

Die Auswirkungen von unterschiedlichen Mähgeräten und Mähtechniken auf Tiere im Feld

Die Auswirkungen verschiedener Mähtechniken auf Tiere, die sich in gemähten Wiesen und Feldern befinden, und inwiefern diese, meist negativen Auswirkungen, zu bekämpfen sind, sind der Schwerpunkt mehrerer Studien. Die Grundlagen der verschiedenen Studien unterscheiden sich oft, wie zB. die betroffene Tiergruppe oder das angewendete Protokoll, jedoch gibt es viele Schlussfolgerungen, die die Studien gemeinsam haben, sowie Empfehlungen, wie die negativen Auswirkungen der Mähvorgänge auf die Tiere gelindert werden können. Die Studien über solche Mähvorgänge beziehen sich hauptsächlich auf die Landwirtschaft mit landwirtschaftlichen Mähtechniken sowie die Landschaftspflege.

Die meisten Studien konzentrieren sich auf eine bestimmte Tiergruppe, da holistische Vermessungen vieler verschiedener Tiergruppen, beziehungsweise Tiergruppen, die voneinander ökologisch fern sind, nicht besonders aussagekräftig sind. Insekten sind die am meisten untersuchte Tiergruppe, was verschiedene Gründe hat:

- deren Vielfalt in Wiesen und Feldern, was sicherstellt, dass es genügend Individuen geben wird, um statistisch relevante Schlussfolgerungen ziehen zu können
- deren ökologische Bedeutung, als wichtiges Glied von Nahrungsnetzen in diversen Lebensräumen und ökologischen Zusammenhängen
- sie sind die wichtigsten Bestäuber

Über andere Tiergruppen gibt es vergleichsweise nur weniger ausführliche Studien. Unter den Insekten wird die Ordnung Orthoptera (Heuschrecken) vorzugsweise studiert, unter anderem weil Heuschrecken ein guter Indikator dafür sind, wie stark menschliche Aktivitäten in einen bestimmten Raum prägen.

Bei der Gruppe der Heuschrecken gibt es verschiedene Methoden, um die Auswirkung der Mähtechniken und Mähwerke auf diese Tiergruppe erheben zu können: zB die Rückfangmethode. Hier wird eine Stichprobe an Heuschrecken innerhalb einer bestimmten Fläche gefangen, anschließend markiert, zum Beispiel mit fluoreszenten Pigmenten, die mit einer Schwarzlichtlampe leicht zu sehen sind (Humbert et al., 2010a), und schließlich freigelassen, wodurch die markierten Individuen später leicht wieder gefunden bzw gezählt werden können. Eine weitere Methode ist das Aufsammeln des Mähguts direkt nach der Mahd, welches dann gesiebt wird, um tote oder verletzte Insekten festzustellen, wie bei Oswald (2023). Abb. 36 bei Oswald (2023) zeigt Beispiele von verletzten Insekten im Rahmen einer Mähgutdurchsuchung.

Um Aussagen über den Zustand des Heuschreckenbestandes (bei Mähvorgängen) erhalten zu können werden verschiedenen Parameter herangezogen: die Sterberate, die Verletzungsrate, die absolute Individuenzahl (im Vergleich vor und nach der Mahd, zB), die Artenvielfalt (Anzahl verschiedener Arten innerhalb eines begrenzten Bereiches, zB Transekt bei der Mähgutdurchsuchung) und die Individuendichte (Anzahl Individuen einer bestimmten Art innerhalb einer bestimmten Fläche).



Abbildung 1: Diverse Insekten, die nach der Mahd aufgesammelt und als verletzt klassifiziert worden sind. *Pseudochorthippus parallelus* weiblich (a) und männlich (b), wo Teile des Abdomens fehlen. (c) *Roeseliana roeselii* Weibchen enthauptet und fehlende Teile des Abdomens und der Beine. (d) *Apis mellifera* Arbeiterin mit fehlendem Abdomen. Abbildung und Beschriftung (separat übersetzt) von Oswald (2023), Fotos von Johann Neumayer.

Verschiedene Mähgeräte und ‚Aufsätze‘, die zum Mäher hinzugefügt werden können, haben unterschiedliche Auswirkungen, manche unter ihnen schonender als andere für Insekten. Unter diesen Mähgeräten kann man zB. zwischen Doppelmessmähwerke und Rotationsmähwerke unterscheiden. Der am häufigsten erwähnte ‚Aufsatz‘ ist der Aufbereiter, welcher dazu dient das Mähgut zu knicken und zu quetschen, um den Trocknungsprozess des Mähguts zu beschleunigen. Nach Humbert et al. (2010a) kommt es zu einer Sterberate von 21% bei Anwendung eines Scheibenmähwerks, jedoch auf 57% steigt bei hinzufügen eines Aufbereiters. Ein ähnlicher Anstieg anhand des Aufbereiters wurde auch für den ganzen Ernteprozess verzeichnet (von 68% auf 82%). Oswald (2023) berichtet Werte, die die tote Insektenbiomasse mit der ganze Insektenbiomasse vergleichen, für verschiedene Mähwerke: 0.58% für Doppelmessermähwerk und 1.96% für herkömmliches Scheibenmähwerk, welches auf 21.25% steigt, wenn ein Aufbereiter mit dem Scheibenmähwerk verwendet wird. Oswald beschreibt sonst keine statistisch signifikanten Unterschiede mit zusätzlichem Striegel oder Abweisblech bei der Verwendung von Scheibenmähwerk mit Aufbereiter. Nach Eichberger et al. (2019) sind Balkenmäher am besten hinsichtlich der Artenvielfalt geeignet, deutlich besser als Rotationsmäher, und ein daraus gewonnener Rat lautet: „Mulchmäher sind überhaupt nur für den speziellen, temporären Einsatz geeignet; Schlegelmäher und Saugmäher jedoch generell abzulehnen“.

Die Auswirkungen verschiedener Mähwerke ist auch von Tiergruppe zu Tiergruppe unterschiedlich: so berichtet zB. Liczner (1999), dass es keinen Unterschied in der Verletzungsrate von Amphibien (hauptsächlich Frösche) beim Gebrauch eines Kreiselmähers verglichen mit einem

Scheibenmäher gab, und „dass die Heubearbeitungsmaschine keine signifikant zusätzlichen Verwundungen nach dem Mähen verursacht“.

Berg et al. (2023) fassen mehrere Studien zusammen (Tabelle 6): für Insekten sind grundsätzlich Balkenmäher und vor allem Doppelmessermähwerke weniger schädlich als Rotationsmähwerke. Aufbereiter und Mulchgeräte richten bei Weitem am meisten Schaden an. Als Beispiel, eines der von Berg et al. (2023) erwähnten Studien: bei Hemmann et al. (1987) kam es zu folgenden Anteilen an toten oder verwundeten Insekten (Schnabelkerfe und Mehlkäfer) bei verschiedenen Mähgeräten: 62.8% mit Mulchmäher, mit Saugmäher 46.5% und mit Balkenmäher am niedrigsten (28.4%).

Tabelle 1: Zusammenfassung von Literaturrecherche über die Verletzungsrate von Insekten beim Gebrauch verschiedener Mähgeräte: B = Balkenmäher, R = Rotationsmäher, Auf. = Aufbereiter, M = Mulchmäher, S = Saugmäher, E = ganzer Ernteprozess. Diese Tabelle wurde von Berg et al. (2023) übersetzt angepasst.

Insektengruppen	Verletzungsrate in %						Quelle
	B	R	R + Auf.	M	S	E	
Heuschrecken (Orthoptera)							
Diverse Arten	6	30					Wilke (1992)
Diverse Arten						75	Kiel (1999)
Diverse Arten	9	21	34			80	Oppermann & Krismann (2001)
<i>Metrioptera bicolor</i>						42	Wagner (2004)
<i>Chorthippus parallelus</i>		59					Gardiner (2006)
Diverse Arten (Nymphen)		21					Gardiner (2006)
Diverse Arten	13	21	57			66 (B) – 84 (R + Auf.)	Humbert et al. (2010a)
Käfer (Coleoptera)							
<i>Tenebrio molitor</i>	16			60	30		Hemmann et al. (1987)
<i>Epicauta occidentalis</i>	4		21				Blodgett et al. (1995)
Wanzen (Heteroptera)							
<i>Dysdercus intermedius</i> (Erwachsene)	53			88	84		Hemmann et al. (1987)
<i>Dysdercus intermedius</i> (Nymphen)	17			41	26		Hemmann et al. (1987)
Diverse Arten				29			Steidle et al. (2022)
Schmetterlinge (Lepidoptera)							
<i>Helicoverpa armigera</i> (Raupen)	18	16		77			Löbberth et al. (1994)
<i>Pieris brassicae</i> (Raupen)	20	37	69				Humbert et al. (2010c)
Hautflügler (Hymenoptera)							
Honig Biene (<i>Apis mellifera</i>)		5	35				Fluri et al. (2000b)
Diverse Arten				55			Steidle et al. (2022)

Wachsattrappen							
Wachsattrappen (Spinnen, Laufkäfer)	4	12			55		Löbbert et al. (1994)
Wachsattrappen (Raupen)	11	17	28				Humbert et al. (2010c)

Nicht nur die Mahd führt zu verletzten und toten Tieren, sowie Folgewirkungen im lokalen Ökosystem, sondern auch weitere Aktivitäten, die mit dem Ernteprozess verbunden sind: Zetten, Rechen, die Verwendung von Blas- und Sauggeräten, Ballenpressen und Abtransport. Aus diesem Grund ist es wichtig den Ernteprozess als holistischen Prozess zu behandeln, trotz der oft niedrigeren Sterberate nach dem Mähen am Anfang eines Ernteprozesses mit Traktorbalkenmäher verglichen mit einem simplerem Scheibenmäher. Humbert et al. (2010a) berichten für diesen Fall – einen Ernteprozess inklusive Mahd, Zetten, Rechen, und Ballenpressen, mit Traktorbalkenmäher vs. Mahd mit einem Scheibenmäher – sehr ähnliche Sterberaten. Des Weiteren berichten Humbert et al. (2010a) eine Reduktion von 88.7% in der Bevölkerungsdichte von Heuschrecken aufgrund der Anwendung eines Scheibenmähers. In einem anderen Artikel schreiben Humbert et al. (2010b), dass sowohl Zetten Schwaden und Aufladen ebenso große Sterberaten verursachen wie die Mahd und dass auch die Traktorräder selbst den Tieren extremer Schaden zugefügt wird.

Nach Schiess-Bühler et al. (2011) entsteht der „Hauptverlust (80%) allerdings erst beim Aufladen oder beim Pressen des Ernteguts“. Bei Honigbienen zB soll der Schaden hauptsächlich durch die Nutzung eines Aufbereiters erfolgen. Es wird die Vermutung angestellt, dass die Insekten klein genug sind, um den Klingen des Mähgeräts zu entkommen (Forschungsanstalt Agroscope). Der Mulcher ist hingegen für größere Tiere, wie zum Beispiel kleine Säugetiere Reptilien oder Amphibien sehr schädlich. Ballenpressen führt laut H. Wittmann (Eichberger et al., 2019, in litteris) zum unweigerlichen Absterben der nach der Mahd noch überlebenden Insekten, und dass daher auf Ballenpressen (Ballensilage) möglichst zu verzichten ist. Im Review-Artikel von Berg et al. (2023) wird diskutiert, dass die Verwendung eines Rotationsmäher mit Aufbereiter eine deutlich höhere Verletzungsrate von Heuschrecken verursacht als Rotationsmäher ohne Aufbereiter oder Balkenmäher, wie auch in Abb. 37 zu erkennen ist. Des Weiteren zeigt Abb. 37, dass alle zusätzlichen Etappen im Ernteprozess (Zetten, dann Rechen, dann Ballenpressen und Aufladung) kumulativ zu der Verletzungsrate beitragen.

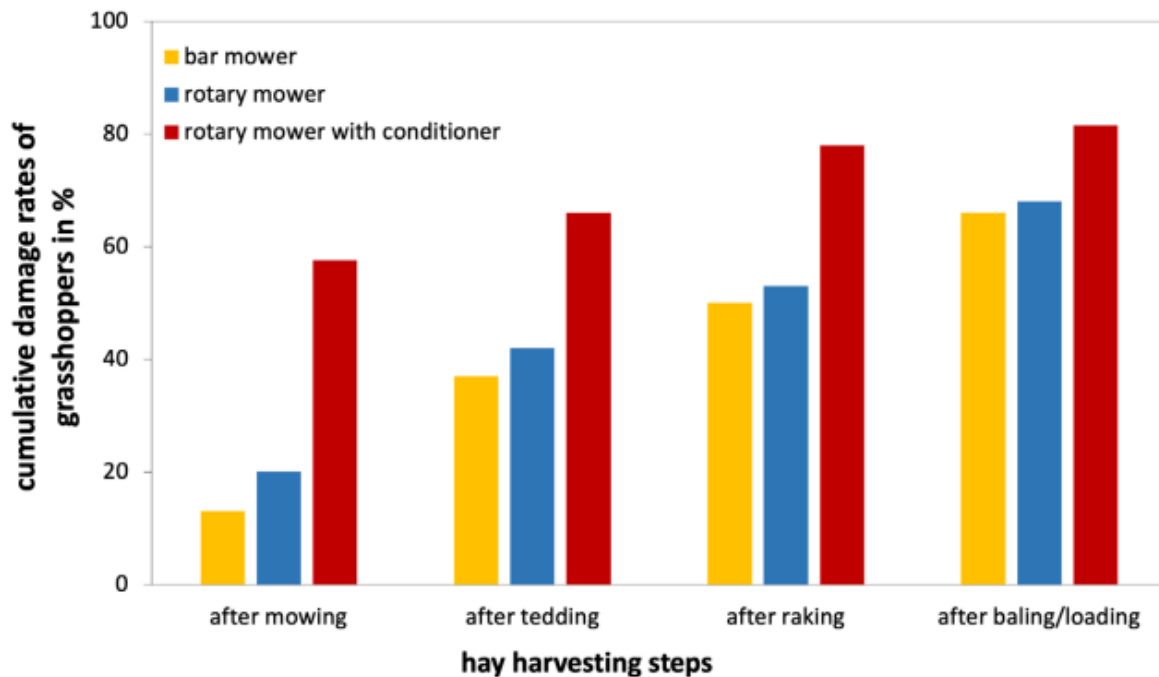


Abbildung 2: Zusammenfassende Grafik der Effekte verschiedener Mähvorgänge auf Heuschrecken; von von Berg et al. (2023) übernommen und die Beschriftung übersetzt: Kumulative Verletzungsrate von Heuschrecken auf Wiesen („cumulative damage rates of grasshoppers in %“) folgend bestimmten Etappe im Ernteprozess mit bestimmten Arten von Mähgeräten („hay harvesting steps“). Die Werte für den ganze Ernteprozess wurden anhand einzelner Überlebensraten der jeweiligen Etappen berechnet (Humbert et al., 2010a) und wurden infolgedessen in Verletzungsraten umgerechnet.

Die verschiedenen Ernteetappe auf der x-Achse: nach der Mahd („after mowing“), nach dem Zetten („after tedding“), nach dem Rechen („after raking“), nach dem Ballenpressen und der Beladung („after balling/loading“). Die gelben Balken entsprechen dem Balkenmäher („bar mower“), die blauen dem Rotationsmäher („rotary mower“), die roten dem Rotationsmäher mit Aufbereiter („rotary mower with conditioner“).

Es gibt viele mögliche Methoden, um die durch die Mahd und den Ernteprozess verursachten Schäden zu lindern, die anhand von empirischen Daten aus Studien hier übernommen und beschrieben werden. In den meisten Studien wird der Verzicht auf einen Aufbereiter besonders empfohlen. Ebenso wichtig ist das Verwenden von modernen Doppelmessermähwerke oder Balkenmäher statt Rotationsmähwerken, und das komplette Verzichten auf Saugmäher und Mulchmäher. Insbesondere Rotationsmäher, verglichen zum Beispiel mit Motorbalkenmäher, sind für Tiere in der Krautschicht besonders schädlich (Schiess-Bühler et al., 2011). Statistiken, die diese Empfehlungen unterstützen sind oben vorzufinden. Wie in Zieger (2021) beschrieben, ist die Anwendung eines Bandrechens (eng: „flushing bar“), um Insekten vor dem Tode noch aufzufangen, auch empfehlenswert. Ebenso ein wichtiges Thema ist die Mähgeschwindigkeit bei der Beeinflussung der Todesrate: langsames Mähen, beziehungsweise im Fußgängertempo (laut ‚Steckbrief Wiese‘ ÖKL, 2019), um Vögel wie den Wachtelkönig zu beschützen und um träge Tiere wie Reptilien und Amphibien entkommen zu lassen (Liczner 1999 und Schiess-Bühler et al. 2011).

Weitere generelle Tier-schonende Vorgehensweisen sind von innen nach außen zu mähen, damit die Tiere die Möglichkeit haben dem Mäher zu entfliehen und nicht in der Mitte zusammengetrieben werden. Auch die Schnitthöhe ist so hoch wie möglich zu halten, was natürlich von Faktoren wie die Art des Mähwerkes, den vorkommenden Pflanzenarten und der Bodenbeschaffenheit abhängig ist. Generell wird mit Hinsicht auf die Artenvielfalt empfohlen, begrenzte Bereiche auf Wiesen und Feldern nicht zu mähen, damit Tiere diese Bereiche als

sogenannte Refugien verwenden können (=Rückzugsräume). Eine Studie von Müller & Bosshard (2010) hat die Effekte von Altgrasstreifen auf Insektenbevölkerungen in Wiesen erforscht: die Hauptempfehlung ist, dass 5-10% der totalen Fläche für Altgrasstreifen verwendet werden. In dieser Studie haben Altgrasstreifen nicht nur höhere Individuenzahlen aufgewiesen, sondern auch eine höhere Artendiversität - vermutlich fliehen die Insekten während und nach der Mahd in diese Refugien, die sonst durch die Mahd sterben würden. Müller & Bosshard (2010) haben eine über dreifach höhere Bevölkerungsdichte von Heuschrecken in Altgrasstreifen in der Nähe dem gemähten Gebiet vor der Mahd gemeldet, sowie eine zehnfach höhere nach der Mahd. Humbert et al. (2010 abc) berichten, dass wenn Refugien vorhanden sind, bis zu fünfmal mehr Heuschrecken die Mahd überleben. In einer Studie von Buri et al. (2014) über Wildbienen in Heuweiden, war der Anstieg der Abundanz und Artenvielfalt der Wildbienen nach der Mahd viel höher in Weiden, wo Refugien bestanden (15% der Weidenfläche nicht gemäht) als in Weiden ohne Refugien. Dieser Anstieg wurde unmittelbar nach der Mahd, beziehungsweise innerhalb desselben Jahres, sowie kumulativ im nächsten Jahr erfasst. Schiess-Bühler et al. (2011) empfehlen, dass solche Streifen mindestens 3 Meter breit sind und alle 30 Meter vorkommen. Breier (2020) empfiehlt solche Bereiche möglichst nur alle zwei Jahre zu mähen, sodass Insektenbevölkerungen dort überwintern können. Dazu empfehlen Richner et al. (2019), dass diese Bereiche jährlich gewechselt werden, damit die gewechselten Parzellen Zeit haben zu regenerieren.

Des Weiteren hat auch der Mahdzeitpunkt (Tageszeit) einen großen Einfluss auf die unterschiedlichen Tiergruppen, wobei es in diesem Fall unterschiedliche Empfehlungen gibt, was unter anderem auch mit den verschiedenen Aktivitätszeiten der unterschiedlichen Insekten-/Tiergruppen zu tun hat. Manche Studien, wie die von DWS (2005) und Fluri et al. (2000a), schreiben es sei besser frühmorgens oder spätabends zu mähen, um die Wärme am Tag zu vermeiden, da Insekten, die in der Wiese oder auf dem Feld bestäuben, aber woanders leben (wie Honigbienen in Bienenstöcken) tagaktiv sind. Dover et al. (2010) und Cizek et al. (2012) empfehlen hingegen, es sei besser am Nachmittag zu mähen, um Insekten wie Falter, die auf der Wiese leben, zu schonen, da diese bei den niedrigeren Morgentemperaturen inaktiv sind und dem Mäher daher nicht so schnell entkommen können. Dementsprechend bezieht sich die Empfehlung sehr früh oder sehr spät zu mähen eher auf nicht-lokale Insekten oder Insekten, die nicht überirdisch auf der Wiese leben. In der Studie von Oswald (2023) gab es hingegen keinen statistisch signifikanten Unterschied bei der Insekten-Todesrate im Hinblick auf die Mahdzeit morgens oder nachmittags. Wann im Jahr die Mahd stattfindet, hat auch Auswirkungen auf Tierbevölkerungen: 'Steckbrief Wiese' (ÖKL, 2019) empfiehlt nach Anfang Juli zu mähen, um Vögel wie Braunkelchen und Schwarzkelchen, die am Boden nisten, zu schonen. Auch Breier (2020) rät ähnliches: extensive bewirtschaftete Weiden sollen möglichst nur einmal im Jahr und frühestens ab Juli gemäht werden und intensiv bewirtschaftete Weiden höchstens zweimal im Jahr. Schiess-Bühler et al. (2011) fassen die Empfehlungen folgendermaßen zusammen: man soll sich an den Wiesentyp und die dort vorkommenden Tierarten anpassen (hinsichtlich zum Beispiel der Tages- und Jahreszeiten, in welcher Schicht sich die Tiere am meisten befinden, wofür die Wiese verwendet, wird usw.).

Die Leitlinien des Deutschen Verbandes für Landschaftspflege umfassen die meisten der oben angeführten Empfehlungen (Metzner et al., 2023):

- Auf maximale Tierschonung durch Mahd mit Messerbalken achten. Mähen mit Kreisel- und Trommelmäherwerken vernichten oder verletzen durch die rotierenden Messer viele Insekten, die im Mähgut leben. Messerbalken schneiden das Gras auf einer einheitlichen Höhe ab, so dass das Gras ohne Verwirbelung auf dem Boden zu

liegen kommt. Insekten können aus dem Mähgut herauskrabbeln und lediglich direkt erfasste Insekten erleiden (tödliche) Verletzungen

- Kein Mulchen! Wenn eine Mahd nicht möglich ist, dann nur maximal zweimal pro Jahr zu den „normalen“ Mähzeitpunkten mulchen
- Wenn Kreiselmäher benutzt werden, dann keinen Aufbereiter (Knickzetter) verwenden.
- Langsames Fahren und verringerte Drehzahl beim Wenden und Schwaden beachten.
- Mahdhöhe min. 10 cm
- Besonders wichtig: stehenlassen ungemähter Rückzugsflächen; eventuell abschnittsweise Mahd (gestaffelte Mahd)
- Bei großen Flächen: Mahd von innen nach außen oder im ‚Zickzack‘, damit die Tiere flüchten können
- Tageszeitlich angepasste Mahd: also am besten bei warmem Wetter mittags oder nachmittags. Mit steigender Temperatur sind die Insekten mobiler und können besser fliehen.
- Auf mageren Flächen generell einmaliges Mähen im September und Altgrasstreifen stehen lassen, es sei denn spezielle Arten erfordern ein anderes Mähkonzept.
- Flächen so wenig wie möglich befahren
- Wenden und Schwaden des Mähgutes verursacht ebenso Schäden an Insekten, ihren Larven oder Raupen.

Abbildung 38 stellt die Resultate eine Metaanalyse dar: Effekte einer reduzierten Mahd, beziehungsweise reduzierten Frequenz der Mahd auf verschiedene Gruppierungen von Gliederfüßern (Proske et al., 2022).

Die erste Untergruppe vergleicht den Effekt zwischen beflügelten („winged“) und nicht-beflügelten („non-winged“) Gliederfüßern, sowie Arthropodaarten, wo beide Morphotypen vorkommen („both morphotypes“). Die zweite Untergruppe vergleicht Arthropodaarten, die typisch als Pest („pest“) vs. nicht pest („non-pest“) betrachtet werden. Die dritte Untergruppe vergleicht Arten, die direkt am Boden gesammelt wurden („ground“) mit denen, die oberirdisch gesammelt wurden („aboveground“). Die vierte Untergruppe vergleicht Daten anhand der Region, in der sie gesammelt wurden: Europa („Europe“) und Nord-Amerika („North America“). Die fünfte Untergruppe vergleicht Daten von Studien die veröffentlicht („published“) vs. nicht veröffentlicht („unpublished“).

Effects of reduced mowing on Arthropod abundance

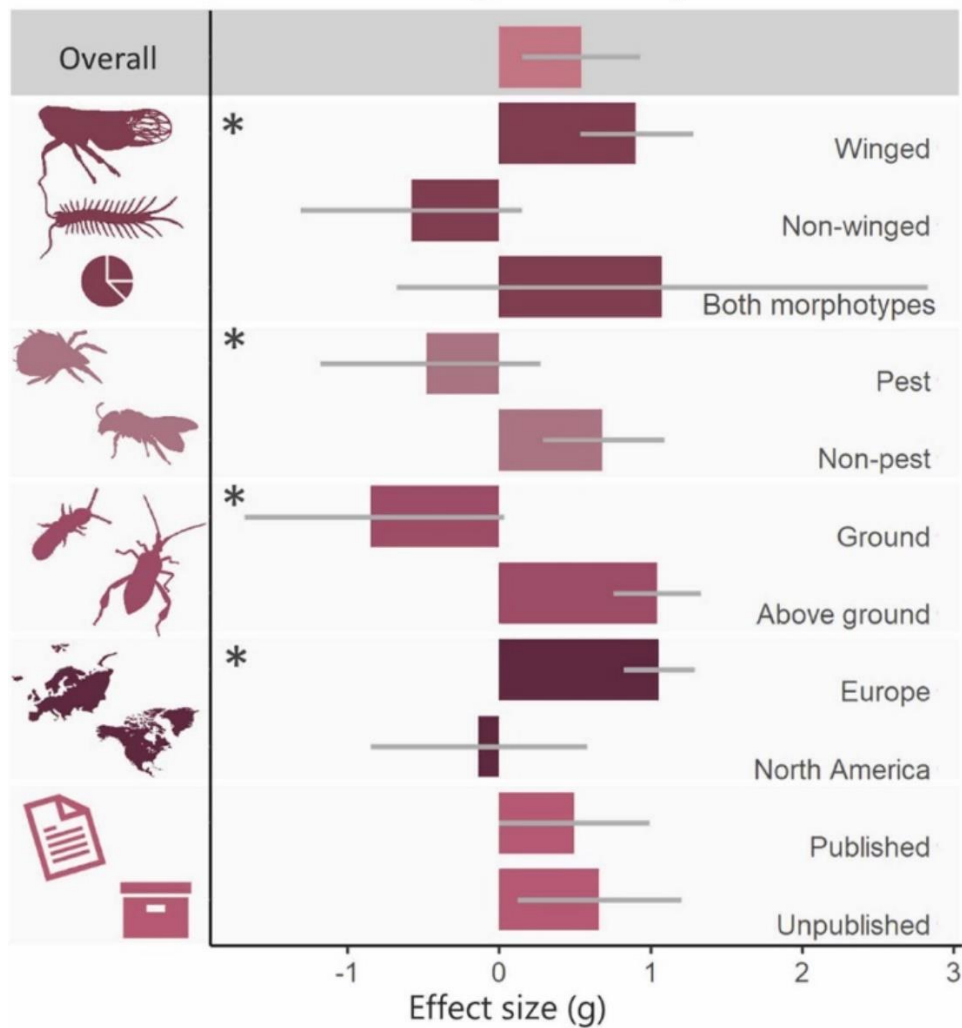


Abbildung 3: Resultate einer Metaanalyse mehrerer Studien (Proske et al., 2022). Die übersetzte Beschriftung lautet: die Effekte von reduziertem Mähen auf die Abundanz von Gliederfüßern /Arthropoda (Titel der Abbildung), welche die Resultate der Studien anhand von verschiedenen Untergruppen darstellt. Positive Werte auf der unten gelegenen Achse („Effect size (g)“) entsprechen erhöhter Abundanz nach reduziertem Mähen (Hedges g-Wert, g). Die grauen Linien entsprechen den 95% Konfidenzintervallen und geben die Heterogenität zwischen den Untergruppen an. * geben signifikante Unterschiede zwischen Untergruppen an. Lizenz der Tierbilder – CC0 via PhyloPic (www.phylopic.org).

Die Metaanalyse (Abb 38) hat in urbanen Umgebungen anhand von 46 Datensätzen die Gliederfüßer Abundanz, und anhand von 23 Datensätzen den Gliederfüßer Taxa-Reichtum untersucht. Diese Resultate haben einen mittelstarken positiven Effekt der reduzierten Mahd auf die insgesamt Gliederfüßer Abundanz aufgezeigt (Hedges g-Wert, $g = 0,54$), sowie einen sehr starken positiven Effekt der reduzierten Mahd auf Taxa-Reichtum ($g = 1,25$). Dies deutet darauf hin, dass mähen womöglich einen größeren Einfluss auf Insektenartenvielfalt als auf Insektenabundanz hat.

Literatur:

- 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.
- Breier, M. (2020): Mähversuche und Mähkonzept an Kreisstraßen. *ANLiegen Natur* 42, 2, 65-68.
- 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.
- 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, 215–226. doi:10.1007/s10841-011-9407-6.
- Deutsche Wildtier Stiftung - DWS (2005): Stoppt den Mähtod. *Praxisratgeber*.
- Dover J.W., Rescia A., Fungarino S., Fairburn J., Carey P., Lunt P., Dennis R.L.H., Dover C.J. (2010): Can hay harvesting detrimentally affect adult butterfly abundance? *Journal of Insect Conservation*, 14, 413-418. doi:10.1007/s10841-010-9267-5.
- Eichberger, C., Wolkerstorfer, C., Brameshuber, S., Eichberger I., Gferer, V., Gressel, H., Gros, P., Kyek, M., Maletzky, A., Medicus, C., Nowotny, G., Ortner, E., Popp-Kohlweiss, S., Schaufler, G., Schröck, C., Schwaighofer, W., Werber, M., Wittmann, H. (2019): Herausforderungen bei ÖPUL-Naturschutz-Maßnahmen und naturschutzfachliche Empfehlungen für künftige Förderprogramme – Netzwerk Natur Salzburg. *Mitt. Haus der Natur* 25, 5-70.
- Fluri P., Frick R., Jaun A. (2000a): Bienenvölker und Bodenbewirtschaftung. Was Imker und Landwirte wissen sollten. *Agroscope Liebefeld-Posieux*.
- Fluri, P., Frick, R., Jaun, A. (2000b): Bienenverluste beim Mähen Rotationsmäherwerken. *Schweizerisches Zentrum für Bienenforschung (Mitteilung Nr. 39)*.
- Gardiner, T. (2006): The impact of Grassland Management on Orthoptera Populations in the UK. *Dissertation, University of Essex*.
- Hemmann, 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.
- Humbert, J.-Y., Ghazoul, J., Richner, N., Walter, T. (2010a): Hay harvesting causes high orthopteran mortality. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139, 522-527.
- Humbert, J.-Y., Richner, N., Sauter, J., Walter, T., Ghazoul, J. (2010b): Wiesen-Ernteprozesse und ihre Wirkung auf die Fauna. *ART-Bericht* 724, 1-12
- Humbert, J.-Y., Ghazoul, J., Sauter, J., Walter, T. (2010c): Impact of different meadow mowing techniques on field invertebrates. *Journal of Applied Entomology* 134, 7, 592-599.
- Kiel, E.-F. (1999): Heuschrecken und Mahd. Empfehlungen für das Pfegemanagement in Feuchtwiesengebieten. In: *LOeBF-Mitteilungen*, S. 63–66.
- Liczner, Y. (1999): Auswirkungen unterschiedlicher Mäh- und Heubearbeitungsmethoden auf die Amphibienfauna in der Narewniederung (Nordostpolen). *RANA Sonderheft* 3, 67-79.
- Löbber, M., Kromer, K.-H., Wieland, C.C. (1994): Einfluss von Mäh- und Mulchgeräten auf die bodennahe Fauna. In: *Forschungsberichte „Integrative Extensivierungs- und Naturschutzstrategien“*, 7–26.
- Metzner, J., Sommer, M., Nitsche, D. (2023): Schutz unserer heimischen Insekten – Leitlinien des DVL. 4 Aufl., Ansbach.

- Müller, M., Bosshard, A. (2010): Altgrasstreifen fördern Heuschrecken in Ökowieden. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 42 (7), 2010, 212-217, ISSN 0940-6808.
- Noordijk, J., Schaffers, A., Heijerman, T., Boer, P., Gleichman, M., Sykora, K. (2010): Effects of vegetation management by mowing on ground-dwelling arthropods. *Ecological Engineering*, 36, 5, 740-750.
- Österreichisches Kuratorium für Landtechnik – ÖKL (2019): Wir schauen auf unsere Wiesen. Im Rahmen des Projektes „Wir schauen auf unsere Wiesen und Almen“ erstellt.
- Oppermann, R., Krismann, A. (2001): Naturverträgliche Mähtechnik und Populationssicherung. Ergebnisse eines Workshops am 24.10.2000 im Bundesamt für Naturschutz (BfN) in Bonn und Kurzfassung der Ergebnisse der E & E Voruntersuchung, Bonn.
- Oswald, M. (2023): Direct insect mortality by different mowing practices. Masterarbeit, Universität Wien.
- Proske, A., Lokatis, S., Rolff, J. (2022): Impact of mowing frequency on arthropod abundance and diversity in urban habitats: A meta-analysis. *Urban Forestry & Urban Greening* 76: 127714.
- Richner, N., Thiel-Egenter, C., Nienhuis, C., Schnyer, J. (2019): Einfluss verschiedener Unterhaltungsmethoden an Böschungen auf Fauna und Flora. Forschungsprojekt VSS 2016/223 auf Antrag des Schweizerischen Verbands der Strassenverkehrsfachleute (VSS).
- Schiess-Bühler, C., Frick, R., Stäheli, B. (2011): Erntetechnik und Artenvielfalt in Wiesen. *AGRIDEA*, 2. Auflage.
- 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.
- 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(2), 80-96.
- Wagner, C. (2004): Passive dispersal of *Metrioptera bicolor* (Phillipi 1830) (Orthopteroidea: Ensifera: Tettigoniidae) by transfer of hay. *Journal of Insect Conservation* 8(4), 287–296.
- Wilke, N. (1992): Beeinflussung von Heuschrecken durch Mahd und verschiedene Mahdsysteme in wechselfeuchten Wiesen norddeutscher Flussauen. Diplomarbeit, Technische Universität Braunschweig.
- Zieger, S. (2021): Technische Umsetzung insektenschonender Pflege von Weg- und Straßenrändern – Produktübersicht Mahdgutbergung. Landschaftspflegeverband Göttingen e.V.