



D-A-CH-Ökomähtechnik

Förderung der Biodiversität auf

Strassenbegleitgrün durch

innovative maschinelle

Pflegemassnahmen

Ein Projekt finanziert im Rahmen der

DACH Kooperation

Verkehrsinfrastrukturforschung 2022

DACH 2022

Juli 2026

Impressum

Programmerstellung und -finanzierung der DACH Kooperation:

Bundesministerium für Verkehr (BMV)
Invalidenstraße 44
10115 Berlin
Deutschland



Bundesministerium
für Verkehr

Bundesministerium für Innovation, Mobilität und
Infrastruktur (BMIMI)
Radetzkystraße 2
1030 Wien
Österreich



Bundesministerium
Innovation, Mobilität
und Infrastruktur

Bundesamt für Strassen (ASTRA)
Papiermühlestrasse 13
3063 Ittigen
Schweiz



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Strassen ASTRA

Programmmanagement:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH
Sensengasse 1
1090 Wien
Österreich



FFG
Forschung wirkt.

Für den Projektinhalt verantwortlich:

nateco AG
Sissacherstrasse 20
4460 Gelterkinden
Schweiz



D-A-CH-Ökomähtechnik

Förderung der Biodiversität auf Strassenbegleitgrün durch innovative maschinelle Pfleagemassnahmen

DACH 2022

Auftragnehmer

nateco AG

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW), Institut für
Umwelt und Natürliche Ressourcen (IUNR)

Autorinnen und Autoren

Lukas Bollack

Chiara Catalano

Jürgen Dengler

Reto Hagenbuch

Jasmin Hümbelin

Fabian Klimmek

Kaspar Kluth

Nina König

Franziska Opitz

Jürg Schlegel

Eline Staubli

Alexander Szallies

Seline Tobler

Esther Vogel

Inhaltsverzeichnis

Impressum.....	2
Abstract	6
Zusammenfassung	8
1 Einleitung.....	10
1.1 Zustand der Biodiversität des Grünlands im DACH-Raum...	10
1.2 Das Potenzial des Grünlands von Strassenböschungen für die Förderung der Biodiversität	12
1.3 Die aktuelle Pflege des Grünlands von Strassenböschungen und ihre Auswirkungen auf die Biodiversität	13
1.4 Möglichkeiten zur Erhöhung des ökologischen Werts des Grünlands von Strassenböschungen	15
1.5 Zielsetzung des Forschungsprojekts	16
2 Stand der Forschung.....	17
2.1 Mortalität von Arthropoden beim Mähen	20
2.2 Aufnahme des Mahdguts	21
2.3 Weitere Massnahmen zur Förderung der Biodiversität bei der Mahd.....	23
2.4 Mähwerk	26
2.5 Mahdhöhe.....	31
2.6 Bodenkontaktflächen und Bodenkontaktflächendruck	32
2.7 Insektenscheuche	34
2.8 Studien zur Effektivität von Ökomähern	35
2.9 Versuchsanordnungen.....	37
2.10 Schlussfolgerungen	42
3 Feldversuche	46
3.1 Feldversuche 2023 - Methodenkalibrierung.....	46
3.1.1 Fragestellung	46
3.1.2 Mähgeräte	46
3.1.3 Versuchsflächen	49
3.1.4 Zeitpunkt	51
3.1.5 Vorgehen	52
3.1.6 Ergebnisse	61
3.1.7 Diskussion.....	75
3.2 Feldversuche 2025 – Vergleichender Test.....	79

3.2.1	Fragestellung	79
3.2.2	Mähgeräte	79
3.2.3	Versuchsflächen	83
3.2.4	Zeitpunkt	84
3.2.5	Vorgehen	85
3.2.6	Ergebnisse	86
3.2.7	Diskussion.....	90
4	Empfehlungen	96
4.1	Für Behörden und Unterhaltsbetriebe	96
4.2	Für Hersteller	97
4.3	Ausblick und weiterer Forschungsbedarf	97
5	Verzeichnisse	99
5.1	Literatur.....	99
5.2	Abbildungen.....	118
5.3	Tabellen.....	120
Anhang 1: Versuchsflächen 2023		122
Anhang 2: Tagesabhängige Variablen 2023		126
Anhang 3: Taxonomische Einteilung der Faunaproben		127
Anhang 4: Zeitpunkte und Standorte 2025		130
Anhang 5: Technische Daten der Mäher.....		131

Abstract

Road verges form a connected network of near-natural open habitats and, within an intensively used landscape, holds considerable potential for promoting biodiversity. However, the mowing regime and the mowing devices used are decisive in determining whether this potential is realized. Mulching, which currently predominates on road verges, causes high mortality among grassland invertebrates and leads to an impoverishment of plant communities. In recent years, biodiversity-friendly mowing heads (eco-mowers) have entered the market, but their effects have so far been scarcely investigated.

The aim of the research project was to develop a standardized method for assessing the direct effects of mowing and to use it to compare a number of eco-mowers available on the market. In two field campaigns on road verges in North-Western Switzerland, the method was first calibrated (2023) and subsequently applied to the device comparison (2025). Wax dummies served as a proxy for invertebrate mortality. The 2023 calibration compared these dummies with actual invertebrate mortality. Losses of both naturally occurring and artificially applied plant seeds were also examined. In 2025, five eco-mowers, one conventional flail mulcher as a reference, and unmown control plots were investigated.

The wax dummies reliably reflected the essential differences between the mowing devices and proved to be a suitable, low-effort proxy. What proved decisive was not the taxonomic group but the habitat stratum: animals living in the vegetation suffered far higher losses than ground-dwelling ones. This difference was well captured by wax dummies scattered on the ground and suspended in the vegetation. The methods for recording seed loss proved unsuitable (recovery rate below 1%) and were discarded.

The 2025 comparison showed that eco-mowers can significantly reduce dummy losses compared with the flail mulcher, though not all of them and not to the same extent. For the dummies placed on the ground, four of the five devices performed significantly better than the flail mulcher; for those suspended in the vegetation, only two did. Even the best mowing heads still recorded losses of over 50% here. The only eco-mower with a mulching mowing unit was unable to reduce losses significantly, whereas cutting and horizontally rotating mowing units performed considerably better. Mowing devices with insect chasing devices caused lower losses than those without. The only device that conveyed the cut material by means of an air stream caused higher losses than devices with mechanical conveyance of the cut material.

For road maintenance services and authorities, this implies that the use of eco-mowers can significantly reduce the mortality of small animals during mowing. When procuring such devices, care should be taken to ensure that they have a cutting or horizontally rotating mowing unit, mechanical pick-up of the cut material, and an insect chasing device.

Eco-mowers alone, however, are not sufficient to sustainably promote the biodiversity of road verges. An adapted mowing regime and sectional mowing have an effect on invertebrate populations that is at least as great as, if not greater than, the choice of mowing device. Sectional mowing causes hardly any additional effort and should therefore be applied wherever there is no strong pressure from woody encroachment or invasive neophytes. Eco-mowers should be used as one component within a comprehensive ecological management concept that also encompasses mowing timing, cutting frequency, cutting height, and refuge areas.

The wax-dummy method developed here makes it possible to test further devices in the future and to compare them with the mowers already tested regarding their direct effects during mowing. To investigate the long-term effects of using eco-mowers, as well as the effect of their individual components, multi-year monitoring studies and targeted investigations of the components should be carried out.

Zusammenfassung

Das Grünland an Strassenböschungen bildet ein zusammenhängendes Netz naturnaher Offenlandflächen und besitzt in der intensiv genutzten Kulturlandschaft ein hohes Potenzial für die Förderung der Biodiversität. Das Mähregime sowie die eingesetzte Mähtechnik entscheiden jedoch massgeblich darüber, ob dieses Potenzial ausgeschöpft wird. Das heute bei Strassenböschungen vorherrschende Mulchen verursacht eine hohe Mortalität bei Kleintieren und führt zu einer Verarmung der Pflanzengesellschaften. Seit einigen Jahren drängen biodiversitätsschonende Mähköpfe (Ökomäher) auf den Markt, deren Wirkung jedoch bislang kaum untersucht ist.

Das Ziel des Forschungsprojekts war es, eine standardisierte Methode zur Beurteilung der direkten Mähwirkung zu entwickeln und damit eine Anzahl von auf dem Markt verfügbaren Ökomähern zu vergleichen. In zwei Versuchsreihen auf Autobahnböschungen der Nordwestschweiz wurde die Methode zunächst kalibriert (2023) und anschliessend für den Gerätevergleich eingesetzt (2025). Als Proxy für die Arthropodenmortalität dienten Wachsattrappen. Die Kalibrierung 2023 verglich diese Attrappen mit der tatsächlichen Arthropodenmortalität. Ebenfalls untersucht wurden die Verluste von natürlich auf den Flächen vorkommenden sowie von künstlich ausgebrachten Pflanzensamen. 2025 wurden fünf Ökomäher, ein konventioneller Schlegelmulcher als Referenz und ungemähte Kontrollflächen untersucht.

Die Wachsattrappen bildeten die wesentlichen Unterschiede zwischen den Mähgeräten zuverlässig ab und erwiesen sich als geeigneter, aufwandsarmer Proxy. Entscheidend war dabei nicht die taxonomische Gruppe, sondern der Lebensbereich: In der Vegetation lebende Tiere erlitten weit höhere Verluste als bodenbewohnende. Dieser Unterschied konnte mit am Boden ausgestreuten und in der Vegetation aufgehängten Wachsattrappen gut abgebildet werden. Die Methoden zur Erfassung des Samenverlusts erwiesen sich als untauglich (Wiederfindungsrate unter 1 %) und wurden verworfen.

Der Vergleich 2025 zeigte, dass Ökomäher die Attrappenverluste gegenüber dem Schlegelmulcher signifikant senken können, jedoch nicht alle und nicht im gleichen Mass. Bei den am Boden ausgebrachten Attrappen schnitten vier der fünf Geräte signifikant besser als der Schlegelmulcher ab, bei den in der Vegetation aufgehängten nur zwei. Selbst die besten Mähköpfe verzeichneten hier noch über 50 % Verluste. Der einzige Ökomäher mit Mulchmähwerk konnte die Verluste nicht signifikant reduzieren, während schneidende und horizontal rotierende Mähwerke deutlich besser abschnitten. Mähgeräte mit Insektenscheuchen verursachten weniger hohe Verluste als solche ohne. Das einzige Mähgerät mit Schnittgutbeförderung durch einen Luftstrom

verursachte höhere Verluste als Mähgeräte mit mechanischer Schnittgutbeförderung.

Für Betriebe und Behörden des Strassenunterhalts folgt daraus: Der Einsatz von Ökomähern kann die Mortalität von Kleintieren bei der Mahd signifikant reduzieren. Bei der Beschaffung sollte darauf geachtet werden, dass die Geräte über ein schneidendes oder horizontal rotierendes Mähwerk, eine mechanische Aufnahme des Schnittguts und eine Insektenscheuche verfügen.

Ökomäher allein reichen allerdings nicht aus, um die Biodiversität des Strassenbegleitgrüns nachhaltig zu fördern. Ein angepasstes Mähregime und das Stehenlassen von Refugialflächen haben einen mindestens ebenso grossen, wenn nicht grösseren Effekt auf die Arthropodenpopulationen als die Wahl der Mähtechnik. Die abschnittsweise Mahd verursacht kaum Mehraufwand und sollte deshalb überall angewendet werden, wo kein starker Gehölzdruck oder Neophytenbefall vorliegt. Ökomäher sollten als ein Baustein in einem umfassenden ökologischen Pflegekonzept eingesetzt werden, das auch Mähzeitpunkt, Schnitthäufigkeit, Schnitthöhe und Refugialflächen umfasst.

Die entwickelte Attrappen-Methode erlaubt es, künftig weitere Geräte zu testen und mit den bereits getesteten Mähern auf ihre direkten Auswirkungen bei der Mahd hin zu vergleichen. Zur Untersuchung der langfristigen Auswirkungen des Einsatzes von Ökomähern sowie der Wirkung ihrer einzelnen Bestandteile sollten mehrjährige Monitoring-Studien sowie gezielte Untersuchungen der Komponenten durchgeführt werden.

1 Einleitung

1.1 Zustand der Biodiversität des Grünlands im DACH-Raum

Grünland gehört zu den artenreichsten Lebensräumen Mitteleuropas und spielt eine zentrale Rolle bei der Erhaltung der Biodiversität. In Deutschland beherbergt es über 50 % der dort vorkommenden Arten (UBA, 2015). Insbesondere artenreiche Trockenwiesen und -weiden bieten wertvollen Lebensraum für viele gefährdete Arten und stellen Hotspots der biologischen Vielfalt dar (BAFU, 2022). Bei manchen Gruppen, wie beispielsweise den Tagfaltern und Widderchen sind sogar ein Grossteil der Arten auf Magerwiesen und -weiden angewiesen (BAFU & CSCF, 2012).

Die Fauna des Grünlands setzt sich zu etwa 86 % aus Arthropoden wie Spinnentieren, Hundertfüßern oder Insekten zusammen (Wasner, 1983). Die arten- und individuenreichste Gruppe der Arthropoden sind die Insekten. Sie bestäuben rund 80 % der Wildpflanzen (Ollerton et al., 2011) und dienen etwa 60 % aller Vogelarten als Nahrungsquelle (Morse, 1971). Umso alarmierender sind die dokumentierten Rückgänge der Insektenbestände. In deutschen Naturschutzgebieten sank die Biomasse fliegender Insekten innerhalb von 27 Jahren um 76 % (Hallmann et al., 2017); Auf 150 untersuchten Grünlandstandorten gingen über 20 Jahre hinweg die Biomasse um 67 %, die Abundanz um 78 % und die Artenzahl um 34 % zurück (Seibold et al., 2019). In der Schweiz verloren fliegende Insekten über 30 Jahre hinweg mehr als 75 % ihrer Biomasse, und beinahe 60 % der auf ihren Gefährdungsgrad untersuchten Arten gelten als gefährdet oder potenziell gefährdet (scnat, 2021; Widmer et al., 2021). In Österreich ist die Datenlage schwächer, doch auch dort zeigen verfügbare Daten, dass bei Hummeln, Ameisen und Wanzenarten jeweils ein hoher Anteil gefährdet oder vom Aussterben bedroht ist (Enzinger, 2024). Weltweit nimmt die Individuenzahl terrestrischer Insekten pro Jahrzehnt im Schnitt um 9 % ab (van Klink et al., 2020), und rund 75 % aller vom Aussterben bedrohten Tier- und Pflanzenarten sind Insekten (IPBES, 2019).

Die Ursachen für diesen Rückgang sind vielfältig und wirken oft zusammen. Im Vordergrund steht die Intensivierung der Landwirtschaft, die naturnahe und strukturreiche Lebensräume verdrängt oder beeinträchtigt (scnat, 2021; Widmer et al., 2021). Hinzu kommt der Einsatz von Pestiziden und Düngemitteln, der sowohl direkt auf Insektenpopulationen wirkt als auch das Nahrungsangebot reduziert. Fragmentierung und mangelnde Vernetzung der verbliebenen Lebensräume erschweren den genetischen Austausch und die Wiederbesiedlung. Weitere Faktoren sind Lichtverschmutzung, invasive

Neophyten und der Klimawandel, der bestehende Stressoren verstärkt (BMU & BfN, 2020; Nilsson et al., 2008; Potts et al., 2010; Tschardt et al., 2005; Winfree et al., 2009).

Parallel zum Insektenrückgang ist auch das Grünland selbst von einem dramatischen Wandel betroffen. Die zunehmende Intensivierung der Bewirtschaftung führt zu einem Rückgang der Fläche und der Qualität dieser Lebensräume. Durch Düngung, Pestizideinsatz und Neuansaat müssen viele Flächen häufiger oder früher gemäht oder beweidet werden. Dies wirkt sich negativ auf Pflanzen-, Insekten- und Vogelpopulationen aus (Benton et al., 2002; Donald et al., 2006; Marini et al., 2008; Vickery et al., 2001; Wilson et al., 1999).

In der Schweiz sind aktuell 43 % der Wiesen- und Weidetypen gemäss der Roten Liste bedroht (BAFU, 2023). Trockenwiesen und -weiden machen heute nur noch 0,7 % der Landesfläche aus – ein Rückgang von 95 % seit dem Jahr 1900 (BAFU, 2022). Auch ihre ökologische Qualität hat deutlich abgenommen. In Fromentalwiesen (artenreiche Talfettwiesen/Glatthaferwiesen) etwa sank die durchschnittliche Pflanzenartenzahl von 38 im Jahr 1950 auf 27 im Jahr 2021 (BAFU, 2023). Besonders drastisch ist der Rückgang der Populationsgrößen bestimmter Tiergruppen in den Wiesen der Tieflagen: Bei Tagfaltern, Heuschrecken und bodenbrütenden Vogelarten wird ein Verlust von über 99 % angenommen (Bosshard, 2015).

In Deutschland zeigt sich ebenfalls ein klarer Trend zur Verarmung: Die typische Pflanzenvielfalt auf Grünland- und Ackerstandorten ist in den letzten 50–60 Jahren um etwa 95–100 % zurückgegangen. In Norddeutschland wurde bei der Artenzahl pro Plot im Grünland eine Reduktion des Medians um 30 % festgestellt. Dadurch kommen in vielen Gebieten des Grünlandes nur noch 15 bis 20 Pflanzenarten vor, statt durchschnittlich 27 (Leuschner et al., 2013).

Die landwirtschaftliche Intensivierung führt darüber hinaus zu einer Homogenisierung der Artengemeinschaften. Spezialistenarten gehen zunehmend verloren, während einige wenige Generalisten dominieren (Gossner et al., 2016). Auch die umgebende Landnutzung beeinflusst die Biodiversität: Je höher der Anteil von Ackerflächen in der Umgebung, desto stärker ist der Rückgang der Insektenvielfalt (Seibold et al., 2019).

Die dargestellten Entwicklungen zeigen, dass die Biodiversität – insbesondere in landwirtschaftlich geprägten Offenlandlebensräumen – akut bedroht ist. Grünlandflächen haben dabei eine zentrale Rolle: Sie bieten nicht nur

Lebensraum für eine Vielzahl spezialisierter Tier- und Pflanzenarten, sondern auch Rückzugsräume in einer zunehmend intensiv genutzten Landschaft.

1.2 Das Potenzial des Grünlands von Strassenböschungen für die Förderung der Biodiversität

Das Strassenbegleitgrün von Strassenböschungen umfasst in der Regel zwei funktional und strukturell unterschiedliche Zonen: den direkt an die Fahrbahn angrenzenden Intensivbereich (1–4 m ab Fahrbahnrand, abhängig von der Situation), in dem die Vegetation zur Gewährleistung der Verkehrssicherheit und der Strassenentwässerung kurzgehalten wird, sowie den dahinterliegenden Extensivbereich (ASTRA, 2015a; BMDV, 2023). Dieser wird – wie der Name sagt – extensiv gepflegt und da er nicht landwirtschaftlich genutzt wird, auch nicht gedüngt oder mit Pflanzenschutzmitteln behandelt (Betz et al., 2022). In einer zunehmend intensiv genutzten Agrarlandschaft hat dieser Bereich deshalb ein hohes ökologisches Potenzial. Häufig finden sich dort Halbtrockenrasen und artenreiche Fettwiesen – Vegetationstypen, die andernorts stark zurückgegangen sind (Richner et al., 2019). Neben Arten des Grünlandes können auch waldbewohnende Arten sowie auf trockene und heiße Lebensräumen spezialisierte Arten im Extensivbereich vorkommen (Valtonen et al., 2006).

Strassenböschungen können eine hohe Artenvielfalt beherbergen – insbesondere bei Insekten wie Schmetterlingen, deren Artenreichtum mit der Vielfalt an Nektarpflanzen und krautiger Vegetation steigt (Saarinen et al., 2005). Bei zahlreichen Artengruppen kann ein hoher Anteil der einheimischen Arten in Strassenbegleitgrün nachgewiesen werden. Beispielsweise wurde an 57 Strassenböschungen in den Niederlanden untersucht, welcher Anteil der jeweils einheimischen Arthropodenarten dort nachgewiesen werden konnte. Bei den Ameisen wurden 56 % der einheimischen Arten gefunden, bei Heuschrecken 53 %, bei Weberknechen 67 % und bei zwei Spinnenfamilien 52 bzw. 68 %. Bei Laufkäfern, Rüsselkäfern, Schmetterlingen, Bienen, Schwebfliegen und drei weiteren Spinnenfamilien lagen die Werte zwischen 18 und 41 % der einheimischen Arten. Zudem wurden mehrere Rote-Liste-Arten nachgewiesen, darunter fünf Heuschrecken- und elf Bienenarten auf nationalen Roten Listen sowie sechs Ameisenarten auf der IUCN-Roten Liste (Noordijk et al., 2009b).

Während die ökologische Qualität der umgebenden Flächen einen signifikanten Einfluss auf die Biodiversität von Strassenböschungen haben kann – intensiv bewirtschaftete Agrarflächen wirken sich beispielsweise negativ aus, während angrenzende Wälder die Artenvielfalt fördern – zeigen sich weder Verkehrsmenge noch Strassentyp als signifikante Einflussfaktoren

(Munguira & Thomas, 1992; Saarinen et al., 2005). Das Strassenbegleitgrün von Autobahnen und anderen Hochleistungsstrassen ist also ebenso für die Förderung der Biodiversität geeignet wie das von untergeordneten Strassen. Da sie ein zusammenhängendes Netzwerk bilden, können Strassenböschungen der Vernetzung wertvoller Lebensräume und der Verbreitung von Pflanzen- und Tierarten dienen (BAFU, 2023). Allerdings führt ein ausgebautes Strassennetz auch zu Lebensraumfragmentierung und belastet angrenzende Grünflächen mit Schadstoffen, was sich negativ auf die dort vorkommende Biodiversität auswirken kann (Schmidt, 1990).

1.3 Die aktuelle Pflege des Grünlands von Strassenböschungen und ihre Auswirkungen auf die Biodiversität

Wiesen benötigen eine regelmässige Mahd, damit keine Gehölze aufkommen und die Pflanzenarten des Grünlands verdrängen. Das dazu angewendete Mähregime und die verwendete Mähtechnik haben jedoch einen grossen Einfluss auf den ökologischen Wert der Fläche (Betz et al., 2022; Humbert et al., 2012a; Mederake & Schmidt, 1992; Richner et al., 2019; Steidle et al., 2022; Vickery et al., 2001).

Im Intensivbereich muss die Vegetation aus Sicherheitsgründen zum Freihalten der Sichtachsen sowie zur Verhinderung von Kollisionen mit Wild kurzgehalten werden. Dazu werden während der Vegetationsperiode ab Mai/Juni regelmässige Schnitte durchgeführt, meistens mit Mulchgeräten. Das Schnittgut bleibt entweder liegen oder wird bodennah abgesaugt (ASTRA, 2015a; Richner et al., 2019). Eine solche intensive Pflege geht in der Regel mit einer niedrigen Artenzahl bei Flora und Fauna einher, da sie schnittverträgliche Pflanzenarten mit vegetativer Vermehrung begünstigt und Tieren nur wenig Nahrungsgrundlage und Versteckmöglichkeiten bietet (Hiller & Betz, 2014; Richner et al., 2019). Der Intensivbereich ist, abhängig vom Verkehrsaufkommen, zudem oftmals mit Schadstoffen aus Streusalz, Reifenabrieb und Abgasen belastet und weist aufgrund des künstlichen Bodenaufbaus einen starken Wechsel in der Wasserversorgung auf. Beides wirkt sich negativ auf die Zusammensetzung der Vegetationsgemeinschaft aus (Schmidt, 1990). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der ökologische Wert des Intensivbereichs meist niedrig und das Potenzial für Verbesserungen durch eine angepasste Pflege aufgrund der betrieblichen Vorgaben gering ist. Anstrengungen zur Förderung der Biodiversität konzentrieren sich deshalb sinnvollerweise auf den Extensivbereich.

Leider wird auch der Extensivbereich aus ökologischer Sicht heute meist nicht optimal gepflegt. Die Mahd erfolgt zu einem grossen Teil mit Mulchgeräten,

die an Auslegerarmen montiert sind und damit eine Bearbeitung der Flächen vom Pannenstreifen aus ermöglichen. Das Schnittgut wird nach dem Mulchen entweder auf der Fläche belassen oder mit einer Absaugvorrichtung beim Mähen oder direkt anschliessend bodennah abgesaugt (Betz et al., 2022; Richner et al., 2019). An schwierig zu erreichenden Stellen werden auch Freischneider resp. Motorsensen oder selbstfahrende Mähroboter eingesetzt.

Mulchgeräte sind für die Biodiversität problematisch, da sie mit einer hohen Mortalität bei Kleintieren einhergehen (Betz et al., 2022; Haas-Renninger et al., 2023; Richner et al., 2019; Steidle et al., 2022). Das Liegenlassen des Schnittguts wirkt sich negativ auf die Vegetationsentwicklung aus, da sich Nährstoffe auf der Fläche akkumulieren, was die Pflanzengesellschaften der artenreichen Magerwiesen verdrängt (Kahmen et al., 2002). Lichtkeimende Arten werden zudem durch die Mulchschicht unterdrückt (Isselstein et al., 2002). Das Absaugen des Schnittguts ist für die Pflanzengesellschaften ebenfalls problematisch, weil viele Arten ihre Samen erst im Verlauf des Trocknungsprozesses Stunden oder Tage nach der Mahd abgeben (Smith et al., 1996) und die bereits abgefallenen Samen durch das Absaugen von der Fläche entfernt werden (Jantunen et al., 2007). Beim Absaugen des Schnittguts werden zudem auch viele Kleintiere getötet oder von der Fläche entfernt (Hemmann et al., 1987; Wasner, 1987).

Der Einsatz von biodiversitätsschonenden Mähtechniken wie Balkenmähern sowie die Abfuhr des Schnittguts einen oder mehrere Tage nach der Mahd von Hand oder mechanisch – also nicht mithilfe eines Sauggeräts - ist aus Budget- wie auch aus Sicherheitsgründen aktuell auf den meisten Flächen nicht möglich.

Die Richtlinien für den Unterhalt des Strassenbegleitgrüns Deutschlands und der Schweiz sehen eine Mahd des Grünlands im Extensivbereich zwischen dreimal pro Jahr und alle drei bis fünf Jahre vor (ASTRA, 2015a; FSGV, 2025; ÖFG, 2019). Die meisten Offenlandflächen auf Strassenböschungen im DACH-Raum dürften ein- bis zweimal im Jahr gemäht werden. Ein bis drei Schnitte im Jahr (abhängig vom Vegetationstyp) sind als Grundvoraussetzung für die Entwicklung artenreicher Wiesen anzusehen (Dierschke & Briemle, 2008), die aktuelle Mahdhäufigkeit im Extensivbereich ist also grundsätzlich kompatibel mit der Förderung der Biodiversität.

Um die Artenvielfalt der Pflanzengesellschaften zu fördern und den Lebenszyklus von Arthropoden nicht zu beeinträchtigen, wird in der Regel ein erster Mähdurchgang zwischen Mitte Juli und Mitte August sowie je nach Vegetationsentwicklung eine zweite Mahd im September oder Oktober empfohlen, wobei ein Teil der Fläche als Altgrasstreifen stehen gelassen werden sollten (Handke et al., 2011; Hiller & Betz, 2014; Humbert et al.,

2018). Ein Mähregime mit definierten, relativ kleinen Zeitfenstern für die Mahd erfordert jedoch die Bereitstellung einer grossen Menge von Mähgeräten und Personal während der Mähperioden, was für die Betriebe des Strassenunterhalts mit den aktuellen Budgets für die Grünpflege meist nicht möglich ist. Es wird deshalb oftmals eine kleinere Menge an Mähgeräten und Personal über eine längere Zeitperiode eingesetzt, wodurch der erste Schnitt je nach Standort bereits im Juni oder auch erst im September stattfinden kann. Das Stehenlassen von Altgrasstreifen, auch abschnittsweise Mahd genannt, war lange wenig gebräuchlich, findet aber zunehmend Verbreitung. Im aktuellen "Merkblatt für die Grünpflege an Straßen" der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen von 2025 wird das Stehenlassen von Altgrasstreifen beispielsweise als Standard definiert (FSGV, 2025).

1.4 Möglichkeiten zur Erhöhung des ökologischen Werts des Grünlands von Strassenböschungen

Vielerorts gibt es Anstrengungen, auf besonders wertvollen Flächen des Strassenbegleitgrüns mit zusätzlichen finanziellen Mitteln eine biodiversitätsfördernde Pflege zu ermöglichen. Beispiele sind die Vorgabe des Schweizer Bundesrats, 30 % der Grünflächen entlang der Autobahn als Biodiversitätsschwerpunkte zu pflegen oder das Projekt «Bienen-Highways» des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr (ASTRA, 2015b; BAFU, 2024; Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr, 2025).

Die einfachste und ressourcenschonendste Massnahme zur Förderung der Biodiversität auf Strassenböschungen ist die abschnittsweise Mahd. Sie kann ohne zusätzlichen Maschinen- oder Personalaufwand umgesetzt werden und fördert insbesondere die Artenvielfalt und die Individuenzahlen der auf den Flächen lebenden Tiere (vgl. Kap. 2.3).

Als weitere Möglichkeit, eine biodiversitätsschonende Mahd des Strassenbegleitgrüns umzusetzen, drängen seit einigen Jahren innovative biodiversitätsschonende Mähtechniken (nachfolgende «Ökomäher» genannt) auf den Markt. Es handelt sich in der Regel um Mähköpfe mit speziellen technischen Vorkehrungen zur Reduktion der Mortalität von Kleintieren bei der Mahd sowie teilweise des fauna- und floraschonenden Absaugens des Schnittguts. Diese Mähköpfe können mit den gleichen oder ähnlichen Trägerfahrzeugen eingesetzt werden wie die bisher gängigen Mähtechniken. Sie versprechen, die negativen Auswirkungen der Mahd auf die Biodiversität zu reduzieren, ohne dass die Arbeitsabläufe, der Personalbestand oder die

finanziellen Mittel für die Grünpflege in entscheidendem Masse angepasst werden müssen.

1.5 Zielsetzung des Forschungsprojekts

Während die Auswirkungen verschiedener Mähtechniken auf die Biodiversität von landwirtschaftlich genutztem Grünland in den vergangenen Jahrzehnten gründlich erforscht wurden, gibt es zu den im Strassenbereich eingesetzten Mähtechniken und insbesondere zu Ökomähern erst wenige Studien (von Berg et al., 2023; Betz et al., 2022; Haas-Renninger et al., 2023; Richner et al., 2019; Steidle et al., 2022). Zwar lassen sich einige Erkenntnisse aus dem Landwirtschaftsbereich durchaus übertragen, viele technische Merkmale von Mähtechniken zur Pflege des Strassenbegleitgrüns und insbesondere Ökomähern, wie beispielsweise Insektenscheuchen, die Montage an einem Auslegerarm oder die Verwendung von Mulchmähwerken, sind jedoch in der Landwirtschaft nicht gebräuchlich und dementsprechend schlecht erforscht.

Die vorliegende Arbeit hat es sich zum Ziel gesetzt:

- eine Übersicht über die auf dem Markt erhältlichen und in Entwicklung befindlichen Ökomäher zu erhalten,
- offene Fragen in Bezug auf die ökologischen Auswirkungen von Ökomähern zu beantworten,
- Erkenntnisse für die gezielte Weiterentwicklung durch die Hersteller zu gewinnen,
- eine Methode zur Beurteilung der Effektivität von Ökomähern in der Förderung der Biodiversität des Strassenbegleitgrüns zu entwickeln,
- eine Anzahl der auf dem Markt befindlichen Ökomäher mit dieser Methode zu testen
- und die Ergebnisse dieser Tests ökologisch und ökonomisch in Relation zu setzen zu alternativen Ansätzen zur Erhöhung der Biodiversität des Strassenbegleitgrüns, insbesondere zu Anpassungen des Mähregimes und zum Stehenlassen von Altgrasstreifen.

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts sollen insbesondere Behörden und Unterhaltsbetrieben, die mit der Pflege des Strassenbegleitgrüns betraut sind, bei der Entscheidung helfen, mit welchen Massnahmen und mit welchen Mähtechniken sie die Biodiversität auf ihren Flächen am besten und effizientesten fördern können.

2 Stand der Forschung

Die auf dem Markt verfügbaren Ökomäher verfolgen primär das Ziel, die Mortalität von Arthropoden bei der Mahd zu reduzieren. Viele ermöglichen zusätzlich, das Schnittgut direkt bei der Mahd zu entfernen. Durch die resultierende Aushagerung des Bodens und den Wegfall der vegetationsschädigenden Mulchschicht soll die pflanzliche Artenvielfalt gefördert werden (Fischer Maschinenbau GmbH & Co.KG, n. d.; Gerhard Dücker GmbH & Co. KG, 2024; Mulag Fahrzeugwerk Heinz Wössner GmbH u. Co. KG, 2025; Müthing GmbH & Co. KG Soest, 2023; Urs Schmid AG, 2024).

Die Ökomäher wenden zum Erreichen dieser Ziele eine Vielzahl von technischen Massnahmen an (vgl. Tab. 1):

- Balken- oder Scheibenmäherwerke anstelle eines Mulchmäherwerks
- Bei Mulchmäherwerken: Einsatz von Y-Messern
- Erhöhte Schnitthöhen (zwischen 10 und 15 cm)
- Reduzierte Bodenkontaktflächen in Form von Tastwalzen mit Verjüngungen oder Tastrollen
- Insektenscheuchen in Form von Kettenschürzen, Metallstriegeln, Kunststoffplanen oder Gebläsen
- Absaugvorrichtungen für das Schnittgut
- Mechanische Schnittgutaufnahmen zwischen Mäherwerk und Absaugvorrichtung
- Geschlossene Gehäuseböden zur Verringerung der Saugwirkung am Boden

Um beurteilen zu können, ob die Ökomäher einen Beitrag zur Förderung der Biodiversität leisten können, müssen zuerst die zugrundeliegenden Prämissen geprüft werden:

- Die Reduktion der Mortalität von Arthropoden beim Mähen erhöht die Biodiversität der Fauna auf den gemähten Flächen
- Das Abführen des Schnittguts erhöht die Biodiversität der Flora und Fauna auf den gemähten Flächen

Diese beiden Prämissen müssen zudem in Relation gesetzt werden zu anderen Massnahmen, die beim Mähen zur Förderung der Biodiversität ergriffen werden können, namentlich die Anpassung des Mähregimes oder das Stehenlassen von Refugialflächen.

Zuletzt ist zu untersuchen, ob die von den Ökomähern angewandten Massnahmen zur Reduktion der Mortalität der Arthropoden und zum

Aufnehmen des Schnittguts tatsächlich einen positiven Effekt auf die Biodiversität der gemähten Flächen haben.

In den nachfolgenden Kapiteln wird der Stand der Forschung zu diesen Fragen aufgezeigt. Ebenfalls aufgezeigt werden die bereits durchgeführten Studien zu den ökologischen Auswirkungen von Ökomähern zur Mahd von Strassenbegleitgrün und der möglichen Untersuchungsmethoden dafür.

Tab. 1: Verschiedene am Markt verfügbare Ökomähertechniken und die technischen Komponenten zur Förderung der Biodiversität, die sie einsetzen (Fischer Maschinenbau GmbH & Co.KG, n. d.; Gerhard Dücker GmbH & Co. KG, 2024; Mulag Fahrzeugwerk Heinz Wössner GmbH u. Co. KG, 2025; Müthing GmbH & Co. KG Soest, 2023; Urs Schmid AG, 2024)

	Mähwerk			Erhöhte Schnitthöhe	Bodenkontaktfläche		Insektenscheuche				Schnittgutaufnahme		Geschlossener Gehäuseboden
	Mulchmähwerk mit Y-Messern	Balkenmähwerk	Scheibenmähwerk		Tastwalze mit Verjüngungen	Tastrollen	Kettenschürze	Metallriegel	Kunststoffplane	Gebälge	Schnittgutbeförderung mit Luftstrom	Mechanische Schnittgutbeförderung	
Mähetechnik													
Dücker SGG 1200		x		x			o	o				x	
Dücker VMS 1200 ÖKO	x			x	x		o	o					
Fischer EcoCut										x			
Herder Ecochopper			x	x	x				x	x	o		tw
Mulag ECO 1200			x	x		x			x				x
Mulag ECO 1200 plus			x	x		x			x		x		x
Müthing MU-ÖKOTOP	x			x	x			x					
Urs Schmid Oszimower		x		x	x		x					x	
Merbag Prototyp		x		x		x						x	

Legende: x vorhanden
o optional
tw teilweise vorhanden



Abb. 1: Dücker SGG 1200. Sichtbare biodiversitätsschonende Massnahmen: Balkenmähwerk, mechanische Schnittgutbeförderung, Absaugvorrichtung

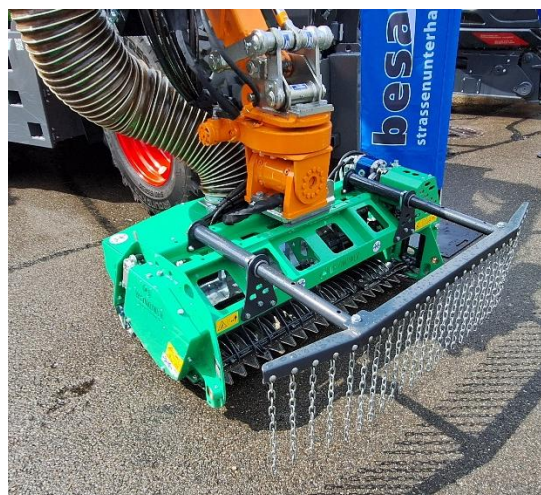


Abb. 2: Urs Schmid AG Oszimower. Sichtbare biodiversitätsschonende Massnahmen: Insektenscheuche (Kettenschürze), Balkenmähwerk, Absaugvorrichtung



Abb. 3: Mulag ECO 1200 plus. Sichtbare biodiversitätsschonende Massnahmen: Insektenscheuche (Plastikplane, im eingefahrenen Zustand), Scheibenmähwerk, geschlossener Gehäuseboden



Abb. 4: Dücker Öko 1200 plus. Sichtbare biodiversitätsschonende Massnahmen: Mulchmähwerk mit Y-Messern, Tastwalze mit Verjüngungen

2.1 Mortalität von Arthropoden beim Mähen

Zahlreiche Studien zeigen, dass die heute meist bei der Mahd eingesetzten Schlegelmulchgeräte, teilweise mit direkter Absaugung des Schnittguts, grosse Verluste bei den auf der Wiese lebenden Arthropoden hervorrufen. Tab. 2 zeigt die untersuchten Tiergruppen sowie die gemessenen Reduktionen der Individuenzahlen auf. Die Studien werden im Kapitel 2.4 ausführlich besprochen.

Tab. 2: Übersicht über Studien zur Mortalität von Arthropoden bei der Mahd mit Schlegelmulchern

Studie	Untersuchte Tiergruppen	Absaugung**	Reduktion
Steidle et al. (2022), Betz et al. (2022)	Div. Arthropodengruppen	nein	29–87 %
	Heuschrecken und Käfer	nein	n.s.
Haas-Renninger et al. (2023)	Mikrohymenoptera	nein	64 %
Richner et al. (2019)	Heuschrecken	nein	60 %
		ja	77,3 %
	Wachs-Insektenattrappen	nein	39–90 %
		ja	45–100 %*
Hemmann et al. (1987)	Wanzen (Imagines & Larven), Mehlkäfer	nein	41–88 %
		ja	16–84 %
Löbber et al. (1994)	Wachsattrappen	nein	42–58 %
	Schmetterlingsraupen	nein	40–90 %

n.s. keine signifikante Reduktion

* Der 100 % Ausfall wurde nicht gemessen, sondern ist eine Annahme der Studie für in der Vegetation befestigte Attrappen

** Bei Mähköpfen mit Absaugung erfolgte diese im gleichen Arbeitsgang wie das Mähen

Humbert et al. (2010c) berechneten anhand von theoretischen Mortalitätsraten, dass bereits geringe durch die Mahd bedingte Sterberaten entscheidend sein können, ob sich eine Tierart auf einer Fläche halten kann oder nicht. Leider gibt es bisher keine Studien, welche die langfristigen Effekte von Mahdtechniken mit verschiedenen Mortalitätsraten auf Arthropodenpopulationen im Feld untersucht haben.

Diverse Studien konnten allerdings aufzeigen, dass die Anzahl Mähdurchgänge (Berger et al., 2024; Blüthgen et al., 2012) resp. die Anzahl Bearbeitungsschritte (Humbert et al., 2010c; Richner et al., 2019) negativ mit der Abundanz und Artenvielfalt von Arthropoden korreliert. Aus Untersuchungen in der Landwirtschaft ist zudem bekannt, dass Wiesen mit Refugialflächen signifikant höhere Individuenzahlen und eine grössere Artenvielfalt von Arthropoden aufweisen als Wiesen, die komplett gemäht werden (Bruppacher et al., 2016; Buri et al., 2013, 2014; Humbert et al., 2018). Wird die sogenannte abschnittsweise Mahd über mehrere Jahre

fortgeführt, kumuliert sich der Effekt (Bruppacher et al., 2016; Buri et al., 2014; Humbert et al., 2018). Diese Ergebnisse scheinen auf den ersten Blick die Einschätzung von Humbert et al. (2010c) zu stützen, wonach die Sterberaten einen grossen Einfluss auf die Populationsentwicklung von Arthropoden haben – denn bei jedem Mäh- resp. Arbeitsdurchgang sterben Tiere, was in Refugialflächen nicht passiert. Neben dem Mähtod haben die Anzahl Arbeitsdurchgänge sowie Refugialflächen aber auch einen Einfluss auf die Verfügbarkeit der Lebensgrundlagen der Arthropoden (Nahrung, Verstecke, Mikroklima) und auf die Möglichkeit, ihren Lebens- und Fortpflanzungszyklus vollständig zu durchlaufen (vgl. Kapitel 2.3). Zur relativen Bedeutung dieser Effekte im Vergleich zur Mortalität gibt es bisher keine Studien.

Fazit: Die heute meist für den Unterhalt von Strassenbegleitgrün eingesetzten Schlegelmulcher verursachen eine hohe Mortalität bei Arthropoden. Das Mähen hat allerdings auch andere unmittelbare negative Auswirkungen auf die Arthropoden, namentlich durch Lebensraumverlust, Veränderung des Mikroklimas und Unterbrechung des Lebens- und Fortpflanzungszyklus. Es ist unklar, wie bedeutend die Mortalität im Vergleich zu diesen anderen Effekten ist.

2.2 Aufnahme des Mahdguts

Zum Mähen von Strassenbegleitgrün werden grösstenteils Mulchgeräte eingesetzt (Schoof et al., 2024). Die dabei zurückbleibende Mulchschicht wirkt sich negativ auf Kräuter, vor allem niederwüchsige Rosetten-Hemikryptophyten aus (Mederake & Schmidt, 1992) und resultiert in einer geringeren pflanzlichen Artenvielfalt auf gemulchten Flächen (Caboň et al., 2021; Gaisler et al., 2004). Das Wachstum vieler Pflanzen scheint unter anderem durch tiefere Temperaturen und Lichtmangel unter der Mulchschicht negativ beeinträchtigt zu werden (Uhlířová et al., 2005). Im Gegensatz zu gemulchten Flächen nahm bei der Untersuchung von Mederake und Schmidt (1992) die Artenvielfalt auf zweimal gemähten Wiesen mit Entfernung des Schnittguts zu. In Untersuchungen von schwedischen Strassenböschungen nahm die Artenvielfalt von Pflanzen durch das Mähen nur dann signifikant zu, wenn das Schnittgut anschliessend abgeführt wurde. Zudem wurden dadurch einige dominante Pflanzenarten zurückgedrängt und konkurrenzschwache, niedrigwachsende Pflanzen gefördert (Persson, 1995). Da durch Regen regelmässig Stickstoff in die Flächen eingetragen wird, kommt es ohne Abfuhr des Schnittguts zu einer Nährstoffanreicherung im Boden (Berendse et al., 1993), was sich negativ auf die pflanzliche Artenvielfalt auswirkt (Balfour et al., 2025; Francksen et al., 2022).

Zahlreiche Studien zeigen auf, dass der Artenreichtum von Arthropoden stark mit der Vielfalt an Pflanzenarten auf einer Fläche korreliert (Ebeling et al., 2014; Hiller & Betz, 2014; Saarinen et al., 2005; Schaffers et al., 2008). Es überrascht deshalb nicht, dass die Artenvielfalt von bodenlebenden Arthropoden und blütenbesuchenden Insekten auf niederländischen Strassenböschungen durch das Abführen des Schnittguts gefördert wurde (Noordijk et al., 2009a, 2010).

Untersuchungen der landwirtschaftlichen Wiesenmahd zeigen allerdings auch, dass die dem Mähen nachgelagerten Ernteschritte (Zetten, Wenden und Aufnehmen des Schnittguts) eine sehr viel höhere Mortalität bei Heuschrecken verursachen als das Mähen selbst (Humbert et al., 2010a; Schwarz et al., 2023a).

Bei der Untersuchung der Insektenverluste bei der Mahd von Strassenböschungen stellten Richner et al. (2019) ebenfalls eine hohe Mortalität durch die Schnittgutaufnahme fest. Diese konnte jedoch signifikant reduziert werden, wenn die Schnittgutaufnahme direkt beim Mähen statt in einem zusätzlichen Arbeitsgang erfolgt, weil ein grosser Teil der Mortalität durch die Laufwalzen der Mäh- resp. Sauggeräte verursacht wurde. Eine zweite Befahrung der Fläche zur Schnittgutaufnahme führte deshalb zu einer stark erhöhten Mortalität. Durch den Verzicht auf das Abtrocknen des Schnittguts vor dem Zusammennehmen verblieben allerdings weniger Pflanzensamen auf der Fläche. Trotzdem wurde das direkte Aufnehmen des Schnittguts bei der Mahd aus ökologischer und betriebsökonomischer Sicht als am vorteilhaftesten beurteilt.

In einer Studie von Hemman et al. (1987) reduzierte sich die Mortalität von künstlich ausgebrachten Wanzenlarven, Wanzenimagineen und Mehlkäfern beim Mähen mit einem Schlegelmulcher sogar, wenn das Schnittgut direkt bei der Mahd abgesaugt wurde. Dies wurde damit erklärt, dass das Schnittgut durch das direkte Absaugen nicht vom Schlegelmähwerk mehrmals auf den Boden geschleudert und wieder eingezogen wurde, was den Arthropoden eine höhere Überlebenschance bot.

Fazit: Die Aufnahme des Mahdguts ist ein wichtiges Element der biodiversitätsfördernden Pflege von Strassenbegleitgrün und sollte wo immer möglich durchgeführt werden. Sie fördert insbesondere die Artenvielfalt und -zusammensetzung der Pflanzengesellschaften von Wiesen und schafft damit die Grundlage für eine hohe Artenvielfalt bei den wiesenbewohnenden Arthropoden. Da die Schnittgutaufnahme oftmals mit einer hohen Mortalität bei den Arthropoden einhergeht, müssen technische Massnahmen zu Reduktion der Mortalität ergriffen werden. Zudem sollte die Anzahl Arbeitsgänge so gering wie möglich gehalten werden, da bei jedem

Arbeitsgang Tiere getötet werden. Der von den meisten Ökomähern gewählte Ansatz der direkten Schnittgutaufnahme beim Mähen scheint deshalb sinnvoll. Es gilt jedoch die Frage zu klären, ob dabei zu viele Pflanzensamen von der Fläche entfernt werden.

2.3 Weitere Massnahmen zur Förderung der Biodiversität bei der Mahd

Neben der Schnittgutaufnahme bietet das Mähregime ein hohes Potenzial für die Erhöhung der Biodiversität des Strassenbegleitgrüns (Phillips et al., 2020). Ein intensives Mähregime hat in der Regel eine Verringerung der pflanzlichen Biomasse auf der Fläche sowie einen Verlust an Arten- und struktureller Vielfalt zur Folge (Blüthgen et al., 2012; Vickery et al., 2001). Eine extensive Pflege wirkt sich hingegen positiv auf die Individuenzahlen und Artenvielfalt von Heuschrecken (Hiller & Betz, 2014) sowie von Arthropoden im Allgemeinen aus (Berger et al., 2024; Blüthgen et al., 2012). Beim kompletten Verzicht auf eine Mahd geht in der Regel die pflanzliche Artenvielfalt zurück (Mederake & Schmidt, 1992).

Zwei Mähdurchgänge im Jahr scheinen sich bei den meisten Wiesentypen positiv auf die Artenzusammensetzung auszuwirken und fördern insbesondere niedrigwüchsige Rosetten-Blütenpflanzen, die sonst von Gräsern verdrängt werden (Mederake & Schmidt, 1992). Sedlmeier et al. (2020) fanden auf zweischürigen Wiesen signifikant mehr Arten und Individuen von Laufkäfern als auf intensiv gepflegten Wiesen. Eine einmalige Mahd war nur bei sehr mageren Standorten positiv für die Vegetationsgemeinschaft, auf nährstoffreicheren Standorten vermochte sie bestenfalls die Artenzusammensetzung zu stabilisieren (Mederake & Schmidt, 1992).

Der erste Schnitt sollte im Frühsommer durchgeführt werden, da dies im Vergleich zu einem ersten Schnitt im Frühjahr die pflanzliche Artenvielfalt erhöht (Humbert et al., 2012b). Auch das Blütenangebot wird so verbessert, da eine Mahd im Frühsommer bei vielen Arten die Nachblüte anregt. Dadurch kommen auf solchen Flächen mehr blütenbesuchende Insekten vor (Noordijk et al., 2009a). Ein später erster Schnitt im Frühsommer erhöht auch die Artenvielfalt der wiesenbewohnenden Arthropoden allgemein (Berger et al., 2024; Humbert et al., 2012b, 2018). Buri et al. (2016) stellten fest, dass eine Wiesenmahd am 15. Juli statt am 15. Juni die Individuenzahlen von Zikaden und Spinnen signifikant erhöht, bei den Spinnen gab es zudem einen signifikanten kumulativen Effekt über die Jahre. Wildbienen zeigten bei der gleichen Umstellung sowohl höhere Individuen- als auch Artenzahlen und Honigbienen kamen in grösserer Menge vor (Buri et al., 2014). Heuschrecken hatten eine fünfmal höhere Populationsdichte auf Wiesen, die erst ab dem 15.

Juli gemäht wurden (Buri et al., 2013). Wird der erste Schnitt hingegen im Spätsommer oder Herbst ausgeführt, hat dies in der Regel einen negativen Effekt auf die pflanzliche Artenvielfalt (Humbert et al., 2012b). Insbesondere bei wüchsigen Beständen nimmt der Grasanteil bei zu später Mahd langfristig zu (Nowak & Schulz, 2002).

Negative Effekte der Mahd auf Arthropoden wie Mähtod und Lebensraumverlust können reduziert werden, indem Teile der Fläche als Refugialflächen stehen gelassen und erst im Folgejahr gemäht werden. Man spricht dann von abschnittsweiser oder Mosaik-Mahd. Mobile Tiere können vor dem Mäher in die Refugialflächen fliehen und dort überleben. Humbert et al. (2012a) stellten nach der Mahd doppelt so viele Heuschrecken in Refugialflächen fest wie vor der Mahd, während die Individuenzahl in den gemähten Bereichen stark abnahm. Wiesen, auf denen 10 % der Fläche bei der Mahd stehen gelassen wurde, wiesen nach der Mahd 53 % mehr Individuen auf als Wiesen ohne Refugialflächen. Müller und Bosshard (2010) fanden unmittelbar nach der Mahd durchschnittlich zehnmal mehr Heuschrecken in Refugialflächen als in gemähten Bereichen und dreimal mehr als vor der Mahd. Berger et al. (2026) fanden hingegen keine signifikant erhöhten Arthropodendichten in Refugialflächen nach der Mahd von Strassenböschungen. Die Forschenden vermuteten, dass dies auf die geringe Breite der gemähten Flächen zurückzuführen war, da die Tiere dann nicht zur Seite in ungemähte Bereiche flüchten konnten. Um die Flucht der Tiere in die Refugialflächen zu unterstützen, wird eine Mahd von innen nach aussen resp. in Richtung der Refugialflächen empfohlen (Humbert et al., 2012a).

Verschiedene Studien konnten zeigen, dass die in den Refugialflächen geflüchteten Tiere ein Reservoir für die Wiederbesiedelung der gemähten Flächen darstellen. Schwarz et al. (2023b) wiesen auf gemähten Flächen eine Reduktion der Heuschreckenpopulation von 85-91 % nach dem Ernteprozess (Schneiden, Zetten, Schwaden und Aufnehmen) nach, während sie in Refugialflächen um 234-328 % zunahmen. In den Wochen nach der Ernte glichen sich die Populationen zwischen gemähten und ungemähten Flächen wieder an, es fand also eine Wiederbesiedelung aus den Refugialflächen statt. Humbert et al. (2018) konnten bei Wiesen mit Refugialflächen für Heuschrecken, spezialisierte Schmetterlingen und Schwebfliegen eine signifikante Zunahme der Artenvielfalt sowie für Arthropoden insgesamt eine signifikante Zunahme der Individuenzahlen nachweisen. Bei Heuschrecken, Schmetterlingen und Schwebfliegen zeigte sich zudem eine signifikante Kumulation dieses Effekts über mehrere Jahre. Eine ähnliche Kumulation positiver Effekte durch Refugialflächen konnte auch für die Artenvielfalt und Abundanz von Wildbienen (Buri et al., 2014) sowie für die Artenvielfalt von Schmetterlingen (Bruppacher et al., 2016) nachgewiesen werden.

Nebst dem Schutz vor dem eigentlichen Mähprozess spielt auch der Erhalt der Lebensgrundlagen der Arthropoden in den Refugialflächen eine Rolle. Gardiner und Hassal (2009) vermuten, dass erhöhte Temperaturen aufgrund der fehlenden Vegetationsdecke ein wichtiger Grund für die starke Reduktion von Heuschreckenpopulationen auf frisch gemähten Wiesen darstellen. Schwarz et al. (2023b) stellten bei der Wiesenmahd hohe Unterschiede in der Populationsdichte von Heuschrecken zwischen gemähten Bereichen und Refugialflächen aber nur eine vergleichsweise geringe Mortalität durch den Mähvorgang fest. Die Unterschiede der Heuschreckendichten waren also primär auf Lebensraumveränderungen zurückzuführen. Cizek et al. (2012) fanden signifikant mehr Schmetterlinge, Laufkäfer, Heuschrecken und Spinnen in Flächen mit abschnittsweiser Mahd im Vergleich zu Flächen mit einheitlichem Schnitttermin. Neben der direkten Mortalität durch das Mähen machten sie für diesen Effekt eine grössere Strukturvielfalt sowie ein gleichmässiger über das Jahr verteiltes Angebot an Nektar und Unterschlupfmöglichkeiten verantwortlich. Schmidt et al. (2005) stellten fest, dass auf gemähten Schilfflächen die Homopteren zunahmen, während Asseln und mehrere untersuchte Spinnen- und Käferarten von ungemähten Flächen profitierten. Eine heterogene Mahd schien also die Artenvielfalt zu erhöhen. Buri et al. (2013) fanden auf Wiesen mit Altgrasstreifen neben einer doppelt so hohen Individuenzahl von Heuschrecken auch eine höhere Artenvielfalt im Vergleich zu komplett gemähten Wiesen. Eine Studie in Hessen zeigte im Vergleich mit gemähten Flächen erhöhte Arten- und Individuenzahlen in Refugialflächen bei Schmetterlingen, Wanzen, Rüsselkäfern, Blattkäfern, Libellen und den meisten Heuschrecken. Dies wurde primär mit dem Erhalt der Lebensgrundlagen der Tiere in den stehengelassenen Bereichen erklärt (Handke et al., 2011). Viele Arten sind darauf angewiesen, dass trockene Pflanzenstengel oder andere Strukturen über den Winter stehengelassen und nicht im Herbst durch die Mahd zerstört werden. Cattin et al. (2003) konnten zeigen, dass Spinnenarten der Familien Clubionidae, die in trockenen Schilfstengeln überwintern, und Hahniidae, die Nester in Bodenvertiefungen bauen, durch die Mahd von Riedwiesen negativ beeinträchtigt werden und dementsprechend von Refugialflächen profitieren. Humbert et al. (2018) erklärten die signifikante Kumulation des positiven Effekts von Refugialflächen auf die Populationsgrössen von Heuschrecken, Schmetterlingen und Schwebfliegen teilweise dadurch, dass diese Arthropoden in ungemähten Flächen ihren Lebenszyklus vollständig durchlaufen können.

10-20 % der Wiese als Refugialflächen stehen zu lassen, hat keine negativen Auswirkungen auf die pflanzliche Artenvielfalt (Humbert et al., 2018). Wenn Teile einer Fläche ein ganzes Jahr nicht gemäht werden, kann dies allerdings zu Gehölzaufwuchs führen, der zukünftige Mäharbeiten erschweren und Mähgeräte beschädigen kann. Flächen mit hohem Gehölzdruck sollten deshalb mindestens einmal jährlich gemäht werden (Holldorb & Sorn, 2026).

In Bereichen, die von Neophyten befallen sind, sollten keine Refugialflächen stehen gelassen werden, damit es nicht zu einer weiteren Ausbreitung kommt (Bosshard et al., 2010).

Fazit: Eine standortangepasste, extensive Mahd ist essenziell für eine hohe ökologische Qualität von Pflanzengesellschaften. Für die meisten Flächen ist eine zweischürige Mahd mit einer ersten Mahd im Frühsommer sinnvoll. Eine einschürige Mahd macht nur bei nährstoffarmen Standorten Sinn. Die Arthropoden profitieren von der resultierenden grösseren pflanzlichen Artenvielfalt und dem besseren Blütenangebot. Abgesehen von diesen pauschalen Empfehlungen muss das Mähregime aber immer an die individuellen Standortbedingungen und Artenvorkommen sowie an betriebliche Rahmenbedingungen angepasst werden.

Das Stehenlassen von 10-20 % der Wiesen als Refugialflächen hat einen sehr grossen positiven Effekt auf die Arthropoden, da sie dort vom Mähtod geschützt sind, ihre Lebensgrundlagen erhalten bleiben und sie ihren Lebenszyklus vollständig durchlaufen können. Dieser Effekt kumuliert sich über die Jahre, da die Wiederbesiedlung der gemähten Flächen aus einem durch die Refugialflächen grösseren Populationsreservoir heraus erfolgen kann. Da das Stehenlassen von Refugialflächen kaum Mehraufwand verursacht und einen sehr grossen Nutzen für die Biodiversität hat, sollte diese Massnahme überall angewendet werden, wo kein hoher Gehölzdruck oder Neophytenbefall vorliegt. Die abschnittsweise Mahd kann ideal kombiniert werden mit einem Mähregime, welches eher die Förderung der pflanzlichen Artenvielfalt priorisiert als die Ansprüche der Arthropoden, da die negativen Auswirkungen auf die Arthropoden durch die Refugialflächen teilweise kompensiert werden.

2.4 Mähwerk

Mähwerke lassen sich in schneidende und rotierende Mähwerk unterscheiden. Schneidende Mähwerke nutzen eine Klinge, die sich auf einer horizontalen Ebene bewegt und die Vegetation auf dieser abschneidet. Zu dieser Kategorie gehören die Sense als manuelles Werkzeug sowie die mechanischen Fingerbalken- und Doppelmessermähwerke, welche auch unter dem Begriff oszillierende Mähwerke zusammengefasst werden. Alle schneidenden Mähwerke zeichnen sich durch einen langgezogenen Wirkungsbereich mit geringer Höhe aus.

Rotierende Mähwerke nutzen eine oder mehrere rotierende Wellen, an der die eigentlichen Schnittwerkzeuge befestigt sind. Die Rotation kann entweder horizontal sein, wie bei Trommel-, Sichel- und Scheibenmähwerken oder

vertikal wie bei Schlegelmähwerken. Horizontal rotierende Mähwerke haben ähnlich wie schneidende Mähwerke einen Wirkungsbereich mit geringer Höhe. Durch die Rotation entstehen jedoch Luftströme, welche bei schneidenden Mähwerken nicht auftreten.

Vertikal rotierende Mähwerke haben einen grossen Wirkungsbereich, der die gesamte Höhe und Breite der Welle inklusive der Schnittwerkzeuge umfasst. Die Vegetation wird dadurch nicht nur abgeschnitten, sondern kleingehackt. In der Regel bleibt sie danach als Mulch auf der gemähten Fläche liegen. Auch bei vertikal rotierenden Mähwerken entstehen Luftströme. Sichelmulcher rotieren zwar horizontal, hacken die Vegetation aber ebenfalls klein und sind in ihrer Wirkung daher mit Schlegelmulchern vergleichbar.

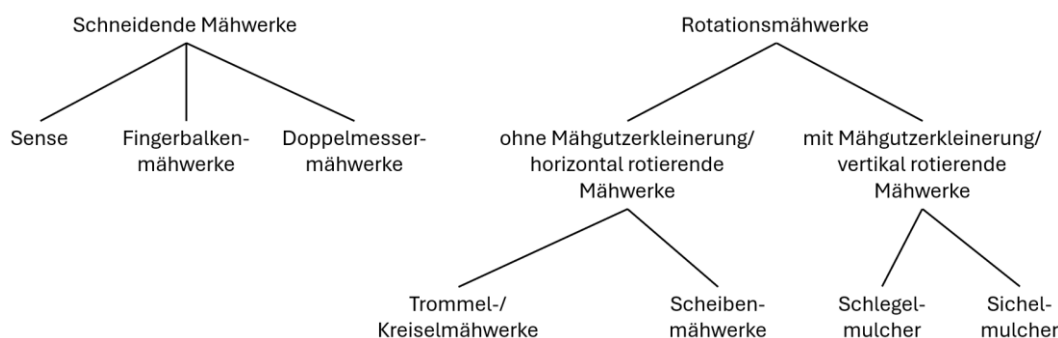


Abb. 5: Schematische Gliederung gängiger Mähtechniken anhand ihrer Funktionsweise

Bei der Mahd des Strassenbegleitgrüns werden heute hauptsächlich Schlegelmulchmäherwerke eingesetzt (Betz et al., 2022; Richner et al., 2019). Zahlreiche Studien konnten zeigen, dass diese bei der Mahd sehr hohe Verluste bei Arthropoden verursachen. Steidle et al. (2022) und Betz et al. (2022) stellten beispielsweise bei der Mahd mit dem Schlegelmulchkopf Mulag MK 1200 bei den untersuchten Arthropodengruppen (ausser Heuschrecken und Käfer) erhebliche Ausfälle von 29 % bis 87 % der Individuen fest. Mit dem gleichen Versuchsaufbau fanden Haas-Renninger et al. (2023) eine Reduktion der Mikrohymenoptera um 64 %. In der Studie von Richner et al. (2019) wurden nach der Mahd mit einem Schlegelmulcher durchschnittlich 60 % weniger Heuschrecken auf den Flächen gefunden als vor der Mahd. In diesen vier Untersuchungen konnte die Messmethode jedoch nicht zwischen getöteten und geflüchteten Individuen unterscheiden.

Um den Faktor Flucht auszuschliessen, nutzten Richner et al. (2019) zusätzlich Insektenattrappen aus Wachs, von denen je nach Typ 39-90 % bei der Mahd durch den Schlegelmulcher geschädigt wurden. In der Vegetation aufgehängte Attrappen erlitten dabei deutlich höhere Verluste als am Boden

ausgestreute Attrappen. Aus einer ähnlichen Überlegung heraus untersuchten Hemmann et al. (1987) die Mortalität bei der Mahd mittels ausgesetzten Imagines und Larven von Wanzen sowie Mehlkäfern. Dabei stellten sie hohe Ausfälle zwischen 41 % und 88 % der Individuen fest, wobei die am Boden lebenden resp. zum Boden flüchtenden Wanzen-Larven und Mehlkäfer weniger grosse Verluste erlitten als die in der Vegetation verbleibenden Wanzen-Imagines. Löbbert et al. (1994) arbeiteten mit Wachs-Insektenattrappen sowie ausgesetzten Schmetterlingsraupen und stellten Ausfälle von 42 % bis 58 % (Attrappen) resp. 40 bis 90 % (Raupen) fest.

Neben dem grossen Wirkungsbereich werden oftmals durch die Rotation des Mähwerks verursachte Luftströme und Saugwirkungen für die hohe Mortalität bei der Mahd mit Schlegelmulchern verantwortlich gemacht. Eine Untersuchung von Latsch et al. (2010) konnte starke Luftströme bei Mulchmähdwerken nachweisen. Allerdings waren diese nicht konsistent nach oben gerichtet - im Sinne einer Saugwirkung in das Mähwerk hinein - sondern nahmen die Form eines schnellen Wechsels von Druck und Gegendruck an. Die stärksten Luftströmungen traten direkt unter dem Rotor auf, wobei Hammerschlegel höhere Luftgeschwindigkeiten erzeugten als Y-Messer. Bei der Untersuchung von Löbbert et al. (1994) wurden Raupen, die sich am Boden aufhielten, nicht von Mulchmähdwerken geschädigt. Die Saugwirkung war also zu gering, um Tiere in den Wirkungsbereich der Mähwerke zu befördern. Am Boden ausgestreute Wachs-Insektenattrappen wurden nur bei einer sehr niedrigen Schnitthöhe von 5 cm in signifikanter Menge beschädigt, bei einer Schnitthöhe von 10 cm waren die Verluste gering. Es war eine höhere Schädigungsrate durch die Mahd mit Zahnschlegeln feststellbar als durch die Mahd mit Y-Messern. Bei ausgesetzten Schmetterlingsraupen gab es hingegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den zwei Schlegeltypen.

Deutliche Unterschiede zeigen sich beim Vergleich von Mulchmähdwerken mit horizontal rotierenden Mähwerken sowie schneidenden Mähwerken. Während Löbbert et al. (1994) je nach Schnitthöhe Schädigungsraten von 40-95 % (Schmetterlingsraupen) resp. 39-98 % (Attrappen) bei der Mahd mit Schlegelmulchgeräten massen, verursachten Scheiben- und Balkenmähdwerke signifikant geringere Verluste von 10-40 % (Raupen) resp. 0-28 % (Attrappen). Bei der Untersuchung von Richner et al. (2019) verursachte der Balkenmäher eine Reduktion von 39 % (Heuschrecken) resp. 10-24 % (Attrappen) gegenüber 60 % (Heuschrecken) resp. 39-90 % (Attrappen) beim Schlegelmulcher. Auch in der Studie von Hemmann et al. (1987) verursachte ein Balkenmäher signifikant geringere Verluste (29-53 %) bei ausgesetzten Arthropoden als ein Schlegelmulcher (41-88 %). Berger et al. (2024) stellten nach dem Mulchen eine signifikant reduzierte Abundanz von Zikaden und Spinnen fest im Vergleich mit Wiesen, die mit einem Balkenmäher oder

Rotationsmäher gemäht wurden. Bei Heuschrecken und Käfern waren jedoch keine signifikanten Unterschiede feststellbar.

Mehrere Studien, die den Ökomäher Mulag Eco 1200 plus mit einem konventionellen Schlegelmulchkopf verglichen, konnten für einige der untersuchten Arthropodengruppen signifikant geringere Verluste bei der Mahd mit dem Ökomäher feststellen. Da dieser aber mehrere Massnahmen zur Reduktion der Mortalität von Kleintieren einsetzt, ist unklar, wie gross der Anteil des Mähwerks an der Reduktion der Verluste war (Betz et al., 2022; Haas-Renninger et al., 2023; Steidle et al., 2022).

Während also deutlich aufgezeigt werden kann, dass Mulchmähwerke signifikant höhere Mortalitätsraten bei Kleintieren verursachen als schneidende und horizontal rotierende Mähwerke, sind die Unterschiede zwischen den letzteren weniger klar. Für Amphibien konnten mehrere Studien nachweisen, dass Balkenmähwerke eine signifikant geringere Mortalität verursachen als Trommelmähwerke (Claßen et al., 1996; Oppermann & Krismann, 2001). Zu Arthropoden gibt es hingegen sowohl Studien, bei denen Balkenmähwerke signifikant besser abschneiden als horizontal rotierende Mähwerke (Humbert et al., 2010a; Oppermann & Krismann, 2003; Wilke, 1992), aber auch Studien, bei denen kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Typen von Mähwerken festgestellt werden konnte (Humbert et al., 2010a; Humbert & Walter, 2010; Kraut, 1995; Löbbert et al., 1994; Schwarz et al., 2023b; Von Berg et al., 2025a). Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Ergebnisse der verschiedenen Studien zu diesem Thema.

Tab. 3: Übersicht über Studien, die Balkenmäher mit Rotationsmäherwerken vergleichen

Studie	Untersuchte Tiergruppe	Reduktion		Balkenmäher besser?
		Balkenmäherwerk	Scheiben-/Trommelmäherwerk	
Claßen et al. (1996)	Amphibien	10 %	28 %	ja
Oppermann und Krismann (2001)	Amphibien	7-14 %	12-24 %	ja
Oppermann und Krismann (2003)	Heuschrecken	9 %	21 %	ja
Humbert et al. (2010a)	Heuschrecken	13 %	21 %	ja
Wilke (1992)	Heuschrecken	6 %	30 %	ja
Humbert et al. 2010 (2010b)	Raupen	20 %	37 %	unklar*
Humbert et al. 2010 (2010b)	Wachsattrappen	8-19 %	9-27 %	unklar*
Löbbert et al. (1994)	Wachsattrappen	0-10 %	0-30 %	Vegetation ja, Boden nein
Humbert und Walter (2010)	Wachsattrappen	14-22 %	9-27 %	nein
Kraut (1995)	Insekten und Spinnen	25 %	25 %	nein
Löbbert et al. (1994)	Raupen	20-40 %	10-40 %	nein
Schwarz (2023b)	Heuschrecken	-20 %/ +25 %**	0-20 %	nein
Von Berg et al. (2025a)	Spinnen	44 %	33 %	nein
Von Berg et al. (2025a)	Heuschrecken	n.s.	n.s.	nein
Von Berg et al. (2025a)	Zikaden	39 %	34 %	nein
Von Berg et al. (2025a)	Wanzen	28 %	43 %	nein
Von Berg et al. (2025a)	Hymenoptera	20 %	28 %	nein
Von Berg et al. (2025a)	Käfer	n.s.	29 %	nein
Von Berg et al. (2025a)	Fliegen	48 %	31 %	nein
Von Berg et al. (2025a)	Holometabole Larven	50 %	55 %	nein

Hinweis: Die Prozentangaben mussten teilweise aus Grafiken abgelesen werden, weshalb es leichte Abweichungen zu den tatsächlichen Ergebnissen geben kann.

n.s. = keine signifikante Reduktion festgestellt.

* In dieser Studie wurde ein handgeführter Balkenmäher mit einem an einem Traktor montierten Rotationsmäherwerk verglichen. Es ist unklar, ob die Unterschiede in der Mortalität auf die Mäherwerke oder auf die Geräteträger zurückzuführen sind.

** Die Studie hatte zwei Versuchsreihen im Juni resp. August. Während es bei der Versuchsreihe im Juni zu einer Reduktion der Anzahl Individuen nach der Mahd von 20 % kam, erhöhte sich die Anzahl Individuen bei der Versuchsreihe im August um 25 %.

Fazit: Bei der Pflege des Strassenbegleitgrüns werden heute hauptsächlich Schlegelmulchmäherwerke eingesetzt. Diese verursachen eine sehr hohe Mortalität bei der wiesenbewohnenden Fauna. Neben dem grossen Wirkungsbereich gelten mutmassliche Saugwirkungen als Hauptverursacher. Bisher gibt es für eine solche Saugwirkung nur wenig Evidenz, die Luftströme sind eher turbulent als zielgerichtet. Mit Y-Messern können die Luftströme abgeschwächt werden, es gibt aber nur wenige Hinweise auf eine reduzierte

Mortalität von Kleintieren. Balkenmäherwerke sowie horizontal rotierende Mäherwerke verursachen eine deutlich geringere Mortalität als Schlegelmulchmäherwerke. Ob Balkenmäherwerke signifikant besser als horizontal rotierende Mäherwerke sind, ist umstritten. Es gibt gute Evidenz für eine deutliche Schonung von Wirbeltieren wie Amphibien, während die Studien in Bezug auf die Mortalität von Arthropoden widersprüchlich sind.

2.5 Mahdhöhe

Ein Hochschnitt (ab etwa 10 cm Mahdhöhe) gilt im Gegensatz zum Tief- (0-4 cm) oder Normalschnitt (5-9 cm) als faunafreundlich. Für Amphibien konnte nachgewiesen werden, dass sie bei höheren Mahdhöhen geringere Verluste erleiden (Claßen et al., 1994; Liczner, 1999). Die Mortalität von Raupen wurde in einer Untersuchung in der Schweiz durch eine Erhöhung der Mahdhöhe von 6 auf 9 cm bei der Mahd mit einem Trommelmäher nicht beeinflusst (Humbert et al., 2010b). Wilke (1992) konnte bei der Mahd mit einem Scheibenmäher keine signifikanten Unterschiede bei der Mortalität von Heuschrecken zwischen Mahdhöhen von 3 und 6 cm feststellen. Die Mahdhöhen aus diesen beiden Studien fallen aber in das Spektrum eines Tief- resp. Normalschnitts und lassen deshalb keine Aussagen über die Vorteile eines Hochschnitts zu.

Eine Studie mit Modellkörpern und ausgesetzten Schmetterlingsraupen zeigte bei der Mahd mit einem Schlegelmulcher eine signifikante Reduktion der Schädigungsraten, wenn die Mahdhöhe von 5 cm auf 10 cm erhöht wurde. Bei der Mahd mit einem Scheiben- und einem Doppelmessermäherwerk waren die Unterschiede zwischen den beiden Mahdhöhen jedoch nicht so klar ausgeprägt (Löbber et al., 1994). Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Mahdhöhe in Bezug auf die Mortalität von Arthropoden beim Mähen mit Mulchgeräten durch ihren grossen Wirkungsbereich relevanter ist als bei der Mahd mit horizontal rotierenden oder schneidenden Mähergeräten. Die Mortalität beim Mähen wird zudem beeinflusst vom typischen Aufenthaltsort der jeweiligen Arthropodenart (am Boden oder in bestimmten Höhenbereichen in der Vegetation) (Humbert et al., 2009; Löbber et al., 1994). Diese Faktoren greifen vermutlich auch, wenn das Schnittgut durch den Mähkopf direkt abgesaugt wird, da der Wirkungsbereich des Mähkopfs dadurch ebenfalls den kompletten Bereich oberhalb der Mahdhöhe umfasst.

Es gibt Hinweise darauf, dass ein Tief- oder Normalschnitt eine Fläche für gewisse Arthropoden temporär unbewohnbar macht, auch wenn sie den Mähvorgang überleben. Drei in England untersuchte Heuschreckenarten bevorzugten eine Vegetationshöhe von 10-20 cm. Kürzer geschnittene Wiesen stellen somit mindestens temporär kein geeignetes Habitat für diese

Tiere dar (Gardiner et al., 2002). Eine andere Untersuchung weist darauf hin, dass erhöhte Temperaturen und Trockenheit nach der Mahd die Anzahl von Individuen von zwei untersuchten Heuschreckenarten auf kürzlich gemähten Wiesen signifikant reduzieren (Gardiner & Hassall, 2009). Diesem Effekt kann mit dem Stehenlassen von Refugialflächen entgegengewirkt werden (Humbert et al., 2010c).

Für die Vegetationszusammensetzung kann ein Tief- oder Normalschnitt jedoch vorteilhaft sein, da diese Kräuter, insbesondere Lichtkeimer begünstigen. Mahdhöhen ab 10 cm führen zu einem höheren Anteil an Gräsern wie dem Deutschen Weidelgras (*Lolium perenne*) und dem Rispengras (*Poa trivialis*) auf Kosten von Kräutern (Elsässer, 2003). Ein hoher Anteil an Blütenpflanzen geht in der Regel mit einer höheren Artenvielfalt an Arthropoden einher, während grasdominierte Pflanzengesellschaften eine niedrigere tierische Artenvielfalt aufweisen (Fartmann & Mattes, 1997; Noordijk et al., 2010).

Fazit: Wenn auf der zu mähenden Fläche Wirbeltiere wie Amphibien, Eidechsen oder Schlangen vorkommen oder ein Mulchmähwerk oder ein Mähkopf mit direktem Absaugen des Schnittguts eingesetzt werden sollen, ist ein Hochschnitt zur Reduktion der Mortalität sinnvoll. Ein Tief- oder Normalschnitt macht eine Fläche für manche Arthropoden temporär unbewohnbar, wirkt sich aber positiv auf die Vegetationsentwicklung und damit langfristig auf die Lebensgrundlagen der Arthropoden aus. Eine pauschale Empfehlung für eine optimale Schnitthöhe ist deshalb nicht möglich. Ideal wäre eine Variation der Schnitthöhe in Kombination mit dem Stehenlassen von Refugialflächen. In Bezug auf Mähgeräte ist es deshalb positiv, wenn die Schnitthöhe einfach verstellbar ist. Ein unregelmässiges Schnittbild ist aus Sicht der Biodiversität ebenfalls positiv zu werten.

2.6 Bodenkontaktflächen und Bodenkontaktflächendruck

Die auf dem Markt verfügbaren Ökomähtechniken für die Mahd von Strassenbegleitgrün sind grossmehrheitlich Mähköpfe, die über einen Auslegerarm an einem Trägerfahrzeug montiert sind (vgl. Abb. 6). Das Trägerfahrzeug befährt die zu mähende Fläche nicht, sondern bewegt sich auf dem Pannestreifen oder auf einem Fahrstreifen. Der Mähkopf ist mit einer Walze oder Rollen versehen, auf denen er über die zu mähende Fläche fährt. Die meisten Mähtechniken verfügen über eine elektronische Steuerung, die über Drucksensoren an der Walze resp. den Rollen, manchmal auch über weitere Sensoren sicherstellt, dass der Mähkopf dem Geländeverlauf folgt und der Bodenkontaktflächendruck des Mähkopfs sich in einem vorgegebenen Rahmen bewegt.



Abb. 6: Unimog bei der Mahd einer Strassenböschung mit dem Ökomähkopf Mulag Eco 1200 plus. Bild: Kaspar Kluth

Die meisten Ökomähtechniken versuchen, den Bodenkontakt des Mähkopfs zu reduzieren, indem sie keine durchgehenden Laufwalzen, sondern Laufwalzen mit Verjüngungen oder kleine, an beiden Seiten des Mähkopfs angebrachte Laufrollen verwenden. Dadurch soll das Zerquetschen von Tieren durch die Laufvorrichtung reduziert werden.

Der Effekt des Zerquetschens von Tieren durch die Bodenkontaktflächen von Mähköpfen wurde bisher erst in einer einzigen Studie untersucht. Richner et al. (2019) stellten dabei fest, dass am Boden ausgestreute Wachs-Insektenattrappen beim Mähen wie auch beim Absaugen hauptsächlich durch die Laufvorrichtungen der verwendeten Mäh- resp. Sauggeräte geschädigt wurden. Ein getesteter Messerbalken ohne Laufvorrichtung beschädigte signifikant weniger Insektenattrappen als die anderen Mäh- und Sauggeräte.

Aus dem Landwirtschaftsbereich gibt es zudem drei weitere Studien, die Hinweise darauf geben, wie bedeutend das Überrollen als Todesursache beim Mähen ist. Humbert et al. (2010b) stellten fest, dass am Boden ausgestreute Wachs-Insektenattrappen hauptsächlich durch das Überfahren beim Mähen mit einem an einen Traktor montierten Trommelmäher geschädigt werden, während das Mähwerk selbst bei diesen Attrappen kaum Schäden verursachte. Bei einer Untersuchung der Mortalität von künstlich in Luzerne-Feldern ausgebrachten Ölkäfern (*Epicauta occidentalis*) bei der Mahd mit verschiedenen Mähgeräten war das Überrollen mit dem Trägerfahrzeug die wichtigste Todesursache der Käfer (Blodgett et al., 1995). Berger et al. (2024) fanden einen positiven Effekt auf die Abundanz von Heuschrecken, wenn bei der Wiesenmahd breitere Mähwerke eingesetzt wurden. Bei diesen verbessert

sich das Verhältnis zwischen der gemähten und der durch das Trägerfahrzeug überrollten Fläche. Das Töten von Tieren durch Zerquetschen oder die Bodenverdichtung durch die Räder könnten hier also eine Rolle gespielt haben. Bei den anderen untersuchten Arthropodengruppen (Spinnen, Käfer und Zikaden) zeigte sich in der Studie kein signifikanter Effekt durch breitere Mähwerke.

Fazit: Es gibt Hinweise darauf, dass der Druck durch die Bodenkontaktflächen von Mähgeräten insbesondere am Boden lebende und mit dem Schnittgut auf den Boden gefallene Tiere in signifikantem Ausmass schädigt. Die Anzahl Studien ist jedoch gering und es gibt keine Erkenntnisse dazu, ob die von Ökomähern eingesetzten Methoden zur Reduktion dieses Effekts, namentlich die Reduktion der Auflagefläche der Laufvorrichtungen sowie die Regulierung des Bodenkontaktflächendrucks mittels Drucksensoren und automatischer Steuerung, eine signifikante Reduktion der Mortalität von Arthropoden bewirken können.

2.7 Insektenscheuche

Vor dem Mähwerk angebrachte Insektenscheuchen sollen das Fluchtverhalten von Arthropoden auslösen, bevor sie in den Gefahrenbereich des Mähwerks geraten. Obwohl fast alle Ökomäher eine Insektenscheuche einsetzen und Insektenscheuchen zur Nachrüstung von bestehenden konventionellen Mähköpfen angeboten werden, gibt es bisher erst drei Studien, die ihre Effektivität untersucht haben.

Haas-Renninger et al. (2023) testeten die Auswirkungen einer Insektenscheuche bestehend aus einer Kunststoffplane auf Mikrohymenoptera, wenn diese in einer Geschwindigkeit von 2-4 km/h über eine Wiese gezogen wurde. Die gesamte Individuenzahl an Mikrohymenoptera auf den behandelten Flächen reduzierte sich dadurch signifikant um 30 % im Vergleich zu unbehandelten Flächen. In Bezug auf Überfamilien konnte nur bei den Chalcidoidea (Erzwespen) eine signifikante Reduktion festgestellt werden. Die Fahrgeschwindigkeit lag unter der typischen Mähgeschwindigkeit beim Mähen von Strassenbegleitgrün von um die 5 km/h und die Versuchsanordnung lässt offen, ob die Insekten trotz des ausgelösten Fluchtverhaltens durch einen Mähkopf geschädigt würden, z.B. weil sie in die falsche Richtung oder nicht schnell genug flüchten. Die Aussagekraft der Studie zur Effektivität von Insektenscheuchen an Ökomähern ist deshalb gering.

Berger et al. (2026) fanden bei der Mahd von Strassenbegleitgrün keine signifikant erhöhten Individuenzahlen von Arthropoden in den Refugiaflächen

– auch nicht bei der Mahd mit dem Ökomäher Mulag Eco 1200 plus, der über eine Insektenscheuche bestehend aus einer vor dem Mähkopf montierten Kunststoffplane verfügte. Sie schlossen daraus, dass die Insektenscheuche keine signifikanten Mengen an Insekten in die Refugialflächen treibt. Andere Fluchtrichtungen, wie z.B. an oder unter den Boden sowie seitlich wurden jedoch nicht untersucht.

Von Berg et al. (2025b) testeten die Effektivität von drei verschiedenen Insektenscheuchen zur Reduktion der Mortalität von Arthropoden bei der Mahd von Grünland im Vergleich zum Mähen ohne Insektenscheuche: Eine Insektenscheuche basierend auf einer Kunststoffplane, eine Insektenscheuche basierend auf Metallbügeln und eine Insektenscheuche basierend auf einem Gebläse. Die Effektivität wurde dabei je nach taxonomischer Gruppe unterschiedlich gemessen: Bei Gruppen, die sich zur Flucht auf den Boden fallen lassen, wurde eine hohe Individuenzahl nach der Behandlung als effektiv gewertet. Bei Gruppen, die zur Flucht wegspringen oder -fliegen wurde eine niedrige Individuenzahl nach der Behandlung als effektiv gewertet. Es wurden zwei Fahrgeschwindigkeiten getestet: 5 km/h und 12 km/h. Alle Insektenscheuchen waren bei der niedrigen Fahrgeschwindigkeit für alle Arthropodengruppen effektiv. Bei hohen Fahrgeschwindigkeiten war die Insektenscheuche basierend auf einer Kunststoffplane nicht effektiv, die Insektenscheuche basierend auf Metallbügeln nur für zwei Arthropodengruppen und die Insektenscheuche basierend auf einem Gebläse für alle Arthropodengruppen.

Fazit: Es gibt Hinweise darauf, dass Insektenscheuchen die Mortalität von Arthropoden bei der Mahd von Strassenbegleitgrün reduzieren können. Die niedrige Fahrgeschwindigkeit von um die 5 km/h scheint die Effektivität von Insektenscheuchen zu begünstigen. Vorrichtungen auf Basis von Gebläsen sind am vielversprechendsten, gefolgt von Vorrichtungen auf Basis von Metallbügeln. Vorrichtungen auf Basis von Kunststoffplanen scheinen am wenigsten effektiv zu sein. Zu Insektenscheuchen auf Basis von Kettenschürzen oder Metallstriegeln gibt es bisher keine Studien, obwohl diese sehr oft von Ökomähern eingesetzt werden (vgl. Tab. 1).

2.8 Studien zur Effektivität von Ökomähern

Aufgrund ihrer Neuartigkeit gibt es erst wenige Studien, welche die Effektivität von Ökomähern zur Förderung der Biodiversität auf Strassenbegleitgrün untersucht haben.

Steidle et al. (2022) sowie Betz et al. (2022) verglichen die Mortalität von Arthropoden bei der Mahd mit dem Mulag Eco 1200 plus (siehe Tab. 1) mit

einem konventionellen Schlegelmulchkopf Mulag MK 1200. Der Ökomäher wurde mit eingeschalteter Absaugvorrichtung aber ohne Insektenscheuche getestet. Während der Schlegelmulchkopf bei den verschiedenen Arthropodengruppen (ausser Heuschrecken und Käfer) erhebliche Ausfälle von 29 % bis 87 % der Individuen verursachte, konnte der Ökomäher diese Verluste um 15 % (Hautflügler), 25 % (Zweiflügler) resp. 100 % (Webspinnen, Zikaden, Wanzen, Schmetterlinge und holometabole Larven) reduzieren. Haas-Renninger et al. (2023) untersuchten Mikrohymenoptera (kleine, meist andere Arthropoden parasitierende Wespen) aus den gleichen Versuchen und fanden hohe Verluste bei der Mahd mit dem Schlegelmulcher von durchschnittlich 60 % der Individuen. Der Ökomäher konnte diese Verluste signifikant um 29 % reduzieren, was aber hauptsächlich auf die Reduktion der Verluste der zahlreichsten Superfamilie der Erzwespen um 38 % zurückzuführen war. Bei allen anderen Superfamilien war keine signifikante Reduktion der Mortalität durch die Mahd mit dem Ökomäher feststellbar.

Berger et al. (2026) untersuchten die Mortalität von Arthropoden bei der Mahd mit einem Ökomäher Mulag Eco 1200 (ohne Absaugung), einem konventionellen Schlegelmulcher und einem Fadenmäher und verglichen diese mit ungemähten Refugien. Alle drei Mäher reduzierten die Individuenzahlen der Arthropoden stark um durchschnittlich 62 %, wobei der Schlegelmulcher mit 75 % am meisten Verluste erzeugte, während der Ökomäher und der Fadenmäher die Arthropoden um 45 % reduzierten. Die statistische Analyse ergab aber weder bei der totalen Reduktion der Arthropoden noch in Bezug auf die Reduktion einzelner Artengruppen signifikante Unterschiede zwischen den drei Mähtechniken.

Richner et al. (2019) verglichen die Arthropoden- und Pflanzensamenverluste bei der Mahd von Strassenbegleitgrün mit verschiedenen konventionellen und neuartigen Mähtechniken. Eine der getesteten Mähtechniken wendete zwei Ansätze von Ökomähern (Mähbalken und direkte Schnittgutaufnahme) an und ist als Vorläufer eines später vom Hersteller entwickelten Ökomähers anzusehen. Im Vergleich zu einem Schlegelmulchkopf – sowohl mit als auch ohne Absaugung des Schnittguts – führte dieser Mähkopf zu deutlich geringeren Verlusten bei in der Vegetation aufgehängten Wachs-Insektenattrappen (49 % gegenüber 89,4 % bzw. 94,6 %). Auch bei am Boden ausgelegten Attrappen waren die Verluste etwas geringer (43,3 % gegenüber 51,3 % bzw. 50,7 %). Die Mortalität von Heuschrecken war vergleichbar mit der bei der Mahd mit einem Schlegelmulchkopf mit Absaugung (79 % vs. 77,9 %) aber schlechter als bei der Mahd mit einem Schlegelmulchkopf ohne Absaugung (60,9 %). Wurde der Ökomäher ohne Schnittgutaufnahme betrieben, waren die Überlebensraten sowohl der Wachs-Insektenattrappen als auch der Heuschrecken deutlich besser. Zudem wurden auffällig viele Wachs-Insektenattrappen von der Laufvorrichtung der Schnittgutaufnahme,

einer durchgehenden Tastwalze, zerquetscht. Die Studie kommt deshalb zum Schluss, dass das Gerät durch eine Laufvorrichtung mit reduzierter Bodenkontaktfläche und eine Insektenscheuche deutlich verbessert werden könnte. Alle getesteten Mähtechniken reduzierten die auf der Fläche vorhandenen Pflanzensamen stark (40-60 % der auf dem Boden liegenden Samen resp. 80 % der insgesamt vorhandenen Samen), wobei es sich positiv auf die Anzahl verbleibenden Samen auswirkte, wenn das Schnittgut vor dem Entfernen mindestens einen Tag auf der Fläche liegen gelassen wurde. In einer Gesamtbeurteilung unter Berücksichtigung von ökologischen wie auch betriebsökonomischen Kriterien sah die Studie den Ökomäher als die vorteilhafteste Mähtechnik an, betonte aber auch die Wichtigkeit der Kombination mit ökologisch sinnvollen Mähzeitpunkten und dem Stehenlassen von Refugialflächen.

Fazit: Trotz der bisher dünnen Studienlage, die sich hauptsächlich auf einen einzigen Ökomäher (Mulag Eco 1200 plus) bezieht, gibt es Hinweise darauf, dass Ökomäher die Mortalität von Arthropoden bei der Mahd im Vergleich zu konventionellen Schlegelmulchern reduzieren und eine effiziente Schnittgutabfuhr ermöglichen können. Der positive Effekt ist jedoch nicht für alle Arthropodengruppen gleich ausgeprägt. Er scheint vom typischen Aufenthaltsbereich (Boden oder Krautschicht) und dem Fluchtmodus (Wegspringen, Fallenlassen, Wegfliegen etc.) der einzelnen Arten sowie von der genauen Ausgestaltung der einzelnen Komponenten des Mähkopfs (insbesondere Mähwerk, Bodenkontaktflächen, Schnittgutaufnahme und Insektenscheuche) abzuhängen. Es bestehen aber noch viele Unsicherheiten und klare Empfehlungen bleiben schwierig.

2.9 Versuchsanordnungen

Die Messung der Mortalität der Arthropoden bei der Mahd kann über Probenentnahmen vor und nach der Mahd erfolgen, wie es beispielsweise bei Steidle et al. (2022), Betz et al. (2022), Haas-Renninger et al. (2023) und Von Berg et al. (2025b) erfolgt ist. Dazu wurden mit Netzen bespannte Holzrahmen (sog. Biozönometer) auf der Fläche ausgebracht, aus denen die Arthropoden nicht fliehen konnten, und der Inhalt mittels eines Insektensaugers abgesaugt. Die resultierenden Proben konnten anschliessend im Labor ausgezählt und in Bezug auf die Unterschiede zwischen vor und nach der Mahd sowie verschiedenen Mähgeräten und einer Kontrollfläche ausgewertet werden. Aufgrund der diversen Lebensweisen und Fluchtverhalten der verschiedenen Arthropodenarten und grossen Unterschiede im Vorkommen der Arten auf verschiedenen Flächen ist neben der Auszählung der Tiere auch eine Bestimmung der Arten auf eine sinnvolle taxonomische Ebene notwendig. Dadurch ist diese Methode sehr aufwändig.

Die Ergebnisse sind schwierig zu vergleichen, weil die Arthropodenvorkommen – wie bereits erwähnt – je nach Fläche und Zeitpunkt der Probeentnahme stark variieren. Die Individuenzahlen können zudem für gewisse Arten oder Artengruppen zu klein für eine belastbare statische Auswertung ausfallen. Im Grundsatz misst die Methode auch nur das Vorkommen der Tiere, kann also nicht unterscheiden, ob sie getötet wurden oder von der Fläche geflohen sind – was für die Bewertung aber einen grossen Unterschied macht, da geflohene Tiere im Gegensatz zu getöteten als positiv zu werten wären, insbesondere bei Mähtechniken mit Insektenscheuchen. Erschwert wird die Bewertung durch die unterschiedlichen Fluchtverhalten von Arthropoden: Während manche Tiere wie Heuschrecken, Bienen oder Schmetterlinge grossräumig fliehen können und sich nach der Mahd teilweise gar nicht mehr auf der Versuchsfläche aufhalten, fliehen andere Tiere kleinräumiger, z.B. aus der Vegetationsschicht auf den Boden. Von Berg et al. (2025b) werteten deshalb bei ihrer Untersuchung von verschiedenen Insektenscheuchen die durch Auszählung von abgesaugten Proben ermittelte Reduktion von Arthropoden durch die Mahd je nach Fluchtverhalten der jeweiligen taxonomischen Gruppe unterschiedlich: Bei kleinräumig fliehenden Arten wurde eine geringe Reduktion als positiv gewertet, bei grossräumig fliehenden Arten hingegen eine grosse Reduktion.

Richner et al. (2019) massen die Mortalität von Heuschrecken bei der Mahd mittels Wurfnetzen bestehend aus zwei Ringen, zwischen denen ein Netz befestigt war. Diese wurden auf der Fläche ausgeworfen, der obere Ring hochgezogen und alle Heuschrecken innerhalb des Netzes visuell bestimmt und ausgezählt. Ein solcher Ansatz ist naturgemäss nur für grössere, nicht flugfähige Arthropoden anwendbar. Problematisch sind auch bei dieser Methode die mangelnde Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Flächen und Zeitpunkten sowie die mangelnde Unterscheidung zwischen getöteten und geflohenen Tieren. Zudem können die Individuenzahlen pro Probe sehr gering sein, wodurch die statistische Auswertung schwierig ist.

Die Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Flächen und Versuchszeitpunkten kann verbessert werden, indem man Versuchstiere auf den zu untersuchenden Flächen ausbringt und nach der Mahd die verbleibenden Tiere zählt. Humbert et al. (2010a) wendeten eine solche Methode zur Messung der Mortalität von Heuschrecken durch verschiedene Mähtechniken und Ernteschritte bei der Wiesenmahd an. Dazu setzten sie zuvor gefangene und mit fluoreszierender Farbe markierte Heuschrecken bestimmter Arten auf den Versuchsflächen aus und zählten in der darauffolgenden Nacht die verbleibenden Tiere mit Schwarzlichtlampen aus. Die Ergebnisse konnten anschliessend mit denen von ungemähten Kontrollflächen verglichen werden. Humbert et al. (2010b) verwendeten für

eine ähnliche Untersuchung im Labor gezüchtete Raupen des Grossen Kohlweisslings (*Pieris brassicae*), die teilweise auf dem Boden und teilweise in der Vegetation ausgesetzt wurden. Da gezielt die Auswirkungen auf Arthropoden am Boden mit denen auf Arthropoden in der Vegetation verglichen werden sollten, wurden die am Boden ausgesetzten Raupen vor dem Aussetzen in einer Kühlbox heruntergekühlt, um ihre Mobilität einzuschränken. Die beiden Gruppen von Raupen wurden zudem mit unterschiedlichen Farben markiert, um sie nach dem Mähen unterscheiden und besser wiederfinden zu können. Allen Methoden mit künstlich ausgesetzten Tieren ist gemein, dass sie Unterschiede im natürlichen Vorkommen von Arthropoden auf den untersuchten Flächen ausblenden und der Aufwand im Vergleich mit der Auswertung von abgesaugten Proben deutlich geringer ist. Dafür ist die Aussagekraft der Versuche durch das eingeschränkte Artspektrum geringer und bei mobilen Arten kann auch hier nicht zwischen getöteten und geflohenen Tieren unterschieden werden. Zudem stellen sich tierschutzrechtliche und ethische Fragen.

Eine weitere Möglichkeit zur Erforschung der Arthropodenmortalität unabhängig von Arthropodenvorkommen auf den Versuchsflächen ist der Einsatz von Attrappen, oft auch Modellkörper genannt. Dabei wird eine definierte Anzahl von Attrappen in der Form von kleinen Wachszyklindern in verschiedenen Grössen, in der Regel eine kleine Variante von ca. 20 mm Länge und 4-5 mm Durchmesser und eine grosse Variante von ca. 40 mm Länge und 8-10 mm Durchmesser, auf der Versuchsfläche ausgestreut resp. mittels eines Dochts in der Vegetation aufgehängt. Nach der Mahd werden die verbleibenden intakten und beschädigten Attrappen ausgezählt und mit den Ergebnissen von Kontrollflächen verglichen (Humbert et al., 2010b; Humbert & Walter, 2010; Löbber et al., 1994; Richner et al., 2019).

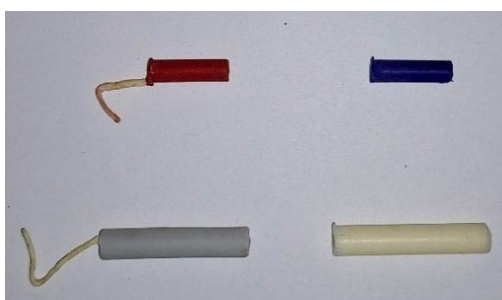


Abb. 7: Insektenattrappen in den Varianten gross und klein sowie mit und ohne Docht



Abb. 8: In der Vegetation aufgehängte Insektenattrappen

Neben der guten Vergleichbarkeit der Ergebnisse sind der geringe Aufwand zur Durchführung sowie die gezielte Ansprechbarkeit von bodenlebenden wie auch in der Krautschicht lebenden Arthropoden Vorteile dieser Methode.

Aufgrund der Dimensionen der Attrappen sind sie jedoch auf den ersten Blick nur für einen kleinen Teil der wiesenbewohnenden Arthropoden repräsentativ, der allergrösste Teil der Arten und Individuen ist deutlich kleiner (siehe beispielsweise die von Steidle et al. (2022), Betz et al. (2022) Haas-Renninger et al. (2023) und Von Berg et al. (2025b) gefundenen Arthropoden). Auch bei grossen Arthropoden ist bisher nur wenig erforscht, wie gut ihre Mortalität bei der Mahd durch immobile Attrappen abgebildet werden kann. Löbbert et al. (1994) massen die Mortalität von ausgesetzten Raupen der Ägyptischen Baumwollwurm (*Helicoverpa armigera*) und Attrappen (am Boden ausgestreut, Längen: 12 mm und 8 mm) bei der Mahd mit verschiedenen Mähwerken und kamen zum Schluss, dass die Ergebnisse der zwei Methoden in den meisten Fällen vergleichbar sind. Am Boden ausgestreute Attrappen zeigten jedoch eine signifikant reduzierte Mortalität bei der Mahd mit einem Schlegelmulcher mit Y-Messern im Vergleich zu einem Schlegelmulcher mit Zahnschlegeln, welche bei den Raupen nicht nachweisbar war. Die Autoren führen dies auf die im Vergleich zur Haut der Raupen relativ harte Oberfläche der Attrappen zurück. Humbert et al. (2010b) kamen in einer ähnlichen Untersuchung mit Attrappen und ausgesetzten Raupen des Grossen Kohlweisslings (*Pieris brassicae*) zum Schluss, dass die absoluten Werte der Mortalität der Attrappen zwar nicht genau den Mortalitätsraten der Raupen entsprachen, sie aber die relativen Unterschiede der Auswirkungen der verschiedenen Mähtechniken auf die Raupen gut widerspiegeln. Wie gut die Verluste anderer Arthropodengruppen durch Attrappen abgebildet werden können, ist aktuell nicht erforscht.

Neben der direkten Messung der Mortalität kann auch die langfristige Entwicklung der Artenzusammensetzung und Abundanz von Arthropoden untersucht werden, wie dies beispielsweise von Noordijk et al. (2010) mittels Bodenfallen oder von Halbritter et al. (2015) mittels Transektbegehungen gemacht wurde. Der Vorteil dieses Ansatzes liegt darin, dass damit das eigentliche Pflegeziel (die Artenvielfalt und Abundanz der Arthropoden auf den Flächen) gemessen wird und nicht ein vorgelagerter Wert (die Mortalität). Die Studien erstrecken sich dafür notwendigerweise über mehrere Jahre, in denen die Flächen ausschliesslich mit den zu untersuchenden Mähtechniken gemäht werden dürfen, was zum Testen neuartiger Mähgeräte ungünstig sein kann. Zudem kann jede Messmethode in der Regel nur ein begrenztes Artspektrum abdecken und die Resultate sind zwischen verschiedenen Flächen aufgrund des unterschiedlichen Artspektrums schwer vergleichbar. Schwierig ist auch die Abgrenzung zu anderen Effekten, welche die Arthropodenpopulationen beeinflussen, wie beispielsweise dem Wetter.

Die Auswirkungen verschiedener Mähtechniken auf die Vegetation werden in der Regel anhand der Entwicklung der Pflanzengesellschaften über mehrere Jahre untersucht. In ihrer Studie zum Einfluss des Mulchens sowie

verschiedener Varianten des Wiesenschnitts massen Gaisler et al. (2004) beispielsweise über fünf Jahre die Artenzahl und Artenzusammensetzung (in Prozent Bodenbedeckung pro Art) in Bezug auf funktionale Gruppen (hohe Gräser, niedrige Gräser, einjährige Kräuter etc.). Zur Quantifizierung der Artenzusammensetzung werden oft die Artmächtigkeiten gemäss der Braun-Blanquet-Skala verwendet (Braun-Blanquet, 2013). Zur Berechnung der Artenvielfalt wird meist der Shannon-Index herangezogen (Shannon & Weaver, 1949). Solche Studien erfordern jedoch, dass die Versuchsflächen über mehrere Jahre ausschliesslich mit den zu untersuchenden Mähetechniken gemäht werden. Zudem sind die Ergebnisse verschiedener Versuchsreihen aufgrund der grossen Unterschiede der Standortbedingungen schwierig zu vergleichen.

Während die Effekte der etablierten Mähetechniken auf die Vegetation, inkl. des im Strassenbereichs gängigen Mulchens, bereits gut erforscht sind (Jakobsson et al., 2018), liegen solche Langzeitstudien für die noch recht neuen Ökomäher bisher nicht vor. Der grösste Unterschied für die pflanzliche Biodiversität dürfte die Absaugung des Schnittguts direkt bei der Mahd sein. Richner et al. (2019) vermuteten, dass dadurch weniger Samen auf der Fläche freigesetzt werden könnten, und untersuchten die Anzahl und Artenzusammensetzung der Pflanzensamen auf der Bodenoberflächen nach dem Mähen mit verschiedenen Mähetechniken. Dazu wurden vor und nach der Mahd pro Versuchsfläche auf fünf zufällig platzierten runden Versuchsplots von 35,7 cm Durchmesser die Vegetation abgeschnitten und die Bodenoberfläche mit einem Laubsauger abgesaugt. Die in den Proben (abgeschnittene Vegetation plus abgesaugte Bodenoberfläche) enthaltenen Pflanzensamen wurden anschliessend im Labor auf ein möglichst tiefes taxonomisches Niveau bestimmt und ausgezählt. In der Analyse wurden die Anzahl Arten sowie die Anzahl Pflanzensamen (alle Arten zusammengefasst) statistisch ausgewertet. Die Auswertung der Samenproben ist jedoch sehr aufwändig und die Ergebnisse werden von der individuellen Artenzusammensetzung der Flächen beeinflusst.

Fazit:

Es gibt zahlreiche Methoden, mit denen die verschiedenen Aspekte der ökologischen Auswirkungen von Mähetechniken gemessen werden können, die jeweils ihre eigenen Stärken und Schwächen in Bezug auf Vergleichbarkeit der Ergebnisse, Aufwand resp. Dauer und untersuchtes Artspektrum haben (vgl. Tab. 4). Untersuchungen der durch verschiedene Mähetechniken verursachten Mortalität bei Arthropoden, der Scheuchwirkung von Insektenscheuchen und des Verlusts an Pflanzensamen können innert kurzer Zeit Hinweise zu ihrer Effektivität bei der Förderung der Biodiversität geben, was bei der weiteren Entwicklung der bisher wenig erprobten Ökomäher

hilfreich ist. Die Erreichung des eigentlichen Ziels, der Erhöhung der Artenvielfalt und der Individuenzahlen, lässt sich aber nur mit mehrjährigen Untersuchungen messen. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener Studien im Sinne eines Benchmarks ist bei allen Methoden, die auf Messungen der natürlich vorkommenden Tiere und Pflanzen beruhen aufgrund des grossen Einflusses der lokalen Bedingungen schwierig. Methoden auf Basis von ausgesetzten Tieren oder Attrappen bieten eine hohe Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei geringem Aufwand, bilden aber nur ein kleines Artenspektrum ab (ausgesetzte Tiere) resp. es ist unklar, wie gut die Ergebnisse die Auswirkungen auf echte Tiere abbilden (Attrappen).

Tab. 4: Übersicht der verschiedenen Untersuchungsmethoden

Methode	Thema	Vergleichbarkeit	Aufwand	Dauer	Artspektrum
Absaugen (Arthropoden)	Mortalität	gering	hoch	kurz	gross
Absaugen (Arthropoden)	Insektenscheuche	gering	hoch	kurz	gross
Künstl. ausgesetzte Tiere	Mortalität	gross	gering	kurz	klein
Visuelle Zählung	Mortalität	gering	gering	kurz	klein
Attrappen	Mortalität	gross	gering	kurz	unklar
Langfr. Messung (Arthropoden)	Artenvielfalt, Abundanz (Arthropoden)	gering	gross	lang	gross
Langfr. Messung (Pflanzen)	Artenvielfalt, Abundanz (Pflanzen)	gering	mittel	lang	gross
Absaugen (Samen)	Versamung	gering	gross	kurz	gross

2.10 Schlussfolgerungen

Es gibt gute Hinweise darauf, dass die Reduktion der Mortalität von Arthropoden bei der Mahd die Biodiversität des Strassenbegleitgrüns erhöhen kann. Wie bedeutend die Mortalität im Verhältnis zu anderen negativen Effekten der Mahd wie temporären Lebensraumverlust und Unterbrechung des Lebenszyklus der Arthropoden ist, ist bislang jedoch unklar. Es ist deshalb unerlässlich, dass schonende Mähtechniken immer mit einem angepassten Mähregime und dem Stehenlassen von Refugialflächen kombiniert werden, da diese Massnahmen einen sehr starken positiven Effekt auf die Biodiversität von Wiesenflächen haben.

Auch das Abführen des Schnittguts ist essenziell für eine positive Entwicklung der pflanzlichen Artenzusammensetzung und Artenvielfalt auf Wiesenflächen,

was wiederum die Grundvoraussetzung für eine hohe tierische Artenvielfalt und Abundanz ist. Da die Schnittgutaufnahme oftmals mit einer hohen Mortalität bei Arthropoden einhergeht, muss diese auf möglichst tierschonende Art erfolgen. Der Ansatz der direkten Schnittgutaufnahme bei der Mahd, den die meisten Ökomäher verfolgen, scheint aus ökonomischer und ökologischer Sicht sinnvoll. Es ist jedoch unklar, ob es dabei zu einer signifikanten Reduktion der Pflanzensamen kommt.

Die dem Konzept der Ökomäher zugrundeliegenden Prämissen können also auf Basis der Literaturrecherche bejaht werden. Zu den bei Ökomähern angewendeten Komponenten zur Reduktion der Mortalität der Arthropoden und zum Aufnehmen des Schnittguts können folgende Aussagen gemacht werden:

Mähwerk	Schlegelmulcher verursachen eine sehr hohe Mortalität und sind durch die Mulchschicht schlecht für die Vegetationsentwicklung. Y-Messer bieten vermutlich keine signifikanten Vorteile. Balkenmähwerke und horizontal rotierende Mähwerke reduzieren die Mortalität signifikant im Vergleich zu Schlegelmulchern. Balkenmähwerke bieten gegenüber horizontal rotierenden Mähwerken klare Vorteile für Wirbeltiere, bei Arthropoden ist die Studienlage widersprüchlich.
Mahdhöhe	Eine hohe Mahdhöhe reduziert bei Wirbeltieren sowie beim Einsatz von Mulchmähwerken oder Mähwerken mit direkter Absaugung des Schnittguts die Mortalität, wirkt sich aber negativ auf die Vegetationsentwicklung aus. Eine pauschale Empfehlung für eine optimale Schnitthöhe ist deshalb nicht möglich. Optimal ist, wenn die Schnitthöhe des Mähkopfs einfach verstellt werden kann.
Bodenkontaktflächen	Eine Reduktion der überrollten Fläche sowie des Bodenanpressdrucks scheint sinnvoll zur Reduktion der Mortalität von Kleintieren. Es ist unklar, ob die dafür von Ökomähern

angewendeten Methoden die gewünschte Wirkung entfalten.

Insektenscheuche	Es gibt Hinweise darauf, dass Insektenscheuchen die Mortalität von Arthropoden bei der Mahd von Strassenbegleitgrün reduzieren können, die Studienlage ist aber dünn. Insektenscheuchen basierend auf Gebläsen scheinen effektiver zu sein als solche basierend auf Metallbügeln oder Kunststoffplanen. Zu Insektenscheuchen auf Basis von Kettenschürzen oder Metallstriegeln gibt es bisher keine Studien.
Schnittgutaufnahme	Die Aufnahme des Schnittguts ist für die Vegetationsentwicklung unerlässlich. Da jeder zusätzliche Arbeitsgang Tiere tötet, ist eine Schnittgutaufnahme direkt bei der Mahd sinnvoll. Die Schnittgutaufnahme sollte möglichst schonend erfolgen. Es ist jedoch unklar, welche technischen Massnahmen dazu am effektivsten sind.

Die meisten Erkenntnisse stammen aus Studien zur landwirtschaftlichen Wiesenmahd, in denen diese Massnahmen im Rahmen von Mähtechniken angewendet werden, die sich fundamental von der Mahd des Strassenbegleitgrüns mit Ökomähern unterscheiden. Untersuchungen des Gesamtsystems Ökomäher gibt es bisher nur wenige, davon die meisten zu einem einzigen Mähkopf (Mulag Eco 1200 plus). Um wirklich beurteilen zu können, welche Ansätze von Ökomähern funktionieren und welche nicht, bräuchte es umfangreiche vergleichende Testreihen sowohl der einzelnen biodiversitätsschonenden Komponenten von Ökomähern als auch der verschiedenen kompletten Ökomäher.

Am aussagekräftigsten wären hierzu langfristige Versuche, bei denen Flächen über mehrere Jahre mit dem gleichen Mähkopf gemäht und die Entwicklung der pflanzlichen und tierischen Artenvielfalt gemessen und bewertet wird. Da aktuell viele Hersteller neue Modelle von Ökomähern entwickeln und zahlreiche Betriebe die Anschaffung von Ökomähern planen, sind allerdings auch Versuchsanordnungen nötig, die innerhalb von kürzeren Zeithorizonten Erkenntnisse liefern.

Die Messung von direkten Auswirkungen der Mahd, wie die Mortalitätsraten von Arthropoden oder die Verluste von Pflanzensamen können zeitnah Ergebnisse liefern. Allerdings sind diese Ansätze anfällig für Standorteffekte und somit schwierig zu vergleichen. Zudem ist der Aufwand für eine Versuchsreihe beträchtlich. Einen Ausweg aus diesem Dilemma bieten standardisierte Messmethoden mit künstlich ausgebrachten Attrappen zur Simulation von Arthropoden oder Pflanzensamen. Ob diese die von ihnen simulierten Effekte (Arthropodenmortalität und Verlust von Pflanzensamen) ausreichend gut abbilden, muss aber zuerst nachgewiesen werden.

3 Feldversuche

3.1 Feldversuche 2023 - Methodenkalibrierung

3.1.1 Fragestellung

Basierend auf der Literaturrecherche haben wir entschieden, vergleichende Versuche einer Anzahl auf dem Markt verfügbarer Ökomäher durchzuführen, bei denen die direkten Auswirkungen der Mahd (Mortalität von Arthropoden und Verlust von Pflanzensamen) mittels standardisierten Messmethoden basierend auf künstlich ausgebrachten Attrappen von Arthropoden und Pflanzensamen gemessen werden sollten.

In einem ersten Schritt musste dazu der Frage nachgegangen werden, ob die standardisierten Messmethoden die direkten Auswirkungen der Mahd ausreichend gut abbilden. Die zu untersuchenden Thesen waren dementsprechend folgende:

- Die Verluste von Wachsattrappen bei der Mahd von Strassenböschungen entsprechen den Verlusten von Arthropoden
- Die Verluste von künstlich ausgebrachten eingefärbten Pflanzensamen bei der Mahd von Strassenböschungen entsprechen den Verlusten von natürlich auf den Flächen vorkommenden Pflanzensamen

Zu diesem Zweck wurde 2023 eine erste Versuchsreihe durchgeführt, bei der die Mortalität von Arthropoden, die Verluste von Wachs-Insektenattrappen sowie die Verluste von künstlich ausgebrachten sowie natürlich vorkommenden Pflanzensamen bei der Mahd verschiedener Strassenböschungen mit verschiedenen Mähern gemessen und verglichen wurden.

3.1.2 Mähgeräte

Für die Versuche wurden drei Mähgeräte ausgewählt, bei denen deutliche Unterschiede in Bezug auf die Mortalität von Arthropoden und den Verlust von Pflanzensamen zu erwarten waren:

- Balkenmäher: Rapid Swiss mit Kommunalbalken ESM 142 und Laufsohlen zur Höhenverstellung, bereitgestellt durch die NSNW
- Konventioneller Schlegelmulcher: Mulag MK 1200 Plus mit MS-Messern und Aufbaugerät Mulag MHU800 an einem Unimog U427, bereitgestellt durch die NSNW
- Ökomäher: Mulag ECO 1200 Plus, bereitgestellt von der Abteilung Tiefbau des Kantons Aargau

Alle Mäher verwendeten für die Versuche eine für das jeweilige Geräte typische Mahdhöhe und Fahrgeschwindigkeit (vgl. Tab. 5).

Tab. 5: Mahdhöhe und Fahrgeschwindigkeit der Mäher

	Mahdhöhe	Fahrgeschwindigkeit
Balkenmäher	10 cm	5–7 km/h
Schlegelmulcher	7 cm	8–10 km/h
Ökomäher	10 cm	8–10 km/h

Der Balkenmäher und der konventionelle Schlegelmulcher sind für die Pflege von Strassenböschungen gängige Mähtechniken, wobei der Balkenmäher eine biodiversitätsschonende, aber aufwändige Variante darstellt, während der Schlegelmulcher eine effiziente, aber biodiversitätsschädliche Mahd ermöglicht. Basierend auf der Literaturrecherche gingen wir davon aus, dass der Balkenmäher die geringsten Verluste bei den Arthropoden verursachen würde, der Schlegelmulcher die höchsten und der Ökomäher dazwischen landen würde.

Bezüglich des Verlusts an Pflanzensamen konnte keine klare Voraussage aus der Literaturrecherche abgeleitet werden. Wir gingen aber davon aus, dass der Balkenmäher die geringsten Verluste verursachen würde, da das Schnittgut auf der Fläche verbleibt und das Mähwerk einen verhältnismässig kleinen Wirkungsbereich hat. Beim Schlegelmulcher gingen wir von etwas höheren Verlusten aus, da der Wirkungsbereich grösser ist und es somit zur Zerstörung von Pflanzensamen kommen könnte, das Schnittgut aber ebenfalls auf der Fläche verbleibt. Beim Ökomäher erwarten wir die grössten Verluste, da das Scheibenmähwerk zwar ebenfalls einen kleinen Wirkungsbereich hat, das Schnittgut aber direkt bei der Mahd oberhalb des Schnitthorizonts abgesaugt und von der Fläche entfernt wird.



Abb. 9: Schlegelmulcher Mulag MK 1200 Plus auf Unimog



Abb. 10: Rapid Balkenmäher bei der Mahd



Abb. 11: Ökomäher Mulag Eco 1200 plus bei der Mahd

3.1.3 Versuchsflächen

Für die Feldversuche wurden sechs Wiesen entlang von Autobahnen in der Nordwestschweiz ausgewählt. Die Auswahl erfolgte nach den folgenden Kriterien: Die Vegetationszusammensetzung sollte möglichst typisch für Autobahnböschungen der Region sein, und die Flächen mussten von ausserhalb der Autobahn zugänglich sein, damit die Arbeiten nicht vom Pannestreifen aus durchgeführt werden mussten. Alle ausgewählten Flächen befanden sich im Besitz des Bundes und wurden von der Nationalstrassen Gebietseinheit VIII gepflegt (vgl. Abb. 12).

Die Versuchsflächen waren zwischen 1800 und 4100 m² gross. Jede Fläche enthielt vier Plots à 6x20 m (vgl. Abb. 13). Insgesamt wurden 24 Plots untersucht. Vorgängig zum Versuch wurde auf jedem Plot die Vegetationsgesellschaft gemäss der Lebensraumtypologie TypoCH (Delarze et al., 2015) bestimmt. Die Angaben zu allen Versuchsflächen finden sich in Anhang 1.

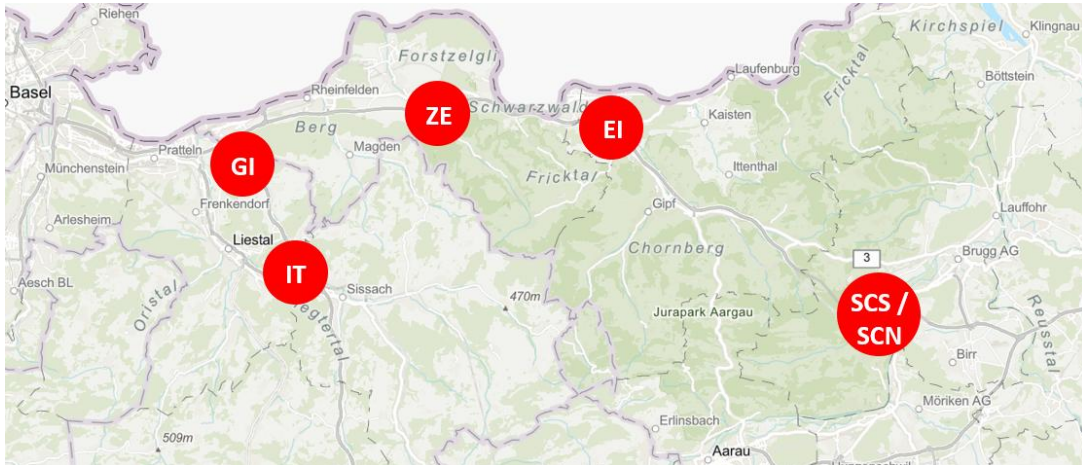


Abb. 12: Standorte Versuchsflächen 2023: Itingen (IT), Giebenbach (GI), Zeiningen (ZE), Eiken (EI), Schinznach-Dorf 1 (SCN) und 2 (SCS)



Abb. 13: Beispiel einer Versuchsfläche: Itingen (IT)

3.1.4 Zeitpunkt

Die Zeitpunkte für die Versuche wurden so gewählt, dass drei verschiedene typische Mähzeitpunkte und Vegetationszustände abgedeckt werden konnten:

1. Frühmahd im Juni (N = 3 Flächen = 12 Plots)
2. Spätmahd im August jener Flächen, welche im Juni bereits gemäht wurden (N = 3 Flächen = 12 Plots)
3. Spätmahd im August von in diesem Jahr noch nicht gemähten Flächen (N = 3 Flächen = 12 Plots)

Auf drei der sechs Versuchsflächen wurde eine Frühmahd im Juni durchgeführt und beprobt. Im August wurde auf denselben Flächen eine Spätmahd durchgeführt und beprobt. Auf den verbleibenden drei Flächen wurde lediglich eine Spätmahd im August durchgeführt und beprobt (vgl. Abb. 14).

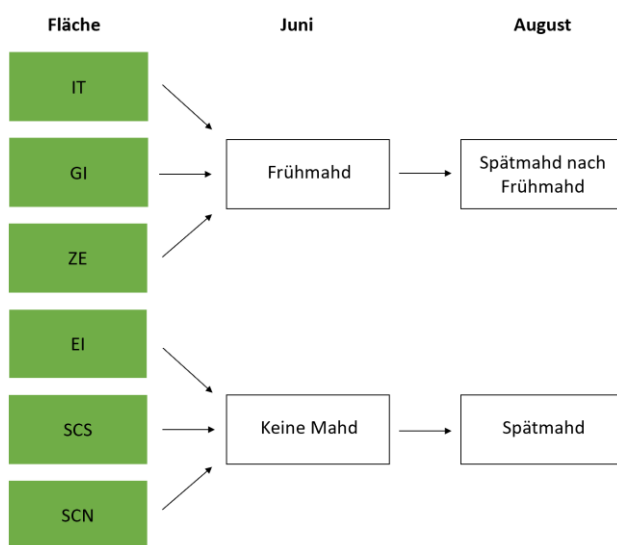


Abb. 14: Mähzeitpunkte der verschiedenen Versuchsflächen

Damit die Betriebe ihre Mähgeräte und das Personal zur Bedienung nur für möglichst wenige Tage zur Verfügung stellen mussten, wurden jeweils alle Plots, die mit demselben Mähgerät gemäht werden sollten, einem einzigen (Versuchsreihe im Juni) resp. an zwei aufeinanderfolgenden Tagen (Versuchsreihe August) bearbeitet. Die vier Plots einer Fläche wurden also an vier aufeinanderfolgenden Tagen mit jeweils unterschiedlichen Mähern gemäht und nicht alle Plots am gleichen Tag. Um den Einfluss tagesabhängiger Variablen auf die Ergebnisse zu berücksichtigen, wurden vor jedem Mähvorgang Uhrzeit, Temperatur und Luftfeuchtigkeit erhoben (vgl. Anhang 2).

3.1.5 Vorgehen

3.1.5.1 Arthropoden

Die Abundanz der Arthropoden auf den Flächen wurde vor und nach der Mahd durch Absaugen (auch «*Suction Sampling*» genannt) bestimmt. Diese Methode orientierte sich am Vorgehen in den Studien von Steidle et al. (2022), Betz et al. (2022), Haas-Renninger et al. (2023) und Von Berg et al. (2025b).

Dazu wurden pro Plot fünf Biozönometer – mit feinmaschigen Netzen bespannte Holzgestelle von 1x1 m Grundfläche und 50 cm Höhe – zufällig verteilt (vgl. Abb. 15).

Die Biozönometer verhinderten die Flucht der auf dem jeweiligen Quadratmeter vorkommenden Arthropoden. Durch eine Öffnung auf der Oberseite wurde der Inhalt der Biozönometer mittels eines Laubsaugers während einer Minute abgesaugt (vgl. Abb. 16). Kleintiere sowie feines Material wurden dabei in einem im Saugstutzen montierten Fangnetz aufgefangen, grobes Material blieb an einem an der Öffnung des Saugstutzens befestigten Drahtgitter hängen (vgl. Abb. 17). Anschliessend konnten Kleintiere und feines Material in ein mit 70 % Ethanol gefülltes Schraubglas überführt werden (vgl. Abb. 18.).

Die Standorte der Biozönometer auf den Versuchsplots wurden mit Baustellen-Markierspray gekennzeichnet und nummeriert. Nach der Mahd wurden erneut fünf Biozönometer auf dem Plot verteilt, immer angrenzend an die Standorte der Messungen vor der Mahd. Dadurch waren die Messungen gepaart.



Abb. 15: Biozönometer auf einem Versuchsplot



Abb. 16: Absaugen der Arthropoden aus einem Biozönometer



Abb. 17: Saugstutzen des Laubsaugers mit Drahtgitter und Fangnetz



Abb. 18: Glas mit einer Wirbellosenprobe in 70 %-Ethanol.

Die Proben wurden im Labor von grobem Pflanzenmaterial befreit und mittels eines Siebturms nach Grössen Kategorien eingeteilt (vgl. Abb. 20). Diese Vorbereitung erleichterte das Auszählen der Tiere (vgl. Abb. 19). Material kleiner als 1 mm wurde nicht ausgewertet, da der Aufwand dafür zu gross gewesen wäre.

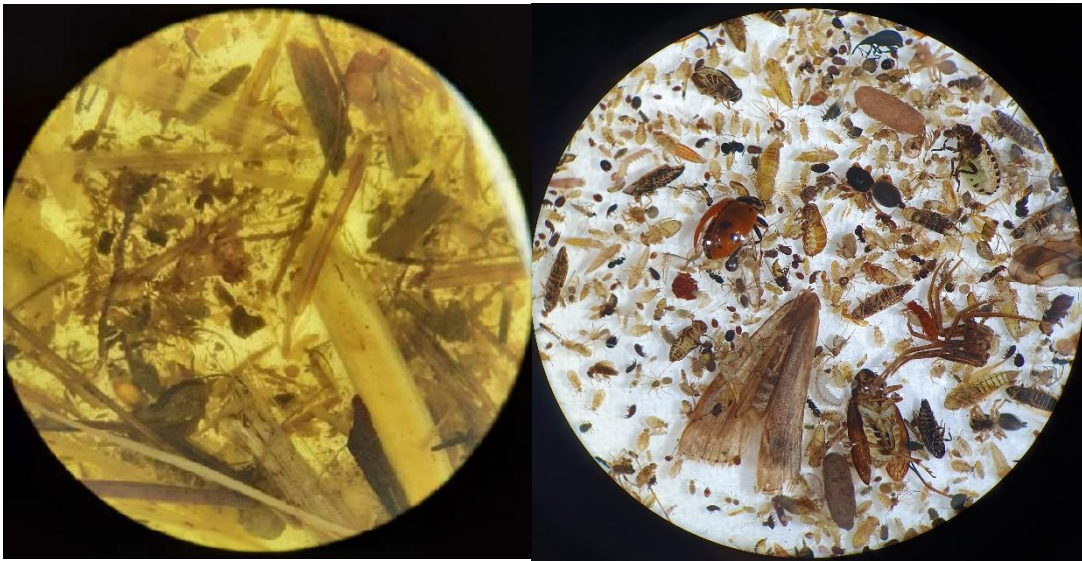


Abb. 19: Probe vor- (links) und nach dem Reinigen (rechts)



Abb. 20: Reinigen und Sortieren einer Probe mit dem Siebturm

Die Arthropoden wurden grösstenteils auf Stufe der Klasse oder Ordnung eingeteilt. Eine weitere Verfeinerung auf ökologische Grossgruppen (z.B. Spinnen und Wanzen) oder tiefere systematische Niveaus (z.B. Hautflügler) erfolgte nur dann, wenn deutliche Unterschiede in der Lebensweise vorlagen, die möglicherweise einen Einfluss auf die Mortalität bei Mähereignissen haben könnten, oder wenn für Laien eine weitere Unterteilung anhand offensichtlicher morphologischer Merkmale möglich war, ohne Bestimmungsliteratur beiziehen zu müssen. Juvenilstadien (Eier, Larven und Puppen) wurden keiner systematischen Zuordnung unterzogen, mit Ausnahme der Nymphen hemimetaboler Gruppen (z.B. Heuschrecken). Diese wurden auf demselben systematischen Niveau wie die adulten Tiere bestimmt. Da Mollusken in grosser Zahl in den Proben vorkamen, wurden sie ebenfalls erfasst. Die taxonomische Einteilung der Faunaproben ist in Anhang 3 dokumentiert. Bei der Auszählung wurden nur unbeschädigte Tiere berücksichtigt.

3.1.5.2 Heuschrecken

Die Abundanz der Heuschrecken auf den Plots wurde zusätzlich mittels eines Wurfnetzes ermittelt. Diese Methode wurde in der Untersuchung von Richner et al. (2019) erfolgreich angewendet. Das Wurfnetz bestand aus zwei Ringen, zwischen denen ein Netz gespannt ist. Dieses wurde auf den Plots vor der Mahd an fünf zufällig bestimmten Stellen ausgeworfen, der obere Ring hochgezogen, so dass die Tiere im Inneren gefangen waren, und alle Heuschrecken innerhalb des Rings gezählt (vgl. Abb. 21). Die Heuschrecken wurden dabei nicht von der Fläche entnommen. Die Messpunkte wurden mit Baustellen-Markierspray gekennzeichnet und nummeriert. Nach der Mahd wurden erneut fünf Messungen vorgenommen, immer angrenzend an die vor der Mahd beprobten Punkte, damit die Messungen gepaart waren.

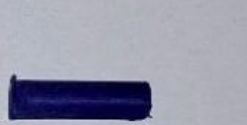


Abb. 21: Zählung von Heuschrecken mittels Wurfnetz

3.1.5.3 Wachsattrappen

Die in der Untersuchung angewendete Attrappen-Testmethode basiert auf den Methoden von Löbbert et al. (1994), Humert et al. (2010b), Humbert und Walter (2010), Löbbert et al. (1994) und Richner et al (2019). Es wurden vier Typen von Wachsattrappen verwendet (vgl. Tab. 6).

Tab. 6: Die verschiedenen Typen von Wachsattrappen

Typ	Masse	Farbe	Ausbringungsort	Bild
Klein, ohne Docht	20 x 6 mm	blau	Boden	
Klein, mit Docht	20 x 6 mm	rot	Vegetation	
Gross, ohne Docht	40 x 9 mm	weiss	Boden	
Gross, mit Docht	40 x 9 mm	grau	Vegetation	

Damit nach den Versuchen auf den Flächen verbleibende Attrappen oder Attrappenbruchstücke unbedenklich für die Umwelt sind, wurden die Attrappen aus mit Lebensmittelfarbe eingefärbtem Rapswachs angefertigt. Die zwei verschiedenen Grössenkategorien sollten grössere und kleinere Arthropoden simulieren. Attrappen ohne Docht wurden auf dem Boden ausgestreut, um bodenlebende Tiere zu simulieren, Attrappen mit Docht wurden in der Vegetation aufgehängt, um in der Vegetation lebende Tiere zu simulieren. Der mit Wachs getränkte Docht konnten so umgebogen werden, dass er wie ein Haken funktionierte (vgl. Abb. 22). Bei kräftigen Erschütterungen der Pflanzen konnten die Attrappen dadurch auf den Boden fallen.

Vor jedem Mähdurchgang wurden auf jedem Plot 25 Attrappen pro Typ auf einer zufällig platzierten Fläche von 2 x 2 m Grösse ausgebracht. Die Attrappen wurden zufällig, aber möglichst gleichmässig innerhalb dieser Fläche verteilt. Um die Fläche nach der Mahd wiederfinden zu können, wurde sie mit Baustellen-Markierspray gekennzeichnet.

Nach der Mahd wurde die Fläche, einschliesslich eines Randbereichs von einem Meter, zehn Minuten lang nach unbeschädigten Attrappen abgesucht. Anfänglich wurde versucht, sowohl beschädigte wie auch unbeschädigte Attrappen auszuzählen. Es erwies sich jedoch in der Praxis als nicht möglich, beschädigte Attrappen zu zählen, da nicht klar zu bestimmen war, von wie vielen Attrappen die gefundenen Bruchstücke stammten. Es wurde deshalb nur die Anzahl unbeschädigter Attrappen pro Typ erfasst.



Abb. 22: In der Vegetation aufgehängte Attrappen

3.1.5.4 Pflanzensamen

Der mögliche Verlust von Pflanzensamen bei der Mahd wurde durch das Absaugen der auf der Fläche vorkommenden Pflanzensamen untersucht. Die angewendete Methode orientiert sich am Vorgehen von Richner et al. (2019).

Pro Plot wurde jeweils vor der Mahd an fünf zufällig bestimmten Stellen die Vegetation auf einer runden Fläche von 0,53 m Durchmesser (entspricht 0,221 m²) mit einer Schere abgeschnitten und in eine Papiertüte abgefüllt. Anschliessend wurde die Bodenoberfläche mit einem Laubsauger, in dem im Saugrohr ein feinmaschiges Netz befestigt war, eine Minute lang abgesaugt (vgl. Abb. 23). Der Inhalt des Netzes wurde anschliessend ebenfalls in eine Papiertüte abgefüllt. Wir verwendeten Papiertüten, damit das Pflanzenmaterial bei der Lagerung abtrocknen konnte und nicht verrottete. Zur Begrenzung der Probeentnahmestellen wurde ein Pflanzentopf in der passenden Grösse verwendet, bei dem vorgängig der Boden entfernt wurde. Alle Probeentnahmestellen wurden mit Baustellen-Markierspray gekennzeichnet.

Nach der Mahd wurden nach derselben Methode noch einmal fünf Stellen beprobt, immer angrenzend an die vor der Mahd beprobten Stellen. Die Messungen waren dadurch gepaart.



Abb. 23: Sampling der Pflanzensamen mit einem Laubsauger

Die Samenproben wurden im Labor ausgezählt und gewogen. Dabei wurden für jede Probe die folgenden Werte erhoben:

- Anzahl Gräsern
- Gesamtgewicht der Gräsern
- Anzahl Kräutersamen
- Gesamtgewicht der Kräutersamen

An den Samenständen der abgeschnittenen Pflanzenteile verbliebene Samen wurden nicht gezählt, da davon auszugehen war, dass es sich dabei nicht um ausgereifte, keimfähige Samen handelte. Zwischen Probenentnahme und Auswertung lag bei allen Proben mindestens ein Monat, nachgereifte Samen wären in dieser Zeit von den Samenständen abgefallen.

3.1.5.5 Eingefärbte Pflanzensamen

Als standardisierte Testmethoden zur Messung des Verlusts von Pflanzensamen bei der Mahd wurden verschiedene Ausbringungsarten von definierten Mengen von eingefärbten Pflanzensamen angewendet. Diese Methoden wurden unseres Wissens bisher in keinen anderen Untersuchungen angewendet.

Für die Versuche wurden die Samen von drei verschiedenen Pflanzenarten ausgewählt, die repräsentativ sein sollten für drei häufige Gruppen von Pflanzensamen (vgl. Tab. 7). Damit die eingefärbten von den natürlich auf den Flächen vorkommenden Samen unterschieden werden konnten, wurden sie mit Lebensmittelfarbe (Brilliantblau FCF) blau eingefärbt.

Tab. 7: Bei den Versuchen verwendet Pflanzensamen

Art	Typ	Gewichts- klasse	Gewicht (1000 Stk.)	Bild
<i>Lolium perenne</i>	Gräsern	leicht	1,3 g	

<i>Lathyrus pratensis</i>	Runde Kräutersamen	mittel	11 g	
<i>Agrimonia eupatoria</i>	Kräutersamen mit Anhang	schwer	25 g	

Die eingefärbten Pflanzensamen wurden vor der Mahd auf fünf Flächen von je 1 m² in den zu mähenden Plots ausgestreut. Der Einfachheit halber wurden die gleichen Probenstellen verwendet, an denen nach der Mahd die natürlich vorkommenden Pflanzensamen abgesaugt werden sollten. Nach der Mahd wurden diese, wie im vorangegangenen Kapitel beschrieben, mit dem Laubsauger auf einer Fläche von 0,221 m² mit einem Laubsauger abgesaugt. Dies ergab eine Probe, in der sowohl die nach der Mahd verbleibenden natürlich vorkommenden wie auch eingefärbten Samen befanden, was die Auswertung im Labor erleichterte. Gemessen wurden bei der Auswertung die Anzahl Samen und das Gesamtgewicht pro Art.

Zudem probierten wir einige weitere Ausbringungsarten für die eingefärbten Pflanzensamen aus, darunter verschiedene Varianten von auf den Versuchsplots aufgestellten Schalen und das Ausstreuen der Samen auf Asphalt oder auf einer Metallplatte. Diese Methoden haben sich aber allesamt als untauglich herausgestellt, da die Samen oft durch die Mäher aus den Gefäßen oder von der Oberfläche weggeblasen wurden und nicht mehr gezählt werden konnten, oder die Schalen durch die Mäher zerstört wurden.

3.1.5.6 Statistik

Die statistischen Analysen wurden mit R (Version 4.5.0) und Excel durchgeführt. Zunächst wurde die Verteilung der Daten innerhalb der

einzelnen Gruppen mittels Histogrammen, Q-Q-Plots sowie dem Shapiro-Wilk-Test überprüft. Da mehrere Gruppen die Normalverteilungsannahme verletzen ($p < 0,05$), wurden ausschliesslich nichtparametrische Verfahren angewandt.

Zur Überprüfung von Unterschieden zwischen den Mähgeräten und der Kontrollfläche kam der Kruskal-Wallis-Rangsummentest zum Einsatz, der als nichtparametrische Alternative zur einfaktoriellen ANOVA geeignet ist. Der Test zeigte in allen Auswertungen signifikante Unterschiede zwischen den Mähgeräten.

Um diese Unterschiede genauer zu identifizieren, wurden Post-hoc-Vergleiche mittels Dunn-Test mit Holm-Korrektur durchgeführt. Dieser ermöglichte paarweise Vergleiche zwischen den einzelnen Mähgeräten und der Kontrollfläche.

3.1.6 Ergebnisse

3.1.6.1 Arthropoden

Das Absaugen der Arthropoden und Mollusken ergab insgesamt 360 Proben, resp. 180 Probenpaare (vor der Mahd - nach der Mahd), also 45 Probenpaare pro Mäher (vgl. Tab. 8).

Tab. 8: Numerische Aufschlüsselung der Arthropodenproben

	Zeitpunkt		Vor der Mahd				Nach der Mahd			
			Schlegelmulcher	Ökomäher	Balkenmäher	Kontrolle	Schlegelmulcher	Ökomäher	Balkenmäher	Kontrolle
	Juni	Aug.								
Versuchsfläche	IT		5	5	5	5	5	5	5	5
		IT	5	5	5	5	5	5	5	5
	GI		5	5	5	5	5	5	5	5
		GI	5	5	5	5	5	5	5	5
	ZE		5	5	5	5	5	5	5	5
		ZE	5	5	5	5	5	5	5	5
		EI	5	5	5	5	5	5	5	5
		SCS	5	5	5	5	5	5	5	5
		SCN	5	5	5	5	5	5	5	5
Total:			45	45	45	45	45	45	45	45

Die Anzahl gefundener intakter Tiere pro Probe lag zwischen 1 und 1891, der Median lag bei 206,5 gefundenen Tieren. Alle Behandlungen führten zu einer Reduktion der gefundenen Tiere, sogar die Kontrolle (-27,5 %). Die Reduktion war beim Schlegelmulcher mit -76,8 % am grössten, während sie beim Balkenmäher mit -51,8 % und beim Ökomäher mit -54,5 % moderater ausfiel (vgl. Tab. 9).

Tab. 9: Anzahl der gefundenen Tiere bei den verschiedenen Behandlungen vor und nach der Mahd

		Behandlung			
		Kontrolle	Balkenmäher	Ökomäher	Schlegelmulcher
Vor der Mahd	Max	1018	1891	1813	1397
	Min	27	23	64	98
	Durchschnitt	283,9	347,5	476,8	454,1
	Median	209	242	409	389
Nach der Mahd	Max	704	669	1123	543
	Min	31	16	27	1
	Durchschnitt	205,9	167,6	216,8	105,1
	Median	149	113	174,5	68
Differenz (ø)		-27,5 %	-51,8 %	-54,5 %	-76,8 %

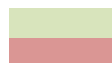
Die Arthropoden und Mollusken wurden bei der Auszählung der Proben in 51 leicht zu unterscheidende taxonomische Gruppen aufgeteilt (vgl. Anhang 3). Da viele dieser taxonomischen Gruppen nur in geringer Zahl in den Proben vorkamen und für die statistische Auswertung vollständige Probenpaare nötig waren, wurden die 51 taxonomischen Gruppen in 20 übergeordnete Gruppen eingeteilt. Ein Probenpaar galt als vollständig, wenn die betreffende übergeordnete Gruppe mindestens in der Probe vor der Mahd Individuen aufweist. Nach der Mahd durfte die Anzahl 0 sein. Ameisen wurden weggelassen, da sie sehr punktuell, dort aber immer sehr zahlreich vorkamen. Bei den Probenpaaren wurde jeweils die Differenz zwischen den Proben vor und nach der Mahd ausgewertet. Von den 20 übergeordneten Gruppen wiesen 11 mindestens 40 vollständige Probenpaare auf und waren damit für die statistische Auswertung geeignet (vgl. Tab. 10). Für diese 11 Gruppen wurde zunächst der Vergleich zwischen der Kontrollfläche und den verschiedenen Mähern durchgeführt. (vgl. Tab. 11).

Tab. 10: Anzahl Probenpaare pro Gruppe

Gruppe	Unterteilung	Anzahl vollständige Probenpaare			
		Kontrolle	Balken- mäher	Öko- mäher	Schlegel- mulcher
Tausendfüßer	Doppelfüßer Hundertfüßer	7	10	12	18
Asseln	Asseln	45	45	44	45
Schnecken	Gehäuseschnecken Nacktschnecken	45	45	44	45
Spinnentiere (ohne Milben)	Netzspinnen Krabbenspinnenartige Wolfsspinnenartige Springspinnen Weberknechte Bücherskorpione sonstige Spinnen	45	45	44	45
Milben	Milben	43	44	43	45
Ohrwürmer	Ohrwürmer	0	0	0	0
Staubläuse	Staubläuse	7	3	10	5
Wanzen	Pflanzensaugende Wanzen Räuberische Wanzen	45	45	43	45
Zikaden und Pflanzenläuse	Zikaden Pflanzenläuse	45	45	44	45
Heuschrecken	Kurzfühlerschrecken Landfühlerschrecken	31	27	30	30
räuberische Käfer	Marienkäfer Laufkäfer	19	20	22	22
restliche Käfer	Rüsselkäfer Bockkäfer Prachtkäfer Schnellkäfer Kurzflügler Blattkäfer Scheinbockkäfer Stachelkäfer Wollhaarkäfer Glanzkäfer restliche Käfer	44	43	44	44
Hautflügler	Wildbienen Honigbienen Faltenwespen Pflanzenwespen parasitische Wespen	45	43	44	44
Zweiflügler	Mücken Fliegen	45	45	44	44
Schmetterlinge	Schmetterlinge	15	18	17	15
Fransenflügler	Fransenflügler	42	43	44	45
Doppelschwänze und Beintaster	Doppelschwänze Beintaster	1	3	6	2
Netzflügler	Netzflügler	2	1	6	1

Schaben	Schaben	9	13	7	17
Larven	Larven	44	44	43	45
Puppen und Eier	Puppen Eier	28	35	35	32

Legende: ausreichend Probenpaare
zu wenige Probenpaare



Tab. 11: Statistischer Vergleich der Wirbellosenverluste zwischen den Mähern und der Kontrolle, nach taxonomischen Gruppen

Gruppe	Kontrolle / Balkenmäher		Kontrolle / Ökomäher		Kontrolle / Schlegelmulcher	
	p-Wert	signifikant	p-Wert	signifikant	p-Wert	signifikant
Asseln	0,338	n.s.	0,655	n.s.	0,000131	***
Schnecken	0,534	n.s.	0,329	n.s.	0,000484	***
Spinnen	1	n.s.	1	n.s.	0,204	n.s.
Milben und Zecken	0,694	n.s.	0,897	n.s.	0,0287	*
Wanzen	0,0652	n.s.	0,00781	**	0,00493	**
Zikaden und Pflanzenläuse	0,0731	n.s.	0,00212	**	0,00000062	****
restliche Käfer	0,254	n.s.	0,0542	n.s.	0,254	n.s.
Hautflügler	0,805	n.s.	0,0445	*	0,661	n.s.
Zweiflügler	0,0182	*	0,000198	***	0,000408	***
Fransenflügler	0,873	n.s.	0,0102	*	0,0129	*
Larven	0,0560	n.s.	0,294	n.s.	0,00000023	****

Die Ergebnisse des Balkenmähers unterschieden sich nur bei den Zweiflüglern signifikant von der Kontrolle. Die Ergebnisse des Ökomähers zeigten bei fünf Gruppen (Hautflügler, Wanzen, Zikaden und Pflanzenläuse, Fransenflügler und Zweiflügler) einen signifikanten und bei sechs Gruppen (Asseln, Schnecken, Spinnen, Milben und Zecken, restliche Käfer und Larven) keinen signifikanten Unterschied zur Kontrolle. Beim Schlegelmulcher zeigten nur drei Gruppen (Spinnen, restliche Käfer und Hautflügler) keinen signifikanten Unterschied zur Kontrolle, bei allen anderen Gruppen waren die Unterschiede signifikant.

Anhand dieser Auswertung schnitt der Balkenmäher also klar gut ab, der Schlegelmulcher klar schlecht und der Ökomäher lag dazwischen. Ein Vergleich zwischen den verschiedenen Mähern zeigte jedoch nur bei wenigen Gruppen einen statistisch signifikanten Unterschied (vgl. Tab. 12).

Tab. 12: Statistischer Vergleich der Wirbellosenverluste zwischen den Mähern, nach taxonom. Gruppen

Gruppe	Balkenmäher / Ökomäher		Balkenmäher / Schlegelmulcher		Ökomäher / Schlegelmulcher	
	p-Wert	signifikant	p-Wert	Gruppe	p-Wert	signifikant
Asseln	0,516	n.s.	0,0313	*	0,000798	***
Schnecken	0,620	n.s.	0,0231	*	0,0812	n.s.
Spinnen	1	n.s.	0,514	n.s.	0,514	n.s.
Milben und Zecken	0,897	n.s.	0,415	n.s.	0,200	n.s.
Wanzen	1	n.s.	1	n.s.	1	n.s.
Zikaden und Pflanzenläuse	0,198	n.s.	0,00857	**	0,155	n.s.
restliche Käfer	1	n.s.	1	n.s.	1	n.s.
Hautflügler	0,0816	n.s.	0,661	n.s.	0,661	n.s.
Zweiflügler	0,550	n.s.	0,550	n.s.	0,833	n.s.
Fransenflügler	0,0711	n.s.	0,0753	n.s.	0,875	n.s.
Larven	0,374	n.s.	0,00689	**	0,000305	***

Wir vermuteten, dass sich die Mäher in ihren Auswirkungen auf bodenbewohnende Tiere im Vergleich zu in der Vegetation lebenden Tieren stärker unterscheiden als in Bezug auf die 20 verwendeten übergeordneten taxonomischen Gruppen. Wir teilten deshalb diejenigen der 48 bei der Auszählung verwendeten taxonomischen Gruppen, die sich klar einem der beiden Lebensbereiche zuordnen liessen, in zwei Gruppen auf (vgl. Tab. 13).

Tab. 13: Einteilung der taxonomischen Gruppen nach Lebensbereich

Bodenlebende Tiere	in der Vegetationsschicht lebende Tiere
Doppelfüßer Hundertfüßer Asseln Nacktschnecken Wolfsspinnenartige Milben und Zecken Laufkäfer Laufkäferlarven Schneckenhauskäferlarven Mückenlarven Fliegenlarven Fliegenpuppen Schaben Doppelschwänze Bücherskorpione	Netzspinnen Krabbenspinnenartige Pflanzensaugende Wanzen Zikaden Pflanzenläuse Langfühlerschrecken Kurzfühlerschrecken Blattkäfer Marienkäfer Marienkäferlarven Marienkäferpuppen Schnellkäfer Scheinbockkäfer Stachelkäfer Wildbienen Pflanzenwespen Pflanzenwespenlarven Mücken Netzflügler Fransenflügler Raupe

Anhand der Daten der beiden nach Lebensbereich eingeteilten Gruppen wurde zuerst wieder der Vergleich zwischen den Mähern und der Kontrolle gemacht (vgl. Tab. 14). Dabei zeigte sich, dass sich die Ergebnisse des Balkenmähers und des Ökomähers bei den bodenbewohnenden Tieren nicht signifikant von der Kontrolle unterschieden, bei den in der Vegetation lebenden Tieren jedoch schon. Die Ergebnisse des Schlegelmulchers unterschieden sich bei beiden Tiergruppen signifikant von der Kontrolle.

Tab. 14: Statistischer Vergleich der Wirbellosenverluste zwischen den Mähern und der Kontrolle, nach Lebensbereich

	Kontrolle / Balkenmäher		Kontrolle / Ökomäher		Kontrolle / Schlegelmulcher	
Lebensbereich	p-Wert	signifikant	p-Wert	signifikant	p-Wert	signifikant
Boden	0,223	n.s.	0,315	n.s.	0,0000006	****
Vegetation	0,0398	*	0,0000715	****	0,0000001	****

Dieses Bild bestätigt sich, wenn der Vergleich zwischen den Mähern gezogen wird (vgl. Tab. 15). Die Ergebnisse des Balkenmähers und des Ökomähers unterschieden sich bei beiden Tiergruppen nicht signifikant voneinander. Balkenmäher und Schlegelmulcher zeigten hingegen bei beiden Tiergruppen signifikant unterschiedliche Ergebnisse. Der Vergleich zwischen Ökomäher und Schlegelmulcher zeigte keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die in der Vegetation lebenden Tiere, aber signifikante Unterschiede in Bezug auf die am Boden lebenden Tiere.

Tab. 15: Statistischer Vergleich der Wirbellosenverluste zwischen den Mähern, nach Lebensbereich

Lebensbereich	Balkenmäher / Ökomäher		Balkenmäher / Schlegelmulcher		Ökomäher / Schlegelmulcher	
	p-Wert	signifikant	p-Wert	signifikant	p-Wert	signifikant
Boden	0,726	n.s.	0,00156	**	0,000576	***
Vegetation	0,117	n.s.	0,00773	**	0,24	n.s.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Balkenmäher für die Fauna am schonendsten war, wobei er am Boden lebende Tiere besser schützte als in der Vegetation lebende. Der Ökomäher schien bodenlebende Tiere in ähnlichem Ausmass zu schützen wie der Balkenmäher. Bei in der Vegetation lebenden Tieren verursachte er aber hohe Verluste, ähnlich wie der Schlegelmulcher. Letzterer verursachte bei beiden Tiergruppen hohe Verluste. Die Aufteilung nach Lebensbereich vermochte diese Unterschiede besser aufzuzeigen als die Aufteilung nach taxonomischen Gruppen.

3.1.6.2 Heuschrecken

Die Heuschreckenzählungen resultierten leider nur in sehr geringen Individuenzahlen von durchschnittlich 1,4 Tieren pro Probe. Der Medianwert lag bei 0 Tieren. Pro Mäher ergaben sich nur zwischen 30 und 35 vollständige Probenpaare. Die Daten konnten deshalb nicht statistisch ausgewertet werden.

3.1.6.3 Wachsattrappen

Bei den Wachsattrappen fiel auf, dass der Ausbringungsort (am Boden oder in der Vegetation aufgehängt) einen grösseren Einfluss auf die Ergebnisse hatten als die Grösse der Attrappen. So wurden sowohl nach der Mahd mit dem Ökomäher als auch mit dem Schlegelmulcher nur wenige in der Vegetation aufgehängten Attrappen mit Docht wiedergefunden, während es

beim Balkenmäher deutlich mehr waren (vgl. Abb. 24). Von den am Boden ausgestreuten Attrappen ohne Docht wurden sowohl nach der Mahd mit dem Balkenmäher als auch mit dem Ökomäher ein grosser Teil intakt wiedergefunden, während beim Schlegelmulcher deutlich weniger Attrappen intakt blieben (vgl. Abb. 25). Die Anzahl intakt wiedergefundener Attrappen war bei den am Boden ausgestreuten Attrappen bei allen Mähern deutlich höher als bei den in der Vegetation aufgehängten Attrappen.

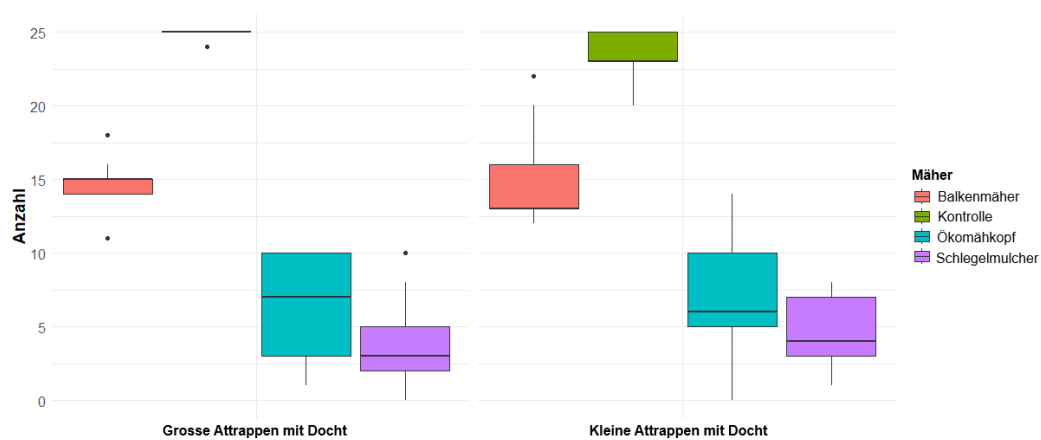


Abb. 24: Wiedergefundene, intakte Attrappen mit Docht (in der Vegetation aufgehängt)

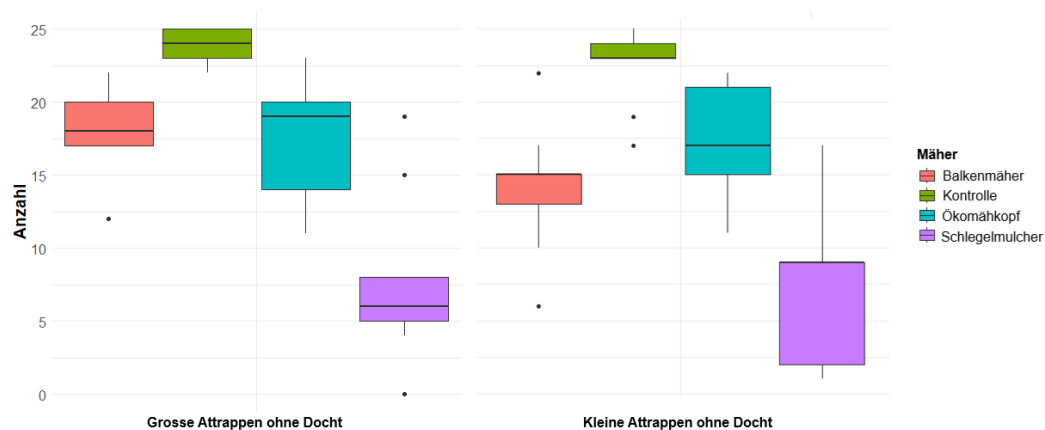


Abb. 25: Wiedergefundene Attrappen ohne Docht (am Boden ausgestreut)

Aufgrund der sehr ähnlichen Resultate der grossen und kleinen Attrappen des gleichen Ausbringungsorts, wurden die Attrappen für die statistische Auswertung in zwei Gruppen nach Ausbringungsort zusammengefasst.

Der Vergleich der Resultate der Mäher mit der Kontrolle bestätigte im Wesentlichen das Bild aus den Boxplot-Diagrammen (vgl. Tab. 16): Der Ökomäher unterschied sich bei den am Boden ausgestreuten Attrappen statistisch nicht signifikant von der Kontrolle, bei den in der Vegetation aufgehängten Attrappen gab es hingegen eine signifikante Differenz. Die Resultate des Schlegelmulchers wichen bei beiden Ausbringungsorten signifikant von der Kontrolle ab. Der Balkenmäher zeigte entgegen dem visuellen Eindruck aus den Boxplots eine signifikante Differenz zur Kontrolle bei den am Boden ausgestreuten Attrappen, nicht jedoch bei den in der Vegetation aufgehängten Attrappen.

Tab. 16: Statistischer Vergleich der Attrappenverluste zwischen den Mähern und der Kontrolle, nach Ausbringungsort

Ausbringungsort	Kontrolle / Balkenmäher		Kontrolle / Ökomäher		Kontrolle / Schlegelmulcher	
	p-Wert	signifikant	p-Wert	signifikant	p-Wert	signifikant
Boden	0,0111	*	0,0509	n.s.	0,000003	****
Vegetation	0,126	n.s.	0,000215	***	0,000005	****

Der Vergleich zwischen den Mähern zeigte nur wenige statistisch signifikante Unterschiede (vgl. Tab. 17): Balkenmäher und Schlegelmulcher unterschieden sich signifikant bei den Verlusten der in der Vegetation aufgehängten Attrappen und Ökomäher und Schlegelmulcher unterschieden sich signifikant bei den am Boden ausgestreuten Attrappen.

Tab. 17: Statistischer Vergleich der Attrappenverluste zwischen den Mähern, nach Ausbringungsort

Ausbringungsort	Balkenmäher / Ökomäher		Balkenmäher / Schlegelmulcher		Ökomäher / Schlegelmulcher	
	p-Wert	signifikant	p-Wert	signifikant	p-Wert	signifikant
Boden	0,501	n.s.	0,105	n.s.	0,0361	*
Vegetation	0,0772	n.s.	0,00822	**	0,394	n.s.

Der Mangel an signifikanten Unterschieden zwischen den Mähern trotz visuell deutlichen Unterschieden in den Boxplot-Diagrammen sowie die scheinbar widersprüchlichen Ergebnisse des Vergleichs des Balkenmähers mit der Kontrolle liessen uns vermuten, dass die Anzahl von 9 Proben für eine statistische Auswertung zu klein gewesen sein könnte. Wir führten deshalb eine Power-Analyse für den Kruskal-Wallis-Test durch (vgl. Abb. 26). Die klaren Differenzen zwischen den Mähern wiesen auf einen grossen Effekt ($f \geq 0,4$) hin. Dies wurde gestützt durch die berechneten hohen Effekte der Ergebnisse, z.B. 1,54 für die Gruppe "Attrappen ohne Docht". Da dieser Wert durch die geringe Stichprobengrösse verzerrt gewesen sein könnte, setzten

wir den Effekt konservativ auf $f = 0,4$ fest. Die Power-Analyse mit diesem Wert legte nahe, dass eine Mindestanzahl von 16 Proben für belastbare Ergebnisse nötig wäre. Eine Power-Analyse des ANOVA-Tests mit demselben Effekt ergab eine Mindestanzahl von 18-19 Proben. Der ANOVA-Test geht jedoch von normalverteilten Daten aus, was in diesem Fall nicht zutrifft.

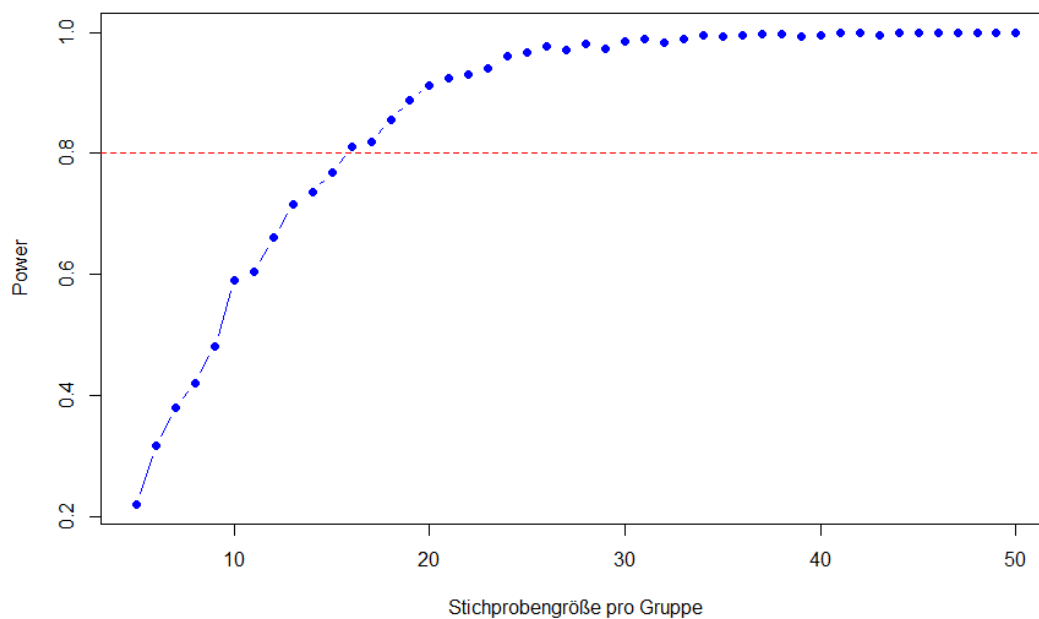


Abb. 26: Power-Analyse für Kruskal-Wallis Test bei Effekt $f = 0,4$

3.1.6.4 Pflanzensamen

Da sich der Aufwand für das Auszählen der Samenproben als deutlich höher herausstellte als ursprünglich gedacht, führten wir nach 30 (von 45) ausgezählten Probenpaaren eine erste Auswertung der Ergebnisse durch.

Die Anzahl gefundener Pflanzensamen pro Probe lag zwischen 18 und 11'641, der Median lag bei 311 Samen. Während bei der Kontrolle nach der Mahd im Durchschnitt sogar leicht mehr Pflanzensamen gefunden wurden (+8,8 %) kam es bei allen Mähgeräten zu einer starken Abnahme im Bereich von -45,1 % (Balkenmäher) bis 61,2 % (Ökomäher) (vgl. Tab. 18).

Tab. 18: Anzahl gefundener Pflanzensamen bei den verschiedenen Behandlungen

		Behandlung			
		Kontrolle	Balkenmäher	Ökomäher	Schlegel- mulcher
Vor der Mahd	Max	5113	4341	5183	11641
	Min	45	33	76	28
	Durchschnitt	919,7	813,17	802	1228
	Median	416	373	427,5	345,5
Nach der Mahd	Max	5323	1613	1695	4425
	Min	59	18	50	51
	Durchschnitt	1000,4	446,37	311,5	608,97
	Median	372	246,5	252	321
Differenz (ø)		8,8 %	-45,1 %	-61,2 %	-50,4 %

Im Boxplot-Diagramm unterscheiden sich die Resultate der verschiedenen Behandlungen visuell nur wenig voneinander (vgl. Abb. 27 und Abb. 28).

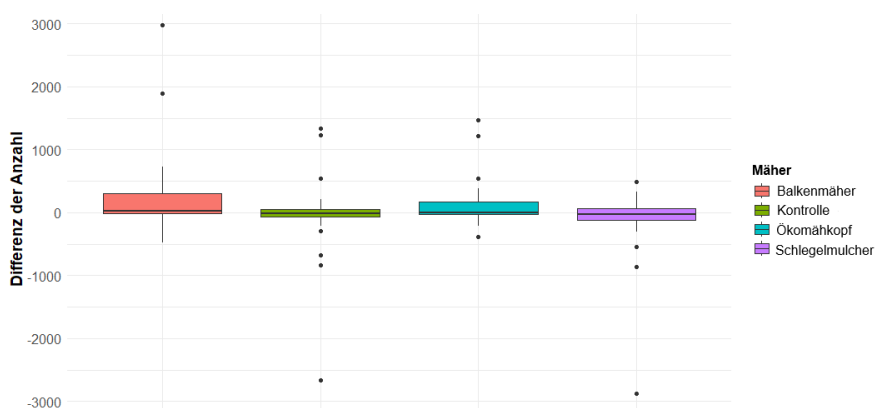


Abb. 27: Differenz der Anzahl Gräsern vor und nach der Mahd

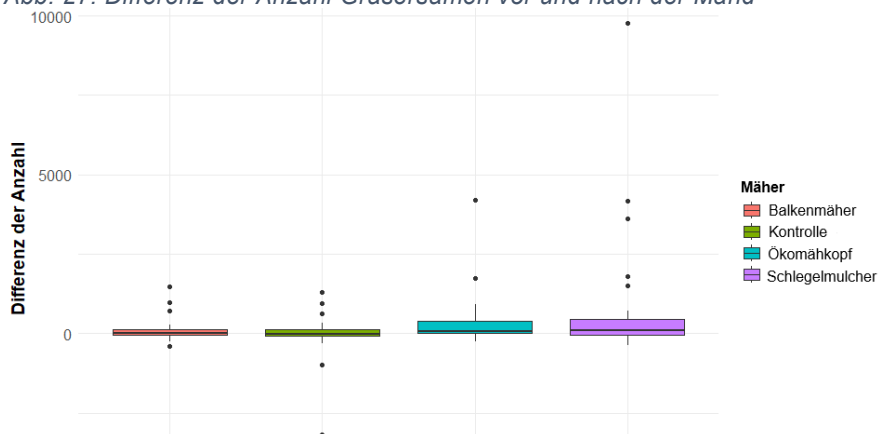


Abb. 28: Differenz der Anzahl Kräutersamen vor und nach der Mahd

Die statistische Auswertung der Samenproben ergab weder signifikanten Differenzen der Mäher zur Kontrolle (vgl. Tab. 19) noch der Mäher untereinander (vgl. Tab. 20). Aufgrund der grossen Überschneidungen der Resultate der Mäher schlossen wir, dass auch eine Auszählung und Auswertung der verbleibenden Proben nicht in statistisch signifikanten Differenzen zwischen den Mähern resultiert hätte, weshalb wir darauf verzichteten.

Tab. 19: Statistischer Vergleich des Pflanzensamenverlusts zwischen den Mähern und der Kontrolle

Typ	Kontrolle / Balkenmäher		Kontrolle / Ökomäher		Kontrolle / Schlegelmulcher	
	p-Wert	signifikant	p-Wert	signifikant	p-Wert	signifikant
Kräutersamen	1	n.s.	0,404	n.s.	0,94	n.s.
Gräsern	0,316	n.s.	0,643	n.s.	1	n.s.

Tab. 20: Statistischer Vergleich des Pflanzensamenverlusts zwischen den Mähern

Typ	Balkenmäher / Ökomäher		Balkenmäher / Schlegelmulcher		Ökomäher / Schlegelmulcher	
	p-Wert	signifikant	p-Wert	signifikant	p-Wert	signifikant
Kräutersamen	0,93	n.s.	1	n.s.	1	n.s.
Gräsern	1	n.s.	0,0863	n.s.	0,316	n.s.

3.1.6.5 Eingefärbte Pflanzensamen

Weil die Proben der eingefärbten Pflanzensamen Teil der Proben der natürlich vorkommen Pflanzensamen waren, wurde die Auswertung mit einer reduzierten Anzahl von 30 Proben durchgeführt. Die Menge der ausgebrachten Pflanzensamen betrug immer 30 g (10 g pro Art), es wurden deshalb keine Messungen vor der Mahd durchgeführt.

Die Anzahl wiedergefundener Pflanzensamen pro Probe lag zwischen 21 und 1501, der Median bei 296,5 Samen. Bei der Kontrolle wurden im Durchschnitt von allen drei Arten am meisten Samen wiedergefunden (vgl. Tab. 21). Von den Mähgeräten schnitt der Ökomäher jeweils am besten ab, der Balkenmäher am zweitbesten und der Schlegelmulcher am schlechtesten.

Tab. 21: Anzahl gefundener eingefärbter Pflanzensamen bei den verschiedenen Behandlungen (LAP= *Lathyrus pratensis*, LOP= *Lolium perenne*, AE= *Agrimonia eupatoria*)

		Behandlung			
		Kontrolle	Balkenmäher	Ökomäher	Schlegel- mulcher
LAP	Max	133	55	96	81
	Min	3	1	3	2
	Durchschnitt	44,2	23,0	31,6	18,7
	Median	33	21	24	12
LOP	Max	1283	606	1307	685
	Min	79	18	51	43
	Durchschnitt	416,3	271,2	372,9	215,9
	Median	342,5	252	300,5	166,5
AE	Max	85	48	89	70
	Min	1	2	3	1
	Durchschnitt	37,0	18,6	27,8	19,2
	Median	34	16	22,4	15,0

Der statistische Vergleich der Resultate der Mäher mit denen der Kontrolle ergab beim Schlegelmulcher signifikante Differenzen bei allen drei Pflanzenarten (vgl. Tab. 22). Beim Ökomäher gab es keine signifikanten Differenzen zur Kontrolle und beim Balkenmäher nur bei *Agrimonia eupatoria*.

Tab. 22: Statistischer Vergleich des Verlusts von eingefärbten Pflanzensamen zwischen den Mähern und der Kontrolle

Typ	Kontrolle / Balkenmäher		Kontrolle / Ökomäher		Kontrolle / Schlegelmulcher	
	p-Wert	signifikant	p-Wert	signifikant	p-Wert	signifikant
<i>Lathyrus pratensis</i>	0,133	n.s.	0,361	n.s.	0,0013	**
<i>Lolium perenne</i>	0,151	n.s.	0,483	n.s.	0,00081	***
<i>Agrimonia eupatoria</i>	0,0134	*	0,279	n.s.	0,00213	**

Der Vergleich zwischen den Mähern zeigte nur zwischen dem Ökomäher und dem Schlegelmulcher bei einer Art eine signifikante Differenz. Bei allen anderen Kombinationen und Arten gab es keine statistisch signifikanten Differenzen der Ergebnisse (vgl. Tab. 23).

Tab. 23: Statistischer Vergleich des Verlusts von eingefärbten Pflanzensamen zwischen den Mähern

Typ	Balkenmäher / Ökomäher		Balkenmäher / Schlegelmulcher		Ökomäher / Schlegelmulcher	
	p-Wert	signifikant	p-Wert	signifikant	p-Wert	signifikant
<i>Latyrus pratensis</i>	0,429	n.s.	0,35	n.s.	0,0915	n.s.
<i>Lolium perenne</i>	0,483	n.s.	0,246	n.s.	0,0407	*
<i>Agrimonia eupatoria</i>	0,427	n.s.	0,569	n.s.	0,279	n.s.

Der Vergleich der Anzahl der nach der Mahd verbleibenden Samen zwischen den Mähern zeigte bei allen drei Arten ein sehr ähnliches Bild (vgl. Abb. 29, Abb. 30 und Abb. 31): Bei der Kontrolle wurden am meisten Samen wiedergefunden, beim Ökomäher etwas weniger und der Balkenmäher und der Schlegelmulcher schnitten am schlechtesten ab. Die Überschneidungen zwischen den Ergebnissen der Mähgeräten war allerdings gross und die Menge an wiedergefundenen Samen in den Proben sehr klein (<1 % der vor dem Mähen vorhandenen Menge).

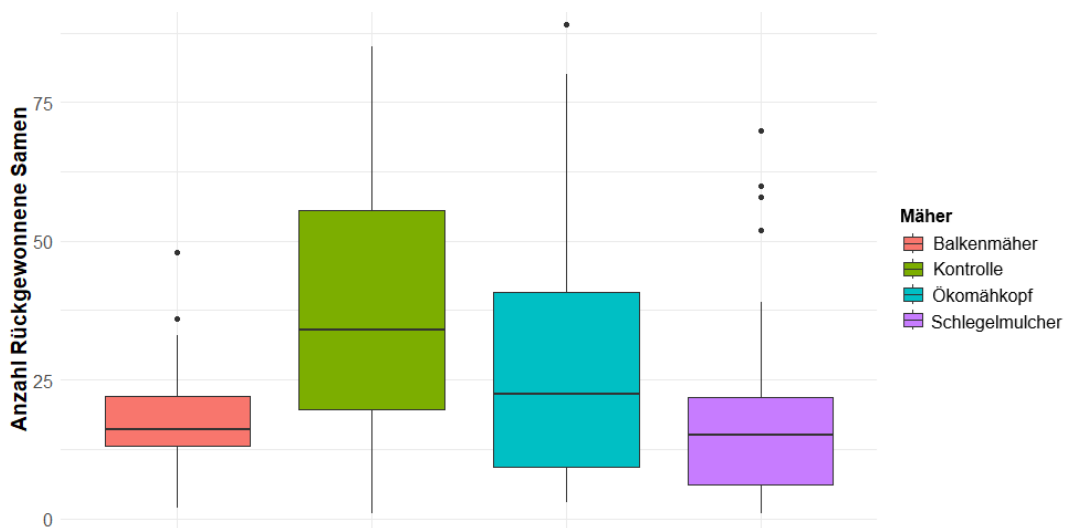


Abb. 29: Anzahl eingefärbte Pflanzensamen nach der Mahd (*Agrimonia eupatoria*)

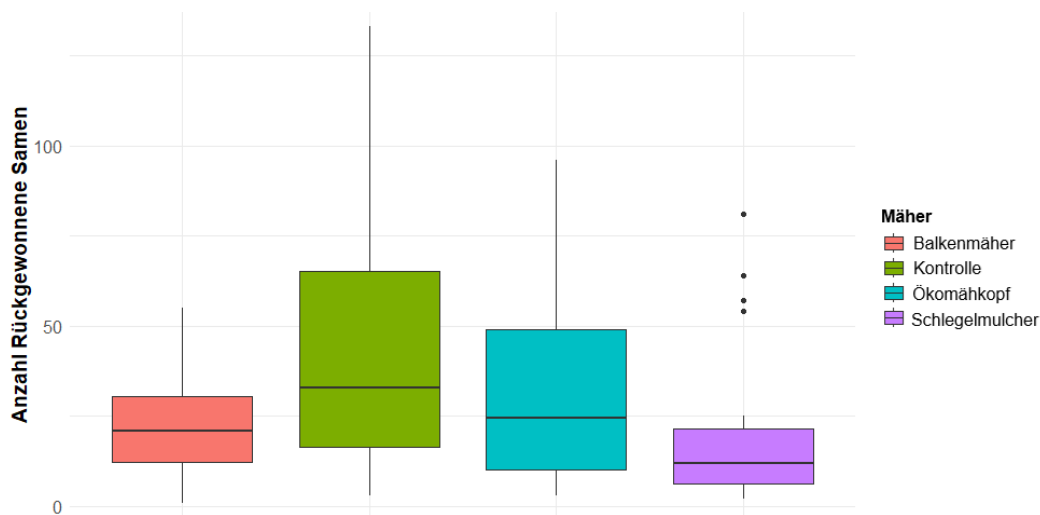


Abb. 30: Anzahl eingefärbte Pflanzensamen nach der Mahd (*Lathyrus pratensis*)

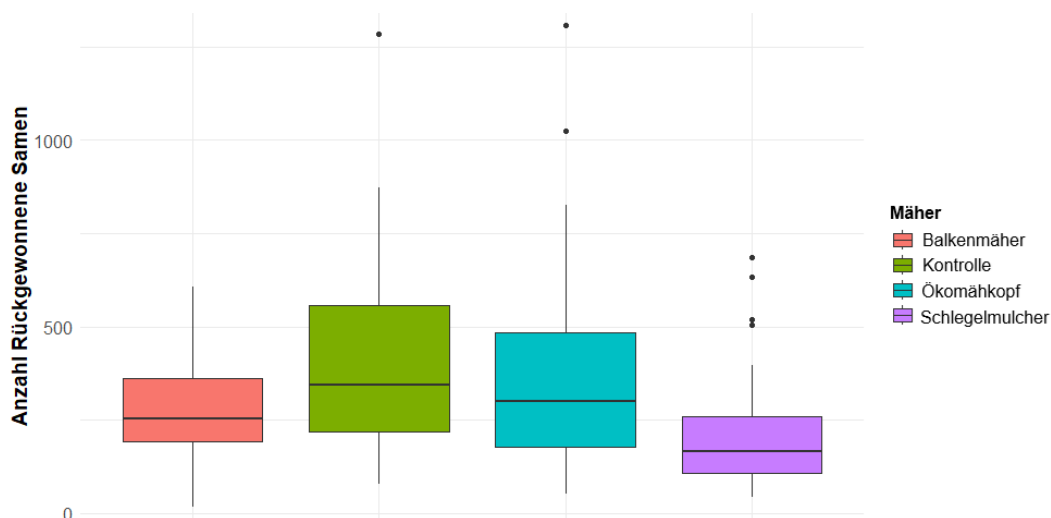


Abb. 31: Anzahl eingefärbte Pflanzensamen nach der Mahd (*Lolium perenne*)

3.1.7 Diskussion

3.1.7.1 Thesen

These 1: Die Verluste von Wachsattrappen bei der Mahd von Strassenböschungen entsprechen den Verlusten von Arthropoden.

Die Ergebnisse stützen diese These im Grundsatz. Die Wachsattrappen bildeten die wesentlichen Unterschiede zwischen den Mähgerätetypen ab. Am Boden ausgestreute Attrappen spiegelten die Ergebnisse der bodenbewohnenden Arthropoden wider: Balkenmäher und Ökomäher

unterschieden sich nicht signifikant von der Kontrolle, der Schlegelmulcher hingegen schon. Die in der Vegetation aufgehängten Attrappen zeigten ein vergleichbares Muster wie die in der Vegetation lebenden Arthropoden: Sowohl Ökomäher als auch Schlegelmulcher verursachten hohe Verluste, während der Balkenmäher deutlich besser abschnitt.

Die Differenzierung nach Ausbringungsort (Boden vs. Vegetation) entspricht funktionell der Einteilung der Arthropoden nach Lebensbereich, welche sich als deutlich aussagekräftiger erwiesen hatte als die Einteilung nach taxonomischen Gruppen. Die Attrappen-Methode kann somit als geeigneter, vereinfachter Proxy für die Arthropodenmortalität betrachtet werden, sofern die Stichprobengrösse ausreichend ist.

These 2: Die Verluste von eingefärbten Pflanzensamen bei der Mahd von Strassenböschungen entsprechen den Verlusten von natürlich vorkommenden Pflanzensamen.

Diese These lässt sich mit den vorliegenden Daten nicht abschliessend beurteilen. Da die Messung der natürlich vorkommenden Pflanzensamen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Mähern aufzeigte, fehlt die Referenz für einen Vergleich. Die eingefärbten Samen zeigten zwar klarere Ergebnisse – der Schlegelmulcher verursachte signifikante Verluste, Ökomäher und Balkenmäher nicht –, doch die sehr geringe Wiederfindungsrate stellt die Zuverlässigkeit der Methode insgesamt in Frage.

3.1.7.2 Testmethoden

Die angewendeten Testmethoden unterschieden sich deutlich in ihrer Eignung, die Auswirkungen der verschiedenen Mähgeräte zu erfassen.

Das Absaugen der Arthropoden mittels Biozönometern erwies sich als die aussagekräftigste Methode. Mit 45 Probenpaaren pro Mäher war die Stichprobengrösse ausreichend, um statistisch belastbare Ergebnisse zu liefern. Die Methode zeigte sowohl bei der Auswertung nach taxonomischen Gruppen als auch nach Lebensbereich signifikante Unterschiede zwischen den Mähgeräten auf. Der Arbeitsaufwand – insbesondere für das Auszählen und Bestimmen im Labor – war jedoch erheblich.

Die Heuschreckenzählung mittels Wurfnetz lieferte zu geringe Individuenzahlen, um statistisch auswertbare Ergebnisse zu erzielen. Der Medianwert von 0 Tieren pro Probe zeigte, dass die Methode unter den gegebenen Bedingungen nicht geeignet war.

Die Wachsatrappen-Methode zeigte visuell deutliche Unterschiede zwischen den Mähern, konnte diese aber aufgrund der geringen Stichprobengrösse von nur 9 Durchgängen statistisch nicht zuverlässig absichern. Die Power-Analyse

legte nahe, dass dafür mindestens 16–20 Durchgänge nötig wären. Die Differenzierung nach Ausbringungsort (am Boden vs. in der Vegetation) erwies sich als besonders aufschlussreich und bildete die Unterschiede zwischen den Mähern klarer ab als die Unterscheidung nach Attrappengrösse. Die Methode hat den Vorteil, dass sie standardisiert, gut reproduzierbar und mit vergleichsweise geringem Aufwand durchführbar ist.

Die Erhebung der natürlich vorkommenden Pflanzensamen konnte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Mähern aufzeigen. Die hohe natürliche Variabilität der Samenverteilung überlagerte vermutlich den Effekt der verschiedenen Mähgeräte. Zudem war der Aufwand für die Auszählung im Labor deutlich höher als erwartet. Die eingefärbten Pflanzensamen zeigten zwar klarere Muster, doch die Wiederfindungsrate lag insgesamt unter 1 % der ausgebrachten Menge, was darauf hindeutet, dass das Absaugen mit dem Laubsauger für die Erfassung von Pflanzensamen nur eingeschränkt geeignet war. Zudem ist der Aufwand zur Auswertung der Proben bei in der Vegetation ausgestreuten eingefärbte Pflanzensamen ähnlich hoch wie bei den natürlich vorkommenden Pflanzensamen. Die alternativen Ausbringungsarten (Schalen, Asphalt und Metallplatte), die sehr viel weniger aufwändig auszuwerten sind, erwiesen sich leider als untauglich.

3.1.7.3 Mähgeräte

Obwohl der primäre Zweck der Feldversuche 2023 die Kalibrierung der Methoden war, lieferten die Ergebnisse bereits aufschlussreiche Hinweise auf die Auswirkungen der drei getesteten Mähgeräte.

Der Balkenmäher erwies sich als die schonendste Variante für die Fauna. Seine Ergebnisse unterschieden sich bei den Wirbellosen nur bei einer von elf Gruppen signifikant von der Kontrolle. Besonders gut schützte er bodenbewohnende Tiere, aber auch bei den in der Vegetation lebenden Tieren schnitt er besser ab als die beiden anderen Geräte. Bei den Wachsattrappen bestätigte sich dieses Bild: Vor allem die in der Vegetation aufgehängten Attrappen überlebten die Mahd mit dem Balkenmäher deutlich häufiger. Diese Ergebnisse decken sich mit der Literatur, die dem Balkenmäher eine vergleichsweise geringe Arthropodenmortalität zuschreibt.

Der Schlegelmulcher schnitt erwartungsgemäss am schlechtesten ab. Er verursachte bei den meisten Tiergruppen signifikante Verluste und zeigte auch bei den Wachsattrappen und den eingefärbten Pflanzensamen die höchsten Verluste. Beide Lebensbereiche – Boden und Vegetation – waren gleichermassen betroffen.

Der Ökomäher zeigte ein differenziertes Bild: Bei bodenbewohnenden Tieren und am Boden liegenden Attrappen erzielte er Ergebnisse, die sich nicht

signifikant von der Kontrolle oder dem Balkenmäher unterschieden. Bei in der Vegetation lebenden Tieren und in der Vegetation aufgehängten Attrappen verursachte er hingegen ähnlich hohe Verluste wie der Schlegelmulcher. Die Erkenntnis, dass der Lebensbereich der Tiere ein entscheidender Faktor für die Mortalität ist, ist für die Beurteilung und Weiterentwicklung von Ökomähern relevant.

3.1.7.4 Schlussfolgerungen für das weitere Vorgehen

Die Wachsatrappen-Methode konnte als geeigneter Proxy für die Arthropodenmortalität bestätigt werden, da sie die wesentlichen Unterschiede zwischen den Mähgeräten abbildete und gleichzeitig deutlich weniger aufwändig war als die direkte Arthropodenerhebung. Die Stichprobengrösse müsste jedoch auf 20 Durchgänge pro Mäher erhöht werden, um die in der Power-Analyse identifizierte statistische Mindestanforderung zu erfüllen.

Sowohl die Wirbellosenzählung als auch die Attrappenmessungen zeigten, dass der Lebensbereich der Tiere ein entscheidender Faktor für die Mortalität bei der Mahd ist. In der Vegetationsschicht lebende Tiere wie auch dort aufgehängte Wachsatrappen erlitten generell deutlich höhere Verluste als bodenbewohnende Tiere resp. am Boden ausgestreute Attrappen, und der getestete Ökomäher war für sie ähnlich schädlich wie der Schlegelmulcher. Bei den vergleichenden Versuchen wurde deshalb ein besonderes Augenmerk auf die Differenzierung zwischen boden- und vegetationsschichtbewohnenden Tieren gelegt.

Die Methoden zur Erfassung des Pflanzensamenverlusts erwiesen sich insgesamt als wenig geeignet. Die eingefärbten Pflanzensamen lieferten zwar klare Muster, der Aufwand zu Auswertung war aber zu hoch, da sich in der Praxis nur das Ausstreuen der Samen auf den Wiesen als geeignete Ausbringungsmethode erwiesen hatte. Weil bei der Messung der natürlich vorkommenden Pflanzensamen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Mähgeräten nachgewiesen werden konnten und die Literatur auch keine Hinweise auf einen solchen Effekt liefert, wurde für die vergleichenden Versuche auf die Erhebung des Pflanzensamenverlusts verzichtet.

3.2 Feldversuche 2025 – Vergleichender Test

3.2.1 Fragestellung

Nachdem die Feldversuche 2023 gezeigt hatten, dass die Mortalität von Wirbellosen bei der Wiesenmahd ausreichend gut mit Attrappenversuchen abgeschätzt werden kann, führten wir 2025 vergleichende Versuche mit einer Anzahl auf dem Markt verfügbarer Ökomäher durch. Die untersuchte These war dementsprechend:

- Mit Ökomähern lässt sich die Mortalität von Wirbellosen bei der Wiesenmahd im Vergleich zur Mahd mit einem konventionellen Schlegelmulcher signifikant reduzieren

Da in den vergangenen Versuchen grosse Unterschiede in den Auswirkungen der getesteten Mäher auf bodenlebende versus vegetationsbewohnende Tierarten festgestellt wurden, legten wir bei den vergleichenden Versuchen ein besonderes Augenmerk auf diese Unterscheidung.

3.2.2 Mähgeräte

Für die Versuche wurden fünf Ökomäher getestet: vier auf dem Markt verfügbare Geräte und ein Prototyp. Um Vergleichswerte zu erhalten, wurden zusätzlich ein konventioneller Schlegelmulcher (gleiches Modell wie in den Versuchen von 2023) sowie ungemähte Kontrollflächen nach derselben Methode untersucht. Da handgeführte Balkenmäher für die meisten Unterhaltsbetriebe nicht für die Böschungspflege in Frage kommen, wurde in der zweiten Versuchsreihe kein solches Gerät mehr berücksichtigt. Die Mähköpfe, Trägerfahrzeuge und das Personal zur Bedienung wurden entweder vom Hersteller oder von Unterhaltsbetrieben zur Verfügung gestellt. Als Geräteträger dienten Unimogs.

Die getesteten Mähgeräte sowie die biodiversitätsschonenden Komponenten, die sie einsetzen, sind in Tab. 24 aufgelistet. Für Fotos der Mähgeräte siehe Abb. 32 bis Abb. 43. Weitere technische Daten zu den Ökomähern finden sich in Anhang 5.

Tab. 24: Überblick über die getesteten Ökomäher (Gerhard Dücker GmbH & Co. KG, 2024; Mulag, 2026; MULAG, 2026; Urs Schmid AG, 2024)

Mähkopf	Zur Verfügung gestellt von	Mähwerk	Mahdhöhe	Schnittgutaufnahme	Insekten-scheuche	Bodenkontaktflächen	Gehäuseboden	Weitere Massnahmen
Mulag MK 1200 plus	NSNW AG	Mulchmähwerk (MS-Messer)	7 cm	nein	-	Tastwalze	offen	
Mulag ECO 1200 plus	Abt. Tiefbau Kt. Aargau, Mulag Fahrzeugwerk Heinz Wössner GmbH u. Co. KG	Abgewandeltes Scheibenmähwerk	10 cm	ja (Luftstrom)	Plastikplane	Tastrollen	geschlossen	
Dücker VMS Öko	Gerhard Dücker GmbH & Co. KG	Mulchmähwerk (Y)-Messer	10 cm	nein	Kettenschürze	Tastwalze mit Verjüngungen	offen	
Dücker SGG 1200	Gerhard Dücker GmbH & Co. KG	Balkenmähwerk	10 cm	ja (mechanische Beförderung zur Absaugvorrichtung)	Kettenschürze	Tastwalze mit Verjüngungen	offen	offener Gehäuseboden (Fluchtmöglichkeit für Kleintiere)
Urs Schmid Oszimower	Urs Schmid AG, besa Strassenunterhalt AG	Balkenmähwerk	10 cm	ja (mechanische Beförderung zur Absaugvorrichtung)	Kettenschürze	Tastwalze mit Verjüngungen	offen	offener Gehäuseboden (Fluchtmöglichkeit für Kleintiere)
Merbag Prototyp	Merbag AG	Balkenmähwerk	10 cm	ja (mechanische Beförderung zur Absaugvorrichtung)	im Test: keine Seriengeräte sind mit Kettenschürze ausgestattet	Tastrollen	offen	Mähwerk wird beim Mähen ausgefahren, so dass Tiere vor der Schnittgutaufnahme flüchten können



Abb. 32: Mulag MK 1200 plus



Abb. 33: Mulag ECO 1200 plus, Frontansicht mit eingeklappter Insektenscheuche



Abb. 34: Mulag ECO 1200 plus bei der Mahd, Ansicht von hinten



Abb. 35: Mulag Eco 1200, Seitenansicht (gleiche Insektenscheuche wie ECO 1200 plus)



Abb. 36: Dücker VMS 1200 Öko (Ansicht von unten)



Abb. 37: Dücker VSM 1200 Öko mit eingeklappter alternativer Insektenscheuche mit Metallstriegeln



Abb. 38: Dücker SGG 1200 (Frontansicht mit Insektenscheuche)



Abb. 39: Dücker SGG 1200 (Frontansicht ohne Insektenscheuche)



Abb. 40: Urs Schmid AG Oszimower, Ansicht von vorne



Abb. 41: Urs Schmid AG Oszimower, Ansicht von hinten



Abb. 42: Merbag AG Prototyp, Frontansicht



Abb. 43: Merbag AG Prototyp, Ansicht von hinten

3.2.3 Versuchsflächen

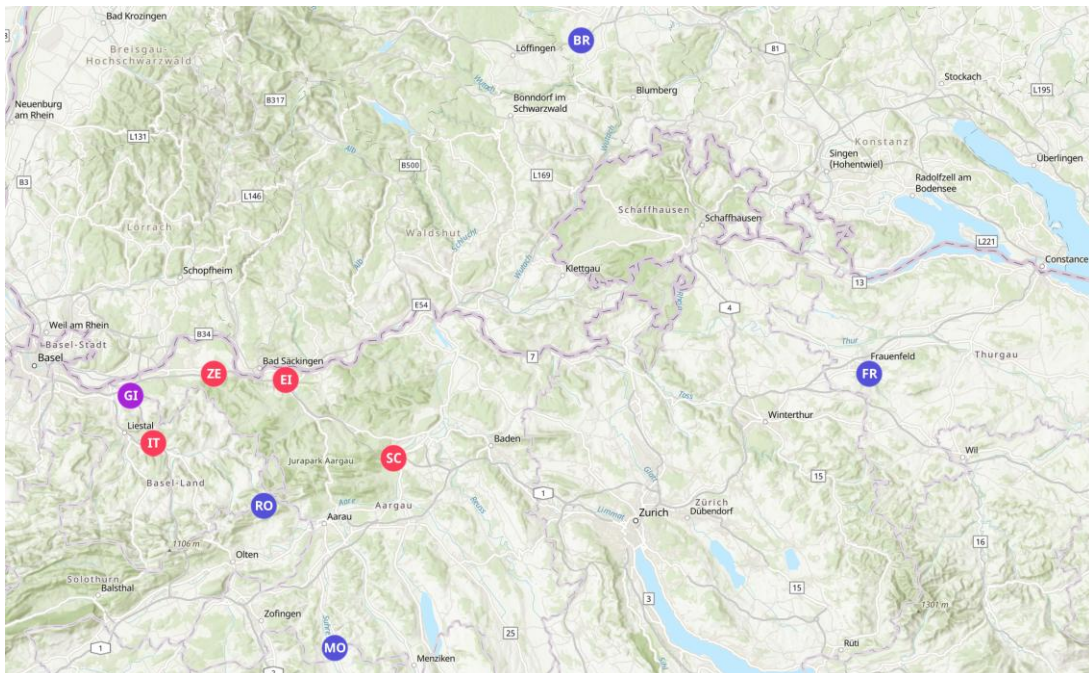


Abb. 44: Standorte Versuchsflächen: Giebenach (GI), Moosleerau (MO), Bräunlingen (BR), Frauenfeld (FR), Itingen (IT), Zeiningen (ZE), Eiken (EI), Schinznach (SC)

Da die Mähgeräte nicht alle in der Nordwestschweiz verfügbar waren, wurden die Versuchsflächen durch die Hersteller resp. Einsatzbetriebe der Mähgeräte zur Verfügung gestellt. Dementsprechend wurden die Mähgeräte im

Unterschied zu den Versuchen 2023 jeweils nur auf einer einzigen Fläche getestet (vgl. Abb. 44 und Tab. 25). Als Versuchsflächen kamen Wiesen entlang von Strassen in Frage, die zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung mindestens 50 cm hochgewachsen und in diesem Jahr noch nicht gemäht worden waren. Falls es sich um Flächen entlang der Autobahn handelte, mussten diese von ausserhalb des Wildschutzzauns zugänglich sein, damit nicht vom Pannestreifen gearbeitet werden musste. Die Versuchsflächen mussten pro dort getestetem Mähgerät eine Mindestgrösse von 150 m² aufweisen, damit ausreichend Platz für alle Probenplots vorhanden war. Die bereits bei den Feldversuchen 2023 nach der gleichen Methodik durchgeführten Versuchsdurchgänge wurden in die Auswertung einbezogen.

Tab. 25: Versuchsflächen 2025 mit den dort getesteten Mähgeräten

Jahr	Ortschaft		getestete Mähgeräte
2025	MO	Mooslerau (CH)	Mulag ECO 1200 plus
	BR	Bräunlingen (DE)	Dücker VMS 1200 Öko, Dücker SGG 1200
	FR	Frauenfeld (CH)	Urs Schmid AG Oszimower, Kontrolle
	RO	Rohr bei Olten (CH)	Kontrolle
	GI	Giebenach (CH)	Mulag MK 1200 plus, Merbag AG Prototyp
2023	GI	Giebenach (CH)	Mulag ECO 1200 plus, Mulag MK 1200 plus, Kontrolle
	IT	Itingen (CH)	Mulag ECO 1200 plus, Mulag MK 1200 plus, Kontrolle
	ZE	Zeiningen (CH)	Mulag ECO 1200 plus, Mulag MK 1200 plus, Kontrolle
	EI	Eiken (CH)	Mulag ECO 1200 plus, Mulag MK 1200 plus, Kontrolle
	SC	Schinznach (CH)	Mulag ECO 1200 plus, Mulag MK 1200 plus, Kontrolle

3.2.4 Zeitpunkt

Die Feldversuche wurden Ende Juli und Anfang August 2025 durchgeführt. Beim Mulag MK 1200 plus, Mulag ECO 1200 plus und bei der Kontrolle flossen zudem die 9 Versuchsdurchgänge im Juni und August 2023 in die Bewertung ein. Die Standorte und Zeitpunkte aller Versuchsdurchgänge sind in Anhang 4 aufgeführt.

3.2.5 Vorgehen

3.2.5.1 Versuchsablauf

Alle Mähköpfe wurden auf eine Schnitthöhe zwischen 10 und 12 cm eingestellt. Zur Fahrgeschwindigkeit wurde einzig die Vorgabe gemacht, dass die Fahrer in einer in der Praxis üblichen Geschwindigkeit mähen sollten. Diese lag bei allen Mähgeräten zwischen 3 und 6 km/h.

Der Versuchsaufbau und -Ablauf entspricht dem Vorgehen aus den Versuchen von 2023 (vgl. Kap. 3.1.5.3). Damals wurden pro Mäher neun Durchgänge durchgeführt. Die statistische Auswertung zeigte jedoch, dass aufgrund der hohen Streuung 20 Durchgänge nötig sind, um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten (vgl. Kap. 3.1.6.33.1.6). Daher wurden für bisher noch nicht getestete Mähgeräte 20 Durchgänge absolviert und für bereits 2023 getestete Mähgeräte 11 Durchgänge.

3.2.5.2 Korrekturfaktor

Bei den Versuchen wurden Kontrollflächen beprobt, um zu ermitteln, wie viele Attrappen jedes Typs bei der Suche übersehen wurden. Aus diesen Daten wurde für alle Messwerte ein Korrekturfaktor berechnet. Für jeden Wachsattrappentyp wurde die durchschnittliche Wiederfindungsrate ermittelt und durch die Anzahl der ursprünglich ausgebrachten Attrappen geteilt. Das Ergebnis ergab den jeweiligen Korrekturfaktor (vgl. Tab. 26).

Die korrigierten Werte der einzelnen Mähmaschinen wurden nach der folgenden Formel berechnet:

$$\text{Korrigierter Wert} = \frac{\text{Gefundene Attrappenanzahl}}{\text{Korrekturfaktor des Attrappentyps}}$$

Da die Anzahl der ausgebrachten Attrappen bekannt war, wurde der Maximalwert nach der Korrektur auf 25 begrenzt.

Tab. 26: Korrekturfaktoren

Attrappentyp	Durchschnittliche Wiederfindungsrate und Standardfehler	Korrekturfaktor und Standardfehler
Gross mit Docht	24,75 ± 0,099	0,990
Gross ohne Docht	23,55 ± 0,366	0,942
Klein mit Docht	24,15 ± 0,293	0,966
Klein ohne Docht	22,1 ± 0,561	0,884

3.2.5.3 Statistik

Die statistische Auswertung erfolgte gleich wie bei den Versuchen 2023 (siehe Kapitel 3.1.5.6). Zur Auswertung wurden R (Version 4,5.0) und Excel verwendet. Zunächst wurde die Verteilung der Daten innerhalb der einzelnen Gruppen mittels Histogrammen, Q-Q-Plots sowie dem Shapiro-Wilk-Test überprüft. Da mehrere Gruppen die Normalverteilungsannahme verletzten ($p < 0,05$), wurden ausschliesslich nichtparametrische Verfahren angewandt.

Zur Überprüfung von Unterschieden zwischen den Mähgeräten und der Kontrollfläche kam der Kruskal-Wallis-Rangsummentest zum Einsatz, der als nichtparametrische Alternative zur einfaktoriellen ANOVA geeignet ist. Der Test zeigte in allen Auswertungen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen.

Um diese Unterschiede genauer zu identifizieren, wurden Post-hoc-Vergleiche mittels Dunn-Test mit Holm-Korrektur durchgeführt. Dieser ermöglichte paarweise Vergleiche zwischen den einzelnen Mähgeräten und der Kontrollfläche.

3.2.6 Ergebnisse

3.2.6.1 Überblick

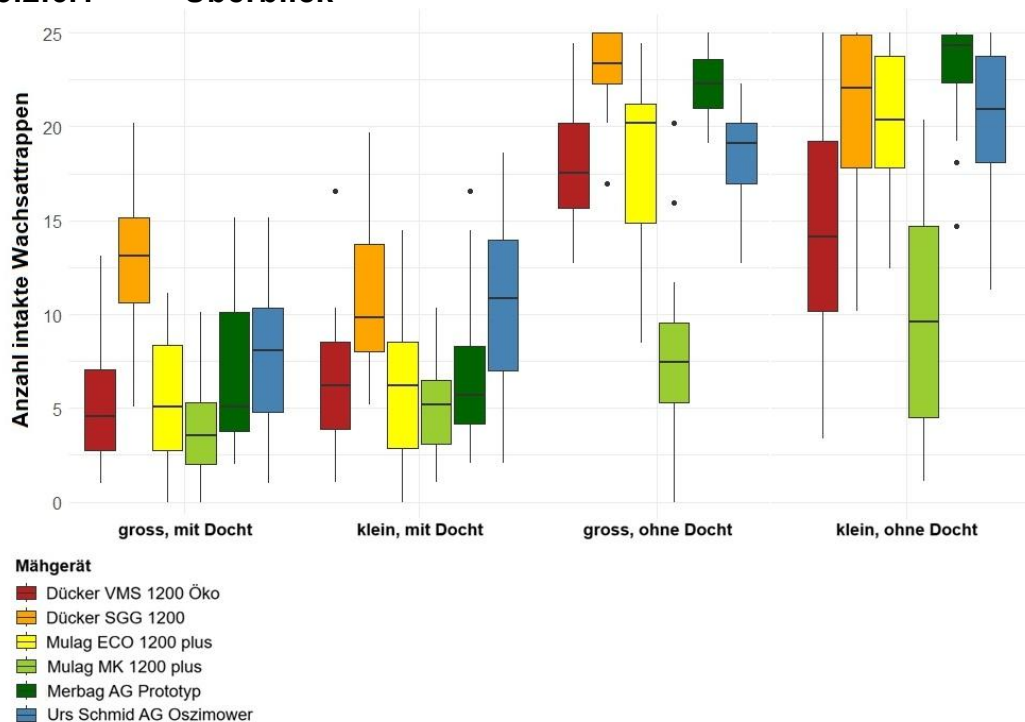


Abb. 45: Anzahl intakte Wachsattrappen nach Mähgerät

Ein Überblick über die Ergebnisse aller Attrappentypen bestätigte die Erkenntnis aus der ersten Versuchsreihe, dass sich die Verluste der Attrappen zwischen am Boden ausgebrachten Attrappen ohne Docht und in der Vegetation aufgehängten Attrappen mit Docht stark unterscheiden, während die Grösse der Attrappen kaum Einfluss auf die Ergebnisse zu haben scheint (vgl. Abb. 45). Für die weitere Auswertung der Ergebnisse wurden deshalb die kleinen und grossen Attrappen der jeweiligen Ausbringungsorte zusammengefasst.

Wie schon bei den Versuchen 2023 gab es bei den Attrappen mit Docht deutlich grössere Verluste als bei den Attrappen ohne Docht. Zudem schienen die meisten Ökomäher die am Boden ausgebrachten Attrappen ohne Docht gut schützen zu können, nur der Dücker VMS 1200 Öko hatte teilweise ähnlich schlechte Ergebnisse wie der Schlegelmulcher Mulag MK 1200 plus. Bei den in der Vegetation aufgehängten Attrappen konnten die meisten Ökomäher auch in dieser Versuchsreihe keine deutlich besseren Ergebnisse produzieren als der konventionelle Schlegelmulcher. Es gab aber mit dem Dücker SGG 1200 sowie teilweise dem Urs Schmid AG Oszimower auch Mähgeräte, die zumindest auf den ersten Blick deutlich besser abschnitten als der konventionelle Schlegelmulcher.

3.2.6.2 Attrappen mit Docht

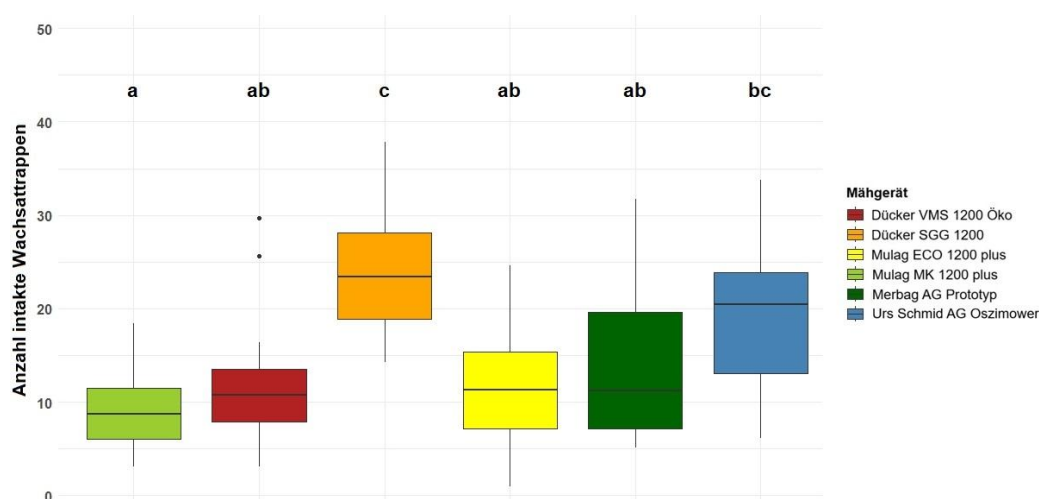


Abb. 46: Anzahl intakte Wachsattrappen mit Docht nach Mähgerät

Im Boxplot-Diagramm wurden allen Ergebnissen der Mähgeräte Buchstaben von a bis d zugeordnet – alle Ergebnisse, die einen Buchstaben teilen, unterschieden sich nicht statistisch signifikant voneinander (vgl. Abb. 46).

In Bezug auf die Verluste von in der Vegetation aufgehängten Wachsattrappen ohne Docht unterschieden sich die Ergebnisse der Ökomäher Dücker VSM 1200 Öko, Mulag Eco 1200 plus und Merbag AG Prototyp nicht signifikant von denen des Schlegelmulchers Mulag MK 1200 plus (vgl. Tab. 27). Die Ergebnisse des Ökomähers Urs Schmid AG Oszimower unterschieden sich zwar signifikant von denen des Schlegelmulchers, nicht aber von denen der drei vorher genannten Ökomäher. Nur die Ergebnisse des Ökomähers Dücker SGG 1200 unterschieden sich signifikant sowohl von denen des Schlegelmulchers als auch von denen der drei Ökomäher, die am schlechtesten abgeschnitten hatten. Die Ergebnisse der Ökomäher Dücker SGG 1200 und Urs Schmid AG Oszimower unterschieden sich jedoch nicht statistisch signifikant voneinander.

Tab. 27: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den Mähgeräten bei den Verlusten der Wachsattrappen mit Docht

	Mulag MK 1200 plus	Dücker VMS 1200 Öko	Dücker SGG 1200	Mulag ECO 1200 plus	Merbag AG Prototyp	Urs Schmid AG Oszimower
Mulag MK 1200 plus						
Dücker VMS 1200 Öko	1 n.s.					
Dücker SGG 1200	5,06e-07 ****	0,000254 ***				
Mulag ECO 1200 plus	1 n.s.	1 n.s.	0,000254 ***			
Merbag AG Prototyp	0,651102 n.s.	1 n.s.	0,001364 **	1 n.s.		
Urs Schmid AG Oszimower	0,001364 **	0,091321 n.s.	0,651102 n.s.	0,091321 n.s.	0,234206 n.s.	

3.2.6.3 Attrappen ohne Docht

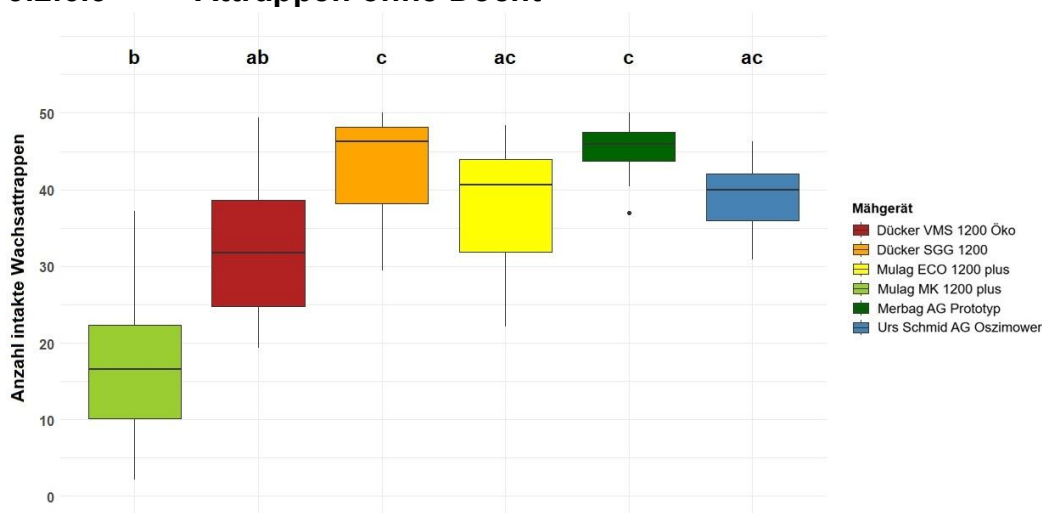


Abb. 47: Anzahl intakte Wachsattrappen ohne Docht nach Mähgerät

Die Ergebnisse der Ökomäher in Bezug auf die Verluste der am Boden ausgestreuten Attrappen ohne Docht konnten sich deutlicher von denen des Schlegelmulchers Mulag MK 1200 plus absetzen: Vier Ökomäher (Dücker SGG 1200, Mulag Eco 1200 plus, Merbag AG Prototyp und Urs Schmid AG Oszimower) schnitten statistisch signifikant besser ab als der Schlegelmulcher, nur die Ergebnisse des Ökomähers Dücker VMS 1200 Öko unterschieden sich nicht statistisch signifikant von denen des Schlegelmulchers (vgl. Abb. 47 und Tab. 28). Die Ergebnisse der zwei Ökomäher Dücker SGG 1200 und Merbag AG Prototyp unterschieden sich zudem signifikant von denen des Ökomähers Dücker VMS 1200 Öko, nicht jedoch von denen der Ökomäher Mulag ECO 1200 plus und Urs Schmid AG Oszimower.

Tab. 28: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den Mähgeräten bei den Verlusten der Wachsatrappen ohne Docht

	Mulag MK 1200 plus	Dücker VMS 1200 Öko	Dücker SGG 1200	Mulag ECO 1200 plus	Merbag AG Prototyp	Urs Schmid AG Oszimower
Mulag MK 1200 plus						
Dücker VMS 1200 Öko	0,081096 n.s.					
Dücker SGG 1200	1,51e-09 ****	0,001212 **				
Mulag ECO 1200 plus	5,41e-05 ****	0,232335 n.s.	0,255830 n.s.			
Merbag AG Prototyp	6,3e-11 ****	0,000179 ***	1 n.s.	0,139561 n.s.		
Urs Schmid AG Oszimower	0,000179 ***	0,257188 n.s.	0,201403 n.s.	1 n.s.	0,081096 n.s.	

3.2.7 Diskussion

3.2.7.1 These

These: Mit Ökomähern lässt sich die Mortalität von Wirbellosen bei der Wiesenmahd im Vergleich zur Mahd mit einem konventionellen Schlegelmulcher signifikant reduzieren

Die vergleichenden Feldversuche 2025 zeigen, dass Ökomäher die Verluste an Wachsatrappen gegenüber einem konventionellen Schlegelmulcher signifikant reduzieren können. Da die Feldversuche 2023 gezeigt haben, dass Wachsatrappen die Mortalität von Arthropoden bei der Mahd im Grundsatz abbilden (vgl. Kap. 3,1.7), kann davon ausgegangen werden, dass sich dies auch auf die Verluste an Kleintieren übertragen lässt. Allerdings gelingt diese Reduktion nicht allen Mähköpfen und nicht in gleichem Masse.

Bemerkenswert ist, dass sich die Ökomäher untereinander teilweise signifikant unterscheiden. Die Spannweite reicht vom Dücker VMS 1200 Öko, dessen Ergebnisse sich kaum vom Schlegelmulcher unterscheiden, bis zum Dücker SGG 1200, der bei allen Attrappentypen die besten Ergebnisse erzielte und sich oft auch signifikant von den anderen Ökomähern abhob. Die genaue technische Ausgestaltung der Mähköpfe ist also entscheidend für deren Effektivität. Dies bedeutet auch, dass Verbesserungspotenzial besteht

und die Hersteller durch gezielte Optimierung einzelner Komponenten die Ergebnisse ihrer Mähköpfe weiter verbessern können.

Besonders deutlich tritt der Unterschied zwischen boden- und vegetationsschichtbewohnenden Organismen hervor, der sich bereits in den Versuchen 2023 abgezeichnet hatte. Bei den am Boden ausgestreuten Attrappen erzielten vier der fünf getesteten Ökomäher signifikant bessere Ergebnisse als der Schlegelmulcher. Bei den in der Vegetation aufgehängten Attrappen gelang dies nur dem Dücker SGG 1200 und dem Oszimower. Die übrigen Ökomäher konnten sich in diesem Bereich nicht signifikant vom Schlegelmulcher abheben. Auch bei den beiden besten Mähköpfen betrugen die Verluste der in der Vegetation aufgehängten Attrappen noch über 50 %. Da die Attrappen kein Fluchtverhalten abbilden, könnten die tatsächlichen Verluste bei lebenden Tieren geringer sein – insbesondere dann, wenn eine Insektenscheuche eine erfolgreiche Flucht vor dem Mähwerk auslöst. Die Attrappenverluste stellen in diesem Sinne einen Worst-Case-Wert dar, der die obere Grenze der zu erwartenden Mortalität abschätzt.

Der festgestellte Unterschied der Verluste in den beiden Lebensbereichen steht im Einklang mit der Beobachtung von Richner et al. (2019), dass in der Vegetation aufgehängte Insektenattrappen höhere Verluste erlitten als am Boden ausgestreute. Auch Humbert et al. (2010b) stellten fest, dass am Boden liegende Attrappen hauptsächlich durch die Bodenkontaktflächen der Mähgeräte beschädigt wurden – ein Problem, dass durch reduzierte Bodenkontaktflächen wie beispielsweise Tastwalzen mit Verjüngungen verringert werden kann. Diese Massnahme wird indes von allen untersuchten Ökomähern eingesetzt, wenn auch in verschiedenen Ausprägungen.

In der Literatur finden sich Hinweise darauf, dass Insektenscheuchen die Arthropodenmortalität reduzieren können, wobei Gebläse am vielversprechendsten und Kunststoffplanen am wenigsten effektiv zu sein scheinen (vgl. Kap. 2.7). Die Ergebnisse der Feldversuche liefern zusätzliche, wenn auch indirekte Hinweise: Die beiden Ökomäher, die bei den in der Vegetation aufgehängten Attrappen signifikant besser abschnitten als der Schlegelmulcher (Dücker SGG 1200 und Urs Schmid AG Oszimower), verfügten beide über eine Insektenscheuche basierend auf Kettenschürzen. Der Merbag-Prototyp, der als einziger Mähkopf über keine Insektenscheuche verfügte, konnte die Verluste der vegetationsschichtbewohnenden Attrappen nicht signifikant reduzieren, obwohl er bei den am Boden liegenden Attrappen zu den besten Mähköpfen gehörte. Beim Mulag ECO 1200 plus könnte die Effektivität der Insektenscheuche (Kunststoffplane) durch die Saugwirkung der Absaugvorrichtung beeinträchtigt worden sein. Diese Beobachtungen deuten darauf hin, dass eine Insektenscheuche für den Schutz der vegetationsschichtbewohnenden Fauna eine wichtige Rolle spielen kann. Sie

sind aber nicht als Nachweis dafür zu werten, da andere Merkmale der Mähköpfe als Verursacher der festgestellten Unterschiede nicht ausgeschlossen werden können.

Die Ergebnisse der Feldversuche bestätigen den aus anderen Forschungsprojekten bekannten grossen Unterschied zwischen horizontal und vertikal rotierenden resp. oszillierenden Mähwerken in Bezug auf die Arthropodenmortalität. Schlegelmulchmähwerke verursachen sehr hohe Verluste, während schneidende Mähwerke (Balkenmäher) und horizontal rotierende Mähwerke (Scheibenmäher) deutlich besser abschneiden (Löbber et al., 1994; Steidle et al., 2022; Von Berg et al., 2025a). Dies spiegelt sich in den Feldversuchen 2025 darin wider, dass der einzige Ökomäher mit Mulchmähwerk (Dücker VMS 1200 Öko) trotz weiterer biodiversitätsschonender Massnahmen wie Insektenscheuche, Tastwalze mit Verjüngungen und Y-Messern die Attrappenverluste nicht signifikant reduzieren konnte. Die vier Ökomäher mit Balken- oder Scheibenmähwerk erzielten hingegen bei den am Boden ausgestreuten Attrappen alle signifikant bessere Ergebnisse als der Dücker VMS 1200 Öko. Der Einsatz eines Schlegelmulchmähwerks scheint also unvereinbar mit der Schonung der Wiesenfauna zu sein und lässt sich durch den Einsatz anderer kleintierschonender Massnahmen nicht ausreichend kompensieren.

In der Literatur ist hingegen umstritten, ob Balkenmähwerke signifikant schonender sind als horizontal rotierende Mähwerke wie Scheibenmäher (vgl. Kap. 2.4). In den Feldversuchen 2025 schnitten die drei Ökomäher mit Balkenmähwerk (Dücker SGG 1200, Urs Schmid AG Oszimower und Merbag AG Prototyp) insgesamt tendenziell besser ab als der einzige Mähkopf mit Scheibenmähwerk (Mulag ECO 1200 plus). Auf den ersten Blick könnte dies als Hinweis auf eine Überlegenheit des Balkenmähwerks gedeutet werden. Diese Schlussfolgerung wäre jedoch aus zwei Gründen voreilig: Erstens sind die Unterschiede zwischen dem Mulag ECO 1200 plus und den besser abschneidenden Ökomähern mit Balkenmähwerk statistisch nicht durchgehend signifikant. Zweitens unterscheiden sich die Mähköpfe nicht nur im Mähwerk, sondern auch in anderen Merkmalen, die das Ergebnis beeinflusst haben könnten – insbesondere in der Art der Insektenscheuche und in der Luftführung der Absaugvorrichtung. Die Frage, ob Balkenmähwerke im Kontext von Ökomähern tatsächlich faunaschonender sind als Scheibenmähwerke, lässt sich anhand der vorliegenden Daten daher nicht abschliessend beantworten. Dafür wäre ein gezielter Vergleich nötig, bei dem ausschliesslich der Mähwerktyp variiert und alle anderen Parameter konstant gehalten werden.

3.2.7.2 Testmethode

Die Wachsattrappen-Methode hat sich als praktikables und statistisch belastbares Instrument für den Vergleich von Mähgeräten erwiesen, weist aber Grenzen auf. Attrappen bilden kein Fluchtverhalten ab. Die tatsächliche Mortalität bei vegetationsschichtbewohnenden Tieren könnte deshalb geringer sein als die gemessenen Attrappenverluste, sofern die Tiere durch Insektenscheuche oder eigenes Fluchtverhalten dem Mähwerk ausweichen können. Umgekehrt werden durch die Attrappen keine Sekundäreffekte wie Lebensraumverlust und Unterbrechung des Lebenszyklus erfasst, die laut der Literatur ebenfalls einen erheblichen negativen Einfluss auf die Arthropodenpopulationen haben (vgl. Kap. 2.1).

Die Versuche fanden zudem auf unterschiedlichen Standorten statt, da nicht alle Mähgeräte in derselben Region verfügbar waren. Obwohl die standardisierte Attrappen-Methode Standorteffekte minimiert, kann ein gewisser Einfluss unterschiedlicher Vegetationsstrukturen auf die Ergebnisse nicht ausgeschlossen werden.

Schliesslich ist zu beachten, dass die Attrappen-Methode keine Aussagen zum Verlust von Pflanzensamen bei der Mahd erlaubt. Die Versuche 2023 konnten diese Frage nicht abschliessend klären. Da alle getesteten Ökomäher mit Ausnahme des Dücker VMS 1200 Öko das Schnittgut absaugen und damit auch Pflanzensamen von der Fläche entfernen, bleibt unklar, ob dies langfristig negative Auswirkungen auf die pflanzliche Artenvielfalt hat. Diese Frage ist insbesondere im Kontext der in der Literatur hervorgehobenen Bedeutung der pflanzlichen Artenvielfalt als Grundlage für eine hohe tierische Artenvielfalt relevant (vgl. Kap. 2.2).

3.2.7.3 Mähgeräte

Der Ökomäher **Dücker VMS Öko 1200** konnte die Attrappenverluste gegenüber dem konventionellen Schlegelmulcher Mulag MK 1200 plus nicht auf statistisch signifikante Weise reduzieren. Da es sich um den einzigen getesteten Ökomäher mit Mulchmähwerk handelt, liegt die Vermutung nahe, dass diese Art von Mähwerk nicht mit einer signifikanten Reduktion der Arthropodenmortalität vereinbar ist. Die Hinweise auf eine reduzierte Saugwirkung von Mulchmähwerken mit Y-Messern aus der Forschung (siehe Kap. 2.4) bestätigten sich also nicht. Auch die weiteren eingesetzten Massnahmen zur Reduktion der Mortalität von Kleintieren, namentlich die Tastwalze mit Verjüngungen zur Verkleinerung der Bodenkontaktfächen und die Insektenscheuche, waren nicht effektiv genug, um die hohen Ausfälle der Attrappen durch das Schlegelmulchmähwerk signifikant zu reduzieren.

Zusätzlich ist aus ökologischer Sicht negativ zu bewerten, dass der Mähkopf das Schnittgut nicht von der Fläche entfernt, was in der Regel mit einer

Verarmung der pflanzlichen Biodiversität auf Wiesen einhergeht und dadurch langfristig negative Auswirkungen auf die Artenvielfalt der dort lebenden Tiere hat.

Der Ökomäher **Dücker SGG 1200** hat bei allen Attrappentypen die besten Ergebnisse aller getesteten Mähgeräte erzielt und setzte sich dabei oft auch statistisch signifikant von ihnen ab. Im Rahmen dieses Tests ist er deshalb als der effektivste Ökomäher anzusehen. Die Kombination der eingesetzten faunaschonenden Massnahmen (Balkenmähwerk, mechanische Schnittgutaufnahme, Kettenschürze als Insektenscheuche und Tastwalze mit Verjüngungen) scheint die Mortalität von Arthropoden signifikant reduzieren zu können.

Der Ökomäher **Mulag ECO 1200 plus** erzielte bei den am Boden ausgestreuten Attrappen eine signifikante Reduktion der Verluste, aber nicht bei den in der Vegetation aufgehängten Attrappen. Von den Mähköpfen, die auch bei den in der Vegetation aufgehängten Attrappen eine signifikante Reduktion der Verluste erzielten, unterscheidet er sich primär durch das Mähwerk (abgewandeltes Scheibenmähwerk statt Balkenmähwerk), die Art der Insektenscheuche (Plastikplane statt Kettenschürze) und den Transport des Schnittguts zur Absaugvorrichtung durch Luftströmung (anstatt des mechanischen Transports). Die Literatur legt nahe, dass sich die Arthropodenmortalität zwischen Scheibenmähwerk und Balkenmähwerk eher nicht signifikant unterscheidet. Auffällig ist, dass die Plastikplane bei eingeschalteter Saugvorrichtung nach innen gezogen wird (vgl. Abb. 48). Dies könnte die Effektivität der Insektenscheuche reduziert haben. Denkbar ist auch, dass der Luftstrom zum Ansaugen von Attrappen geführt hat. Möglicherweise könnten deshalb die Verluste der in der Vegetation aufgehängten Attrappen durch eine Anpassung der Insektenscheuche, der Art der Beförderung des Schnittguts und/oder der Luftströme im Mähkopf reduziert werden.



Abb. 48: Mulag Eco 1200 plus mit eingeschalteter Absaugvorrichtung. Die Kunststoffplane der Insektenscheuche wird deutlich nach innen gesaugt

Der **Urs Schmid AG Oszimower** schneidet sowohl bei den in der Vegetation aufgehängten wie auch bei den am Boden ausgestreuten Attrappen signifikant besser ab als der konventionelle Schlegelmulcher, kommt aber nicht ganz an die Resultate des Dücker SGG 1200 heran. Die Unterschiede zwischen den beiden Mähgeräten sind bei keinem Attrappentyp statistisch signifikant, der Dücker SGG 1200 kann sich aber statistisch besser von den Ergebnissen der anderen Ökomäher abgrenzen als der Urs Schmid AG Oszimower. Da die beiden Mähköpfe technisch recht ähnlich aufgebaut sind, ist unklar, wodurch die Unterschiede hervorgerufen werden.

Der **Prototyp der Merbag AG** erreicht bei den am Boden ausgestreuten Attrappen eine signifikante Reduktion der Verluste und gehört hier neben dem Dücker SGG 1200 zu den am besten abschneidenden Ökomähern. Bei den in der Vegetation aufgehängten Attrappen erzielt er jedoch keine signifikant besseren Ergebnisse als der konventionelle Schlegelmulcher Mulag MK 1200 plus. Von den anderen Ökomähern mit guten Ergebnissen unterscheidet er sich durch das Fehlen einer Insektenscheuche. Die Annahme liegt deshalb nahe, dass der Schutz der in der Vegetation lebenden Tiere durch das Nachrüsten einer Insektenscheuche verbessert werden könnte. Die Serienversion des Mähkopfs wurde deshalb vom Hersteller mit einer Insektenscheuche basierend auf einer Kettenschürze ausgestattet.

4 Empfehlungen

4.1 Für Behörden und Unterhaltsbetriebe

Die Feldversuche zeigen, dass Ökomäher die Verluste von Arthropoden bei der Mahd gegenüber konventionellen Schlegelmulchern signifikant reduzieren können – allerdings nicht alle und nicht in gleichem Mass. Bei der Beschaffung von Ökomähern sollte deshalb auf folgende Merkmale geachtet werden:

Ein schneidendes (Balkenmähwerk) oder horizontal rotierendes Mähwerk (Scheibenmähwerk) ist Voraussetzung für eine signifikante Reduktion der Arthropodenmortalität. Ökomäher mit Mulchmähwerk konnten in den Versuchen keine signifikante Verbesserung erzielen.

Die Aufnahme des Schnittguts ist aus ökologischer Sicht dringend zu empfehlen, da es durch das Aushagern des Bodens die pflanzliche Artenvielfalt fördert und damit die Lebensgrundlage für Arthropoden verbessert. Das Schnittgut direkt bei der Mahd im gleichen Arbeitsgang aufzunehmen, ist sowohl ökologisch als auch arbeitsökonomisch sinnvoll (vgl. Kap. 2.2). Die Resultate unserer Studie lassen vermuten, dass eine mechanische Schnittgutaufnahme gegenüber dem Absaugen des Schnittguts zu geringeren Arthropodenverlusten führt (vgl. Kap. 3.2.7).

Eine Insektenscheuche scheint den Schutz der in der Vegetationsschicht lebenden Tiere zu verbessern. Unsere Ergebnisse sowie die Literatur legen nahe, dass Insektenscheuchen auf Basis von Gebläsen sowie Kettenschürzen und Metallbügeln effektiver sind als solche auf Basis einer Plastikplane (vgl. Kap. 2.7 und 3.2.7).

Ökomäher allein reichen aber nicht aus, um die Biodiversität des Strassenbegleitgrüns nachhaltig zu fördern. Die Literaturrecherche zeigt deutlich, dass ein angepasstes Mähregime und das Stehenlassen von Refugialflächen einen mindestens ebenso grossen, wenn nicht grösseren Effekt auf die Arthropodenpopulationen haben als die Wahl der Mähtechnik (vgl. Kap. 2.3). Die abschnittsweise Mahd verursacht kaum Mehraufwand und sollte deshalb überall angewendet werden, wo kein starker Gehölzdruck oder Neophytenbefall vorliegt. Ökomäher sollten als ein Baustein in einem umfassenden ökologischen Pflegekonzept eingesetzt werden, das auch Mähzeitpunkt, Schnitthäufigkeit, Schnitthöhe und Refugialflächen umfasst.

4.2 Für Hersteller

Die Ergebnisse zeigen, dass die genaue Ausgestaltung der Ökomäher einen signifikanten Einfluss auf deren Effektivität hat. Für die Weiterentwicklung lassen sich folgende Hinweise ableiten.

Der Schutz der vegetationsschichtbewohnenden Fauna ist die grösste verbleibende Herausforderung. Selbst bei den besten Mähköpfen betrugen die Verluste der in der Vegetation aufgehängten Attrappen noch über 50 %. Hier besteht das grösste Verbesserungspotenzial, insbesondere durch die Optimierung von Insektenscheuchen. Unsere Ergebnisse sowie die Literatur legen nahe, dass Insektenscheuchen auf Basis von Gebläsen sowie Kettenschürzen und Metallbügeln effektiver sind als solche auf Basis einer Plastikplane (vgl. Kap. 2.7 und 3.2.7).

Das Entfernen des Schnittguts ist eine wichtige Massnahme zur Förderung der Biodiversität auf den gemähten Flächen. Der Ansatz, das Schnittgut direkt bei der Mahd aufzunehmen, ist ein guter Kompromiss zwischen Arbeitseffizienz und Ökologie (vgl. Kap 2.2). Es muss jedoch darauf geachtet werden, dass der dazu verwendete Mechanismus möglichst wenige Tiere mit dem Schnittgut von der Fläche entfernt – also insbesondere keine Saugwirkung am Boden entsteht – und die anderen eingesetzten Methoden zur Schonung der Biodiversität nicht negativ beeinträchtigt.

Mulchmäherwerke scheinen auch mit ergänzenden Schutzmassnahmen nicht mit einer signifikanten Reduktion der Arthropodenmortalität vereinbar zu sein. Hersteller, die derzeit Mulchmäherwerke in Ökomähern einsetzen, sollten den Umstieg auf schneidende oder horizontal rotierende Mäherwerke in Betracht ziehen.

4.3 Ausblick und weiterer Forschungsbedarf

Die Wachsatrappen-Methode hat sich in diesem Projekt als tauglicher Proxy zur Abschätzung der Wirbellosenverluste bei der Mahd bewährt (vgl. Kap. 3.1). Mit ihr konnten fünf Ökomäher getestet und sowohl untereinander als auch mit einem konventionellen Schlegelmulcher verglichen werden. Da die Methode auf standardisierten Attrappen beruht, sind solche Vergleiche möglich, ohne dass die Mähköpfe zur gleichen Zeit auf derselben Fläche im Einsatz sein müssen. Sie lässt sich deshalb künftig auch auf neu erschienene Ökomäher anwenden, die damit direkt mit den bereits getesteten Geräten verglichen werden können. So kann die hier begonnene Vergleichsbasis schrittweise erweitert werden.

Zugleich hat die Methode Grenzen. Die standardisierten Attrappen minimieren Standorteffekte, schliessen den Einfluss unterschiedlicher Vegetationsstrukturen aber nicht vollständig aus. Zudem bilden die Attrappen kein Fluchtverhalten ab und erfassen keine Sekundäreffekte der Mahd wie Lebensraumverlust oder die Unterbrechung des Lebenszyklus (vgl. Kap. 3.2.7). Für einen Teil der offenen Fragen reicht die Attrappen-Methode daher nicht aus.

Das gilt zunächst für die langfristigen Auswirkungen der Mähtechniken. Um diese auf die Biodiversität des Strassenbegleitgrüns beurteilen zu können, sind mehrjährige Monitoring-Studien erforderlich, bei denen die Entwicklung der pflanzlichen und tierischen Artenvielfalt auf Flächen verglichen wird, die über mehrere Jahre mit verschiedenen Mähtechniken gepflegt werden.

Ebenso lässt sich mit der Attrappen-Methode nicht klären, ob die Schnittgutabsaugung zu einem relevanten Verlust von Pflanzensamen führt. Sollte sich ein signifikanter Samenverlust bestätigen, müssten technische Lösungen entwickelt werden, um diesen zu reduzieren.

Über diese methodisch bedingten Grenzen hinaus erlaubt die Untersuchung nur beschränkt Aussagen zur Wirkung einzelner insektenschonender Komponenten. Da sich die getesteten Mähgeräte in mehreren Merkmalen gleichzeitig unterscheiden und verschiedene Kombinationen sowie Varianten derselben Komponenten einsetzen, lassen sich die Beiträge der einzelnen Komponenten nicht sauber trennen. Um sie klar beurteilen zu können, wären gezielte Untersuchungen sowohl einzelner Komponenten als auch ihrer Kombinationen nötig. Besonders deutlich zeigt sich dies bei den Insektenscheuchen: Eine systematische Untersuchung der Wirksamkeit verschiedener Typen speziell im Kontext von Ökomähern wäre wünschenswert, da die bisherige Evidenz hauptsächlich aus dem landwirtschaftlichen Kontext stammt.

5 Verzeichnisse

5.1 Literatur

ASTRA. (2015a). *ASTRA 18007 Grünräume an Nationalstrassen. Gestaltung und Betrieblicher Unterhalt* [Richtlinie Nr. 18007].

ASTRA. (2015b). *ASTRA 88007 Grünräume an Nationalstrassen - Methodologie zur Festsetzung von Biodiversitätsschwerpunkten.pdf* [Richtlinie Nr. 88007].

BAFU. (2022, Juli 20). Trockenwiesen und -weiden. Zugriff am 24.3.2025.
Verfügbar unter: https://www.bafu.admin.ch/dam/de/sd-web/-G22FxcrNj20/trockenwiesen_und-weidenvonnationalerbedeutung.pdf

BAFU. (2023). *Biodiversität in der Schweiz. Zustand und Entwicklung*. Bern: Bundesamt für Umwelt.

BAFU. (2024). Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz. Phase 2 / 2025-2030. Bern.

BAFU & CSCF (Hrsg.). (2012). Rote Liste der Tagfalter und Widderchen.

Balfour, N. J., Harris, C., Storkey, J. & Ratnieks, F. L. W. (2025). Trade-off between pollinator-wildflower diversity & grassland yields. *Npj Biodiversity*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.1038/s44185-024-00070-6>

Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr. (2025). Homepage Projekt Bienen-Highways. Zugriff am 28.3.2025. Verfügbar unter: <https://www.bienen-highway.bayern.de/pilotprojekt/index.php>

Benton, T. G., Bryant, D. M., Cole, L. & Crick, H. Q. P. (2002). Linking agricultural practice to insect and bird populations: a historical study

- over three decades. *Journal of Applied Ecology*, 39(4), 673–687.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00745.x>
- Berendse, F., Aerts, R. & Bobbink, R. (1993). Atmospheric nitrogen deposition and its impact on terrestrial ecosystems. In C.C. Vos & P. Opdam (Hrsg.), *Landscape Ecology of a Stressed Environment* (S. 104–121). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-011-2318-1_5
- von Berg, L., Frank, J., Sann, M., Betz, O., Steidle, J. & Böttinger, S. (2023). Insect-and spider-friendly mowing technology in grassland - overview and evaluation. *Landtechnik*, 78, 80–96.
- Berger, J. L., Hartlieb, M., Simons, N. K. & Blüthgen, N. (2026). Arthropod conservation in roadside verges: Unmown refuges outperform mowing equipment changes.
- Berger, J. L., Staab, M., Hartlieb, M., Simons, N. K., Wells, K., Gossner, M. M. et al. (2024). The day after mowing: Time and type of mowing influence grassland arthropods. *Ecological Applications*, 34(6), e3022. <https://doi.org/10.1002/eap.3022>
- Betz, O., Kimmich, T., Csader, M., Spinner, F. & Steidle, J. (2022). Einsatz von Mähmaschinen mit schonender Wirkung auf die biologische Vielfalt zur Pflege von Straßenbegleitflächen am Beispiel des Grünpflegekopfs ECO 1200 plus® von MULAG. *Natur und Landschaft*, 97(09), 455–461. <https://doi.org/10.19217/NuL2022-09-06>
- Blodgett, S. L., Higgins, R. A. & Milliken, G. A. (1995). Blister Beetle (Coleoptera: Meloidae) Mortality Evaluated During Alfalfa Harvest.

Journal of Economic Entomology, 88(2), 398–406.

<https://doi.org/10.1093/jee/88.2.398>

Blüthgen, N., Dormann, C. F., Prati, D., Klaus, V. H., Kleinebecker, T., Hölzel, N. et al. (2012). A quantitative index of land-use intensity in grasslands: Integrating mowing, grazing and fertilization. *Basic and Applied Ecology*, 13(3), 207–220.

<https://doi.org/10.1016/j.baae.2012.04.001>

BMDV. (2023). Leistungsheft für den Straßenbetrieb auf Bundesfernstraßen, Ausgabe 2023.

BMU & BfN (Hrsg.). (2020). *Die Lage der Natur in Deutschland. Ergebnisse von EU-Vogelschutz- und FFH-Bericht*. Berlin, Bonn.

Bosshard, A. (2015). *Rückgang der Fromentalwiesen und die Auswirkungen auf die Biodiversität* (Umwelt) (Bände 1-6 (1): 20–27, Band Agrarforschung Schweiz). Oberwil-Lieli.

Bosshard, A., Stäheli, B. & Koller, N. (2010). Ungemähte Streifen in Wiesen verbessern die Lebensbedingungen für Kleintiere. – AGRIDEA Merkblatt. Lindau, Lausanne. Verfügbar unter:

https://agridea.abacuscity.ch/abauserimage/Agridea_2_Free/1472_2_D.pdf

Braun-Blanquet, J. (2013). *Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde*. Springer-Verlag.

Bruppacher, L., Pellet, J., Arlettaz, R. & Humbert, J.-Y. (2016). Simple modifications of mowing regime promote butterflies in extensively managed meadows: Evidence from field-scale experiments. *Biological*

Conservation, 196, 196–202.

<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.02.018>

Buri, P., Arlettaz, R. & Humbert, J.-Y. (2013). Delaying mowing and leaving uncut refuges boosts orthopterans in extensively managed meadows: Evidence drawn from field-scale experimentation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 181, 22–30.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.09.003>

Buri, P., Humbert, J.-Y. & Arlettaz, R. (2014). Promoting Pollinating Insects in Intensive Agricultural Matrices: Field-Scale Experimental Manipulation of Hay-Meadow Mowing Regimes and Its Effects on Bees. *PLOS ONE*, 9(1), e85635. Public Library of Science.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085635>

Buri, P., Humbert, J.-Y., Stańska, M., Hajdamowicz, I., Tran, E., Entling, M. H. et al. (2016). Delayed mowing promotes planthoppers, leafhoppers and spiders in extensively managed meadows. *Insect Conservation and Diversity*, 9(6), 536–545. <https://doi.org/10.1111/icad.12186>

Caboň, M., Galvánek, D., Detheridge, A., Griffith, G. W., Maráková, S. & Adamcik, S. (2021). Mulching has negative impact on fungal and plant diversity in Slovak oligotrophic grasslands. *Basic and Applied Ecology*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.02.007>

Cattin, M.-F., Blandenier, G., Banašek-Richter, C. & Bersier, L.-F. (2003). The impact of mowing as a management strategy for wet meadows on spider (Araneae) communities. *Biological Conservation*, 113(2), 179–188. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00297-5](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00297-5)

- Cizek, O., Zamecnik, J., Tropek, R., Kocarek, P. & Konvicka, M. (2012).
Diversification of mowing regime increases arthropods diversity in
species-poor cultural hay meadows. *Journal of Insect Conservation*,
16(2), 215–226. <https://doi.org/10.1007/s10841-011-9407-6>
- Claßen, A., Hirler, A. & Oppermann, R. (1996). Auswirkungen
unterschiedlicher Mähgeräte auf die Wiesenfauna in Nordost-Polen.
Naturschutz und Landschaftsplanung, 28, 139–144. EUGEN ULMER
GMBH & CO.
- Claßen, A., Kapfer, A. & Trabold, T. (1994). *Mähgeräte auf dem Öko-
Prüfstand*. NABU, Landesverb. Baden-Württemberg.
- Delarze, R., Gonseth, Y., Eggenberg, S. & Vust, M. (2015). *Lebensräume der
Schweiz - Ökologie - Gefährdung - Kennarten* (3. Auflage.). ott-Verlag.
- Dierschke, H. & Briemle, G. (2008). *Kulturgrasland*. Stuttgart: Ullmer.
- Donald, P. F., Sanderson, F. J., Burfield, I. J. & van Bommel, F. P. J. (2006).
Further evidence of continent-wide impacts of agricultural
intensification on European farmland birds, 1990–2000. *Agriculture,
Ecosystems & Environment*, 116(3), 189–196.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.02.007>
- Ebeling, A., Meyer, S. T., Abbas, M., Eisenhauer, N., Hillebrand, H., Lange,
M. et al. (2014). Plant Diversity Impacts Decomposition and Herbivory
via Changes in Aboveground Arthropods. *PLOS ONE*, 9(9), e106529.
Public Library of Science. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106529>

- Elsässer, M. (2003). Entwicklung von Gemeiner Risse (*Poa trivialis* L.) in Abhängigkeit von Nutzungstiefe und Verdichtung des Bodens. *Landinfo*, (05/2003), 9 f.
- Enzinger, S. (2024, März 18). Wie geht es den Insekten in Österreich?
- Fartmann, T. & Mattes, H. (1997). Heuschreckenfauna und Grünland – Bewirtschaftungsmaßnahmen und Biotopmanagement. *Arbeiten aus dem Institut für Landschaftsökologie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster*, 3, 179–188.
- Fischer Maschinenbau GmbH & Co.KG. (n. d.). EcoCut Die Weltneuheit für Flora & Fauna. Zugriff am 3.10.2025. Verfügbar unter: <https://www.fischer-maschinenbau.de/index.php/aktuelles/ecocut-die-weltneuheit-fuer-flora-fauna>
- Francksen, R. M., Turnbull, S., Rhymer, C. M., Hiron, M., Bufe, C., Klaus, V. H. et al. (2022). The Effects of Nitrogen Fertilisation on Plant Species Richness in European Permanent Grasslands: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Agronomy*, 12(12), 2928. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://doi.org/10.3390/agronomy12122928>
- FSGV. (2025). Merkblatt für die Grünpflege an Straßen. Köln: FGSV.
- Gaisler, J., Hejzman, M. & Pavlů, V. (2004). Effect of different mulching and cutting regimes on the vegetation of upland meadow. *Plant, Soil and Environment*, 50(7), 324–331. <https://doi.org/10.17221/4039-PSE>
- Gardiner, T. & Hassall, M. (2009). Does microclimate affect grasshopper populations after cutting of hay in improved grassland? *Journal of*

Insect Conservation, 13(1), 97–102. <https://doi.org/10.1007/s10841-007-9129-y>

- Gardiner, T., Pye, M., Field, R. & Hill, J. (2002). The influence of sward height and vegetation composition in determining the habitat preferences of three Chorthippus species (Orthoptera: Acrididae) in Chelmsford, Essex, UK. *Journal of Orthoptera Research*, 11(2), 207–213. [https://doi.org/10.1665/1082-6467\(2002\)011\[0207:TIOSHA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1665/1082-6467(2002)011[0207:TIOSHA]2.0.CO;2)
- Gerhard Dücker GmbH & Co. KG. (2024). Dücker, ökologisches Mähen.
- Gossner, M. M., Lewinsohn, T. M., Kahl, T., Grassein, F., Boch, S., Prati, D. et al. (2016). Land-use intensification causes multitrophic homogenization of grassland communities. *Nature*, 540(7632), 266–269. Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/nature20575>
- Haas-Renninger, M., Weber, J., Felske, I., Kimmich, T., Csader, M., Betz, O. et al. (2023). Microhymenoptera in roadside verges and the potential of arthropod-friendly mowing for their preservation. *Journal of Applied Entomology*, 147(10), 1035–1044. <https://doi.org/10.1111/jen.13199>
- Haas-Renninger, M., Weber, J., Felske, I., Kimmich, T., Csader, M., Betz, O. et al. (2023). Microhymenoptera in roadside verges and the potential of arthropod-friendly mowing for their preservation. *Journal of Applied Entomology*, 147(10), 1035–1044. <https://doi.org/10.1111/jen.13199>
- Halbritter, D. A., Daniels, J. C., Whitaker, D. C. & Huang, L. (2015). Reducing Mowing Frequency Increases Floral Resource and Butterfly (Lepidoptera: Hesperioidea and Papilionoidea) Abundance in Managed

Roadside Margins. *Florida Entomologist*, 98(4), 1081–1092.

<https://doi.org/10.1653/024.098.0412>

Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H. et al. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. (E.G. Lamb, Hrsg.) *PLOS ONE*, 12(10), e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>

Handke, K., Otte, A. & Donath, T. W. (2011). Alternierend spät gemähte Altgrasstreifen fördern die Wirbellosenfauna in Auenwiesen. *Naturschutz und Landschaftsplanung*.

Hemann, K., Hopp, I. & Paulus, H. (1987). Zum Einfluß der Mahd durch Messerbalken, Mulcher und Saugmäher auf Insekten am Straßenrand. *Natur und Landschaft*, 62(3), 103–106.

Hiller, D. & Betz, O. (2014). Auswirkungen verschiedener -Mahdkonzepte auf die Heuschreckenfauna städtischer Grünflächen. *Naturschutz und Landschaftsplanung*.

Holldorb, C. & Sorn, J. (2026). *Fortentwicklung der Grünpflege im Straßenbetriebsdienst unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten*. Federal Highway and Transport Research Institute. <https://doi.org/10.60850/BERICHT-V427>

Humbert, J.-Y., Buri, P., Unternaehrer, D. & Arlettaz, R. (2018). Alternative Mähregimes zur Förderung der Artenvielfalt von Wiesen [Alternative mowing regimes to favour meadow biodiversity]. *Agrarforschung Schweiz*, 9(9), 314–321. Posieux: Agrarforschung.

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., Richner, N. & Walter, T. (2012a). Uncut grass refuges mitigate the impact of mechanical meadow harvesting on orthopterans. *Biological Conservation*, 152, 96–101.

<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.03.015>

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), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.11.014>

Humbert, J.-Y., Pellet, J., Buri, P. & Arlettaz, R. (2012b). Does delaying the first mowing date benefit biodiversity in meadowland? *Environmental Evidence*, 1(1), 9. <https://doi.org/10.1186/2047-2382-1-9>

Humbert, J.-Y., Richner, N., Sauter, J., Walter, T. & Ghazoul, J. (2010c). Wiesen-Ernteprozesse und ihre Wirkung auf die Fauna. *ART-Berichte*, 724, 12.

Humbert, J.-Y. & Walter, T. (2010). Einfluss unterschiedlicher Ernte-Mähtechniken auf wirbellose Tiere im Grünland. 16. *Alpenländisches*

- Expertenforum* (S. 33–36). Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein.
- IPBES. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Service*. Bonn, Germany: IPBES secretariat.
- Isselstein, J., Tallowin, J. R. B. & Smith, R. E. N. (2002). Factors Affecting Seed Germination and Seedling Establishment of Fen-Meadow Species. *Restoration Ecology*, 10(2), 173–184.
<https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.2002.00045.x>
- Jakobsson, S., Bernes, C., Bullock, J. M., Verheyen, K. & Lindborg, R. (2018). How does roadside vegetation management affect the diversity of vascular plants and invertebrates? A systematic review. *Environmental Evidence*, 7(1), 17. <https://doi.org/10.1186/s13750-018-0129-z>
- Jantunen, J., Saarinen, K., Valtonen, A. & Saarnio, S. (2007). Flowering and seed production success along roads with different mowing regimes. *Applied Vegetation Science*, 10(2), 285–292.
<https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2007.tb00528.x>
- Kahmen, S., Poschlod, P. & Schreiber, K.-F. (2002). Conservation management of calcareous grasslands. Changes in plant species composition and response of functional traits during 25 years. *Biological Conservation*, 104(3), 319–328. Elsevier.
- van Klink, R., Bowler, D. E., Gongalsky, K. B., Swengel, A. B., Gentile, A. & Chase, J. M. (2020). Meta-analysis reveals declines in terrestrial but

- increases in freshwater insect abundances. *Science*, 368(6489), 417–420. American Association for the Advancement of Science.
<https://doi.org/10.1126/science.aax9931>
- Kraut, D. (1995). Schädigung der Kleintierfauna durch Mähwerke. *Landtechnik*, 50(3), 138–139.
- Latsch, R., Vogelgsang, S., Sauter, J. & Delestra, E. (2010). Hammer- und Y-Schlägel im Vergleich.
- Leuschner, C., Wesche, K., Meyer, S., Krause, B., Steffen, K., Becker, T. et al. (2013). Veränderungen und Verarmung in der Offenlandvegetation Norddeutschlands seit den 1950er Jahren: Wiederholungsaufnahmen in Äckern, Grünland und Fließgewässern. *Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft*, 25.
- Liczner, Y. (1999). Auswirkungen unterschiedlicher Mäh- und Heubearbeitungsmethoden auf die Amphibienfauna in der Narewniederung (Nordostpolen). *RANA*, 3, 67–79.
- Löbbert, M., Kromer, K.-H. & Wieland, C. C. (1994). Einfluss von Mäh- und Mulchgeräten auf die bodennahe Fauna (Forschungsberichte). 8. *Wiissenschaftliche Fachtagung* (Band 15, S. 7–26). Gehalten auf der Integrative Extensivierungs- und Naturschutzstrategien, Lehr- und Forschungsschwerpunkt: Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität.
- Marini, L., Fontana, P., Scotton, M. & Klimek, S. (2008). Vascular plant and Orthoptera diversity in relation to grassland management and landscape composition in the European Alps. *Journal of Applied*

Ecology, 45(1), 361–370. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01402.x>

- Mederake, R. & Schmidt, W. (1992). *Pflege-Versuche zur Sukzessionslenkung auf Strassenbegleitflächen: Untersuchungszeitraum 1984-1989* (Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik Heft 618). Bonn-Bad Godesberg: Bundesminister für Verkehr, Abteilung Strassenbau.
- Morse, D. H. (1971). The Insectivorous Bird as an Adaptive Strategy. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2(1), 177–200. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.02.110171.001141>
- Mulag. (2026). Grünpflegekopf ECO 1200 plus, Broschüre.
- MULAG. (2026). Schlegelmähkopf MK 1200 plus. MULAG Fahrzeugwerk Heinz Wössner GmbH.
- Mulag Fahrzeugwerk Heinz Wössner GmbH u. Co. KG. (2025). Grünpflegekopf ECO 1200 plus, Broschüre.
- Müller, M. & Bosshard, A. (2010). Altgrasstreifen fördern Heuschrecken in Ökowiesen. *Naturschutz und Landschaftsplanung*.
- Munguira, M. L. & Thomas, J. A. (1992). Use of Road Verges by Butterfly and Burnet Populations, and the Effect of Roads on Adult Dispersal and Mortality. *Journal of Applied Ecology*, 29(2), 316–329. [British Ecological Society, Wiley]. <https://doi.org/10.2307/2404501>
- Müthing GmbH & Co. KG Soest. (2023, Oktober 19). MU-ÖKOTOP: Nachhaltiger Schutz von Insekten und Kleinstlebewesen. Zugriff am 3.10.2025. Verfügbar unter: <https://www.muething.com/mulcher-b-2/>

- Nilsson, S. G., Franzén, M. & Jönsson, E. (2008). Long-term land-use changes and extinction of specialised butterflies. *Insect Conservation and Diversity*, 1(4), 197–207. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2008.00027.x>
- Noordijk, J., Delille, K., Schaffers, A. P. & Sýkora, K. V. (2009a). Optimizing grassland management for flower-visiting insects in roadside verges. *Biological Conservation*, 142(10), 2097–2103. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.04.009>
- Noordijk, J., Raemakers, I., Schaffers, A. & Sýkora, K. (2009b). Arthropod richness in roadside verges in the Netherlands. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 2(1), 63–76. <https://doi.org/10.1163/187498309X440085>
- Noordijk, J., Schaffers, A. P., Heijerman, T., Boer, P., Gleichman, M. & Sýkora, K. V. (2010). Effects of vegetation management by mowing on ground-dwelling arthropods (Carbon, nutrient and metal retention in wetlands in a restoration context). *Ecological Engineering*, 36(5), 740–750. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.01.003>
- Nowak, B. & Schulz, B. (2002). *Wiesen: Nutzung, Vegetation, Biologie und Naturschutz am Beispiel der Wiesen des Südschwarzwaldes und Hochrheingebietes* (Band 93). Verlag Regionalkultur.
- ÖFG. (2019, April 1). RVS 12.05.11: Qualitätssicherung Betrieb Grünflächen Grünflächenpflege.
- Ollerton, J., Winfree, R. & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3), 321–326. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>

- Oppermann, R. & Krismann, A. (2001). Naturverträgliche Mähtechnik und Populationssicherung : Ergebnisse eines Workshops und Kurzfassung der Ergebnisse der E&E-Voruntersuchung „Naturverträgliche Mähtechnik für das Feuchtgrünland“. Deutschland / Bundesamt für Naturschutz.
- Oppermann, R. & Krismann, A. (2003). Schonende Bewirtschaftungstechnik für artenreiches Grünland. *Artenreiches Grünland bewerten und fördern.*–Ulmer, Stuttgart, 110–116.
- Persson, T. S. (1995). MANAGEMENT OF ROADSIDE VERGES: VEGETATION CHANGES AND SPECIES DIVERSITY. *Publication of: SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET, INSTITUTIONEN FOER EKOLOGI OCH MILJOEVAARD*, (82).
- Phillips, B. B., Wallace, C., Roberts, B. R., Whitehouse, A. T., Gaston, K. J., Bullock, J. M. et al. (2020). Enhancing road verges to aid pollinator conservation: A review. *Biological Conservation*, 250, 108687.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108687>
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O. & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345–353.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Richner, N., Nienhuis, C., Schnyder, J. & Thiel-Egenter, C. (2019). *Einfluss verschiedener Unterhaltsmethoden an Böschungen auf Fauna und Flora* [Nr. 1661]. Federal Department of the Environment, Transport, Energy and Communications (DETEC). Zugriff am 19.12.2022.

Verfügbar unter:

https://www.mobilityplatform.ch/fileadmin/mobilityplatform/normenpool/21747_1661_Inhalt.pdf

- Saarinen, K., Valtonen, A., Jantunen, J. & Saarnio, S. (2005). Butterflies and diurnal moths along road verges: Does road type affect diversity and abundance? *Biological Conservation*, 123(3), 403–412. Oxford: Elsevier Sci Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.12.012>
- Schaffers, A. P., Raemakers, I. P., Sýkora, K. V. & Ter Braak, C. J. F. (2008). Arthropod assemblages are best predicted by plant species composition. *Ecology*, 89(3), 782–794. <https://doi.org/10.1890/07-0361.1>
- Schmidt, M. H., Lefebvre, G., Poulin, B. & Tschardtke, T. (2005). Reed cutting affects arthropod communities, potentially reducing food for passerine birds. *Biological Conservation*, 121(2), 157–166. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.03.032>
- Schmidt, W. (1990). Struktur und Funktion von Strassenrändern in der Agrarlandschaft. In Sabine Riewenherm & Helmut Lieth (Hrsg.), *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* (S. 566–591). Osnabrück.
- Schoof, N., Luick, R., Zehm, A., Morhard, J., Nickel, H., Renk, J. et al. (2024). *Naturverträgliche Mahd von Grünland und Pflege von Straßenbegleitgrün – Technik, Verfahren, Auswirkungen und Empfehlungen für die Praxis* (Naturschutz Praxis Landschaftspflege).

- (LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, Hrsg.).
Karlsruhe: LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg.
- Schwarz, C., Fumy, F., Drung, M. & Fartmann, T. (2023a). Insect-friendly harvest in hay meadows – Uncut refuges are of vital importance for conservation management. *Global Ecology and Conservation*, 48, e02731. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02731>
- Schwarz, C., Fumy, F., Drung, M. & Fartmann, T. (2023b). Insect-friendly harvest in hay meadows – Uncut refuges are of vital importance for conservation management. *Global Ecology and Conservation*, 48, e02731. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02731>
- scnat. (2021, September 7). Immer stiller und eintöniger: Erster umfassender Bericht zum Zustand der Insekten in der Schweiz. Zugriff am 21.3.2025. Verfügbar unter: <https://scnat.ch/de/id/7cbNE>
- Sedlmeier, J. E., Tolasch, T., Dalitz, H. & Steidle, J. (2020, Dezember 28). Blühstreifen für Laufkäfer? Vorkommen von Laufkäferarten in gemähter und ungemähter Wiese und Blühstreifen.
- Seibold, S., Gossner, M. M., Simons, N. K., Blüthgen, N., Müller, J., Ambarlı, D. et al. (2019). Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature*, 574(7780), 671–674. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1684-3>
- Shannon, C. E. & Weaver, W. (1949). A mathematical model of communication. *Urbana, IL: University of Illinois Press*, 11, 11–20.
- Smith, R., Pullan, S. & Shiel, R. (1996). Seed shed in the making of hay from mesotrophic grassland in a field in northern England: Effects of hay cut

- date, grazing and fertilizer in a split-split-plot experiment. *Journal of Applied Ecology*, 833–841. JSTOR.
- 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>
- Tscharntke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I. & Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8(8), 857–874. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x>
- UBA. (2015). *Daten zur Umwelt 2015* (Umwelttrends in Deutschland). Dessau-Roßlau.
- Uhlířová, E., Šimek, M. & Šantrůčková, H. (2005). Microbial transformation of organic matter in soils of montane grasslands under different management. *Applied Soil Ecology*, 28(3), 225–235. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2004.08.002>
- Urs Schmid AG. (2024). Oszimower - Broschüre.
- Valtonen, A., Saarinen, K. & Jantunen, J. (2006). Effect of different mowing regimes on butterflies and diurnal moths on road verges. *Animal Biodiversity and Conservation*, 29(2), 133–148. <https://doi.org/10.32800/abc.2006.29.0133>
- Vickery, J. A., Tallowin, J. R., Feber, R. E., Asteraki, E. J., Atkinson, P. W., Fuller, R. J. et al. (2001). The management of lowland neutral grasslands in Britain: effects of agricultural practices on birds and their

food resources. *Journal of Applied Ecology*, 38(3), 647–664.

<https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2001.00626.x>

Von Berg, L., Frank, J., Betz, O., Steidle, J. L. M., Böttinger, S. & Sann, M.

(2025a). Disc mower versus bar mower: Evaluation of the direct effects of two common mowing techniques on the grassland arthropod fauna.

Journal of Applied Ecology, 62(2), 360–370.

<https://doi.org/10.1111/1365-2664.14852>

Von Berg, L., Frank, J., Erhardt, S., Betz, O., Steidle, J. L. M., Böttinger, S. et

al. (2025b). Minimising insect mortality during grassland mowing: The potential of insect chasing devices. *Insect Conservation and Diversity*,

icad.12854. <https://doi.org/10.1111/icad.12854>

Wasner, U. (1983). Artenvielfalt und Naturschutz. *Mitteilungen der*

Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen, 8(2), 7–12.

Wasner, U. (1987). Wirkung der Saugmahd auf den Insektenbestand am

Straßenrand. *Mitteilungen Der Landesanstalt Für Ökologie, Landschaftsentwicklung Und Forstplanung*, 12, 34–39.

Widmer, Y., Mühlethaler, R., Baur, B., Gonseth, Y., Guntern, J., Klaus, G. et

al. (2021). *Insektenvielfalt in der Schweiz: Bedeutung, Trends, Handlungsoptionen*. Akademien der Wissenschaften Schweiz.

<https://doi.org/10.5281/ZENODO.5520541>

Wilke, N. (1992). *Beeinflussung von Heuschrecken durch Mahd und*

verschiedene Mahdsysteme in wechselfeuchten Wiesen norddeutscher

Flussauen [PhD Thesis]. Diplomarbeit, Technische Universität
Braunschweig.

- Wilson, J. D., Morris, A. J., Arroyo, B. E., Clark, S. C. & Bradbury, R. B.
(1999). A review of the abundance and diversity of invertebrate and
plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to
agricultural change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 75(1),
13–30. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00064-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00064-X)
- Winfree, R., Aguilar, R., Vázquez, D. P., LeBuhn, G. & Aizen, M. A. (2009). A
meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance.
Ecology, 90(8), 2068–2076. <https://doi.org/10.1890/08-1245.1>

5.2 Abbildungen

Abb. 1: Dücker SGG 1200. Sichtbare biodiversitätsschonende Massnahmen: Balkenmähwerk, mechanische Schnittgutbeförderung, Absaugvorrichtung	19
Abb. 2: Urs Schmid AG Oszimower. Sichtbare biodiversitätsschonende Massnahmen: Insektenscheuche (Kettenschürze), Balkenmähwerk, Absaugvorrichtung	19
Abb. 3: Mulag ECO 1200 plus. Sichtbare biodiversitätsschonende Massnahmen: Insektenscheuche (Plastikplane, im eingefahrenen Zustand), Scheibenmähwerk, geschlossener Gehäuseboden	19
Abb. 4: Dücker Öko 1200 plus. Sichtbare biodiversitätsschonende Massnahmen: Mulchmähwerk mit Y-Messern, Tastwalze mit Verjüngungen	19
Abb. 5: Schematische Gliederung gängiger Mähtechniken anhand ihrer Funktionsweise	27
Abb. 6: Unimog bei der Mahd einer Strassenböschung mit dem Ökomähkopf Mulag Eco 1200 plus. Bild: Kaspar Kluth	33
Abb. 7: Insektenattrappen in den Varianten gross und klein sowie mit und ohne Docht	39
Abb. 8: In der Vegetation aufgehängte Insektenattrappen	39
Abb. 9: Schlegelmulcher Mulag MK 1200 Plus auf Unimog	48
Abb. 10: Rapid Balkenmäher bei der Mahd	48
Abb. 11: Ökomäher Mulag Eco 1200 plus bei der Mahd	49
Abb. 12: Standorte Versuchsflächen 2023: Itingen (IT), Giebenbach (GI), Zeiningen (ZE), Eiken (EI), Schinznach-Dorf 1 (SCN) und 2 (SCS)	50
Abb. 13: Beispiel einer Versuchsfläche: Itingen (IT)	50
Abb. 14: Mahdzeitpunkte der verschiedenen Versuchsflächen	51
Abb. 15: Biozönometer auf einem Versuchsplot	52
Abb. 16: Absaugen der Arthropoden aus einem Biozönometer	53
Abb. 17: Saugstutzen des Laubsaugers mit Drahtgitter und Fangnetz	53
Abb. 18: Glas mit einer Wirbellosenprobe in 70 %-Ethanol	53
Abb. 19: Probe vor- (links) und nach dem Reinigen (rechts)	54
Abb. 20: Reinigen und Sortieren einer Probe mit dem Siebturm	54
Abb. 21: Zählung von Heuschrecken mittels Wurfnetz	56
Abb. 22: In der Vegetation aufgehängte Attrappen	57
Abb. 23: Sampling der Pflanzensamen mit einem Laubsauger	58
Abb. 24: Wiedergefundene, intakte Attrappen mit Docht (in der Vegetation aufgehängt)	68
Abb. 25: Wiedergefundene Attrappen ohne Docht (am Boden ausgestreut) ..	68
Abb. 26: Power-Analyse für Kruskal-Wallis Test bei Effekt $f = 0,4$	70
Abb. 27: Differenz der Anzahl Gräser Samen vor und nach der Mahd	71
Abb. 28: Differenz der Anzahl Kräutersamen vor und nach der Mahd	71

Abb. 29: Anzahl eingefärbte Pflanzensamen nach der Mahd (Agrimonia eupatoria)	74
Abb. 30: Anzahl eingefärbte Pflanzensamen nach der Mahd (Lathyrus pratensis)	75
Abb. 31: Anzahl eingefärbte Pflanzensamen nach der Mahd (Lolium perenne)	75
Abb. 32: Mulag MK 1200 plus	81
Abb. 33: Mulag ECO 1200 plus, Frontansicht mit eingeklappter Insektenscheuche	81
Abb. 34: Mulag ECO 1200 plus bei der Mahd, Ansicht von hinten	81
Abb. 35: Mulag Eco 1200, Seitenansicht (gleiche Insektenscheuche wie ECO 1200 plus)	81
Abb. 36: Dücker VMS 1200 Öko (Ansicht von unten)	82
Abb. 37: Dücker VSM 1200 Öko mit eingeklappter alternativer Insektenscheuche mit Metallstriegeln	82
Abb. 38: Dücker SGG 1200 (Frontansicht mit Insektenscheuche)	82
Abb. 39: Dücker SGG 1200 (Frontansicht ohne Insektenscheuche)	82
Abb. 40: Urs Schmid AG Oszimower, Ansicht von vorne	82
Abb. 41: Urs Schmid AG Oszimower, Ansicht von hinten	82
Abb. 42: Merbag AG Prototyp, Frontansicht	83
Abb. 43: Merbag AG Prototyp, Ansicht von hinten	83
Abb. 44: Standorte Versuchsflächen: Giebenach (GI), Moosleerau (MO), Bräunlingen (BR), Frauenfeld (FR), Itingen (IT), Zeiningen (ZE), Eiken (EI), Schinznach (SC)	83
Abb. 45: Anzahl intakte Wachsattrappen nach Mähgerät	86
Abb. 46: Anzahl intakte Wachsattrappen mit Docht nach Mähgerät	87
Abb. 47: Anzahl intakte Wachsattrappen ohne Docht nach Mähgerät	89
Abb. 48: Mulag Eco 1200 plus mit eingeschalteter Absaugvorrichtung. Die Kunststoffplane der Insektenscheuche wird deutlich nach innen gesaugt	95
Abb. 49: Versuchsfläche Itingen (IT)	122
Abb. 50: Versuchsfläche Giebenach (GI)	122
Abb. 51: Versuchsfläche Zeiningen (ZE)	123
Abb. 52: Versuchsfläche Eiken (EI)	123
Abb. 53: Versuchsflächen Schinznach-Dorf Nord (SCN, oben) und Schinznach-Dorf Süd (SCS, unten)	124

5.3 Tabellen

Tab. 1: Verschiedene am Markt verfügbare Ökomähtechniken und die technischen Komponenten zur Förderung der Biodiversität, die sie einsetzen (Fischer Maschinenbau GmbH & Co.KG, n. d.; Gerhard Dücker GmbH & Co. KG, 2024; Mulag Fahrzeugwerk Heinz Wössner GmbH u. Co. KG, 2025; Müthing GmbH & Co. KG Soest, 2023; Urs Schmid AG, 2024)	18
Tab. 2: Übersicht über Studien zur Mortalität von Arthropoden bei der Mahd mit Schlegelmulchern	20
Tab. 3: Übersicht über Studien, die Balkenmäher mit Rotationsmäherwerken vergleichen	30
Tab. 4: Übersicht der verschiedenen Untersuchungsmethoden	42
Tab. 5: Mahdhöhe und Fahrgeschwindigkeit der Mäher	47
Tab. 6: Die verschiedenen Typen von Wachsattrappen	56
Tab. 7: Bei den Versuchen verwendet Pflanzensamen	59
Tab. 8: Numerische Aufschlüsselung der Arthropodenproben	61
Tab. 9: Anzahl der gefundenen Tiere bei den verschiedenen Behandlungen vor und nach der Mahd	62
Tab. 10: Anzahl Probenpaare pro Gruppe	63
Tab. 11: Statistischer Vergleich der Wirbellosenverluste zwischen den Mähern und der Kontrolle, nach taxonomischen Gruppen	64
Tab. 12: Statistischer Vergleich der Wirbellosenverluste zwischen den Mähern, nach taxonom. Gruppen	65
Tab. 13: Einteilung der taxonomischen Gruppen nach Lebensbereich	66
Tab. 14: Statistischer Vergleich der Wirbellosenverluste zwischen den Mähern und der Kontrolle, nach Lebensbereich	66
Tab. 15: Statistischer Vergleich der Wirbellosenverluste zwischen den Mähern, nach Lebensbereich	67
Tab. 16: Statistischer Vergleich der Attrappenverluste zwischen den Mähern und der Kontrolle, nach Ausbringungsort	69
Tab. 17: Statistischer Vergleich der Attrappenverluste zwischen den Mähern, nach Ausbringungsort	69
Tab. 18: Anzahl gefundener Pflanzensamen bei den verschiedenen Behandlungen	71
Tab. 19: Statistischer Vergleich des Pflanzensamenverlusts zwischen den Mähern und der Kontrolle	72
Tab. 20: Statistischer Vergleich des Pflanzensamenverlusts zwischen den Mähern	72
Tab. 21: Anzahl gefundener eingefärbter Pflanzensamen bei den verschiedenen Behandlungen (LAP= Lathyrus pratensis, LOP= Lolium perenne, AE= Agrimonia eupatoria)	73

Tab. 22: Statistischer Vergleich des Verlusts von eingefärbten Pflanzensamen zwischen den Mähern und der Kontrolle	73
Tab. 23: Statistischer Vergleich des Verlusts von eingefärbten Pflanzensamen zwischen den Mähern	74
Tab. 24: Überblick über die getesteten Ökomäher (Gerhard Dücker GmbH & Co. KG, 2024; Mulag, 2026; MULAG, 2026; Urs Schmid AG, 2024)	80
Tab. 25: Versuchsflächen 2025 mit den dort getesteten Mähgeräten	84
Tab. 26: Korrekturfaktoren	85
Tab. 27: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den Mähgeräten bei den Verlusten der Wachsatrappen mit Docht	88
Tab. 28: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den Mähgeräten bei den Verlusten der Wachsatrappen ohne Docht	90
Tab. 29: Vegetationsgesellschaften der Versuchsplots	125
Tab. 30: Tagesabhängige Variablen (Uhrzeit, Temperatur und Luftfeuchtigkeit) der Versuchsplots	126
Tab. 31: Taxonomische Einteilung der Faunaproben	127
Tab. 32: Zeitpunkte und Standorte der Versuchsdurchgänge	130
Tab. 33: Technische Daten der getesteten Ökomäher	131

Anhang 1: Versuchsflächen 2023



Abb. 49: Versuchsfläche Itingen (IT)



Abb. 50: Versuchsfläche Giebenach (GI)



Abb. 51: Versuchsfläche Zeiningen (ZE)



Abb. 52: Versuchsfläche Eiken (EI)



Abb. 53: Versuchsflächen Schinznach-Dorf Nord (SCN, oben) und Schinznach-Dorf Süd (SCS, unten)

Tab. 29: Vegetationsgesellschaften der Versuchsplots

Fläche (n=6)	Plot (n=24)	Lebensraumkategorie	Lebensraum TypoCH (dominant)	Lebensraum TypoCH (sekundär)	Anzahl Arten	Datum der Vegetationsaufnahme
Itingen (IT)	IT-01	Wärmeliebende Trockenrasen	Mesobromion (4.2.4)	Gebüsch (5.3)	43	20.06.2023
	IT-02		Mesobromion (4.2.4)	Trifolion medii (5.1.2)	38	20.06.2023
	IT-03		Mesobromion (4.2.4)	-	47	20.06.2023
	IT-04		Mesobromion (4.2.4)	Arrhenaterion (4.5.1)	56	13.06.2023
Giebenach (GI)	GI-01	Wärmeliebende Trockenrasen	Mesobromion (4.2.4)	Gebüsch (5.3)	29	21.06.2023
	GI-02		Mesobromion (4.2.4)	Trifolion medii (5.1.2)	34	21.06.2023
	GI-03		Mesobromion (4.2.4)	Trifolion medii (5.1.2)	34	21.06.2023
	GI-04		Mesobromion (4.2.4)	-	38	21.06.2023
Zeiningen (ZE)	ZE-01	Fettwiesen und -weiden	Arrhenaterion (4.5.1)	-	18	21.06.2023
	ZE-02		Arrhenaterion (4.5.1)	-	42	21.06.2023
	ZE-03		Arrhenaterion (4.5.1)	Dauco-Melilotion (7.1.6)	25	21.06.2023
	ZE-04		Arrhenaterion (4.5.1)	-	24	21.06.2023
Eiken (EI)	EI-01	Wärmeliebende Trockenrasen	Mesobromion (4.2.4)	Trifolion medii (5.1.2)	33	18.07.2023
	EI-02	Fettwiesen und -weiden	Arrhenaterion (4.5.1)	Pruno-Rubion (5.3.3)	42	18.07.2023
	EI-03		Arrhenaterion (4.5.1)	Pruno-Rubion (5.3.3)	32	18.07.2023
	EI-04		Arrhenaterion (4.5.1)	-	29	18.07.2023
Schinznach-Dorf Nord (SCN)	SC1-1	Wärmeliebender Trockenrasen	Mesobromion (4.2.4)	Arrhenaterion (4.5.1)	27	18.07.2023
	SC1-2		Mesobromion (4.2.4)	-	21	18.07.2023
	SC1-3		Mesobromion (4.2.4)	-	30	18.07.2023
	SC1-4		Mesobromion (4.2.4)	-	31	18.07.2023
Schinznach-Dorf Süd (SCS)	SC2-1	Grasbrachen	Convolvulo-Agropyron (4.6.1)	-	17	18.07.2023
	SC2-2		Convolvulo-Agropyron (4.6.1)	-	11	18.07.2023
	SC2-3		Convolvulo-Agropyron (4.6.1)	Arrhenaterion (4.5.1)	14	18.07.2023
	SC2-4		Convolvulo-Agropyron (4.6.1)	Mesobromion (4.2.4)	20	18.07.2023

Anhang 2: Tagesabhängige Variablen 2023

Tab. 30: Tagesabhängige Variablen (Uhrzeit, Temperatur und Luftfeuchtigkeit) der Versuchsplots

Datum	Plot	Mäher	Temp.	Luftfeuchtigkeit	Uhrzeit
26.06.2023	IT-01	Schlegelmulcher	19.5	81 %	09:30
26.06.2023	GI-02	Schlegelmulcher	35	41 %	12:30
26.06.2023	ZE-03	Schlegelmulcher	37	27 %	15:00
27.06.2023	IT-04	Balkenmäher	20.9	78 %	09:00
27.06.2023	GI-03	Balkenmäher	29.2	53 %	11:30
27.06.2023	ZE-01	Balkenmäher	34	34 %	14:00
28.06.2023	IT-02	Kontrolle	19.3	80 %	09:00
28.06.2023	GI-04	Kontrolle	30.1	42 %	12:00
28.06.2023	ZE-04	Kontrolle	33.4	29 %	15:00
29.06.2023	IT-03	Ökomäher	20.2	82 %	09:00
29.06.2023	GI-01	Ökomäher	25.2	61 %	11:30
29.06.2023	ZE-02	Ökomäher	40.1	26 %	14:00
14.08.2023	ZE-01	Schlegelmulcher	26.7	86 %	09:30
14.08.2023	GI-02	Schlegelmulcher	31.3	74 %	11:00
14.08.2023	IT-02	Schlegelmulcher	31.8	63 %	14:30
15.08.2023	EI-03	Schlegelmulcher	20.9	86 %	09:00
15.08.2023	SCS-04	Schlegelmulcher	31.1	63 %	11:00
15.08.2023	SCN-02	Schlegelmulcher	34	48 %	13:30
16.08.2023	IT-04	Ökomäher	19	93 %	09:30
16.08.2023	GI-03	Ökomäher	24	73 %	10:30
16.08.2023	ZE-04	Ökomäher	29	52 %	13:30
17.08.2023	SCS-03	Ökomäher	28.4	68 %	09:00
17.08.2023	SCN-03	Ökomäher	29.6	79 %	11:00
17.08.2023	EI-01	Ökomäher	29.8	52 %	13:30
21.08.2023	ZE-03	Balkenmäher	22.3	85 %	09:00
21.08.2023	GI-01	Balkenmäher	30.1	62 %	11:00
21.08.2023	IT-03	Balkenmäher	32.1	58 %	13:00
22.08.2023	SCS-01	Balkenmäher	23.1	89 %	09:00
22.08.2023	SCN-01	Balkenmäher	28.2	73 %	10:30
22.08.2023	EI-04	Balkenmäher	40.5	42 %	13:30
23.08.2023	ZE-02	Kontrolle	23.9	71 %	09:00
23.08.2023	GI-04	Kontrolle	28.3	58 %	11:00
23.08.2023	IT-01	Kontrolle	31.7	66 %	13:30
24.08.2023	SCS-02	Kontrolle	21.6	87 %	09:00
24.08.2023	SCN-04	Kontrolle	29	65 %	10:30
24.08.2023	EI-02	Kontrolle	35	48 %	13:30

Legende: Balkenmäher Rapid Swiss
Schlegelmulcher Mulag MK 1200 Plus
Ökomäher Mulag Eco 1200 Plus

Anhang 3: Taxonomische Einteilung der Faunaproben

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht, welche Gruppe auf welches systematische Niveau sortiert wurde. Die bei den jeweiligen Gruppen für die Auszählung verwendeten Kategorien sind fett gedruckt (vgl. Tab. 31).

Tab. 31: Taxonomische Einteilung der Faunaproben

Gruppe	Unterteilung	Bemerkung
Tausendfüßer (<i>Myriapoda</i>)	Doppelfüßer (<i>Diplopoda</i>)	
	Hundertfüßer (<i>Chilopoda</i>)	
Asseln (<i>Isopoda</i>)	Keine weitere Unterteilung	
Schnecken (<i>Gastropoda</i>)	Nacktschnecken	
	Gehäuseschnecken	
Webspinnen (<i>Araneae</i>)	Radnetzspinnenartige (<i>Aranoidea</i>)	Beinhaltet: Echte Radnetzspinnen (<i>Araneidae</i>), Baldachinnetzspinnen (<i>Linyphiidae</i>), Dickkieferspinnen (<i>Tetragnathidae</i>) und Kugelspinnen (<i>Theridiidae</i>)
	Krabbenspinnenartige (<i>Thomisoidea</i> und <i>Sparassoidea</i>)	Beinhaltet: Krabbenspinnen (<i>Thomisidae</i>), Riesenkrabbenspinnen (<i>Sparassidae</i>) und Laufspinnen (<i>Philodromidae</i>)
	Wolfsspinnenartige (<i>Lycosoidea</i>)	Beinhaltet: Wolfsspinnen (<i>Lycosidae</i>), Jagdspinnen (<i>Pisauridae</i>), Kräuseljagdspinnen (<i>Zoropsidae</i>) und Luchsspinnen (<i>Oxyopidae</i>)
	Springspinnen (<i>Salticidae</i>)	
	Restliche Spinnentiere	
Weberknechte (<i>Opiliones</i>)	Keine weitere Unterteilung	
Pseudoskorpione (<i>Pseudoscorpiones</i>)	Keine weitere Unterteilung	Hauptsächliche Bücherskorpione (<i>Chelifer cancroides</i>)
Milben (<i>Acari</i>)	Keine weitere Unterteilung	Beinhaltet Milben und Zecken
Ohrwürmer (<i>Dermaptera</i>)	Keine weitere Unterteilung	
Staubläuse (<i>Psocoptera</i>)	Keine weitere Unterteilung	
Wanzen (<i>Heteroptera</i>)	Pflanzensaugende Wanzen	
	Räuberische Wanzen	
Zikaden (<i>Auchenorrhyncha</i>)	Keine weitere Unterteilung	

Pflanzenläuse (Sternorrhyncha)	Keine weitere Unterteilung	
Heuschrecken (Orthoptera)	Kurzfühlerschrecken (Caelifera)	
	Langfühlerschrecken (Ensifera)	
Käfer (Coleoptera)	Laufkäfer (Carabidae)	
	Rüsselkäfer (Curculionidae)	
	Bockkäfer (Cerambycidae)	
	Prachtkäfer (Buprestidae)	
	Schnellkäfer (Elateridae)	
	Kurzflügler (Staphylinidae)	
	Blattkäfer (Chrysomelidae)	
	Marienkäfer (Coccinellidae)	
	Scheinbockkäfer (Oedemeridae)	
	Stachelkäfer (Mordellidae)	
	Wollhaarkäfer (Dasytidae)	
	Glanzkäfer (Nitidulidae)	
	Restliche Käfer	
Hautflügler (Hymenoptera)	Ameisen (Formicidae)	
	Wildbienen (Apiformes)	Ohne Honigbienen
	Honigbiene (Apis mellifera)	
	Faltenwespen (Vespidae)	Wespen im engeren Sinne mit Stechapparat
	Pflanzenwespen (Symphyta)	
	Parasitische Wespen („Parasitica“)	Vielzahl von Gruppen unterschiedlichen systematischen Niveaus mit parasitoider Lebensweise
Zweiflügler (Diptera)	Mücken (Nematocera)	
	Fliegen (Brachycera)	
Schmetterlinge (Lepidoptera)	Keine weitere Unterteilung	
Fransenflügler (Thysanoptera)	Keine weitere Unterteilung	
Doppelschwänze (Diplura)	Keine weitere Unterteilung	
Beintastler (Protura)	Keine weitere Unterteilung	
Netzflügler (Neuroptera)	Keine weitere Unterteilung	
Schaben (Blattodea)	Keine weitere Unterteilung	

Juvenilstadien	Larven	Hemimetabole Nymphen wurden bei ihren jeweiligen taxonomischen Gruppen erfasst. Andere Larven und Puppen wurden, wenn einfach unterscheidbar, nach Gruppen erfasst. Sie werden hier der Einfachheit halber nicht einzeln aufgeführt.
	Puppen	
	Eier	

Anhang 4: Zeitpunkte und Standorte 2025

Tab. 32: Zeitpunkte und Standorte der Versuchsdurchgänge

Datum	Anzahl Durchführungen pro Mähgerät							Ortschaft
	Mulag MK 1200 plus	Dücker VMS 1200 Öko	Dücker SGG 1200	Mulag ECO 1200 plus	Urs Schmid AG Oszimower	Merbag AG Prototyp	Kontrolle	
26,06,2023	1							Ittingen (CH)
26,06,2023	1							Giebenach (CH)
26,06,2023	1							Zeiningen (CH)
28,06,2023							1	Ittingen (CH)
28,06,2023							1	Giebenach (CH)
28,06,2023							1	Zeiningen (CH)
29,06,2023				1				Ittingen (CH)
29,06,2023				1				Giebenach (CH)
29,06,2023				1				Zeiningen (CH)
14,08,2023	1							Zeiningen (CH)
14,08,2023	1							Giebenach (CH)
14,08,2023	1							Ittingen (CH)
15,08,2023	1							Eiken (CH)
15,08,2023	1							Schinznach (CH)
15,08,2023	1							Schinznach (CH)
16,08,2023				1				Ittingen (CH)
16,08,2023				1				Giebenach (CH)
16,08,2023				1				Zeiningen (CH)
17,08,2023				1				Schinznach (CH)
17,08,2023				1				Schinznach (CH)
17,08,2023				1				Eiken (CH)
23,08,2023							1	Ittingen (CH)
23,08,2023							1	Giebenach (CH)
23,08,2023							1	Zeiningen (CH)
24,08,2023							1	Schinznach (CH)
24,08,2023							1	Schinznach (CH)
24,08,2023							1	Eiken (CH)
23,07,2025		20	20					Bräunlingen (DE)
24,07,2025	11					20		Giebenach (CH)
28,07,2025				11				Moosleerau (CH)
31,07,2025					20		7	Frauenfeld (CH)
03,08,2025							4	Rohr b. Olten (CH)

Anhang 5: Technische Daten der Mäher

Tab. 33: Technische Daten der getesteten Ökomäher

Bezeichnung	Arbeitsbreite	Gesamtbreite	Gewicht	Erforderliche Hydraulikleistung		mögliche Mahdhöhen	Automatische Boden-anpassung	Kompatible Ausleger	Weitere Kennwerte
Mulag ECO 1200 plus	1,20 m	1,40 m	350-355 kg	88 l/min	300 bar	10 bis 15 cm	ja (m tronic)	Mulag	Drehzahl: ca. 2750 U/min Leistungsaufnahme: max. 43 kW
Dücker VMS 1200 ÖKO	1,23 m	1,42 m	380 kg	UNA-MBM: 46 l/min, DUA-MBM HDM: 68 l/min	340 bar	bis 15 cm	ja (Tasttronic)	Dücker	
Dücker SGG 1200	1,25 m (1,16 m mit Scheiben-sech)	1,45 m (1,51 m mit Scheiben-sech)	450 kg	UNA-MBM: 46 l/min, DUA-MBM HDM: 68 l/min	340 bar	bis 15 cm	nein	Dücker (ab UNA 400/500)	
Urs Schmid Osz Mower	1,40 m	1,6 m	450kg	1. Öl-Kreis 25-40l/min 80Bar Messerantrieb + Leckanschluss 2. Öl-Kreis 25-40l/min 200Bar reversierbar Aggregate Antrieb Mulag Hydraulik ein Öl-Kreis 90l/min 200Bar + Leckanschluss	frei verstellbar	frei verstellbar	optional (m tronic) Andere Systeme auf Anfrage möglich	alle (Universal-lochplatte auf Oberseite des Mähkopfs) Mulag (SB500 / SB600)	Leistungsaufnahme: 12 kW optional: hydraulisch vom Fahrersitz verstellbare Kettenschürze optional: Trennräder
Merbag / Weptor Prototyp (Serienmodell: Chamäleon 150X Ökoline)	1,5 m	1,65 m	395 kg	55 l/min	280 bar	10 bis 20 cm	ja (m tronic)	Mulag, Dücker, Herder	Messerbalken und Schnittgutaufnahme können unabhängig voneinander betrieben werden, falls nur einer der beiden Arbeitsgänge ausgeführt werden