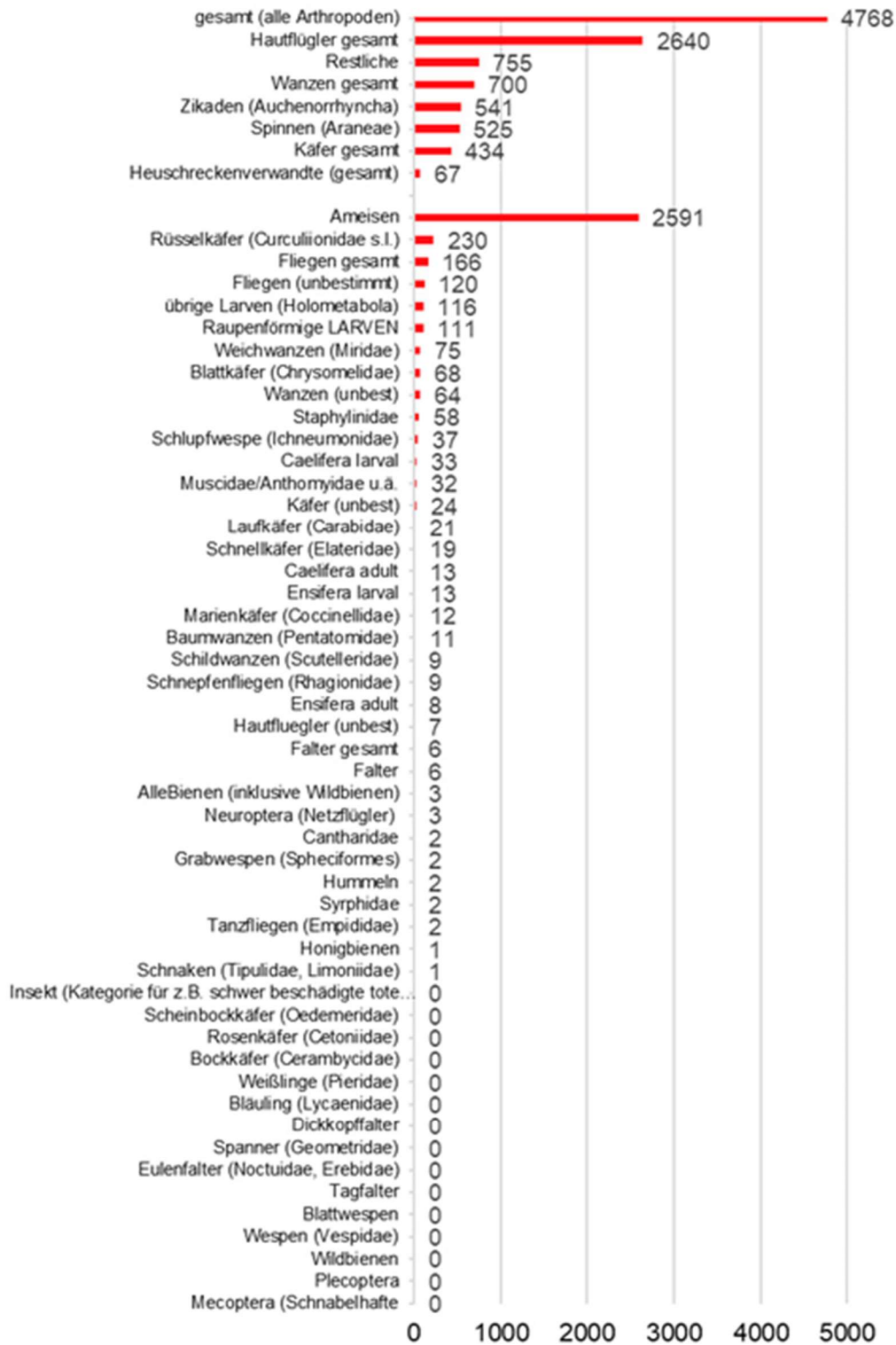
Appendix 28: Prozentanteile der verschiedenen Gruppen zu jedem Versuchstermin (Werte ident zur Darstellung in C1).



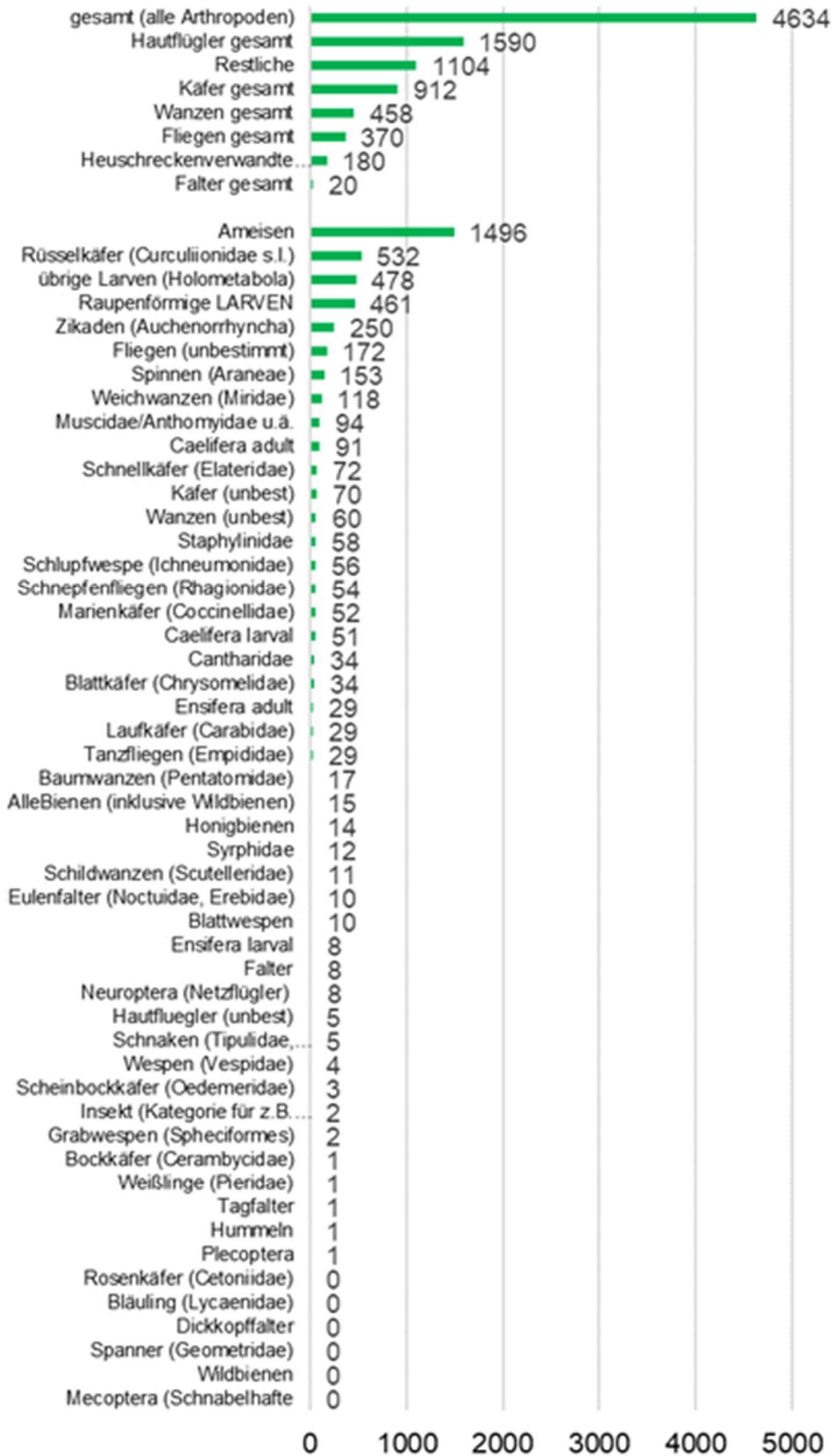
Für jede der aufgezeigten systematischen Einheiten (Taxa) ist zu jedem Versuchstag der prozentuelle Anteil an der Gesamtsumme (100 % = Summe aller Individuen einer Gruppe aller 8 Versuchstage mit jeweils 2 x 5 Mähdurchgängen) dargestellt. (Werte ident zu Appendix 24, nur unterschiedliche Darstellung); Falter: N = 100; Fliegen: N = 1878; Hautflügler: N = 4498; Heuschrecken: N = 715; Käfer: N = 1471; restliche Taxa: N = 1887; Wanzen: N = 1607.

Appendix E: Insektenvorkommen in den unterschiedlichen Proben

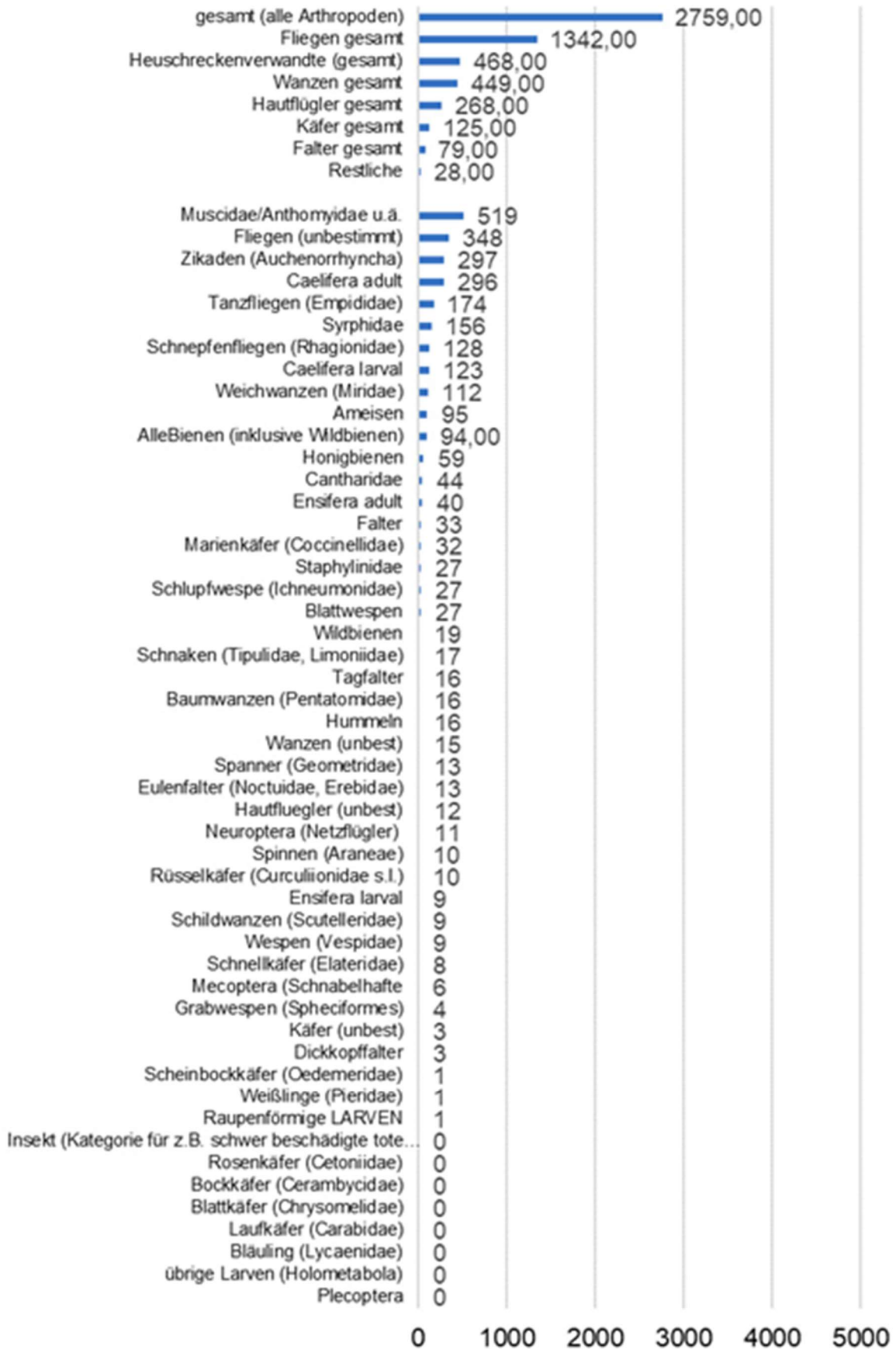
Appendix 29: Detaillierte Auflistung zur Abbildung 33 für Insekten, die vom Boden aufgesaugt wurden.



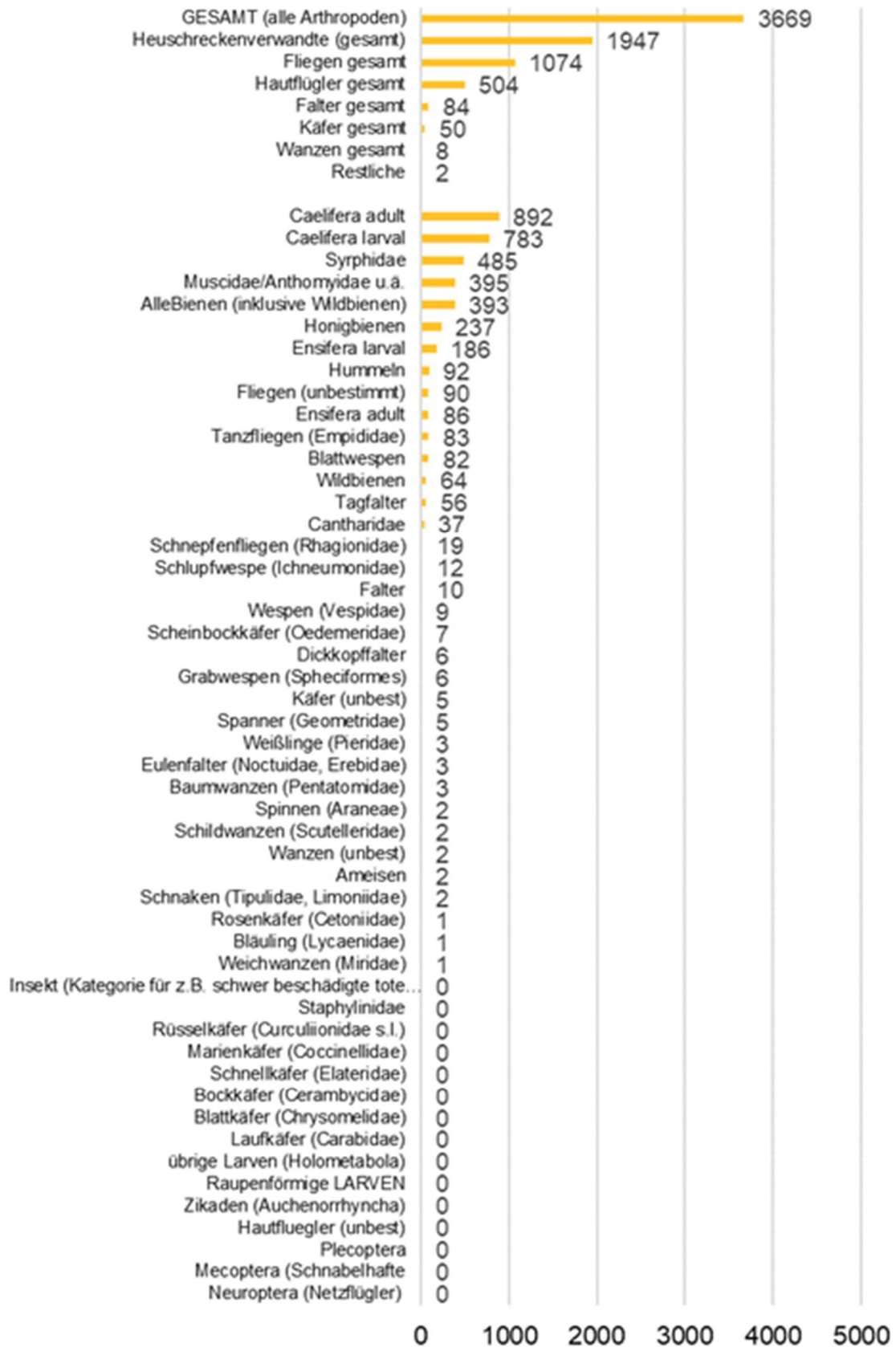
Appendix 30: Detaillierte Auflistung zur Abbildung 33 für Insekten, die im Mähgut beobachtet wurden.



Appendix 31: Detaillierte Auflistung zur Abbildung 33 für wegfliegende Insekten.



Appendix 32: Detaillierte Auflistung zur Abbildung 33 für Insekten die im Blüh- oder Heuschreckentransekt vor der Mahd beobachtet wurden.



Appendix 33: Anteil nicht wiedergefundener Heuschrecken beim Wiederfangversuch eingefärbter Heuschrecken (verändert nach Steiner & Zehl 2022).

	Anzahl ausgesetzter Individuen	Daraus wurden in Prozent nicht wieder aufgefunden:
DMB	97	2,7%
SM	97	1,8%
SMA	84	8,0%
SMA1	94	19,6%
SMA2	92	18,8%

Appendix C: Alternative Modellberechnungen

Appendix 34: Modellierung der gewichteten Sterblichkeit aller Individuen mittels eines GEE-Modells (GEE = Generalized Estimating Equations). Die Modellselektion erfolgte mittels des QIC (Quasi Information Criteriums). SE = Standardabweichung. Referenzfaktoren: Mähvariante = DMB, Ort = Frankenmarkt. MD = Micheldorf.

Variablen	Abhängige Variablen			
	Koeffizient	SE	Wald-Statistik	Signifikanz
Interzept	-3.77	6.00	0.39	0.530
Mähmethode - SM	1.89	0.58	10.51	0.001
Mähmethode - SMA	6.66	1.19	31.11	<0.001
Mähmethode - SMA1	5.21	0.97	28.81	<0.001
Mähmethode - SMA2	6.18	1.39	19.72	<0.001
Ort - MD	8.01	1.91	17.55	<0.001
Ort - Wels	-0.00	2.34	0.00	0.999
Temperatur [°C]	0.23	0.18	1.60	0.206
Wind [Beaufort]	-0.47	0.46	1.05	0.306
Bewölkung	-0.17	0.51	0.11	0.742
rel. Luftfeuchte [%]	0.01	0.06	0.01	0.903
Wuchshöhe [cm]	-0.00	0.02	0.00	0.975
Beobachtungen	240			

Projektnehmer

ARGE Insektenschonendes Mähen

Zitiervorschlag: Hintringer, J., Schorkopf, D., Schwarz, M., Alber, O., Baumgartner, M., Braun, R., Fritscher, M., Handler, F., Mayr, J., Morawetz, L., Neumayer, J., Pachinger, B. & Frühwirth, P.: (2023): Erhebung von Grundlagen zur Bewertung insektenschonender Mähetechniken im Wirtschaftsgrünland und in artenreichen Magerwiesen. Im Auftrag des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft. Linz. 168 pp.