




# Naturverträgliche Mahd von Grünland und Pflege von Straßenbegleitgrün


 Technik, Verfahren, Auswirkungen und Empfehlungen für die Praxis



Baden-Württemberg



# Naturverträgliche Mahd von Grünland und Pflege von Straßenbegleitgrün

 **Technik, Verfahren, Auswirkungen und Empfehlungen für die Praxis**

- HERAUSGEBER** LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg  
Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe, [www.lubw.baden-wuerttemberg.de](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de)
- AUTORIN UND AUTOREN** Dr. Nicolas Schoof (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, Referat Flächenschutz, Fachdienst Naturschutz), Prof. Dr. Rainer Luick (Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg), Dr. Andreas Zehm (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, Referat für Biodiversität und Naturhaushalt), Dr. Jörg Morhard (Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik), Dr. Herbert Nickel (freiberuflicher Fachautor und Sachverständiger für Zikaden, Biodiversität, Graslandmanagement), Jonas Renk (freiberuflicher Fachautor und Sachverständiger für Naturschutz und Landschaftspflege), Leonie Schaefer (Landschaftspflegeverband Oberallgäu-Kempton e. V.), Prof. Dr. Thomas Fartmann (Universität Osnabrück, Abteilung für Biodiversität und Landschaftsökologie)
- REDAKTION** LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg  
Wolfram Grönitz, Natascha Gülich, Iris Arheidt und Astrid Oppelt  
Referat Flächenschutz, Fachdienst Naturschutz
- BEZUG** <https://pd.lubw.de/10580>
- ISBN** 978-3-88251-411-7
- ISSN** 1437-0212 (Print)  
2943-2898 (Online)  
Naturschutz-Praxis Landschaftspflege 4
- SATZ UND BARRIEREFREIHEIT** MUMBECK – Agentur für Werbung GmbH, Wuppertal
- TITELBILD** Mosaikartige Pflagemahd mit Refugien. Badberg, Kaiserstuhl. Rainer Luick (2023)
- ZITIERVORSCHLAG** SCHOOF, N., R. LUICK, A. ZEHEM, J. MORHARD, H. NICKEL, J. RENK, L. SCHAEFER & T. FARTMANN (2024): Naturverträgliche Mahd von Grünland und Pflege von Straßengeleitgrün – Technik, Verfahren, Auswirkungen und Empfehlungen für die Praxis. – Naturschutz-Praxis Landschaftspflege 4, Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, Karlsruhe, 84 S.

Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

Namentlich gekennzeichnete Fremdbeiträge stimmen nicht in jedem Fall mit der Meinung des Herausgebers überein. Für die inhaltliche Richtigkeit von Beiträgen ist der jeweilige Verfasser verantwortlich.

# Inhaltsverzeichnis

<b>VORBEMERKUNG</b>	<b>6</b>
<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>6</b>
<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>8</b>
<b>2 DEFINITIONEN UND VERFAHRENSTECHNISCHE ASPEKTE</b>	<b>11</b>
2.1 Mähtechnik und Maschinen für die Heuwerbung	12
Infobox 1: Ernteverluste durch Anhebung der Schnitthöhe	15
2.2 Spezialtechnik und spezielle Verfahren auf Sonderstandorten	20
2.3 Mulchgeräte	25
2.4 Besonderheiten bei der Unterhaltung von Straßenrändern	27
2.5 Technische Neuentwicklungen für mehr Naturverträglichkeit	29
Infobox 2: Bedeutung des Straßenbegleitgrüns für die Biodiversität	30
<b>3 VERWENDUNG DES SCHNITTGUTES</b>	<b>34</b>
<b>4 DAS FLUCHTVERHALTEN VON TIEREN</b>	<b>36</b>
<b>5 AUSWIRKUNGEN DER HEUERNTTE AUF DIE FAUNA</b>	<b>40</b>
Infobox 3: Das Shifting-Baseline-Syndrom	42
5.1 Einfluss einzelner Ernte- bzw. Pflegeschritte und deren Häufigkeit	42
5.2 Schnitthöhe und Arbeitsgeschwindigkeit	51
5.3 Schnittzeitpunkt	53
5.4 Brachen und Refugien	57
<b>6 WIESE UND WEIDE – KEIN GEGENSATZ!</b>	<b>62</b>
<b>7 EMPFEHLUNGEN ZUR UMSETZUNG EINER NATURVERTRÄGLICHEREN MAHD UND ZUR PFLEGE DES STRASSENBEGLEITGRÜNS</b>	<b>65</b>
<b>8 DANKSAGUNG</b>	<b>70</b>
<b>9 LITERATUR UND QUELLEN</b>	<b>70</b>

# Vorbemerkung

Die vorliegende Publikation widmet sich der Naturverträglichkeit der Heuermate, der Landschaftspflege und der Pflege des Straßenbegleitgrüns. Das Werk adressiert damit zentrale Stellschrauben eines erfolgreichen Naturschutzes, deren Bedeutung für den Erhalt der biologischen Vielfalt noch unterschätzt wird. Die Arbeit basiert auf einer nicht-systematischen Literaturlauswertung und der langjährigen Expertise des inter- sowie transdisziplinären Autorentams.

Das Autorenteam ist davon überzeugt, dass erst ein besseres Verständnis von Nutzungsformen und Pflegeverfahren Verbesserungen im praktischen Naturschutz ermöglicht. Der Leitfaden thematisiert in diesem Kontext auch, warum Landwirtschaft und Naturschutz oft unterschiedliche Ansprüche an die Wahl der Technik und Verfahren haben. Viele Akteure im praktischen Naturschutz haben dazu keine vertiefte Schulung erhalten, sind in der Praxis dann aber ständig – direkt oder indirekt – mit (verfahrens-)technischen Fragen konfrontiert. Eher bekannt sind die Auswirkungen der maschinellen Nutzung von Wiesen auf die Fauna, allerdings fehlt bislang eine Zusammenstellung, welche die Komplexität der Wechselwirkungen auf Basis aktueller Literatur ganzheitlich erklärt. Das Autorenteam hofft, mit der vorliegenden Arbeit hierfür einen entscheidenden Beitrag zu liefern.

In der Arbeit werden teilweise Produktamen genannt. Einige Geräte werden, speziell in der Landschaftspflege, gemeinhin nur mit ihrem Produktamen angesprochen, sodass hier dem allgemeinen Sprachgebrauch gefolgt wird. Für den Text wurde keine systematische Marktrecherche durchgeführt, die Abbildungen mit Produkten sind als Beispiele zu verstehen und die Nennungen von Produktamen sind weder mit Kaufempfehlungen noch mit Kaufwarnungen verbunden.

# Zusammenfassung

Das Naturschutzgrünland hat für die Erhaltung der biologischen Vielfalt eine große Bedeutung. Es hat allerdings nur noch geringe Anteile an der landwirtschaftlich genutzten Fläche und ist weiter abnehmend. Eine höhere Überlebensrate der Fauna bei der Heuermate oder Pflegearbeiten ist daher ein zentraler Faktor eines gelingenden Biodiversitätsschutzes gefährdeter Grünlandökosysteme. Viele wenig mobile Tierarten einer Wiese können durch den Ernteprozess verletzt oder getötet werden. Die Populationen können auf mehrmals gemähtem oder gemulchtem Grünland deshalb langfristig oft nicht überleben. Andere Arten sind wiederum in der Lage, Verluste auch bei zweimaliger Schnittnutzung gut auszugleichen oder profitieren sogar davon. Und schließlich liegen etliche Arten hinsichtlich ihrer Toleranz gegenüber der ma-

schinellen Nutzung zwischen diesen Extremen. Ein großer Anteil der Arten stößt bei zusätzlichen Verlusten, wie sie durch Witterungsextreme hervorgerufen werden, an die Grenzen ihrer Kompensationsmöglichkeiten. Die Situation kann für viele Wiesenbewohner durch eine naturverträglichere Ausrichtung der Nutzung bzw. Pflege verbessert werden. Das gilt auch für das Straßenbegleitgrün, das eine wichtige Funktion im Grünlandschutz und als zentrales Element im Biotopverbund haben kann.

Vorliegende Erfahrungen sowie die hier ausgewertete Literatur machen deutlich, dass die Naturverträglichkeit der maschinellen Nutzung und Pflege schon mit einfachen Anpassungen verbessert werden kann. Eine rechtliche Verpflichtung dazu besteht in aller Regel nicht. Ein kardinales Problem ist auch, dass die Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie nur anhand des Vorkommens von Pflanzenarten und ihrer Vegetationsstruktur bewertet werden. Die faunistische Zusammensetzung ist für die Bewertung im behördlichen Monitoring dagegen aufgrund des Aufwandes und methodischer Schwierigkeiten weitestgehend irrelevant, obwohl die Urheber der Richtlinie auch auf die jeweils charakteristischen Tierarten abzielten.

Zur Pflege des Straßenbegleitgrüns sind bereits sehr effiziente und tierschonende Geräte verfügbar. Auch im landwirtschaftlich genutzten Grünland gibt es technische Neuentwicklungen in Richtung höherer Naturverträglichkeit. Die Naturverträglichkeit der Wiesennutzung lässt sich aber auch ohne neues Gerät verbessern. Für eine Reihe von Arten ist beispielsweise das Belassen von Refugien eine effiziente und effektive Verbesserung. Entscheidend ist, dass diese Strukturen über die Wintermonate bestehen bleiben und über die Fläche rotieren. Auch die Senkung der Nutzungshäufigkeit kann vielen Arten dienlich sein, sollte aber nur vorgenommen werden, wenn dies die Wüchsigkeit der Vegetation zulässt und es zu keiner Nährstoff- oder Streuakkumulation kommt. Ebenso sind späte Nutzungstermine (Hoch- bis Spätsommer) für viele Tierarten sinnvoll. Sofern aber über mehrere Jahre spät geerntet wird, kann sich die Vegetation negativ verändern, was sich wiederum ungünstig auf die Fauna auswirkt. Natürlich hat auch die Gerätewahl einen Einfluss: In der Regel sind Balkenmäher eindeutig verträglicher als Trommel- und Scheibenmäher, insbesondere wenn letztere mit einem Aufbereiter kombiniert sind. Welche Arten von welchen Maßnahmen profitieren, ist eine Frage der jeweiligen Autökologie und speziell des arttypischen Fluchtverhaltens. Sogenannte Scheuchen, die dem Mähgerät vorgreifen (z. B. Ketten an einem Bügel), können eine Reihe von Arten zur rechtzeitigen Flucht animieren, ohne dass sie die Effizienz der Maschine beeinflussen. Die Auswahl der Maßnahmen zur Steigerung der Naturverträglichkeit muss immer an das jeweilige Schutzziel angepasst werden. Am Ende dieser Publikation werden alle im Fließtext detailliert vorgestellten Maßnahmen in Empfehlungen zusammengefasst.

# 1 Einleitung

Grünlandgesellschaften sind in Mitteleuropa mit Ausnahme von wenigen Sonderstandorten halbnatürliche Ökosysteme (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010; siehe aber auch VERA 2000 zur Bedeutung von Großherbivoren). Sie beherbergen etwa die Hälfte der heimischen Flora und Fauna (UBA 2015). In ihrer kulturgeschichtlichen Entstehung sind sie Produkte landwirtschaftlicher Nutzungen. Ohne Mahd, Präsenz von Herbivoren oder Landschaftspflege würde sich fast das gesamte Grünland durch Sukzession zu Wald entwickeln (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010; SCHREIBER 2009).

Die Grünlandnutzung ist eine der flächenwirksamsten Tätigkeiten in unserer Landschaft. In Deutschland hat Grünland (gemeint ist damit fortan immer Dauergrünland) nach aktuellen statistischen Angaben rund 14 % Anteil an der Gesamtfläche und 28 % an der landwirtschaftlich genutzten Fläche (DE-STATIS 2022); das sind etwa 4,73 Mio. ha. Der weit überwiegende Teil wird intensiv genutzt, also unter hohem Düngemiteleinsatz sowie drei und mehr

Nutzungen pro Jahr (BfN 2014). Als „Naturschutz-“ oder „Extensivgrünland“ wird allgemein Grünland bezeichnet, dessen standortgebener Aufwuchs durch Mahd oder Weide genutzt wird und auf dem allenfalls eine Erhaltungsdüngung oder -kalkung stattfindet. Grünland mit mehr als zwei Hauptnutzungen gehört zum Intensivgrünland. In Tabelle 1.1 ist auf Basis von Expertenschätzungen für die zweite Hälfte des vergangenen Jahrhunderts die Entwicklung der Prozentanteile des Naturschutzgrünlandes am Gesamtgrünland angegeben; Bezugsfläche ist das Gebiet der heutigen Bundesrepublik Deutschland. Die extensiver bewirtschafteten Wiesentypen sind in diesem Zeitraum auf einen kleinen Prozentsatz zurückgegangen. Entscheidend sind auch die relativen und absoluten Flächenverluste des Grünlandes durch Ursachen wie Aufforstung, Sukzession, Bebauung und neue Verkehrsflächen sowie Umbruch zu Ackerflächen: Im Zeitraum von 1950 bis 2013 betrug der Rückgang des Grünlands ca. 2,3 Mio. ha bzw. rund 33 %. Seitdem hat sich der Rückgang erfreulicherweise deutlich verringert

*Tabelle 1.1: Wichtige Grünlandtypen Deutschlands und ihre Flächenanteile am Gesamtgrünland in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts (Referenz: heutiges Bundesgebiet); geschätzt nach BRIEMLE et al. (1999) (siehe zur Thematik auch FARTMANN et al. 2021a sowie FINCK et al. 2017).*

Grünlandtyp	Anzahl Nutzungen/Jahr	Anteil [%]	
		1950	2000
Glatthafer-Talwiesen	2–3	35	5
Goldhafer-Bergwiesen	1–2	10	5
Bergweiden, Magerweiden	1–2	10	5
<b>Summe frische bis mäßig frische Standorte</b>		<b>55</b>	<b>15</b>
Salbei-Glatthaferwiesen und Halbtrockenrasen	1–2	10	5
Feuchtwiesen	2–3	20	4
Nasswiesen, Kleinseggenwiesen	1	5	1
<b>Summe extremer Standorte</b>		<b>35</b>	<b>10</b>
Vielschnittwiesen und Mähweiden	3–6	3	55
Fuchsschwanzwiesen	3–4	2	10
Intensivweiden	4–6	5	10
<b>Summe frische bis mäßig feuchte Standorte - Intensivgrünland</b>		<b>10</b>	<b>75</b>



(SCHOOF et al. 2019; DEUTSCHER BUNDESTAG 2020). Für die Sicherung und Förderung der biologischen Vielfalt ist es von überragender Bedeutung, dass die verbliebene Fläche bestmöglich im Sinne des Naturschutzes genutzt und gepflegt wird. Die Grünlandbewirtschaftung war und ist dabei vielen praktisch-technischen, ökonomischen und rechtlichen Veränderungen unterworfen. Von diesen haben einige negative Auswirkungen auf die Biodiversität, andere versprechen Verbesserungen.

In den vergangenen Jahrzehnten haben sich insgesamt maschinelle Verfahren mit hoher Flächenleistung pro Zeiteinheit durchgesetzt (EHLERT et al. 2012; KÖLLER & HENSEL 2019; OPPERMANN & KRISMANN 2003). Ihr Einsatz ist auch auf gesetzlich geschützten Naturschutzwiesen häufig (BRANDT 2017) und seit Beginn des 20. Jahrhunderts hat sich selbst dort der zeitliche Aufwand für den eigentlichen Mähvorgang um etwa den Faktor 30 verkürzt (HUMBERT et al. 2010b). Auf intensiv genutzten Flächen ist dieser Faktor tendenziell noch

höher. Neben den leistungsstärkeren Maschinen steigerten auch neue technische Verfahren, wie etwa der Einsatz von Aufbereitern, die ökonomische Effizienz der Futtergewinnung. Neue Maschinen kommen heute auch an Randstrukturen zum Einsatz (Abbildung 1.1).

Der Heuernteprozess und dessen Auswirkungen auf die Fauna sind komplex. Die Ernte führt zur direkten Verletzung oder Tötung eines großen Teils der Individuen (u. a. EHLERT 2012; FARTMANN et al. 2021a; FARTMANN & MATTES 1997; Kiel 1999; OPPERMANN & KRISMANN 2003; VAN DE POEL & ZEHEM 2014). Indirekte, aber oft nicht minder schwerwiegende Auswirkungen, sind die Reduktion oder gar vollständige Beseitigung der Nahrungsgrundlagen (z. B. Beutetiere, Nektar-/ Pollenquellen und generell pflanzliche Biomasse), ein abrupt verändertes Mikroklima (GARDINER & HASSALL 2009) und die Beseitigung schützender Strukturen. Letzteres bedingt weitere Individuenverluste aufgrund zunehmender Prädation durch Wirbeltiere (DEVEREUX et al. 2006).



*Abbildung 1.1: Böschungspflege früher und heute – bis in die 1960er-Jahre war die Heuernte an Böschungen Normalfall und ein wichtiger Beitrag zur Haltung von Kleintieren (Kaninchen, Schafe, Ziegen). Heute wird dieser Aufwuchs nur noch selten als Futter genutzt. Die Aufwuchsressource bleibt vorwiegend ungenutzt; meist werden die Böschungen mit Maschinen, die über einen Auslegearm verfügen, gemulcht. Beide Fotos wurden 2022 am selben Tag im Wildtal bei Freiburg aufgenommen. Fotos: Nicolas Schoof (2022)*

Die Betrachtung und Diskussion der Naturverträglichkeit der Heuernte – gemeint ist damit fortan deren Auswirkung auf die Fauna – blieb trotz dieser maschinellen Technisierung bis in die 1980er-Jahre weitestgehend unbeachtet. Mittlerweile können die Eckpunkte einer tierschonenderen Heuernte auf Basis wissenschaftlicher Studien skizziert werden und erste Maschinenhersteller haben sich der Entwicklung naturverträglicherer Technik angenommen. Die Verbesserung der Naturverträglichkeit der Grünlandnutzung ist vor allem im Insektenschutz heute eine etablierte Forderung von Naturschutzakteuren (SCHOOF et al. 2020).

Im berechtigten Klagen über Missstände im Biodiversitätsschutz geht aber dennoch zu oft unter, dass auch im Kontext bestehender Systeme deutliche Verbesserungen möglich sind, die gerade bei Insekten dem Schutz und der Zunahme von Arten und insbesondere auch der Erhöhung der Biomasse dienlich sind (so dokumentiert z. B. bei FÜRST et al. 2022). Die negativen Einflüsse des Maschineneinsatzes auf die Fauna können mit geeigneter Technik und bei bedachtem Einsatz deutlich verringert werden. Die Fauna zu schonen und dennoch den Aufwuchs effizient zu ernten, muss kein Gegensatz sein. Möglichkeiten, die Naturverträglichkeit zu optimieren, bieten sich aber nicht

erst bei der praktischen Umsetzung, sondern schon bei der politischen Rahmensetzung. Letzteres ist beispielsweise über die Ausgestaltung des Förderrechts möglich (HERZOG et al. 2023; PE'ER et al. 2020; LUICK et al. 2017; MUPEPELE et al. 2018; SCHOOF et al. 2020; TURCK & TERLAU 2023). Auch über eine stringenteren Planung und Überwachung von Kompensationsflächen innerhalb der Eingriffsregelung kann die Naturverträglichkeit gesteigert werden (RABENSCHLAG et al. 2019). Handlungsempfehlungen für die Praxis, die auch neuere Verfahren, neue Technik und aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse detailliert verknüpfen und abbilden, können bei der Behebung von Umsetzungsfehlern zusätzlich helfen (RIECKEN et al. 2020).

Die Pflegeverfahren des Straßenbegleitgrüns als wichtige Komponente von Biotop-Vernetzungskonzepten sind in den vergangenen Jahren ebenfalls in den Blick des Naturschutzes gerückt. Alleine in Baden-Württemberg umfasst das Straßenbegleitgrün rund 27.000 ha (VM 2016). RECK & MÜLLER (2018) geben für das Begleitgrün aller Verkehrswege Deutschlands eine Fläche von 680.000 ha an. Noch wichtiger ist, dass das Straßenbegleitgrün alle Landschaften durchdringt. Es wirkt dabei nicht nur als Barriere, es kann (könnte) für viele Arten auch effizient und effektiv im Sinne des Biotop-

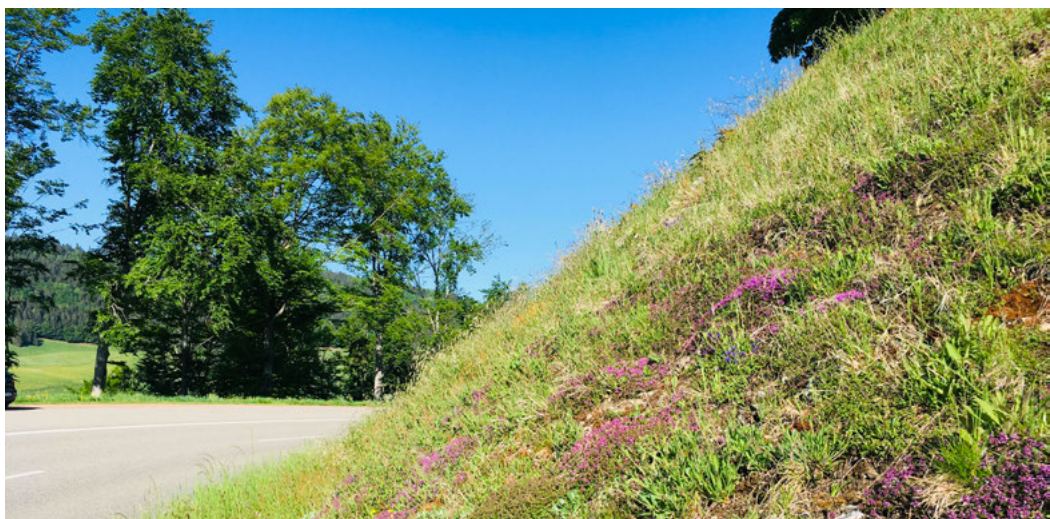


Abbildung 1.2: Aspekt eines Silikatmagerrasens an einer Straßenböschung bei Todtnau im Hochschwarzwald. Solch hochwertige Biotope waren in der historischen Kulturlandschaft oft weit verbreitet. Foto: Nicolas Schoof (2022)

verbundes eingesetzt werden und so auch für das übrige Naturschutzgrünland eine positive Wirkung entfalten (FARTMANN et al. 2021b, 2022b; FISCHER et al. 2022). So gibt es beispielsweise auch an Straßenböschungen zahlreiche und in ihrer ökologischen Funktionalität hochwertige Vegetationstypen wie Glatthaferwiesen, Kalk- und Silikatmagerrasen, Zwergstrauchheiden oder Hochstaudenfluren (Abbildung 1.2). Bei entsprechender Ausprägung genießen diese Lebensräume auch den Schutz der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie) bzw. entsprechender nationaler Rechtsnormen.

Eine ökologische Besonderheit des Straßenbegleitgrüns ist, dass sich aufgrund der Streusalzabrin-

gung am direkten Straßenrand mitunter salztolerante Arten wie Dänisches Löffelkraut (*Cochlearia danica*), Gewöhnlicher Salzschwaden (*Puccinella distans*) oder Salz-Schuppenmiere (*Spergularia salina*) ansiedeln, die sonst nur in Salzwiesen und Spülsäumen der Küsten zu finden sind (NETPHYD & BfN 2013; HOLT-MANN et al. 2019). Gleichzeitig wurde das Straßenbegleitgrün vielerorts aber auch als Ausbreitungskorridor für invasive Pflanzenarten identifiziert und muss diesbezüglich bewertet werden (FLORY & CLAY 2006; LEMBRECHTS et al. 2014). Naturfreundlichere Technik ist gerade für die Pflege des Straßenbegleitgrüns inzwischen für viele Einsatzbereiche in ausgereifter Form verfügbar (RENK 2022a, b, c).

## 2 Definitionen und verfahrenstechnische Aspekte

Im Zentrum dieser Arbeit stehen die Heuernte mit allen Ernteschritten und die zugehörigen maschinelle Pflegeverfahren und Geräte. In der landwirtschaftlichen Praxis und in der Umgangssprache sind für den Begriff „Heuernte“ fast synonym auch die Termini „Mahd“, „Heuen“ oder „Heuwerbung“ üblich.

Im eher kulturgeschichtlichen Sprachgebrauch wird mit „Heu“ und „Heuernte“ oft nur der erste Schnitt und die damit im Zusammenhang stehenden Prozesse bezeichnet. Für den zweiten Schnitt waren regionale Begriffe wie „Öhmd“ oder „Grummet“ verbreitet und sind teils auch heute noch üblich. Im süddeutschen Raum, in der Schweiz und in Österreich wird die Heugewinnung auch unter dem Begriff „Dürrfütterernte“ zusammengefasst. Allerdings ist der Begriff „Dürrfutter“ in Abgrenzung zur Silage und zum früher häufiger gewonnenen und direkt im Stall verfütterten „Frischfutter“ (leider) nicht allgemein gebräuchlich. Im Naturschutz wird die Heuernte (darunter oft auch die Streugewinnung subsummiert) wiederum weithin schlicht als „Mahd“ bezeichnet. Gemeint sind dann alle anfallenden Ernte- bzw. Pflegeschritte. Im verfahrenstechnischen Verständnis bezeichnet der Be-

griff „Mahd“ korrekt allerdings ausschließlich den Prozessschritt des Schneidens und Ablegens des Wiesenaufwuchses.

Weitere in der landwirtschaftlichen Praxis zur „Heuernte“ fast synonym gebräuchliche Begriffe sind „Heuwerbung“ bzw. „Futterwerbung“, die per Definition aber nur die Arbeitsschritte umfassen, die der Beschleunigung der Feldtrocknung dienen; auch die Silagegewinnung wird oft als „Futterwerbung“ bezeichnet.

Da in dieser Arbeit alle Ernteschritte behandelt werden, sind alle Begriffe fortan in einem umfassenden verfahrenstechnischen Sinne zu verstehen. Die Nutzung des Intensivgrünlandes mit drei und mehr Schnitten pro Jahr (in der Regel zur Silagegewinnung) wird in dieser Arbeit nicht detailliert behandelt, obwohl die im Weiteren vorgestellten Faktoren natürlich auch für das Intensivgrünland gelten. Unter dem bereits eingeführten Verfahrensbegriff „Heuernte“ wird in der vorliegenden Studie nicht nur die erste Nutzung des Grünlandaufwuchses eines Jahres verstanden, sondern darunter werden auch die meist folgenden weiteren Schnittnutzungen gefasst.

## 2.1 Mähtechnik und Maschinen für die Heuwerbung

Die Vielfalt an Geräten, Technik und Verfahren zur Nutzung bzw. zur Pflege des Grünlands und des Straßenbegleitgrüns ist inzwischen groß. Nachfolgend werden die wichtigsten Aspekte vorgestellt. Passende Technik ist eine entscheidende Voraussetzung, um Heu (Winterfutter) zu gewinnen und ein zentraler Baustein einer wirtschaftlichen Nutztierhaltung. Die Heuernte besteht aus der eigentlichen Mahd, gegebenenfalls mit Aufbereitung (Konditionierung), Werbung und Bergung. Die Werbung, die sich der Mahd anschließt, dient der Beschleunigung der Feldtrocknung und zur Vorbereitung der Bergung und umfasst die folgenden vier Arbeitsschritte:

- 1) Zetten (kann gegebenenfalls beim Einsatz von breitflächig ablegenden Mähgeräten entfallen)
- 2) Wenden (meist breitflächig; Sonderfall: Schwadwenden)
- 3) Schwaden (Nacht- und Ladeschwaden)
- 4) Schwadstreuen der Nachtschwaden am jeweiligen Folgetag

Nachtschwaden sollen hauptsächlich am Abend vor dem Tag der Bergung verhindern, dass das im Trocknungsverlauf bereits fortgeschrittene Mähgut (Mahdgut) über Nacht wieder größere Mengen Feuchtigkeit aufnimmt. Am Folgetag werden die Nachtschwaden noch einmal zur weiteren Trocknung ausgebreitet (Schwadstreuen) und nach Beendigung des Trocknungsverlaufs wird abschließend aus dem Mähgut der Ladeschwad für die Bergung geformt. Die vier Arbeitsschritte werden in der Praxis, wie bereits ausgeführt, nicht immer genau differenziert und oft pauschal als „Heu-“ bzw. „Futterernte/-werbung“ oder im Naturschutz zusammen mit der Bergung als „Mähgutbergung“ bezeichnet.

Für die Mahd stehen verschiedene Geräte zur Auswahl. Sie werden in Abhängigkeit von ihrer Verfügbarkeit, betriebswirtschaftlichen, standörtlichen und auch naturschutzfachlichen Gesichtspunkten eingesetzt. Die technischen Verfahren sowie die betrieblichen Möglichkeiten und Limi-

terungen sind allerdings nicht immer ausreichend bekannt. Daraus können sich in der Praxis Konflikte ergeben und gleichzeitig werden Möglichkeiten für eine die Fauna schonende Mahd nicht genutzt.

Die für einen Erntevorgang eingesetzten Maschinen können nach Einsatzbereichen typologisch unterschieden werden (Abbildung 2.1), obgleich sich Überschneidungen zwischen den Anwendungsmöglichkeiten ergeben. Maschinen und Geräte für eine großflächige Mahd im landwirtschaftlich genutzten Grünland unterscheiden sich meist von solchen, die an Grabenböschungen, entlang von Verkehrswegen oder auf Sonderbiotopen des Naturschutzes (Kapitel 2.2) eingesetzt werden. Bei der klassischen Grünlandmahd zur Heugewinnung werden oft Standardtraktoren (Schlepper) mit zapfwellengetriebenen Front- oder Heckanbaugeräten zum Mähen und für die nachfolgenden Prozesse (Zetten, Wenden, Schwaden, Bergung) genutzt. Für die Bergung des Mähguts werden bei der Grünlandmahd in der Regel Ladewagen mit Förderschwingen oder Förderrotoren bzw. gezogene Ballenpressen eingesetzt. Auf Grünland in steilen Hanglagen, wie etwa in den Alpen, müssen häufig spezielle Hangschlepper sowie hand- oder ferngesteuerte Einachser (häufig mit Stachelwalzen) als Geräteträger mit den entsprechenden Anbauten verwendet werden. Mit geeigneten Anbaugeräten an solchen Trägerfahrzeugen kann das Mähgut zur Bergung auch dort zusammengeschoben werden, wo es für gezogene Bergetechnik zu steil ist.

Eine grundlegende Kategorisierung der Mähgeräte kann anhand der Bewegung der Schneidwerkzeuge vorgenommen werden. Zu unterscheiden sind zunächst oszillierende und rotierende Werkzeuge. Die oszillierende Technik basiert auf sich hin und her bewegenden Messern mit entsprechenden Gegenschneiden (Ausnahme Sense: zwar oszillierend, aber ziehender Schnitt ohne Gegenschneide). Im Idealfall entstehen glatte Schnittflächen, die den Wiederaufwuchs begünstigen können. Hierzu kann als einfachste und in Ausnahmefällen (z. B.

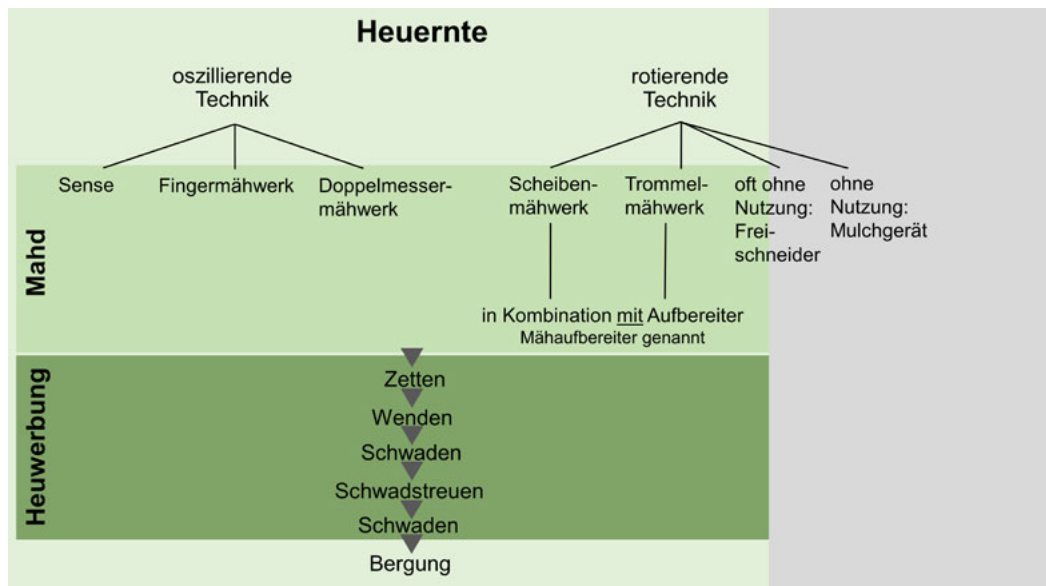


Abbildung 2.1: Systematik der (Mäh-)Geräte und Verfahrensschritte, die im Grünland zur Heugewinnung eingesetzt werden. Auf reinen Naturschutzflächen finden auch alternative Verfahren des Biomasse-Abtransportes Anwendung (Kapitel 2.2). Grafik: Nicolas Schoof (2023)

extrem steiles Gelände) eingesetzte Variante die (Hand-)Sense gezählt werden (hier nicht weiter behandelt). Grundsätzlich lassen sich bei der oszillierenden Mähtechnik dann Fingermähwerke (Fingerbalken) und fingerlose Balken unterscheiden. Neben dem Vorteil eines sauberen Schnitts ist der Leistungsbedarf der Mähbalken relativ gering, was auch zu einer geringeren Beanspruchung der Trägerfahrzeuge führt (KÖLLER & HENSEL 2019). Der für die Grünlandmahd wichtigste Vertreter der fingerlosen Balken ist das Doppelmessermähwerk (Doppelmesserbalken). Es besitzt zwei gegenläufige Messer, wodurch im Vergleich zum einfachen Fingermähwerk eine höhere Laufruhe erreicht wird. Insbesondere bei der Arbeit mit handgeführten Geräten lassen sich so Hand-Arm-Schwingungen verringern. Weitere landwirtschaftliche Vorteile von Doppelmesser- gegenüber Fingermähwerken sind die geringere Verstopfungsgefahr und die Möglichkeit zu höheren Arbeitsgeschwindigkeiten. Die Vorteile spiegeln sich allerdings auch in einem höheren Anschaffungspreis wider. Messerbalkenmähwerke gibt es in verschiedenen Ausführungen für unterschiedliche Einsatzzwecke: für die landwirtschaftliche Verwendung hauptsächlich als Front- oder Heckanbaugeräte an Traktoren sowie

als Anbaugeräte an Einachs- und Raupengeräteträgern für hinsichtlich des Reliefs oder der Bodenfeuchte anspruchsvolle Flächen.

Für die großflächige Mahd im landwirtschaftlichen Grünland und in der Landschaftspflege eignen sich Standardtraktoren mit Mähbalken-Anbaugeräten. Die marktüblichen kombinierten Schmetterlingsmähwerke bestehen aus einem Front- oder Heck-Mähbalken und zwei seitlich ausklappbaren Mähbalken. Beim Einsatz von mittig angebrachten Heck-Mähbalken ist ein Traktor mit Rückfahreinrichtung notwendig; vorteilhaft mit umkehrbarem Fahrerstand. Bei ebenen Flächen können damit große Arbeitsbreiten abgedeckt werden. Auf dem Markt sind z. B. Frontschmetterlingsmähwerke mit Gesamtarbeitsbreiten von 9,5 m erhältlich (Abbildung 2.2). Ähnliche Arbeitsbreiten sind auch für Schwader vorhanden (s. u.). Messerbalkenmähwerke sind relativ empfindlich gegenüber Fremdkörpern (z. B. Steine, Metallteile). Fremdkörperkontakt sowie kleinräumige Bodenebenheiten (z. B. Maulwurfshügel) führen zu einem erhöhten Wartungsaufwand. Eine regelmäßige Wartung ist generell erforderlich, damit die Schneiden der Messer scharf bleiben. Moderne Schleifautomaten erleich-



Abbildung 2.2: Beispiel eines Frontschmetterlings-Doppelmessermähwerks (Ottobeuren). Foto: Rainer Luick (2022)

tern die Arbeit inzwischen erheblich und senken den für das Schärfen erforderlichen Zeitbedarf. Durch eine angepasste, nicht zu geringe Schnitthöhe können die Wartungsintervalle verlängert werden. Darüber hinaus entsteht so für viele kleinere Organismen ein Schutzraum unter der Schnittebene, die Grasnarbe wird geschont und der Wiederaufwuchs besonders bei trockener Witterung im Anschluss tendenziell gefördert. Als übliche landwirtschaftliche Praxis können 7–8 cm Schnitthöhe angenommen werden (MANUSCH & PIERINGER 1995). Schnitthöhen von mehr als 10 cm mindern den Ertrag deutlich (Infobox 1) und erschweren einen sauberen Schnitt. Im Detail ist die Ertragsminderung, die durch eine Anhebung der Schnitthöhe verursacht wird, abhängig von der Zusammensetzung der Vegetation, dem Alter des Bestandes bzw. dem Zeitpunkt der Mahd.

In der Regel erfordert das Fingermäherwerk gegenüber dem Doppelmessermäherwerk den geringeren Wartungsaufwand. Fingermäherwerke werden praktisch nur noch für handgeführte Geräte (Einachsgeräträger) angeboten. Sie bleiben funktionsfähig, selbst wenn die Messer nicht mehr ganz scharf sind. Das Schnittergebnis ist dann jedoch nicht mehr optimal. Damit Doppelmessermäherwerke sauber

arbeiten und ihre Hauptvorteile ausspielen können, müssen sie häufiger eingestellt, geschmiert und geschärft werden. Allerdings können, trotz des höheren Wartungsaufwands, bei großen Arbeitsbreiten und beim Traktor-Anbau nur Doppelmessermäherwerke im Wettbewerb mit den Rotationsmäherwerken bestehen. In einigen Bundesländern wird ihre Anwendung mit öffentlichen Mitteln in spezifischen Förderprogrammen unterstützt (z. B. FAKT in Baden-Württemberg; SCHOOF et al. 2019). Finger- und Doppelmessermäherwerke sind zwar bereits lange etabliert, jedoch werden sie auch aktuell noch weiterentwickelt. Beispielsweise werden auf dem Markt mittlerweile robustere Fingertypen für die Landschaftspflege angeboten, die die Effizienz der Geräte verbessern.

Die Vorteile von Finger- und Doppelmessermäherwerken werden bei neueren Systemen zusammengeführt. Es handelt sich um Anbaumäherwerke für Traktoren, aber auch handgeführte Mäherwerke, bei denen sich eine Finger- gegen eine Messerschneibe bewegt (Doppelmesser-Prinzip mit Fingern). Die Mäherwerke sollen sich selbst nachstellen und es werden selbstschärfende Klingensätze angeboten. Letzteres dürfte den Wartungsaufwand deutlich reduzieren. Die Systeme sind allerdings schwerer als

### Infobox 1: Ernteverluste durch Anhebung der Schnitthöhe

In vielen Fällen dürfte es im Naturschutzgrünland und Straßenbegleitgrün unproblematisch sein, die Schnitthöhe anzuheben. Hier steht die Futtergewinnung nicht an erster Stelle und das Mähgut hat ohnehin einen geringeren Energiegehalt. Die Bedeutung des Aufwuchses dieses Grünlands könnte aber bei zunehmenden Dürreperioden größer werden (FARTMANN et al. 2021a; SCHOOF et al. 2023).

Einige Akteure des Naturschutzes fordern eine generelle Anhebung der Schnitthöhe – also auch für das Intensivgrünland (z. B. KROGMANN et al. 2018 auf 10 cm). Hier ist es sinnvoll, die futterbaulichen Konsequenzen zu kennen: Je nach Zusammensetzung des Aufwuchses bzw. der Aufwuchsdichte der Grasnarbe kann für einen Weidelgrasbestand (Intensivgrünland) zwischen 2–2,3 Dezitonnen (dt) Trockenmasse (TM) je cm Aufwuchshöhe und ha ausgegangen werden. Bei einer Anhebung der Schnitthöhe von 7 auf 10 cm würden also allein beim ersten Erntedurchgang 6–6,9 dt TM/ha ungenutzt bleiben. Ebene Flächen werden auch häufig auf 5 cm gemäht, hier würde der Minderertrag je Ernte dann bei 10–11,5 dt TM/ha liegen (RALF LOGES 2022, Universität Kiel, mündl.). Im Naturschutzgrünland mit dessen vergleichsweise ertragsarmen Aufwüchsen fallen diese Differenzen natürlich weitaus geringer aus. Sie sollten aber zumindest bei gedüngten Lebensräumen (z. B. Glatthaferwiesen) beachtet werden, denn die durch eine Anhebung der Schnitthöhe verminderte Nährstoffabfuhr wird bei anhaltender Düngung möglicherweise überkompensiert, was mittelfristig zur unerwünschten Nährstoffanreicherung führen würde (KAMMER et al. 2022).

die reinen Doppelmessermähwerke. Aktuell fehlen noch praktische Erfahrungen und empirische Bestätigungen der Herstellerangaben.

Mähwerke mit rotierenden Messern stellen die zweite wichtige Gerätegruppe dar. Hohe Messerumlaufgeschwindigkeiten und der freie/schlagende Schnitt sind die wichtigsten Kennzeichen der rotierenden Technik. Die einfachste Variante rotierender Technik ist der händisch geführte Freischneider (hier nicht weiter behandelt). Auch Mulchgeräte zählen hierzu (Kapitel 2.3). Beide schlagen den Grünland-Aufwuchs ab, es erfolgt in der Regel keine Nutzung der Biomasse. Mulchgeräte zerkleinern den Aufwuchs, um die Verrottung zu beschleunigen. Anders bei den Rotationsmähwerken, deren bekannteste Vertreter das Trommel-mähwerk (Kreiselmähwerk; Abbildung 2.3) und das flachere Scheibenmähwerk (Teller-mähwerk; Abbildung 2.4) sind. Gegenüber Mähwerken mit oszillierenden Messern haben Rotationsmähwerke eine wesentlich höhere Messerumfangsgeschwindigkeit. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Wiesenfauna in tödlichen Kontakt mit den Messern kommt, nimmt damit insgesamt zu. Im Gegensatz zu oszillierenden Messern erzeugt die Technik für Arthropoden zudem einen Sogeffekt in Richtung

des Schnittbereichs. Eine gewisse Sogwirkung ist bei der Heuernte erwünscht, da sie die Grasnarbe aufrichtet und einen besseren Schnitt des Aufwuchses ermöglicht. Der Sogeffekt rotierender Mähetechnik liegt dabei unter dem von gängigen Mulchgeräten. Bei Rotationsmähwerken werden immer auch Schleuderschutzvorhänge aus Kunststoff eingesetzt. Sie greifen dem Arbeitsraum der Messer vor bzw. umgeben diesen und erfüllen die gleiche Funktion wie bei Mulchgeräten Kettenvorhänge oder Pendelklappen. Alle Schleuderschutzrichtungen verhindern das gefährliche Herausschleudern von Fremdkörpern.

Die Gefahr der Grasnarbenschädigung und Futterschmutzung steigt bei der rotierenden gegenüber der oszillierenden Technik. Die Rotationsmähwerke sind aber relativ unempfindlich gegenüber Fremdkörpern (z. B. Steine) oder Bodenebenheiten. Messer (Klingen) können außerdem schnell und leicht ausgetauscht werden. Bei ebenem Gelände betragen die Kosten inkl. Arbeitskosten für die Nutzung der Rotationstechnik bei Heckanbau und gleicher Arbeitsbreite von 3,1 m gegenüber einem Doppelmessermähwerk nur etwa die Hälfte (Doppelmesser: 97 €/ha, Rotationsmähwerk: 40 €/ha [SAUMRA-JELTSCH et al. 2022]). Eine

**Tabelle 2.1: Flächenleistung und Betriebskosten von Mähgeräten zur Futterwerbung. PT = Traktorleistung; FFL = Feldflächenleistung; MK = Maschinenkosten; angenommene Biomassemenge: 2,8 t/ha (Quelle: KTBL 2022)**

Mähtechnik	Arbeitsbreite [m]	PT [kW]	Flächengröße [ha]			
			2		20	
			FFL [ha/h]	MK [€/ha]	FFL [ha/h]	MK [€/ha]
Balkenmähwerk	1,8	37	0,92	15,65	1,03	14,56
Rotationsmähwerk	2,4	54	1,83	14,41	2,15	12,87
Rotationsmähwerk in Front-Heck-Kombination	4,5	67	3,51	11,53	4,22	10,18
Rotationsmähwerk mit Aufbereiter	2,4	54	1,83	17,14	2,15	15,42
Selbstfahrender Hochleistungs-Mähaufbereiter des Intensivgrünlandes (z. B. Krone Big M)	9,7	300	7,66	27,86	8,92	18,87

Übersicht über die Flächenleistung und Betriebskosten gängiger Mähgeräte gibt Tabelle 2.1.

Die Zeitspanne, die für die Heuwerbung notwendig ist, ist variabel. Sie liegt in Abhängigkeit von der genutzten Technik und der Witterung im Rahmen von einem bis hin zu wenigen Tagen. In der Landschaftspflege, bei der meist der Biomasseentzug und damit der Nährstoffentzug im Vordergrund steht, die Nutzung des Aufwuchses aber sekundär ist, kann das Material auch länger auf der Fläche verbleiben. Dabei sollte aber beachtet werden, dass Regen Nährstoffe aus dem Schnittgut auswaschen kann, was einen gewünschten Aushagerungseffekt dann minimiert (EGLOFF 1984). Neben der eigentlichen Mahd haben auch die weiteren Ernteschritte bzw. der Einsatz weiterer Futterwerbertechnik Auswirkungen auf die Fauna (Kapitel 5).

Oft werden Trommelmähwerke, bauartbedingt aber meist Scheibenmähwerke, mit integrierten Aufbereitern (Konditionierer) eingesetzt (in dieser Kombination wird dann manchmal von „Mähaufbereitern“ gesprochen). Ziel der Aufbereitung ist ein Zerstören der Zellwände sowie das Aufreißen der verdunstungshemmenden Wachsschicht der Pflanzen (Kutikula), was den Wasseraustritt fördert und damit den Trocknungsprozess deutlich beschleunigen kann (Abbildung 2.6). Der Aufbereitereinsatz ersetzt ein bis zwei Überfahrten mit dem Zettwender, die ansonsten für eine effiziente Trocknung durchgeführt werden müssten (s. u.), sodass

die Futterwerbung teils an einem Tag abgeschlossen werden kann. Nur vereinzelt sind Aufbereiter im Einsatz, die nicht in das Mähwerk integriert sind und für die deshalb ein zusätzlicher Arbeitsgang anfällt. Aufbereiter gibt es in unterschiedlichen Ausführungen: Sie arbeiten entweder mit Quetschwalzen oder mit Zinken- bzw. Schlegelrotoren (KÖLLER & HENSEL 2019). Bei der Heugewinnung steigen die sogenannten Bröckelverluste – das sind Pflanzenteile, die vom Mähgut abbrechen – mit dem Einsatz von Aufbereitern tendenziell. Sowohl arbeitsökonomisch als auch hinsichtlich der erzielten Futterqualität ist der Einsatz von Aufbereitern aber überwiegend vorteilhaft. Voraussetzung ist, dass die Technik bei trockener Witterung eingesetzt wird, denn bei Niederschlag verlängert sich die Trocknungszeit und die Futterqualität sinkt durch Auswaschungsverluste.

HECKER et al. (2022) beziffern die betriebliche Kostenreduktion durch den Einsatz von Aufbereitern aufgrund der geringeren Anzahl erforderlicher Futterwerbeschritte auf 5–22 €/ha. Verminderte Bröckelverluste, die Verbesserung der Futterqualität und die eingesetzte Technik blieben bei dieser Kalkulation noch unberücksichtigt. Über die Verbreitung des Einsatzes von Aufbereitern in der Praxis liegen nur wenige Daten vor. In einer Befragung im Landkreis Heidekreis (Niedersachsen) gaben rund 21 % (N = 49) der Betriebe (N = 236) an, einen Aufbereiter zu verwenden. Die Anwendung fand dort überdurchschnittlich häufig in



*Abbildung 2.3: Kleines Trommelmähwerk (ohne die üblichen Schleuderschutzvorhänge): Die Messer befinden sich unten an den von oben angetriebenen, rotierenden Trommeln. Foto: Viesturs Kalvans/stock.adobe.com*



*Abbildung 2.4: Ein Scheibenmähwerk (ohne die üblichen Schleuderschutzvorhänge): Die rotierenden Mähscheiben mit den Messern werden von einem Stirnradgetriebe (Satellitenantrieb) in einem flachen Getriebekasten (Mähholm) angetrieben. Foto Оксана Скиданова/stock.adobe.com*



*Abbildung 2.5: Ein Arbeitsgerät mit vier Scheibenmähwerken und insgesamt 14 m Arbeitsbreite. Geräte mit einer solch großen Arbeitsbreite werden vor allem in den Regionen mit besonders intensiver Grünlandnutzung in Nord- und Ostdeutschland sowie im westlichen Voralpengebiet eingesetzt. Die Flächenleistung liegt nach Angaben des Herstellers bei 100 ha pro Tag. Foto: Rainer Luick (2010)*



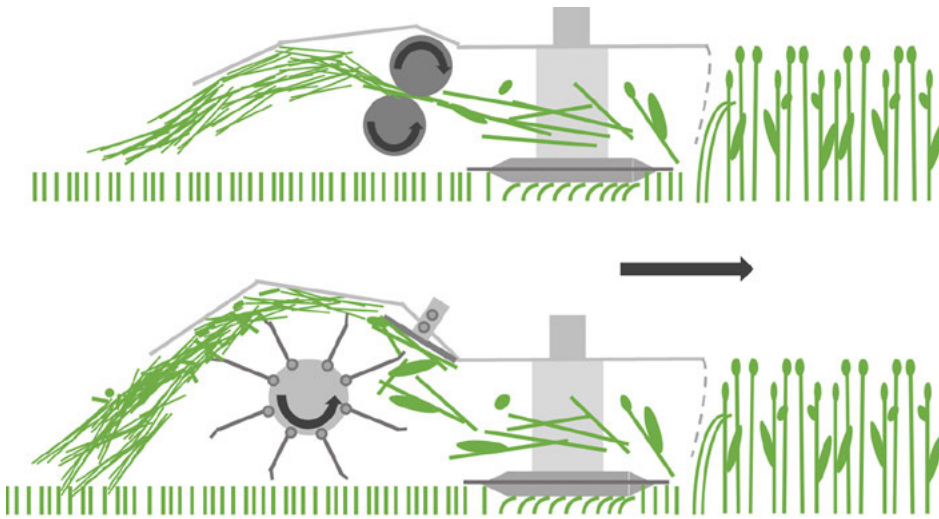


Abbildung 2.6: Seitenansicht von zwei Trommelmähdwerken mit Aufbereitern; einer mit Quetschwalzen (oben), einer mit Zinkenrotor (statt Zinken sind auch Schlegel möglich), die durch Quetschen bzw. Knicken die Wachsschicht und Zellen der Pflanzen öffnen und damit den Trocknungsprozess beschleunigen. Grafik: Nicolas Schoof (2022)

Großbetrieben statt (>100 ha landwirtschaftliche Nutzfläche). Nach Herstellerangaben liegt der Marktanteil von Mähwerken mit integriertem Aufbereiter im Verkauf zwischen 15 und 20 % und ist bei Großflächenmähdwerken (Schmetterlings-Kombinationen, s. o.) deutlich häufiger vertreten (HECKER et al. 2022).

Das geschnittene Gras wird je nach Mähwerk breitflächig oder als Mähswad linienförmig abgelegt. Bei der klassischen Heuwerbung ist zur Trocknung eines Mähswads ein Zetten und Wenden erforderlich. Die hierfür notwendigen Geräte werden in der Praxis oft vereinfachend und nicht ganz korrekt unter den Begriffen „Kreiselheuer“ oder „Heuwender“ subsummiert. Wird bei der Mahd das Gras bereits breitflächig und locker statt als Mähswad abgelegt, kann das Zetten entfallen (Tabelle 2.2). Grundsätzlich sind Zetten und Wenden zwei unterschiedliche Arbeitsschritte. Wichtigstes Ziel des Zettens und Wendens ist es, das geschnittene Gras flächig zu verteilen bzw. aufzulockern, um so einen schnellen, möglichst gleichmäßigen Trocknungsprozess zu erreichen. Ursprünglich bezieht sich der Begriff „Zetten“ ausschließlich auf das Ausbreiten des frischen Mähswads. Seit Einführung der

Zettwender als Kombigeräte sind die Begriffe in Literatur und Praxis miteinander verschmolzen. Eine synonyme Verwendung der Begriffe ist aber falsch. Kreiselzettwender arbeiten mit radial angeordneten Zinkenarmen, bei denen die Zinken etwa 2 cm über dem Boden kreisen und das gemähte Gras erfassen, beschleunigen und beim Freigeben verteilen bzw. wenden (Abbildung 2.7). Der Winkel den die Kreisbahn der Werkzeuge zur Bodenoberfläche beschreibt und die Drehzahl der Zapfwelle bzw. die Geschwindigkeit der Werkzeuge bestimmen bei dieser Technik, ob gezettet oder gewendet wird. Wenn gezettet werden muss, findet das Zetten immer nur einmal statt und das möglichst zeitnah nach der Ablage des Mähswads. Das Wenden findet dagegen zeitlich versetzt nach dem Zetten statt – in der Regel drei- bis viermal bzw. bei der Verwendung eines Aufbereiters meist zwei- bis dreimal. Die erforderliche Häufigkeit ist außerdem von der Witterung und der Aufwuchsmenge abhängig. Am Tag der Bergung umfasst die Heuernernte mit dem Schwadstreuen noch einen weiteren Arbeitsschritt. Die zeitlichen Abläufe hängen jedoch sehr stark von äußeren und betrieblichen Faktoren ab. Im ungünstigsten Fall (feuchte Witterung, ungeeignete Technik und viel Aufwuchs) kann es deshalb

Tabelle 2.2: Notwendigkeit des Zettens bei unterschiedlichen Ausführungen/Anbauten von Mähwerken.

Ausführung	Mähschwadbildung	Verzicht auf Zetten
Alle Mähwerksbauarten im Frontanbau (mit und ohne Aufbereiter)	mäßig stark  Schwadbreite < als die Spur des Traktors  Bei Mähwerken, die im Frontanbau gefahren werden, werden Schwadrichtungen verwendet. Sie verhindern, dass die Räder des Traktors über das gemähte Futter fahren.	nein
Trommelmähwerk, Heckanbau, seitlich vom Traktor geführt, ohne Aufbereiter	mäßig stark	nein
Trommelmähwerk, Heckanbau, seitlich vom Traktor geführt, mit Aufbereiter	gering	bei geringem Aufwuchs möglich
Scheibenmähwerk, Heckanbau, seitlich vom Traktor geführt, ohne Aufbereiter	gering	bei geringem Aufwuchs möglich
Scheibenmähwerk, Heckanbau, seitlich vom Traktor geführt, mit Aufbereiter	sehr gering/keine	ja
Doppelmessermähwerk, Heckanbau, seitlich vom Traktor geführt	sehr gering/keine	bei geringem Aufwuchs möglich
Fingermähwerk, Heckanbau, seitlich vom Traktor geführt	gering  hier wegen Verstopfungsgefahr gezielte Schwadbildung	bei geringem Aufwuchs möglich

vorkommen, dass auch häufiger gewendet werden muss.

Für das Schwaden (Abbildung 2.8), bei dem das Mähgut in Linien (den Schwaden) konzentriert wird, können ebenfalls verschiedene Geräte eingesetzt werden. Häufig arbeiten sie auch mit rotierenden Zinkenarmen, deren Zinken allerdings gesteuert sind – wie etwa beim Kreiselschwader, der in der Landwirtschaft am weitesten verbreitet ist. Andere Schwader-Bauarten wie moderne Pickup-Bandschwader oder Kammschwader sind vor allem im Naturschutzgrünland sinnvolle Alternativen. Vorzüge dieser Schwader sind die Schonung der Grasnarbe, eine geringere Futtermverschmutzung und auch eine tierschonendere Arbeitsweise, da das Schnittgut nicht lange über den Boden bewegt wird, sondern auf einmal aufgenommen wird. Die maximal mögliche Arbeitsbreiten kommen bei diesen Systemen nicht an die großen Vier- oder Sechskreiselschwader, die im Intensivgrünland eingesetzt werden können, heran. Von dem Schwad wird im letzten Verfahrensschritt, der Bergung, das

Material entweder lose mit dem Aufnahmeaggregat des Ladewagens aufgenommen und abgefahren bzw. heute vorherrschend zu Ballen gepresst. Bei den Pressen läuft eine Pick-up-Walze parallel zum Boden, deren Zinken die Biomasse in die Presskammer befördern. Das so verdichtete Futter wird anschließend abgefahren, eingelagert und zur Verfütterung an die Nutztiere vorgehalten. Bei der Futterwerbung zur Silagegewinnung kommen alternativ noch Häckslers zum Einsatz.

Die bisher skizzierten Abläufe sind auch für den Öhmdschnitt identisch (Öhmd oder Grummet ist in vielen Regionen die Bezeichnung für den zweiten Wiesenschnitt). Sehr selten erfolgt im Naturschutzgrünland auch ein dritter Schnitt. In die „normale“ Nutzung eingebundene Glatthaferwiesen auf fetten Standorten werden aber auch dreimal pro Jahr gemäht.

Beim zweiten und dritten Erntedurchgang ist der Wiesenaufwuchs in der Regel geringer, die Trocknung des Mähguts entsprechend schneller und die

Durchgänge für das Wenden sind deshalb reduziert (teils muss nur gezettet werden). Das Intensivgrünland wird hingegen dreimal und häufiger geschnitten – in der Spitze bis zu sechsmal im Jahr. Das Grünland wird während des Jahres also oft befahren. Die Anzahl der Überfahrten variiert vor allem durch die fallweise erforderliche Häufigkeit bestimmter Arbeitsschritte und natürlich durch die Anzahl der Erntedurchgänge.

Neben der Anzahl der Überfahrten ist auch die bei einem Arbeitsgang befahrene Fläche relevant. Der Druck, den ein Fahrzeug oder ein Anbaugerät dabei im Bereich der Kontaktzone zwischen Rad und Boden auf diesen ausübt, wirkt sich direkt auf die oberirdischen Lebensgemeinschaften aus und verdichtet darüber hinaus potenziell den Boden (Abbildung 2.9). Die durch die Reifen beanspruchte Fläche ist abhängig von der Reifenart, der Reifengröße und dem Reifeninnendruck. Hinzu kommt gegebenenfalls der zusätzliche Bodenkontakt von Walzen, Rollen oder Gleitkufen der jeweiligen Arbeitsgeräte (Kapitel 2.2). An allen Kontaktflächen können Tiere geschädigt werden (HUMBERT et al. 2010b). Entscheidend für den Anteil der überfahrenen Fläche ist auch die Arbeitsbreite. Mit zunehmender Arbeitsbreite verringert sich die Anzahl der Überfahrten und damit die unmittelbar befahrene Fläche. In einem Versuch von HUMBERT et al. (2010a) betrug die von den Traktorreifen überfahrene Fläche etwa 18 % der Untersuchungsfläche (Arbeitsbreite des Mähwerks hier 2,5 m). Moderne Grünlandbereifung dürfte heute bei gleicher Arbeitsbreite eher noch höhere Flächenanteile beanspruchen. Sie nehmen bei Geräten mit breiter Spezialbereifung oder mit Radkombinationen, die beim Einsatz im Feuchtgrünland oder in steilen Hanglagen üblich sind, weiter zu. Bei Schmetterlingsmähwerken oder Großflächen-Schwadern, ist der unmittelbar mit Reifen überfahrene Bereich geringer. In der Regel steigen jedoch mit zunehmender Arbeitsbreite das Gewicht und der Leistungsbedarf der Erntetechnik und somit auch die notwendige Leistung und das Gewicht des benötigten Traktors. Das erfordert bei bodenpfleglicher Bewirtschaftung wiederum mehr oder breitere Rei-

fen und einen niedrigeren Reifeninnendruck, so dass die Reduktion der befahrenen Fläche deutlich geringer ist, als dies die gesteigerte Arbeitsbreite zunächst vermuten lässt.

## 2.2 Spezialtechnik und spezielle Verfahren auf Sonderstandorten

Naturschutzflächen, die steil, felsig, uneben oder nass sind, erfordern einen erhöhten Aufwand bei der Mahd und auch bei den folgenden Arbeitsschritten. Oft ist hier eine Beweidung eine optimale Alternative, es gibt aber auch Fälle, in denen nicht beweidet werden kann (z. B. zu nass/trittempfindlich, keine Tierhalter vorhanden) oder soll (z. B. typische Heuwiesen). Die Nutzung des Aufwuchses ist auf solchen Flächen häufig sekundär. Wichtiger sind meist der landschaftspflegerische Aspekt, die Vermeidung unerwünschter Sukzession oder der Entzug von Stickstoff, ohne den viele Lebensräume aufgrund des permanenten Luftstickstoff-Eintrags aus anthropogenen Quellen eutrophieren können (BRIEMLE et al. 1991). Auf extremen Standorten fällt auch heute oft noch Handarbeit an. An Steilhängen werden hauptsächlich Ein- und Zweiachsgeräteträger mit entsprechenden Anbaugeräten verwendet. Gerade mit solchen, eher kleinen Geräten können wertvolle und empfindliche Habitate, die nur kleinflächig in einer Grünlandparzelle vorkommen, bei der Mahd ausgespart werden. Ältere handgeführte Balkenmäher (Motormäher) arbeiten konstruktionsbedingt oft nur in einem Bereich von 2–5 cm Schnitthöhe. Allerdings bieten viele Hersteller auch hier Laufsohlen, Kufen oder Ähnliches an, um die Schnitthöhe zu erhöhen. Bei neueren Modellen sind variable Schnitthöhen möglich. Herstellerseitig wird so auf eine vermehrte Nachfrage nach futterbaulich empfohlener und biodiversitätsfördernder Technik reagiert. Für Schnitthöhen von mehr als 10 cm sind allerdings auch heute viele Geräte nicht geeignet.

Für normale Maschinen unbefahrbare Bereiche müssen noch oft mit Freischneidern oder der Sense gemäht und das Mähgut von Hand gewendet, geschwadet und mit Heugabeln zu befahrbaren Bereichen getragen werden. Spezialtechnik spart

*Abbildung 2.7: Zetten und Wenden sind bei der Heuwerbung Arbeitsschritte zur Trocknung des Aufwuchses. Die Maschine arbeitet mit rotierenden Zinken. Foto: Yaroslav/stock.adobe.com*



*Abbildung 2.8: Der Schwader konzentriert mit gesteuerten rotierenden Zinken das Erntegut zur Aufnahme auf einer Linie. Foto: Countrypixel/stock.adobe.com*



*Abbildung 2.9: Bodenschäden durch eine unsachgemäße Maschinenwahl bei der Pflege einer Streuwiese. Deutlich wird die fast flächige Befahrung und Verdichtung (Niederwerdenfelser Land [BY]). Foto: Gwydion Scherer (2020)*



hier Zeit und ist gerade bei immer größer werdenden Betrieben mit immer weniger Arbeitskapazitäten entscheidend für die Umsetzbarkeit der Pflege auf Grenzertragsstandorten. In vielen Bundesländern werden die Anschaffung und der Einsatz von Spezialtechnik deshalb mit öffentlichen Mitteln unterstützt. An Steilhängen oder in sensiblen Feuchtbiotopen können teils neuere Systeme von Balkenmäherwerken mit großer Arbeitsbreite eingesetzt werden – z. B. der Duo 6 der Firma Brielmaier (Abbildung 2.10). Dieses Mähwerk ist eine Kombination aus zwei fernsteuerbaren Einachsgeräteträgern mit einem flexiblen Mähbalken, der eine Arbeitsbreite von 6 m abdecken kann. Das Duo 6-System kann bei geeigneter Fläche auch im Steilhang eine Flächenleistung von über 2 ha pro Stunde erreichen. Die Möglichkeit, auf diese Arbeitsbreiten zurückzugreifen, besteht allerdings oft nicht.

Verschilfte Flächen sind eine besondere Herausforderung, da das Schilf (*Phragmites australis*) dem Mähenden mit handgeführtem Mähwerk (Motormäher) entgegenfällt. Soll dennoch schonend mit handgeführten Messerbalken gemäht werden, kann ein einfacher Anbau mit einem dem Messerbalken vorgelagerten System, wie einer festen Schnur, die das Schilf nach vorne drückt, Abhilfe schaffen. Es gibt auch Motormäher-Anbaugeräte (BCS 622 Reaper Binder), die das Schilf gleich zu Bündeln schnüren. Die Bündel können dann leicht zum Flächenrand getragen werden.

Der Hauptaufwand der Pflege im schwierigen Gelände liegt in der Heuwerbung und Bergung. Hier gibt es diverse Möglichkeiten, die reine Handarbeit mit Rechen und Heugabel zu ersetzen oder zumindest zu reduzieren. Es können Bandrechen als Anbaugeräte für Einachsgeräteträger zum Schwaden verwendet werden. Mit einem Heuschieber am Einachsgeräteträger, z. B. vom Typ Hill Rake, kann das Material nicht nur geschwadet, sondern auch Arbeitsbreite für Arbeitsbreite umgelagert und so von der Fläche geräumt werden – dieses Gerät ist gut geeignet für Hanglagen, auf ebenen Flächen funktioniert diese Technik

nur bei geringem Aufwuchs. Ein Heuschieber vom Typ Twister/Multi-Twister (Abbildung 2.11) am handgeführten Gerät kann sowohl Schwaden als auch das Material aufnehmen. Für die separate Aufnahme des Schwads gibt es für Einachsgeräteträger auch einfache Heuschieber, lediglich bestehend aus Schild und Zinken (Schiebesammler). Zur Bergung werden mitunter auch Hanggeräteträger, sogenannte Zweiaxsmäher, verwendet (Abbildung 2.12, Abbildung 2.13). Eine Alternative zum Schwaden ist die Beförderung und Konzentration des Heus durch Blasergeräte (Abbildung 2.14), was vor allem in der Berglandwirtschaft stellenweise angewendet wird. Dieses Verfahren senkt die Befahrungintensität der Flächen erheblich (RICHNER et al. 2014). Die Auswirkungen auf die Fauna sind noch nicht untersucht. Möglicherweise führt das Verblasen durch dabei ausfallende Samen sogar zu einem Transfer von Pflanzensamen auf der Fläche.

Wer keine Spezialkonstruktionen vornimmt oder die Anschaffungskosten von Spezialmaschinen scheut, kann sich die Handarbeit u. a. mit einer Plane (z. B. Silo- oder LKW-Plane) erleichtern (Abbildung 2.14). Dabei wird das Mähgut auf die Plane geladen und diese mit Hilfe einer Seilwinde am Traktor oder in kleinerem Maßstab von Hand aus der Fläche gezogen. Dies ist auch im steilen Gelände oder schwer zugänglichen Winkeln umsetzbar. Mit Hilfe eines All Terrain Vehicle (ATV) können kleinere Mengen ebenfalls gut abtransportiert werden, sei es auf einer Plane oder direkt als Bündel an einer Seilwinde.

Oftmals ist das Trocknen der Streu bei artenschutzfachlich spät gewählten Schnitzeitpunkten auf Streuwiesen nicht mehr auf der Fläche möglich. Dann ist es eine gute Lösung, das Material nach der Mahd auf einer benachbarten Fläche nachzutrocknen. Wenn die Arbeitsschritte des Zettens bzw. Wendens auf der Nachtrockenfläche stattfinden, bringt dies den Vorteil, dass auf der Naturschutzfläche weniger Überfahrten anfallen. Nachteil kann sein, dass Samen verschleppt werden und somit gegebenenfalls auf der Naturschutzfläche fehlen.

Abbildung 2.10: „Brielmaier Duo 6“ im Einsatz. Der flexible Mähbalken kann sich bedingt dem Relief anpassen. Breite Stachelwalzen sorgen für den nötigen Halt, selbst in extremen Hanglagen. Dadurch vergrößert sich allerdings auch die überrollte Fläche; das System kann ferngesteuert werden (Allgäu).  
Foto: Fa. Brielmaier (2015)



Abbildung 2.11: Mit Heuschiebern vom Typ Twister/Multi-Twister kann Mähgut im steilen und ebenen Gelände geschwadet (wenn die Seitenklappen geöffnet werden) oder in einem Arbeitsgang aufgenommen werden. Auf besonders nassen Standorten ist die Variante mit Tastrollen in Form von Doppelrollen von Vorteil, damit das aufgenommene Material das Gerät nicht in den Boden drückt.  
Foto: Leonie Schaefer (2022)



Abbildung 2.12: Für eine effiziente Bergung auf nassen Flächen wurde ein Hoftrac mit hydraulischer Heuzange und Drillingsbereifung auf beiden Achsen umgebaut. Damit kann bodenschonend geräumt werden. Durch die breite Bereifung ist die befahrene Fläche allerdings sehr groß.  
Foto: Leonie Schaefer (2020)





Abbildung 2.13: Ein zwillingsbereifter Hanggeräteträger bzw. Zweiachsmäher mit kleinem Anhänger kann auch auf Moorstandorten eingesetzt werden. Händische Zuarbeit ist dennoch in hohem Maße erforderlich. Foto: Leonie Schaefer (2020)



Abbildung 2.14: Verblasen funktioniert bei sehr schwachen Aufwüchsen prinzipiell auch auf ebenen Flächen. Hier ein Foto aus dem Allgäu. Foto: Leonie Schaefer (2016)



Abbildung 2.15: Die Bergung mit Hilfe einer Plane erspart das Heraustragen von Hand ohne Anschaffungskosten für zusätzliche Maschinen (Huglfing [BY]). Foto: Andreas Zehm (2008)



Neben dem Insektenschutz spielt, wie bereits angedeutet, die Bodenschonung bei der Mahd, Heuwerbung und Bergung auf vielen Naturschutzflächen eine besonders große Rolle. Zum schonenden Einsatz können neben handgeführten Einachsmotormähern bzw. Einachsgeräteträgern mit Messerbalkenmäherwerk, auch kleine Hanggeräteträger oder Raupenfahrzeuge (Abbildung 2.16) verwendet werden. Bei handgeführten Mähgeräten kann die überfahrene Fläche (abhängig von der Reifenbreite oder Stachelwalzen) geringer sein, darüber hinaus zeichnen sich handgeführte Mähgeräte gegenüber Traktoren mit Anbaugeräten durch ein sehr viel geringeres Gesamtgewicht aus. In steilem Gelände oder auf nassem Untergrund benötigen Maschinen breite Aufstandsflächen. Diese entsteht entweder durch die Verwendung von Niederdruckreifen, häufiger jedoch durch Verwendung von Radpaaren/Zwillingsreifen (Abbildung 2.17) oder Sonderködern bzw. Stachelwalzen. Stacheln geben Halt in Hanglagen, was bei neuesten Systemen mit flexiblen Stacheln noch einmal optimiert wurde. Hier geben die Stacheln bei Hindernissen wie Steinen oder Wurzeln nach, sodass die Walze den Bodenkontakt nicht verliert. Damit sind auch unebene Hanglagen gefahrlos nutzbar. Inwieweit das Eindringen der Stacheln Geophyten oder im Boden lebende Insekten beeinträchtigt, ist noch nicht erforscht. Verletzungen der Grasnarbe, die aufgrund einer zu hohen Auflast durch Reifen bzw. Walzen entstehen können, sind aus Sicht des Bodenschutzes negativ. Aus Sicht des Artenschutzes stellt dies eine Störung dar, die neben negativen auch positive Effekte haben kann. Beispielsweise können so Regenerationsnischen für konkurrenzschwache Pflanzenarten entstehen oder der entstandene Offenboden wird von bodennistenden Insekten genutzt.

Weit verbreitet ist auch der Einsatz von Zwillingsködern, die entweder an den Felgen oder direkt auf der gleichen Achse wie die anderen Räder angebracht werden. So erhöht sich die Aufstandsfläche und der Bodendruck nimmt ab. Dies kann an allerlei Maschinen (Standardtraktoren, Ein- und

Zweiachsgeräteträger) und auf unterschiedlich vielen Achsen Verwendung finden (Abbildung 2.18). Die bodenschonendste Bereifung am Traktor hilft aber wenig, wenn der schwere Ladewagen dahinter Furchen zieht. Entscheidend ist also auf wie vielen Achsen des gesamten Gerätezuges eine Spezialbereifung vorhanden ist. Tuffquellen stellen einen Spezialfall dar und sollten auch mit breitester Bereifung nicht von Aufsitzmaschinen befahren werden, da auch die Spezialbereifung Schäden an den Tuffbildungen im Untergrund verursachen. Auch Kalkflachmoor-Streuwiesen sollten von Hand gemäht werden (BRÄU & NUNNER 2003). Insbesondere auf Feuchtwiesen können viele Kleinstrukturen ein Hindernis für Maschinen sein. Aufgrund ihrer hohen Bedeutung für die biologische Vielfalt hat ihre Erhaltung aber Priorität (vgl. BRIEMLE et al. 1991; MALKMUS 2019).

Die technischen Möglichkeiten sind heute vielfältig. Früher wurde die Landschaft durch Meliorationsmaßnahmen an die Maschinen angepasst (FARTMANN et al. 2021a). Heute können durch technische Fortschritte viel eher auch Maschinen an örtliche Gegebenheiten angepasst werden. In der Theorie gilt es Aufwand, Bodenschonung und artenschutzfachliche Erfordernisse unter den jeweiligen standörtlichen Gegebenheiten abzuwägen und daraufhin die Technikwahl vorzunehmen. In der Realität begrenzt zumeist die zeitliche und räumliche Verfügbarkeit von Auftragnehmenden bzw. Umsetzenden und deren technische Ausstattung die Auswahl.

### 2.3 Mulchgeräte

Mulchgeräte (Mulcher) werden eingesetzt, um in einem Arbeitsgang den Aufwuchs zu kürzen und mit schnell rotierenden Schneid- bzw. Schlagwerkzeugen zu zerkleinern. Nach dem Zerkleinern des abgeschlagenen Materials wird es vom Mulchgerät möglichst breitflächig abgelegt. Das Ziel des Mulchens ist ein rascher Abbau des Aufwuchses (Mulch) an Ort und Stelle (Abbildung 2.19). Das Material wird also nicht verwendet (siehe zu Saugmulcher bzw. -mäher Kapitel 2.4). In der kommunalen



Abbildung 2.16: Auf nassen Böden können Mähraupen eingesetzt werden, die das Material in einem Arbeitsgang schneiden und abtransportieren. Die Bodenbeanspruchung ist beim Raupeneinsatz gering, Arthropoden haben aber kaum die Möglichkeit, aus dem gemähten Material zu entkommen. Alternativ muss das Material auf Planen herausgezogen werden, was viel Handarbeit erfordert (Huglfing, Deimenried [BY]). Foto: Andreas Zehm (2008)



Abbildung 2.17: Spezialtechnik im Einsatz: Während die Mahd auch mit leichtem Gerät erfolgen kann, ist die Materialbergung anspruchsvoll und erfordert breite Bereifung, um die Flächen befahren zu können (Ohlstadt [BY]). Foto: Andreas Zehm (2007)



Abbildung 2.18: Insbesondere bei Ladewagen, die mit der Aufnahme des Mähguts ein beträchtliches Gewicht erlangen, ist die Zwillingsbereifung hilfreich für das Befahren feuchter Flächen. Foto: Leonie Schaefer (2022)

len Pflege, der Pflege von Straßenbegleitgrün und in der Landschaftspflege dienen Mulcher (nur) der Offenhaltung. Sie werden eingesetzt, wenn es keine Bewirtschaftungsalternativen oder Verwertungsoptionen für den Aufwuchs gibt, gleichzeitig aber eine Kürzung des Aufwuchses erforderlich ist oder scheint – vor allem das Straßenbegleitgrün wird insgesamt wohl noch unnötig oft gemulcht. Ein weiterer Einsatzbereich ist die Flächenvorbereitung einer Brache zur Wiederaufnahme einer Pflege bzw. Nutzung. Oft werden Mulchgeräte im Front- oder Heckanbau an Traktoren oder als Arbeitsköpfe an Traktoren eingesetzt. Es existieren aber auch handgeführte Mulcher, Selbstfahrer und Aufsitzgeräte.

Sichelmulcher (Kreiselmulcher) und Schlegelmulcher sind die beiden am weitesten verbreiteten Bauarten. Beim Sichelmulcher übernehmen parallel zum Boden geführte Messer, die sich an einer senkrechten Welle befinden, den Zerkleinerungsvorgang. Schlegelmulcher hingegen arbeiten mit Werkzeugen an einer parallel zum stützenden Untergrund (Boden) geführten Welle. Der Aufwuchs rotiert bei dieser Bauart im Arbeitskopf mit und wird dadurch zerkleinert. Je nach verwendetem Schlegeltyp (z. B. Hammerschlegel) können Schlegelmulcher konstruktionsbedingt eine sehr starke Sogwirkung erzeugen, die besonders viele Arthropoden in den tödlichen Wirkungsbereich zieht. Sogenannte Y-Messer können diesen Sogeffekt reduzieren (LATSCH et al. 2010; Kapitel 2.5).

Umgangssprachlich und vor allem im Kommunalbereich werden Mulcher manchmal auch als „Mähgeräte“ oder „Mäher“ bezeichnet und das Mulchen auch als „Mulchmahd“. Diese Begriffe sollten aber nicht vermischt werden. Das Mulchen unterscheidet sich in seinen Zielen, der eingesetzten Geräte/Technik, der entfallenden Nutzungskette und natürlich auch hinsichtlich der Naturverträglichkeit von der Mahd. Wenn der Aufwuchs nach dem Zerkleinern abgesaugt und in einen Sammelbehälter geführt wird, sollte von Saugmulchen gesprochen werden. Die Mulchtechnik ist nur in Einzelfällen die fachlich erste Wahl im Naturschutz – so z. B., wenn holziger Aufwuchs bei einer Erstpflge be-

seitigt werden soll. Hier ist die Robustheit insbesondere der Schlegelmulcher von großem Vorteil (Abbildung 2.20). Neben seiner negativen direkten Wirkung auf die Fauna, können beim Mulchen in Abhängigkeit vom Standort auch die indirekten Wirkungen negativer als bei anderen Bewirtschaftungsformen sein (Kapitel 5).

## 2.4 Besonderheiten bei der Unterhaltung von Straßenrändern

Zur Offenhaltung von Verkehrswegen werden bislang vor allem Mulchgeräte als Arbeitsköpfe an Auslegerarmen (Auslegern) von Traktoren oder speziellen Lkw genutzt. Auf steilen oder schwer zugänglichen Flächen, wie an Regenrückhaltebecken oder auf abschüssigen Böschungen, werden vielerorts auch ferngesteuerte Mulchgeräte verwendet. Ein System, das definitiv im Zwischenbereich von Mulchen und Mähen liegt, sind Saugmulcher (Saugmähzug, Saugmäher). Dabei können Arbeitsköpfe an Auslegerarmen eingesetzt werden, die technisch einem Mulchgerät entsprechen. Allerdings verbleibt der Aufwuchs nicht als Mulch auf der Fläche, sondern wird durch einen (z. B. mit einem Fördergebläse) erzeugten Unterdruck aufgenommen und über ein Schlauchsystem in einen Sammelbehälter geleitet (HEMMANN et al. 1987). Zunehmend werden zur Optimierung der Naturverträglichkeit der Pflegemahd und auch zum Abräumen des Mähgutes schonendere Mähwerke mit verringerter Sogwirkung an Stelle von Mulchern verwendet. Diese gibt es sowohl für ferngesteuerte Geräteträger als auch für größere Trägerfahrzeuge mit Auslegerarmen (RENK 2022a, b, c). Wenn nicht gemulcht, sondern der Aufwuchs abgeräumt wird, stellt sich speziell im Straßenbegleitgrün allerdings die nicht immer leicht zu beantwortende Frage nach einer zulässigen und sinnvollen Verwertung. Bisher wird abgeräumtes Mähgut von Straßenbegleitgrün häufig eher als Verwertungsproblem denn als Ressource betrachtet. Dies hängt unter anderem damit zusammen, dass insbesondere der Bereich des Straßenbanketts bzw. der fahrbahnahe Bereich häufig von einem erhöhten Müll-, Fremdstoff- und Schadstoffanteil geprägt ist, was die Verwertungsmöglichkeiten deutlich einschränkt. Beispielswei-



Abbildung 2.19: Schlegelmulcher im Heckanbau. Ziel des Mulchens ist es, in einem Arbeitsgang den Aufwuchs zu kürzen, zu zerkleinern und breitflächig abzulegen. Der Aufwuchs bleibt ungenutzt. Kettenvorhänge, Pendelklappen oder ähnliche Schutzvorrichtungen sollen, wie auch bei rotierenden Mähwerken, das Herausschleudern von Fremdkörpern verhindern. Foto: Sergey/stock.adobe.com



Abbildung 2.20: Bei der Wiederherstellung brachgefallener Wiesen kann es erforderlich sein, Unebenheiten, wie Pfeifengrashorste, für die Mähbarkeit mit Mulchern zu beseitigen. Auch bei der Reduzierung von unerwünschtem Gehölzaustrieb kann die Bearbeitung mit dem Schlegelmulcher wirksam sein. Damit dieser gezielte Einsatz von Mulchern möglichst insektenschonend abläuft, sollte diese Pflege im Herbst und nur abschnittsweise erfolgen (Oberallgäu). Foto: Leonie Schaefer (2019)



Abbildung 2.21: Gemulchter Intensivbereich an der Bundesstraße 3 zwischen Bühl und Baden-Baden. Foto: Nicolas Schoof (2022)

se gelangen problematische Stoffe/Partikel durch Straßen-, Reifen- und Bremsabrieb sowie Verbrennungsprozesse in den Straßenrand, wo sie sich vor allem im Oberboden anreichern und teilweise über die Wurzeln in den Aufwuchs gelangen.

Insbesondere hemmen vorhandene rechtlich-formelle Vorgaben die Verwertbarkeit des Aufwuchses aus dem Straßenbegleitgrün. So wird durch Vorgaben aus dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) Mähgut aus dem Straßenbegleitgrün und von Wegrainen in der Regel als Abfall eingestuft, da hierfür ein sogenannter „Entledigungswille“ angenommen wird. Abfälle im Sinne des KrWG sind „alle Stoffe oder Gegenstände, derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss“ (§ 3 Abs. 1 S. 1 KrWG). Auf dieser Einstufung werden die Verwertungsmöglichkeiten für Mähgut aus der Straßenpflege durch abfall- und genehmigungsrechtliche Vorgaben sowie vergütungsrechtliche Nachteile zum Beispiel für die Biogasproduktion deutlich eingeschränkt (DITTMER 2023). Bei den maßgeblichen Vorgaben wird zudem nicht zwischen Straßenbankett bzw. fahrbahnnahe Bereich und dem bei breiterem Straßenbegleitgrün daran angrenzenden und weiter abgelegenen Bereich differenziert, obwohl sich Müll-, Fremdstoff- und Schadstoffwerte deutlich unterscheiden dürften. Verwertungsalternativen des Aufwuchses des Straßenbegleitgrüns werden aktuell erprobt (siehe StMELF 2022; DITTMER 2023).

Das Straßenbegleitgrün wird in einen Intensiv- und einen Extensivbereich untergliedert (StMB 2020; VM 2016; ZEHM et al. 2020). Zum intensiv gepflegten Bereich gehören die direkt an eine Straße anschließenden Flächen wie Bankette, Mulden, Gräben, Trenn- und Mittelstreifen. Der Intensivbereich wird mehrmals im Jahr bearbeitet. Die Verkehrssicherheit hat hier oberste Priorität, was den Handlungsspielraum einschränkt. Der Intensivbereich kann häufig relativ schmal gehalten werden (Abbildung 2.21) und besonders in Städten sind heute auch Flächen extensiver gepflegt, die noch vor wenigen Jahren dem Intensivbereich zugeschrieben wurden und einer entsprechend häufigen Pflege unterworfen waren (Abbildung 2.22). Speziell im

Intensivbereich werden fast nur Mulchgeräte eingesetzt. Besonders oft wird der sogenannte Humus-Safety-Mulcher der Maschinenfabrik Bermatingen verwendet. Durch seine helixförmigen, mit dem Rotor fest verbundenen Messersegmente wird das Herausschleudern von Steinen und anderen Fremdkörpern weitgehend unterbunden. Dies erlaubt den Einsatz entlang parkender Fahrzeuge oder im fließenden Verkehr.

Im Extensivbereich können Naturschutzbelange prinzipiell eher berücksichtigt werden. Eine Aufwertung macht hier auch durchaus Sinn, obwohl zahlreiche Insekten vom fließenden Verkehr erfasst werden (Infobox 2). Besonders lohnend für eine Extensivierung der Pflege sind z. B. Böschungen, fahrbahnabgewandte Grünflächen und Innenflächen von Anschlussstellen. Mulchgeräte werden mangels Verwertungsoptionen des Aufwuchses oder fehlender Alternativtechnik aber häufig auch im Extensivbereich des Straßenbegleitgrüns eingesetzt. Um das Mulchen durch ein Abräumen des Aufwuchses ersetzen bzw. ergänzen zu können, sind zunächst Verwertungsoptionen für die anfallende Biomasse erforderlich (Kapitel 3). Viel zu oft wird in Deutschland an Verkehrswegen – und im urbanen Grün – aber auch noch zu häufig pro Jahr und in vielen Fällen auch räumlich zu umfangreich gemulcht. Die weithin übliche Pflegehäufigkeit im Extensivbereich liegt in Abhängigkeit von Witterung, Standort und Arbeitsbereich bei zwei bis drei Durchgängen pro Jahr. Ebenso sind zum nächsten Pflegedurchgang oder gar überjährig ausgesparte Refugien bzw. Insektenschutzstreifen noch zu selten realisiert (PROSKE et al. 2022; SEHRT et al. 2020).

## 2.5 Technische Neuentwicklungen für mehr Naturverträglichkeit

Inzwischen hat sich bei vielen Herstellern von Mäh- und Mulchgeräten ein Bewusstsein für tierschonendere Pflegeverfahren etabliert. Naturschutzüberlegungen werden zunehmend bei der Entwicklung neuer Technik berücksichtigt. Viele dieser technischen Entwicklungen zielen ausschließlich auf den Pflegeeinsatz im Straßenbegleitgrün bzw. auf kommunale Grünflächen ab. Sie



Abbildung 2.22: Altgrasstreifen auf einem Mittelstreifen einer vierspurigen Straße in Freiburg. Foto: Nicolas Schoof (2022)

## Infobox 2: Bedeutung des Straßenbegleitgrüns für die Biodiversität

Straßenbegleitgrün als potenzieller Wanderkorridor und Lebensraum von Tieren kann nicht ohne die Bilanzierung möglicher negativer Effekte des Straßenkörpers und des Verkehrs betrachtet werden. Straßen zerschneiden Lebensräume und sind eine Barriere für Tiere, vor allem für nicht flugfähige Arten (siehe Zusammenfassung in FARTMANN et al. 2021a). Zudem kommt es durch den Straßenverkehr zu (letalen) Kollisionen mit Fahrzeugen und zu Schadstoffeinträgen, die im Extremfall auch toxisch sein können.

Naturschutzgrünland weist in der heutigen Kulturlandschaft nur noch einen sehr geringen Flächenanteil auf. Zudem ist der Austausch von Individuen zwischen den noch vorhandenen wertvollen Grünlandflächen meist stark eingeschränkt (FARTMANN et al. 2021a; PONIATOWSKI et al. 2016, 2018). Für viele Arten sind mangelnde Wiederbesiedlungsmöglichkeiten und der fehlende genetische Austausch zwischen den Restflächen ein wesentlicher Gefährdungsfaktor (AUFFRET et al. 2017; FARTMANN et al. 2021a, b). Die Einrichtung von Wander-/Ausbreitungskorridoren ist ein wirksames Mittel, um die bestehenden Restflächen zu verknüpfen und den langfristigen Fortbestand von Populationen zu gewährleisten (FARTMANN et al. 2021a, b; HADDAD et al. 2003; STREITBERGER et al. 2016; STUHLREHER & FARTMANN 2018).

Trotz der zuvor beschriebenen negativen Auswirkungen von Straßen kann das randliche Straßenbegleitgrün eine wichtige Rolle sowohl als Refugialhabitat als auch als Wanderkorridor für Insekten des Grünlandes erfüllen (DANIEL-FERREIRA et al. 2021; FARTMANN et al. 2021a, b; HABEL et al. 2020; HOOFTMAN et al. 2022; KAUR et al. 2019; OUEDRAOGO et al. 2020; PHILLIPS et al. 2020). Der Wert des Straßenbegleitgrüns für Insekten hängt dabei ganz entscheidend von einer adäquaten Pflege und damit der Qualität der Habitate ab (FARTMANN et al. 2021a; PHILLIPS et al. 2020). Bei entsprechender Pflege können Straßenränder arten- und individuenreiche Insektengemeinschaften aufweisen, die mitunter auch von Habitatspezialisten besiedelt werden. Auch für Reptilien können sie wichtige Lebensräume darstellen.

Ein funktionierender Wanderkorridor kann allerdings auch negative Folgen haben. Dies ist der Fall, wenn über die zur Unterhaltung der Randstreifen eingesetzten Maschinen invasive Pflanzenarten (Neophyten) wie die Vielblättrige Lupine (*Lupinus polyphyllus*), Staudenknöterich-Arten (*Fallopia* spp.; Abbildung 2.23) oder die Orientalische Zackschote (*Bunias orientalis*) verbreitet werden. Zum Umgang mit Neophyten im Straßenbegleitgrün liefert VM (2016) weitere Informationen.

Vor allem wenn Verkehrswege neu angelegt oder erweitert werden, ist durch die Bauarbeiten an den Rändern oft viel Offenboden vorhanden. Das kann genutzt werden, um durch Renaturierung, z. B. mittels Mähgutübertragung von Spenderflächen, hochwertige Lebensräume neu zu schaffen (ausführlich bei KOLLMANN et al. 2019, SKOWRONEK et al. 2023). Auch darüber hinaus ist das Begleitgrün an Verkehrswegen ein interessanter Ort, um unter relativ geringen Interessenskonflikten, Naturschutzziele schnell auf die Fläche zu bringen.



*Abbildung 2.23: Ausbreitung von Japanischem Staudenknöterich (*Fallopia japonica*) an einem Straßenrand im Odenwald. Heimische Pflanzenarten, aber auch invasive Neophyten können durch die zur Unterhaltung eingesetzten Maschinen verschleppt werden. Das lineare Straßenbegleitgrün kann somit gleichermaßen als Ausbreitungskorridor für heimische Arten und als Invasionspfad für unerwünschte Arten fungieren. Foto: Nicolas Schoof (2022)*

stoßen bei den Abläufen in der Landschaftspflege, im Naturschutzgrünland und in der erwerbsorientierten Landwirtschaft teils an technische Grenzen. Neue Entwicklungen speziell für die letztgenannten Zwecke werden aber auch mangels Nachfrage noch nicht genügend forciert (vgl. OPPERMANN & KRISMANN 2001).

Eine einfache Verbesserung, die bislang fast ausschließlich bei der Unterhaltung des Straßenbegleitgrüns eingesetzt wird, sind Vorrichtungen wie Konstruktionen aus Ketten, horizontalen Stangen oder klappbaren Zinken-Bügeln, die in den Arbeitsraum von Mähgerät oder Mulcher vorgreifen. Sie sollen Insekten und Spinnentiere unmittelbar vor dem Mäh- bzw. Mulchvorgang zur rechtzeitigen Flucht veranlassen (Kapitel 4). Solche Vorrichtungen werden „Scheuchen“ genannt (Abbildung 2.24). In Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit können womöglich auch die bereits erwähnten Schleuderschutzvorhänge Arthropoden abstreifen oder ein Fluchtverhalten bewirken. Sie sind aber keine Scheuchen im eigentlichen Sinne. Da sie geschlossen sein müssen, ist die Kontaktfläche größer und der Abstand zu den rotierenden Teilen ist geringer. Denkbar ist auch, dass viele Arthropoden

von Schutzvorhängen eher in Richtung Messer bzw. Schlegel gedrückt werden (Kapitel 4).

Bei mobilen Arten und bei nicht allzu hoher Fahrgeschwindigkeit scheint eine schützende Funktion von Scheuchen durchaus möglich. Scheuchen werden bislang kaum für landwirtschaftliche Geräte angeboten, sind aber auch im Eigenbau (z. B. Träger mit an Ketten hängender Metallleiste) relativ einfach zu erstellen. Auf größeren Flächen ohne Hindernisse verringern solche Scheuchen die Flächenleistung, wenn überhaupt, nur unwesentlich. Ob wirksame und praxistaugliche Scheuchen für das landwirtschaftliche Grünland technisch realisierbar sind, wird aktuell im Projekt InsectMow untersucht (UNIVERSITÄTEN HOHENHEIM & TÜBINGEN o. J.).

Neben mechanischen Systemen sind pneumatische Scheuchvorrichtungen ein weiterer Ansatz, um Insektenverluste beim Mulchen zu minimieren: Mittels eines vorgeschalteten Luftstroms sollen die auf dem Aufwuchs befindlichen Insekten rechtzeitig aus dem Wirkungsbereich des Mulchers entfernt werden. Zu diesem System (EcoCut der Fa. Fischer Maschinenbau) sind dem Autorenteam allerdings noch keine Studien bekannt, die



Abbildung 2.24: Eine Scheuche in Form einer dem Arbeitsraum vorgreifenden pendelnden Stange, die manche Arten zur rechtzeitigen Flucht (z. B. Fallenlassen, Wegfliegen) animiert. Foto: Rainer Oppermann (2012)

dessen Wirksamkeit bestätigen. Es gibt noch weitere technische Ansätze speziell für das Straßenbegleitgrün: Von der Fa. Dücker wird ein spezieller Schlegelmulchkopf (VMf12 cmS 1200 ÖKO) angeboten, der am Auslegarm eines Lkw geführt wird. Es handelt sich technisch um einen Schlegelmulcher, allerdings minimieren bei diesem System sogar Y-Messer statt der üblichen Messer das Ansaugen von Insekten (LATSCH et al. 2010). Das System wird in Kombination mit Scheuchen angeboten. Zudem verfügt es über eine Rolle mit zwei verschlankten Bereichen, sodass der Druck auf die überrollte Fläche an diesen Stellen verringert wird. Die Hersteller solcher Spezialausführungen werben mit „Insektenfreundlichkeit“, die aber in vielen Fällen bislang nicht wissenschaftlich bestätigt wurde. Auch ist das Schnittbild bei Werkzeugen wie Schlegelmulchern zu kritisieren und möglicherweise wird das Wiederaustriebsvermögen empfindlicher Kräuter dadurch verringert. Schlechte Schnittbilder gibt es aber grundsätzlich bei allen abgenutzten, stumpfen Werkzeugen. Wissenschaftliche Studienergebnisse liegen dagegen für den MULAG-Eco-1200-plus-Mähkopf (Abbildung 2.25) vor, der ebenfalls für den Auslegeranbau konzipiert ist. Das System vereinigt folgende technische Aspekte des Insektenschut-

zes (die Studienergebnisse werden im Kapitel 5.1 beschrieben):

- Eine Scheuchvorrichtung soll Insekten zur zeitigen Flucht animieren.
- Das System ist ähnlich dem Scheibenmähprinzip aufgebaut, mit geringerer Schnittfläche des Schneidwerks bei horizontalem Schnitt durch kleinere Messer mit schmalen Klingen.
- Durch eine spezielle Gehäusegeometrie mit weitestgehend geschlossenem Gehäuseboden und durch schonende Luftströmung im Mähkopf mit gezielter Luftführung von oben wird der Sogeffekt, der ansonsten Insekten vom Boden ansaugen würde, weitestgehend unterbunden (Abbildung 3.1).
- Die einstellbare Schnitthöhe von 10–15 cm bietet einen Schutzraum unter der Schnittebene.
- Eine Stützwalze ist durch schmale Tastrollen ersetzt, was die Überrollfläche minimiert.
- Der Arbeitskopf kann als Variante mit schonendem Absaugen des Mähguts und entsprechendem Anhänger (Grünpflegekopf ECO 1200 plus) oder ohne die Schnittgutaufnahme eingesetzt werden. Die Aufnahme ist die Voraussetzung für eine Nährstoffabfuhr, wovon konkurrenzschwache Pflanzen profitieren können.





Abbildung 2.25: Einsatz eines MULAG-Eco-1200-plus-Mähkopfes an einem Unimog mit Sammelbehälter (Anhänger) auf der Autobahn. Foto: MULAG Fahrzeugwerk GmbH u. Co KG (o. J.)

Einen anderen Weg beschreitet das Unternehmen Berky. Als Alternative zu den herkömmlichen Auslegermulchgeräten wird ein einphasiges System zum Schneiden und Schwaden angeboten. Das System eignet sich neben der Gewässerpflege auch für die Pflege von Straßenbegleitgrün. Es besteht aus einem Messerbalken und einem Bandschwader (Bandrechen), die beide an jeweils einem Ausleger geführt werden. Als Alternative zum Bandschwader wird auch ein Einkreiselschwader angeboten.

Technische Lösungen zum Schutz der Fauna finden im landwirtschaftlichen Bereich, wie gesagt, noch kaum Anwendung oder sind auf dem Markt (noch) nicht standardisiert verfügbar. Eine Ausnahme sind Systeme zur Wildrettung: Hierzu zählt beispielsweise das automatisierte und auf einem optischen Nahinfrarot-Sensor basierende Assistenzsystem Sensosave der Fa. Pöttinger, das sowohl in Verbindung mit Front- als auch mit Heckmäherwerken sowie mit Mähwerkskombinationen eingesetzt werden kann. Nach Herstellerinformationen ist es in der Lage Rehkitze,

Hasenjunge, Igel und Wiesenbrüterküken/-gelege unmittelbar vor der Mahd zu erkennen und die Tötung durch Signale an den Fahrer zu verhindern. In Verbindung mit Frontmäherwerken besteht darüber hinaus auch die Möglichkeit einer automatischen Anhebung des Mähwerks. Zur Erkennung der genannten Wirbeltiere werden teils auch Infrarotsysteme an Drohnen eingesetzt, mit denen die Fläche vor der Bewirtschaftung befliegen wird. Infrarotsysteme haben nach eigenen Erfahrungen den Nachteil, dass sie z. B. Maulwurfshügel, die sich im Sonnenlicht erwärmen, fälschlicherweise als Tier ansprechen. Daher sollte ihr Einsatz am besten morgens oder bei Bewölkung erfolgen. Möglicherweise ist die Technik auch noch nicht ausgereizt. Wissenschaftliche Ergebnisse zur Wirksamkeit dieser Systeme sind dem Autorenteam nicht bekannt. Anders im Wiesenbrüterschutz, wo seit vielen Jahren nachweislich erfolgreich mit Ehrenamtlichen kooperiert wird. Diese stecken beispielsweise Gelege ab, sodass jene bei der Grünlandbewirtschaftung ausgespart werden. Ein erfolgreiches Umsetzungsbeispiel beschreiben JEROMIN & EVERS (2019).

### 3 Verwendung des Schnittgutes

Das Abräumen des Aufwuchses ist nicht nur ein Aspekt der Grünlandernte, es beeinflusst auch den Nährstoffhaushalt einer Fläche entscheidend. Eine sogenannte Aushagerung, das heißt ein bilanzieller Nährstoffausstrag, oder die Stabilisierung eines geringen Nährstoffniveaus sind in den meisten Biotoptypen notwendig, um artenreiche Lebensgemeinschaften zu erhalten (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010; ZERBE 2019). Dies gilt, da ansonsten atmosphärische Stickstoffdepositionen – mit regionalen Unterschieden – oft zu einer Eutrophierung der Lebensräume und damit zu unerwünschten Vegetationsveränderungen führen können (BOBBINK et al. 2022; KAMMER et al. 2022; WALLISDEVRIES & BOBBINK 2017).

Je nach Zielsetzung sind aus artenschutzrechtlicher Sicht optimale Nutzungszeiten vertraglich vorgegeben, häufig mit Blick auf Fokusgruppen (z. B. Wiesenbrüter). Die artenschutzfachlich gewünschten Zeitpunkte passen oft nicht zu den Anforderungen der Landnutzenden, deren Ansprüche wieder

um Naturschutz-Akteuren oft nicht ausreichend bekannt sind. Landwirte fokussieren sich bei der Wiesenutzung in der Regel zunächst auf die Qualität des Schnittgutes als Futter für Wiederkäuer; seltener stehen andere Verwertungen im Vordergrund. Der Zeitpunkt, bei dem der optimale Energiegehalt der Hauptfuttergräser erreicht ist, ist für das Betriebsergebnis entscheidend. Wird bei der Heuernte zu früh geerntet, bleibt futterbauliches Potenzial ungenutzt. Bei zu später Ernte werden hohe Erntemengen erreicht, der Energiegehalt bzw. die Verdaulichkeit der Biomasse sinkt aber mit fortschreitender Vegetationsentwicklung. Futterbaulich optimal ist daher oft etwas anderes als „das“ naturschutzfachliche Optimum (MANUSCH & PIERINGER 1995; ZERBE 2019; Abbildung 3.2).

Weiterhin entscheidend für den günstigen Trocknungsverlauf ist eine trockenwarme Witterung. Wenn eine Trocknungsanlage vorhanden ist, sinkt die Witterungsabhängigkeit. Die Silage- und Heulageproduktion ist im Vergleich zur Heuernte

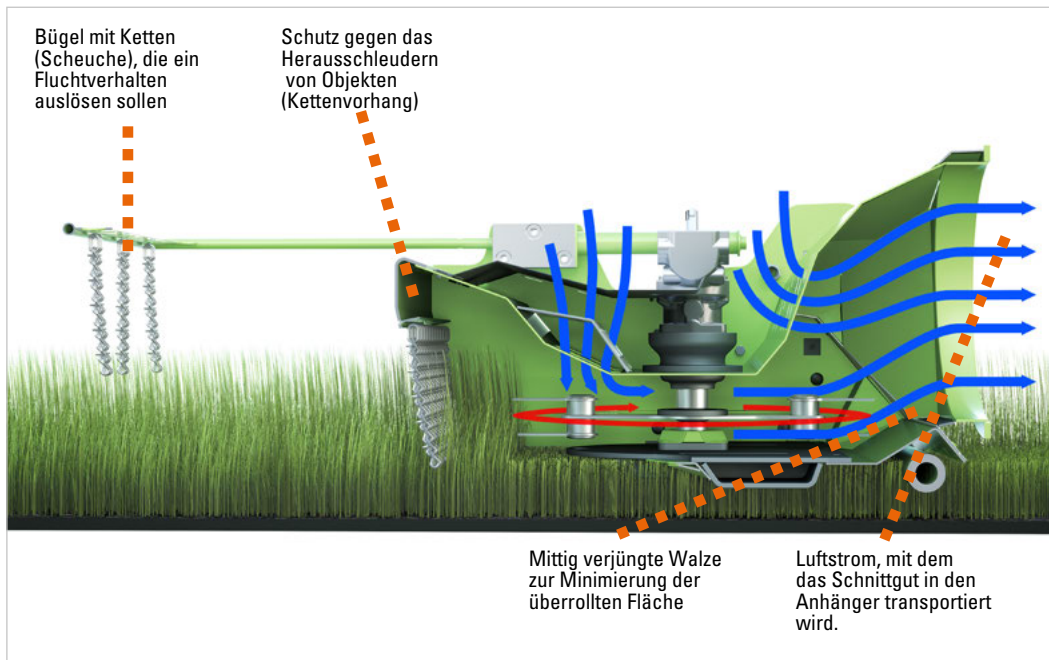


Abbildung 3.1 Einsatz eines MULAG-Eco-1200-plus-Mähkopfes an einem Unimog mit Sammelbehälter (Anhänger) auf der Autobahn. Grafik: MULAG Fahrzeugwerk GmbH u. Co KG (o. J.)

deutlich weniger vom Wetter abhängig. Das Verfahren zur Heulageproduktion ist dem der Silage sehr ähnlich, es entfallen also Durchgänge für das Wenden, weil das Futter mit hohem Wassergehalt in/unter Folie gebracht wird. Anders als die Silage wird die Heulage allerdings erst zum Zeitpunkt des Heuschnitts gewonnen und ist nur für die Pferdefütterung interessant. Im Naturschutzgrünland können die Nutzungszeitpunkte tendenziell flexibler gestaltet werden, da der landwirtschaftliche Nutzungsanspruch hier deutlich weniger relevant ist oder durch Förderung ausgeglichen wird. Eine Ausnahme bilden in vielen Betrieben die Glatthafer- und Goldhaferwiesen (FFH-Lebensraumtypen 6510 und 6520). Das Heu von diesen Wiesen ist für die Verhältnisse im Naturschutzgrünland hochwertig und kann futterbaulich relativ gut in Nutzungsketten eingespeist werden (Pferdehaltung, Mutterkuhhaltung, Jungviehfütterung in Milchviehbetrieben, Schaf-/Ziegenhaltung).

Damit eine halbwegs kostendeckende und nachhaltige Ernte möglich ist, sind für die Aufwüchse des Naturschutzgrünlands und Straßenbegleitgrüns aber insgesamt regional passende Verwertungswege zu finden oder zu entwickeln. Die Verwertung des Aufwuchses ist heute unter anderem aufgrund der veränderten oder abnehmenden Nutzierhaltung vielerorts eine Herausforderung. Gerade bei der Pflege des Straßenbegleitgrüns und (anderen) gemulchten Flächen stellt sich die Frage nach der Verwertung der Biomasse. Sie ist oft verunreinigt, mit Schadstoffen belastet und/oder wird wegen der Zerkleinerung durch die Spezialgeräte vom Vieh nicht gut angenommen.

Grundsätzlich lassen sich die Nutzungsoptionen von Grünlandaufwüchsen in drei Kategorien einteilen:

- stofflich,
- energetisch und
- energetisch-stofflich kombiniert.



*Abbildung 3.2: In dieser Wiese wurde rechts ein futterbaulich günstiger Nutzungszeitpunkt verpasst. Viele Gräser lagern mit der Reife Lignin ein, das Blatt-Halm-Verhältnis wird futterbaulich ungünstiger, die Verdaulichkeit des Aufwuchses, die Energiedichte und der Eiweißgehalt sinken. Für den Wiederaustrieb und das Wurzelwachstum innerhalb einer Vegetationsperiode benötigen viele Gräser zudem einen Nutzungsimpuls (Süd-Vogesen). Foto: Nicolas Schoof (2022)*

Die stoffliche Verwertung umfasst neben einer Verwertung als Futter auch die bisher nur in der Theorie beschriebenen oder im Labormaßstab existierenden Verwertungspfade wie zur Herstellung von Bio- und Aktivkohle, biogenen Polymeren und Fasern, Verpackungsmaterialien sowie von Dämm- und Baustoffen (HÖLZL 2023). In der Praxis vergleichsweise häufig praktiziert wird die Kompostierung. Energetisch kann Mähgut in Biogasanlagen und in Biomasse(heiz)kraftwerken genutzt werden. Als kombinierte Verwertung kann z. B. die von der Universität Kassel entwickelte IFBB-Methode (IFBB = Integrierte Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse) betrachtet werden. Bei dieser werden zugleich Strom, Wärme, Festbrennstoff und Dünger produziert (vgl. RICHTER et al. 2009; STENCHLY et al. 2021). Gleichzeitig kann über Pyrolyse auch Pflanzenkohle gewonnen werden, in der Kohlenstoff fixiert und die zur Verbesserung des Bodenwasserhaushaltes verwendet werden kann. Nicht unerwähnt bleiben darf auch die stoffliche Nutzung als Einstreu, wofür die Streuwiesen ihren Namen verdanken

und die vor allem im Voralpenraum nicht nur als Kulturgut weiterhin eine hohe Bedeutung haben (ausführlich LfU et al. 2009).

Im Sinne einer nachhaltigeren Ressourcennutzung – sowohl im Kontext sinnvoller thermischer und stofflicher Verwertungen als auch in Bezug auf rechtliche Vorgaben wie das Kreislaufwirtschaftsgesetz – sollte anfallende grüngutartige Biomasse grundsätzlich nicht als zu entsorgendes Abfallprodukt eingestuft werden. Die LUBW-Broschüre „Landschaftspflegematerial – Handlungshilfe zur rechtssicheren Erfassung, Aufbereitung und hochwertigen Verwertung“ ist ein Leitfaden, der am Beispiel Baden-Württembergs neben rechtlichen Grundlagen und Erfahrungen aus der Praxis auch Handlungsempfehlungen für eine hochwertige Verwertung von Landschaftspflegematerial enthält (HOFMANN et al. 2021). Diese und weitere aus Forschungs- und Pilotprojekten vorliegende Ansätze gilt es im Sinne sinnvoller ökonomischer und praxistauglicher Produkte, Technologien und Verwertungswege zügig weiterzuentwickeln.

## 4 Das Fluchtverhalten von Tieren

Je nach Art und Entwicklungsstadium sind Tiere von einzelnen Ernte- bzw. Pflegeschritten unterschiedlich betroffen. Für viele ist die maschinelle Nutzung selbst bei geringer Fahrgeschwindigkeit eine plötzliche Störung, auf die sie nur bedingt reagieren können. Fluchtstrategien sind Wegfliegen, -springen, -laufen, -ducken oder Fallenlassen. Letzteres ist z. B. bei vielen Käfern (Coleoptera) oder flugunfähigen Beißschrecken (z. B. *Metrioptera roeseli*) der Fall. Viele Arten können aber kaum oder überhaupt nicht ausweichen und werden von Maschinen dann viel eher erfasst. Beispielsweise weist die Gruppe der Zikaden (Auchenorrhyncha) eine besonders große Zahl an Arten mit geringem Fluchtvermögen auf (HELBING et al. 2017; NICKEL & HILDEBRANDT 2003; PONIATOWSKI et al. 2016, 2018). Auch auf etliche Heuschreckenarten (Orthoptera) des Grünlandes trifft dies zu (HUMBERT et al. 2010b; INGRISCH & KÖHLER 1998; KIEL 1999; PONIATOWSKI &

FARTMANN 2011). Bei wechselwarmen Organismen wie Insekten hängt die Möglichkeit zur Fortbewegung unmittelbar von der Umgebungstemperatur ab (SPEIGHT et al. 2008). Entsprechend hat die Temperatur während der Wiesenernte bzw. dem Mulchen einen entscheidenden Einfluss auf das Gelingen der Flucht und damit auch auf die Überlebensrate (Abbildung 4.1).

In der menschlichen Wahrnehmung werden vor allem fliegende Arten bzw. deren Entwicklungsstadien als „hoch mobil“ angesehen. Darunter fallen beispielsweise adulte Tagfalter (Abbildung 4.2). Meist wird die Mobilität aber überschätzt. Ein drastisches Beispiel dafür ist die Honigbiene (*Apis mellifera*). Beim Nektar- bzw. Pollensammeln fliegen Honigbienen erst bei der direkten Berührung der Maschine mit der jeweiligen Pflanze auf. Das ist oft zu spät. Weder der Lärm, noch die Vibrati-



Abbildung 4.1: Libelle mit Morgentau: Zahlreiche Libellen (hier: Schwarze Heidelibelle [*Sympetrum danae*]) und Schmetterlinge setzen sich zum Übernachten in die Vegetation. Bei zu früher Mahd am Morgen und deshalb zu niedrigen Temperaturen sind sie noch nicht fluchtfähig, können nicht ausweichen und werden getötet (Oberpfalz). Foto: Jürgen Fischer (2021)



Abbildung 4.2: Adulte Tagfalter, hier im Bild das Schachbrett (*Melanargia galathea*), haben ein relativ gut ausgeprägtes Fluchtvermögen. Tagfalter sind bei der Grünlandernte viel eher als Raupe bzw. Puppe von der direkten Technikeinwirkung betroffen (Diemeltal [HE]). Foto: Thomas Fartmann (2017)

onen der nahenden Maschine lösen – anders als bei vielen adulten Schmetterlingen – zuvor eine Reaktion aus. Entscheidend ist also nicht nur die artspezifische Fähigkeit zur Flucht, sondern auch das arttypische Verhalten. Beide Faktoren können unter dem Begriff „Fluchtverhalten“ zusammengefasst werden. Für den Fluchterfolg von Honigbienen ist die Wuchshöhe des Pflanzenbestandes mitentscheidend. Liegt der Blütenhorizont auf etwa 70 cm, fliegen rund 65 % der blütenbesuchenden Honigbienen noch vor dem direkten Kontakt mit dem Mähwerk weg. Bei einer Blütenhorizonthöhe von rund 30 cm konnten in zwei Versuchsdurchläufen nur noch 38 bzw. 47 % der Individuen rechtzeitig entkommen (FRICK & FLURI 2001). Ein hoher Anteil der Individuen gelangte also in den Wirkungsbereich der Maschine (die direkte Mortalität hängt dann folgend vor allem von dem Mähwerktyp bzw. der Verwendung eines Aufbereiteters ab; Kapitel 5).

Darüber hinaus hat bei den wenig mobilen Arten auch die Körpergröße einen Einfluss auf die Verluste. Sowohl bei Amphibien als auch bei nicht flugfähigen Heuschreckenarten nehmen die direkten Verluste bei den einzelnen Ernteschritten bzw.

beim Mulchen mit der Körpergröße zu (CLASSEN et al. 1993; OPPERMANN & KRISMANN 2003). Eine andere Studie zeigt, dass die direkten Effekte der Mahd bei kleinen, praktisch immobilen Arten bzw. Entwicklungsstadien (hier Larven des Goldenen Schreckenfalters [*Euphydryas aurinia*] von ca. 0,5 cm) auch sehr gering sein können – sofern kein Aufbereiter eingesetzt wird und/oder sich die Tiere bodennah unter dem Wirkungsbereich des Mähgerätes aufhalten (BAMANN & DITTRICH 2017). Sind gewisse autökologische und (verfahrens-)technische Voraussetzungen gegeben, sagt das Fluchtverhalten also nicht zwingend etwas über die Mortalität aus, wobei für ein abschließendes Bild alle Ernteschritte und zusätzlich die indirekten Effekte der Nutzung (z. B. verändertes Mikroklima) bewertet werden müssen.

Bei Heuschrecken sind die Imagines vieler Arten zwar nicht flugfähig (INGRISCH & KÖHLER 1998; FISCHER et al. 2020), können aber relativ gut springen. Prinzipiell können tägliche Wanderdistanzen unter Stressbedingungen, wie sie durch das Mahdereignis oder hohe Individuendichten (Dichtestress) hervorgerufen werden, sowohl bei flugfähigen als auch nicht flugfähigen Heuschreckenarten leicht

mehr als 20 m erreichen (KIEL 1999; PONIATOWSKI & FARTMANN 2011). Um das Ausweichvermögen bei der Wiesenernte zu evaluieren, erfassten HUMBERT et al. (2010b) mögliche Abwanderungen von Heuschrecken. Die Tiere wurden mit fluoreszierender Substanz eingefärbt und derart markiert nach der Ernte wieder eingefangen. Von den markierten Heuschrecken wanderten über den Ernteprozess, der in Abhängigkeit von der Untersuchungsfläche ein bis vier Tage andauerte, nur rund 6 % auf eine 25 m entfernte, noch nicht gemähte Wiese ab.

Auch HEMMANN et al. (1987) verdeutlichten, dass die tödlichen Verluste bei der Fauna mit dem arttypischen – teilweise sogar geschlechtsspezifischen – Verhalten zusammenhängen. Beispielsweise hielten sich experimentell ausgebrachte Mehlkäfer (*Tenebrio molitor*) ausgesprochen bodennah auf und waren in den Versuchen von dem Schnittereignis relativ wenig betroffen. Die ebenfalls experimentell ausgebrachten Larven von Baumwollwanzen (*Dysdercus intermedius*) flüchteten bereits bei der durch die nahende Maschine ausgelösten Erschütterung nach unten und konnten so dem Wirkungsbereich relativ häufig entkommen. Im Gegensatz dazu verblieben Wanzen-Imagines an der Vegetation und wurden viel öfter tödlich erfasst.

Neuerdings gibt es Bemühungen, eine rechtzeitige Flucht der Tiere gezielt anzuregen. Die angesprochenen Scheuchen (Kapitel 2.4) sind bereits mancherorts bei der Pflege des Straßenbegleitgrüns im Einsatz und sollten nicht nur dort, sondern möglichst auch in der landwirtschaftlichen Praxis die Regel werden. Die Frage, ob die Scheuchwirkung dann auch tatsächlich ausreicht, um zur rechtzeitigen Flucht vor Ernte- oder Mulchgeräten anzuregen, gilt es wiederum artspezifisch und sicherlich auch in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit zu bewerten. Der wissenschaftliche Beleg für die Wirksamkeit dieser Anwendungen steht zwar vielfach noch aus, ergibt sich für viele Arten aber bereits rein logisch. Scheuchen sind simpel konstruiert, kostengünstig und sie reduzieren die Effizienz der Maschine nicht.

Auch bei Wirbeltieren existieren unterschiedliche Fluchtverhaltensweisen und auch bei diesen wird die Möglichkeit zur Flucht oft überschätzt. Reptilien, wie Blindschleichen (*Anguis fragilis*), Ringelnattern (*Natrix natrix*) oder Zauneidechsen (*Lacerta agilis*) dürften von vielen ebenfalls als sehr mobile Arten eingestuft werden. Allerdings haben die neueren Erntetechniken und die insgesamt häufigeren Schnitte der vergangenen Jahrzehnte auch diese Arten weithin aus Wiesenökosystemen verdrängt (MALKMUS 2019; WOLFBECK & FRITZ 1994; Abbildung 4.3). Bei Weitem nicht alle Wirbeltiere sind mobil. Rehkitze (*Capreolus capreolus*) sind ein bekanntes Beispiel für Tiere, die nicht bzw. nur ungenügend fliehen. Weitere Wirbeltiere, die in landwirtschaftlich genutztem Grünland nicht vor einem Traktor fliehen, sind Igel (*Erinaceus europaeus*, *E. roumannicus*), Hasenjunge (*Lepus europaeus*) und auch bodenbrütende Vögel wie Brachvogel (*Numenius arquata*), Feldlerche (*Alauda arvensis*) oder Kiebitz (*Vanellus vanellus*).



Abbildung 4.3: Eine tote Ringelnatter (*Natrix natrix*) nach einer Balkenmäher-Mahd. Evidenzbasierte Studien zu Auswirkungen der Heuernte auf Reptilien sind in der Literatur nicht zu finden. Foto: Herbert Nickel (2016)

Eine häufig anzutreffende Empfehlung zur Steigerung der Erfolgsrate fliehender Tiere adressiert die Anpassung der Mahdrichtung: Empfohlen wird, die Pflege einer Wiese von innen nach außen oder von einer Seite zur anderen statt von außen nach innen vorzunehmen (Abbildung 4.4). In der Literatur

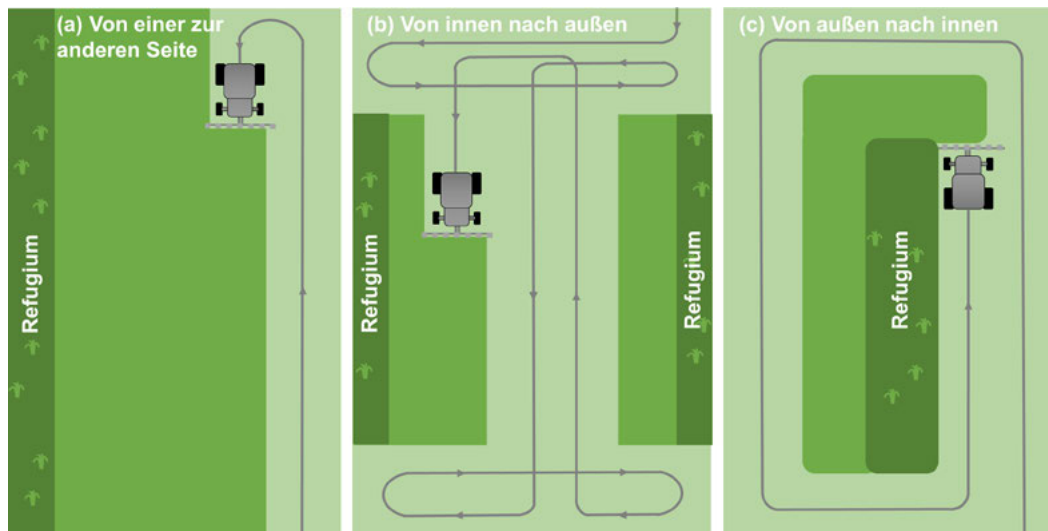


Abbildung 4.4: Die Anpassung der Fahrtrichtung ist häufig leicht umsetzbar. Wirksam ist sie vor allem für hoch mobile Arten, aber auch nur dann, wenn Refugien vorhanden sind. Die Fahrt von einer zur anderen Seite (a) erzwingt je nach Schlag ein relativ häufiges Vor- und Zurücksetzen des Traktors. Bei der Ernte/Pflege von innen nach außen (b) ist dies weniger der Fall. Das kann als Optimalvariante betrachtet werden. Die Ernte/Pflege von außen nach innen (c) ist in der Praxis üblich und hinsichtlich der Fluchtoptionen für Tiere besonders ungünstig. Besserung verspricht hier das Belassen eines Refugiums im Zentrum. Grafik: Nicolas Schoof (2023)

werden diese Empfehlungen ausschließlich für die Mahd und nicht konsequent auch für nachfolgende Ernteschritte ausgesprochen (z. B. DEUTSCHE WILDTIERSTIFTUNG 2011). Die Idee hinter der Anpassung der Fahrtrichtung ist, dass Tiere während eines Ernteschrittes in den nicht-gemähten Bereich „getrieben“ werden. Die Maßnahme erfordert nur minimalen Zusatzaufwand, ist aber für die allermeisten wirbellosen Arten wohl auch wenig oder gar nicht wirksam (Abbildung 4.5). Es wird zu pauschal davon ausgegangen, dass viele Individuen in der Lage seien, der Maschine schnell (hohe Fahrgeschwindigkeit), weit (große Arbeitsbreite), gerichtet (zur richtigen Seite) und gegebenenfalls mehrfach auszuweichen. Absehbar kann dies nur von wenigen Wirbeltieren (z. B. adulte Feldhasen) geleistet werden. Eine wissenschaftliche Bestätigung einer positiven Wirkung der Mahd von innen nach außen, liegt für Küken des Wachtelkönigs (*Crex crex*) vor: In einem Versuch von TYLER et al. (1998) konnte deren Überlebensrate durch die Anpassung der Mahdrichtung von 45 auf 68 % erhöht werden. Allerdings wurde in dieser Studie ein Traktor mit nur einseitigem Mähwerk eingesetzt. Die heutigen Systeme verwenden

viel eher ein beidseitiges oder ein Schmetterlingsmähwerk. Derart vergrößerte Arbeitsbreiten dürften tendenziell negativere Effekte haben. Wesentlich entscheidender ist – je nach Schlaggröße – sicherlich das Belassen eines oder mehrerer Refugien (Kapitel 5.4), welche durch die Wahl der Fahrtrichtung bei der Ernte/Pflege in ihrer Wirksamkeit womöglich unterstützt werden können. Bei den Flächen im Straßenbegleitgrün ist die Fahrtrichtung in der Regel vorgegeben, sodass hier keine solche Anpassungen möglich sind.

Unmittelbar im Zusammenhang mit dem unzureichenden Fluchtverhalten vieler Arten steht das Aufsuchen der nächstgelegenen schützenden Strukturen auf den nach der Mahd homogenen Flächen. Für manche Arten kann leider auch der Schwad ein solches Refugium darstellen. Beispielsweise suchen viele Heuschrecken diese Streifen als Zufluchtsort oder zur Thermoregulation auf (OPPERMANN & KRISMANN 2003). Aus ähnlichen Gründen nutzen auch juvenile Zauneidechsen (*Lacerta agilis*) diese Strukturen. Der Schwad kann dann beim Pressen zur tödlichen Falle werden (ZAHN & SPÄTH 2021).



Abbildung 4.5: Frisch gemähte Wiese mit einer durchschnittlichen Schlaggröße ohne jegliche Refugien. Unter diesen Voraussetzungen hätte die Anpassung der Fahrrichtung bei Ernte/Pflege wohl kaum nennenswerte Effekte auf das Überleben der Tiere (St. Ursanne [CH]). Foto: Nicolas Schoof (2021)

## 5 Auswirkungen der Heuernte auf die Fauna

Die Nutzungs- oder Pflegeform wirkt ähnlich einem ökologischen Filter mit verschiedenen Einflussvariablen auf die Grünlandarten ein. Diese sind:

- die Nutzungs- bzw. Pflegehäufigkeit in einem Jahr
- die eingesetzte Technik
- die Anzahl der Überfahrten
- der jeweilige Nutzungszeitpunkt
- die maschinelle Arbeitshöhe und Fahrtgeschwindigkeit
- das Verbleiben von Strukturen nach der Nutzung
- die Änderungen dieser Faktoren über die Jahre

Insgesamt wirkt sich die Intensivierung der Wiesengewirtschaftung auf wenig mobile Artengruppen besonders negativ aus, weil diese vielfach eher in den Wirkungsbereich der Maschinen gelangen und auch den abrupten Veränderungen nach der Nutzung weniger ausweichen können (SIMONS et al. 2016). Neben der Ausgangsgröße einer Population, dem artspezifischen Fluchtverhalten und den

verfahrenstechnischen Faktoren der Wiesenernte entscheidet schließlich auch die Wiederbesiedlungsfähigkeit (durch Vermehrung, Einwanderung) einer Art darüber, wie die jeweilige Population auf die Ernte bzw. Pflege reagiert. Auch die Phänologie und Aktivitätsmuster innerhalb eines Jahres sind entscheidend für das Ergebnis des Zusammenspiels der Auswirkungen der jeweiligen Nutzungsform und Reproduktion/Wiederbesiedlung (MORRIS & RIPSIN 1988). Nur wenn insgesamt die Reproduktions- über der Sterberate der Population liegt, kann eine Fläche als Quellhabitat für eine Art dienen und nur diejenigen Arten können auf der Fläche überdauern, die passende Merkmale aufweisen, was wiederum die Bedeutung einer möglichst naturverträglichen Nutzung erklärt. Arten, die einen Teil ihrer Entwicklung in Nachbarbiotopen (z. B. Wald) vollziehen oder ein günstiges Fluchtverhalten haben (Kapitel 4), sind weniger stark von der Wiesenernte gefährdet/betroffen als solche mit obligater Bindung an Grünland (VAN KLINK et al. 2019) und wenig ausgeprägtem Fluchtverhalten.





Abbildung 5.1: Die vielen Weißstörche (*Ciconia ciconia*), die eine Fläche (Marchegg [AUT]) direkt nach der Mahd absuchen, zeigen an, dass eine nahrungsreiche Wiese gemäht wurde. Für eine Vielzahl an Insekten und kleinen Wirbeltieren fehlt dann der Schutz. Foto: Andreas Zehm (2015)

Nur wenige Studien betrachten die Auswirkungen eines kompletten Erntedurchgangs auf einzelne Arten(gruppen), während der Mahdvorgang als umfassend untersucht gelten kann. Es gibt viele Arten, die von einer regelmäßigen ein- oder auch zweimaligen Heuernte profitieren. Eine Reihe von Arten reagiert aber bereits sensibel auf eine extensive Wiesennutzung (BONARI et al. 2017). Problematisch ist, dass mögliche kumulative Effekte, die bei der jährlich (mehrmals) wiederholten Ernte für diverse Artengruppen entstehen können, methodisch nur schwierig zu fassen sind und daher oftmals unerkannt bleiben. Es muss davon ausgegangen werden, dass bereits in der Vergangenheit aufgrund der vorherrschenden Nutzungsformen aus sehr vielen Wiesen Arten verdrängt wurden (siehe auch Shifting-Baseline-Syndrom: Infobox 3).

Bei der Interpretation von Artenvorkommen muss außerdem beachtet werden, dass einige Populationen unter dem vorherrschenden spezifischen Management zwar relativ stabil sind, aber aufgrund einer zu geringen Individuendichte, Reproduktion und Wiederbesiedlungsmöglichkeit nur eine geringe Resilienz gegenüber zusätzlichen ungünstigen Einflüssen besitzen (z. B. einem zusätzlichen Schröpfungsschnitt gegen Herbstzeitlose [*Colchicum au-*

*tumnale*] oder ein Dürreereignis [HOISS et al. 2022; FARTMANN et al. 2022b]).

Die geschilderten komplexen Zusammenhänge sollen am Beispiel des Moorfrosches (*Rana arvalis*) verdeutlicht werden: Feuchte Fettwiesen gehörten einst zu den wichtigsten terrestrischen Lebensräumen der heute sehr stark gefährdeten Art (LAUFER & PIEH 2007). Wenn von einer jährlich zweimaligen Heuernte einer Wiese mit Moorfrosch-Vorkommen ausgegangen wird, müssten die Tiere heute bis zum Eintritt der Geschlechtsreife nach drei Jahren sechs Mahddurchgänge und jeweils folgende Ernteschritte (Zetten, gegebenenfalls Wenden, Schwaden, Bergen) mit moderner Technik und gegebenenfalls zusätzliche Überfahrten für z. B. Düngung überstehen. Dazu addiert sich eine sechsmalige abrupte Reduktion der Beutetierdichte (vor allem Käfer, Blattläuse, Spinnentiere, Schnecken). Nach der Mahd fehlt zudem vor allem den Jungfröschen ein feuchtes bodennahes Mikroklima und die Deckung. Sie sind dann z. B. für den Weißstorch (*Ciconia ciconia*) und Krähen (*Corvus* spp.) eine relativ leichte Beute (OPPERMANN & CLASSEN 1998). Andere Wirbeltiere profitieren also von dem plötzlichen, wenn auch kurzzeitigen Nahrungsangebot (ARLETTAZ 1996; DEVEREUX et al. 2006). Erschwerend

### Infobox 3: Das Shifting-Baseline-Syndrom

Fehlerinterpretationen bezüglich des Beitrages von heutigen Nutzungsformen für den Biodiversitätsschutz können durch das Shifting-Baseline-Syndrom hervorgerufen werden (BONEBRAKE et al. 2010; PAPWORTH et al. 2009; PAULY 1995). Es tritt im Grünlandschutz vermutlich besonders häufig bei der fachlichen Bewertung „blumenbunter“, aber dann bei näherer Betrachtung faunistisch eher verarmter Glatt- und Goldhaferwiesen auf (vgl. BOSSHART 2016). Das Shifting-Baseline-Syndrom bezeichnet das Phänomen, dass aufgrund einer getäuschten menschlichen Wahrnehmung schleichende Veränderungen oft nicht adäquat festgestellt werden und deshalb unberücksichtigt bleiben. So kann der Rückgang der Tierartenvielfalt und der Individuendichte auf Wiesen nur schwer ganzheitlich beurteilt werden, da der Zustand, in dem die potenziell mögliche Vielfalt und Individuendichte des Lebensraums erreicht wurden, bereits viele Jahre bis Jahrzehnte zurückliegt. Die Referenzzustände entziehen sich mit den Jahren immer mehr dem (kollektiven) Gedächtnis, und das erst recht dann, wenn nachkommende Generationen diese Zustände nicht mehr kennenlernen können. Der menschlichen Wahrnehmung ist der schleichende Verlust selbst dann kaum zugänglich, wenn die Fläche über viele Jahre betreut wird. Das kann dazu führen, dass heute Grünland als artenreich bezeichnet wird, welches noch vor wenigen Jahrzehnten diametral anders interpretiert worden wäre. Das Shifting-Baseline-Syndrom erklärt also die zu positive Wahrnehmung und Einschätzung des Ist-Zustandes von Einzelpersonen und Gesellschaften und führt dies auf die unbewusste Wahl eines falschen Referenzzustandes zurück (BONEBRAKE et al. 2010; PAPWORTH et al. 2009; PAULY 1995). Aufgrund der teils sehr langsamen Reaktionszeiten von Ökosystemen bzw. Populationen auf Umweltveränderungen (FARTMANN et al. 2021a; LÖFFLER et al. 2020) ist der Naturschutz nicht nur beim Grünlandschutz, sondern bei praktischen allen seinen Zielen potenziell vom Shifting-Baseline-Syndrom betroffen (BUNZEL-DRÜKE et al. 2019).

Verlässliche Langzeituntersuchungen wären zur Eichung der Wahrnehmung eine gute Basis, sie liegen aber nur in wenigen Fällen vor und fokussieren häufig eine höhere Abstraktionsebene (Zusammenfassung in FARTMANN et al. 2021a). Der Nutzen derartiger Studien wurde an der „Krefeld-Studie“ (HALLMANN et al. 2017) erkennbar. Erstmals konnte das „Gefühl“ von Entomologen, nach dem Insekten drastisch abnahmen, mit Daten belegt und so eine breite Öffentlichkeit auf das Problem aufmerksam gemacht werden. Für den süddeutschen Raum ist der Insektenschwund durch GATTER et al. (2020) veranschaulicht. Derartige Studien haben allerdings auch ihre methodischen Grenzen und helfen bei der Ausrichtung der Pflege im konkreten Einzelfall nur bedingt. Beispielsweise wurde in der „Krefeld-Studie“ nicht näher auf die tatsächliche Grünlandnutzung eingegangen, sondern „nur“ deren Anteil im Vergleich zu Ackerbau und Wald betrachtet. Eine Übersicht zu den historischen Veränderungen der Grünlandnutzung und deren Auswirkungen auf die Artenvielfalt liefern BRIEMLE et al. (1991), FARTMANN et al. (2021a) sowie POSCHLOD (2015). Um die bisher bestehenden methodischen Grenzen zu beheben, sind neuerdings auf Dauer angelegte Monitoringsysteme eingeführt worden. So werden z. B. die Insektenvielfalt und deren Veränderung in Baden-Württemberg seit dem Jahr 2018 mithilfe eines landesweiten Insektenmonitorings systematisch erfasst.

kommt für Moorfrösche und zahlreiche andere Arten hinzu, dass viele Flächen im Zuge von landwirtschaftlichen Meliorationsmaßnahmen entwässert oder ehemals zusammenhängende Populationen fragmentiert und daher fragil sind (RÖSCH et al. 2013) – dies sind weitere ökologische Filter. Mittelbar haben diese Faktoren also auch Auswirkungen auf die Resistenz und Resilienz gegenüber der Nutzungsform (VAN KLINK et al. 2019).

### 5.1 Einfluss einzelner Ernte- bzw. Pflegeschritte und deren Häufigkeit

In der Literatur findet sich eine Reihe von Expertenaussagen, die auf die Problematik der technischen Entwicklung einzelner Ernte- und Pflegeschritte hinweisen. Ein solcher Bericht ist bereits bei RANGNOW (1934) zu finden: „Weite Wiesen, ehemals die froshreichsten in hiesiger Gegend, in der Mark Brandenburg, sind seit Benutzung



Abbildung 5.2: Pferdegezogener Fingermesserbalken bei einer Vorführung auf einer landwirtschaftlichen Forschungsstation in Uppsala (Schweden) – Flächenleistung ca. 2 ha pro Tag. Foto: Rainer Luick (2008)

von Mähmaschinen einfach ohne Frösche. In den ersten Jahren ihrer Einführung war das Mähen mit Maschinen wegen der Menge der in die Messer geratenen Frösche oft sehr schwer, alle zwanzig Meter fast mußten die zerstückelten und zerquetschten Frösche daraus entfernt werden. [...] Heute passiert das kaum mehr, eben weil keine Frösche mehr da sind.“ Setzt man voraus, dass die Schilderung von Rangnow annähernd zutreffend war, ist dieser Befund aus heutiger Sicht erstaunlich: Er geht auf eine Epoche zurück, in der die weithin eingesetzte Technik nach heutigem Maßstab als sehr tierschonend klassifiziert werden würde (Abbildung 5.2, Abbildung 5.3). Derartige Rückschlüsse für Wirbeltiere basieren allerdings häufig „nur“ auf Beobachtungen, nicht auf gezielten Untersuchungen. Da sie seit vielen Jahrzehnten wiederholt festgestellt werden, können sie aber für viele Fälle wohl als zutreffend angesehen werden (siehe aber EHLERT 2012). Beispielsweise gehen auch WOLFBECK & FRITZ (1994) davon aus, dass moderne Nutzungsformen dafür verantwortlich sind, dass auf Wiesen kaum mehr Blindschleichen zu finden sind (so auch MALKMUS 2019).

In wissenschaftlichen Untersuchungen zum Einfluss der Grünlandnutzung erhalten Heuschrecken relativ viel Aufmerksamkeit. Heuschrecken sind

- quantitativ relativ gut zu erfassen (FARTMANN et al. 2012),
- aufgrund ihrer geringen Größe und vergleichsweise geringen Mobilität durch den Ernteprozess relativ stark betroffen (Kapitel 5),
- generell sensible Indikatoren für den Einfluss der Landnutzung (FARTMANN et al. 2012; 2022; FUMY et al. 2021; FUMY & FARTMANN 2023),
- als vergleichsweise große und häufige Tiere eine wichtige Nahrungsressource für andere Tierarten (FARTMANN et al. 2012; FUMY et al. 2021).

Untersuchungen von OPPERMANN & KRISMANN (2003) zeigen, dass die Mortalität der Heuschrecken durch die Mahd von 9 % beim Einsatz von Doppelmesser-Balkenmäherwerken, über 21 % bei Trommelmäherwerken ohne Aufbereiter bis zu 34 % bei Scheibenmäherwerken mit kombiniertem Aufbereitereinsatz zunehmen. Nach WILKE (1992) steigt die Verlustrate bei der rotierenden Technik (ohne Aufbereiter) gegenüber der Verwendung eines Balkenmäherwerks von 6 % auf 16 %. Die Vorteile von Doppelmessermäherwerken gegenüber rotierender Technik bestätigen für diese Artengruppe auch CLASSEN et al. (1993).

HUMBERT et al. (2010b) führten vergleichende Analysen zu den Auswirkungen unterschiedlicher

Table 5.1: Schädigung (%) von Wachsattrappen (klein: 2 cm; groß: 4 cm) durch unterschiedliche Mähgeräte. Der Versuch umfasste mehrere Durchläufe bei unterschiedlichen Schnitthöhen. Methodik siehe HUBERT et al. (2010b).

Attrappentyp	Mähwerk				
	Handgeführtes Balkenmähwerk (6–7 cm)	Traktor-Balkenmähwerk (6–9 cm)	Scheibenmähwerk (9–10 cm)	Trommelmähwerk (6   9 cm)	Trommelmähwerk mit Aufbereiter (6 cm)
Am Boden					
Kleine Attrappe	7	14	11	19   17	22
Große Attrappe	18	22	17	27   20	31
Über Boden (20–30 cm)					
Kleine Attrappe	8	17	15	9   12	17
Große Attrappe	11	19	17	14   16	42

Mahdtechniken mithilfe von kleinen (2 cm) und großen (4 cm) Wachs-Attrappen durch (Tabelle 5.1). In dieser Studie ergab sich eine abnehmende Schädigungsrate der Wachsattrappen in der folgenden Reihenfolge: Trommelmähwerk mit Aufbereiter > Trommel-/Scheibenmähwerk ohne Aufbereiter > Balkenmähwerk an Traktor > handgeführtes Balkenmähwerk (mögliche Unterschiede zwischen Finger- und Doppelmessermähwerk dürften vernachlässigbar sein).

BAMANN & DITTRICH (2017) fanden zwischen Balkenmähern und rotierender Technik (ohne Aufbereiter) hingegen keine Unterschiede bei der direkten Schädigungsrate von Larven des Goldenen Schreckenfalters. Die abweichenden Befunde zu HUBERT et al. (2010b) erklären sich wohl damit, dass die Larven des Schmetterlings wesentlich kleiner als die Wachs-Attrappen sind und sich viel eher bodennah und unter dem Wirkungsbereich der Geräte befanden.

HUBERT et al. (2010b) untersuchten auch die Auswirkungen eines vollständigen Heuernteprozesses auf Heuschrecken. Nach jedem einzelnen Arbeitsschritt wurden die Überlebens-/Sterberaten ermittelt. In Abhängigkeit der eingesetzten Geräte wurden die Individuen über einen vollständigen Ernteprozess um 60–80 % reduziert (HUBERT et al. 2010b). Trotz der Angabe der Überlebensraten nach jedem Ernteschritt lässt selbst die sehr detaillierte Arbeit von HUBERT et al. (2010b) keine

abschließenden Aussagen über spezifische Ursachen der Rückgänge zu. Beispielsweise können die Auswirkungen, die dem Arbeitsschritt des Zetens zugeschrieben wurden, durch die rotierenden Zinken, durch das Überfahren und/oder bereits durch vorherige Prädation bedingt worden sein. Eine mögliche Abwanderung der Heuschrecken aus den gemähten Bereichen wurde insofern berücksichtigt, als dass auch in einem Umkreis von 20–50 m um die Fläche nach Tieren gesucht wurde. Die Studie macht deutlich, dass jeder Ernteschritt Verluste erzeugt. Es liegt daher nahe, die Anzahl der Überfahrten bzw. Ernteschritte zu reduzieren, um die Naturverträglichkeit zu erhöhen. Dies ist praktisch nur bei den Schritten der Heuwerbung möglich (Abbildung 5.4).

Anders als HUBERT et al. (2010b) identifizierten OPPERMAN & KRISMANN (2003) in ihrer Studie die größten Verluste bei Heuschrecken explizit durch das Pressen von Heuballen und fanden dafür folgende Begründung: Aufgrund des Mangels an schützenden Strukturen auf der gemähten Fläche und zur Thermoregulation suchen Heuschrecken gezielt den Schwad auf und werden dann bei der Bergung erfasst (Kapitel 5). Über die Hälfte der ursprünglichen Population wurde in dieser Untersuchung alleine beim Pressen getötet.

HECKER et al. (2022) untersuchten die Auswirkungen von (Schlegel-)Aufbereitern, die an Scheibenmäh-



Abbildung 5.3: Heuernte in Amtzell im Allgäu 1943. Anonymus 1943.

werken eingesetzt wurden. Erstaunlicherweise war bei Heuschrecken der Anstieg der Schädigungsrate durch den zusätzlichen Aufbereitereinsatz nur gering: Die Schädigungsrate der Individuen stieg nur um 14 Prozentpunkte – von 72 % bei einem Schnitt mit Scheibenmäherwerk ohne Aufbereiter auf 86 % bei einem Schnitt mit Aufbereiter. Deutlich größer war der Unterschied bei Fransenflüglern (*Thysanoptera*; 23 auf 56 %), Käfern (58 auf 85 %), Pflanzenläusen (*Sternorrhyncha*; 52 auf 78 %) und Milben (*Acari*; 18 auf 48 %). Methodisch wirft die Studie aber Fragen auf: Die Verluste bei den Heuschrecken sind bei der Mahd höher als bei allen zuvor genannten Studien. Das gilt speziell für die Werte, die bei Scheibenmäherwerken ohne Aufbereiter erfasst wurden. Hier stellt sich die Frage, ob das Verhältnis zwischen geschädigten und nicht geschädigten Tieren den realen Verhältnissen auf den Flächen entsprach oder ob letztere, z. B. aufgrund ihrer noch vorhandenen Mobilität, unterrepräsentiert sind. Untersucht wurde nach dem Schnitt 1 kg Mähgut je Stichprobe. Wie die Proben entnommen wurden, wird von HECKER et al. (2022) nicht erläutert. Auch die Untersuchungstermine sind ungewöhnlich. Sie lagen vor (Juni) oder deutlich

nach (Anfang November) dem phänologischen Höhepunkt der meisten Insekten, inklusive der Heuschrecken.

FRICK & FURI (2001) zeigten, dass ein Trommelmäherwerk mit integriertem Aufbereiter bei blütenbesuchenden Honigbienen eines *Phacelia*-Felds zu Verlusten von rund 35 % führen; in einem Weißklee Schlag erreichte die Mortalität sogar 62 %. In Abhängigkeit von den beobachteten und hochgerechneten Individuen bedeutete dies unter den Versuchsbedingungen 24.000 bzw. 90.000 tote oder flugunfähige Bienen pro Hektar und Mahddurchgang. Ohne Einsatz des Aufbereiters sanken die Verluste jeweils auf rund ein Siebtel (3.500 bzw. ca. 13.000 Individuen).

Bei Untersuchungen zum Vergleich der Auswirkungen von Mahd bzw. Mulchereinsatz wurden auch leicht zu vermehrende Nicht-Wiesenarten genutzt. HEMMANN et al. (1987) verdeutlichten so, dass die Verluste bei Schlegelmulchern besonders hoch sind. Dies galt aufgrund der Sogwirkung der Mulcher auch für Insekten, die sich bodennah aufhielten (Tabelle 5.2).

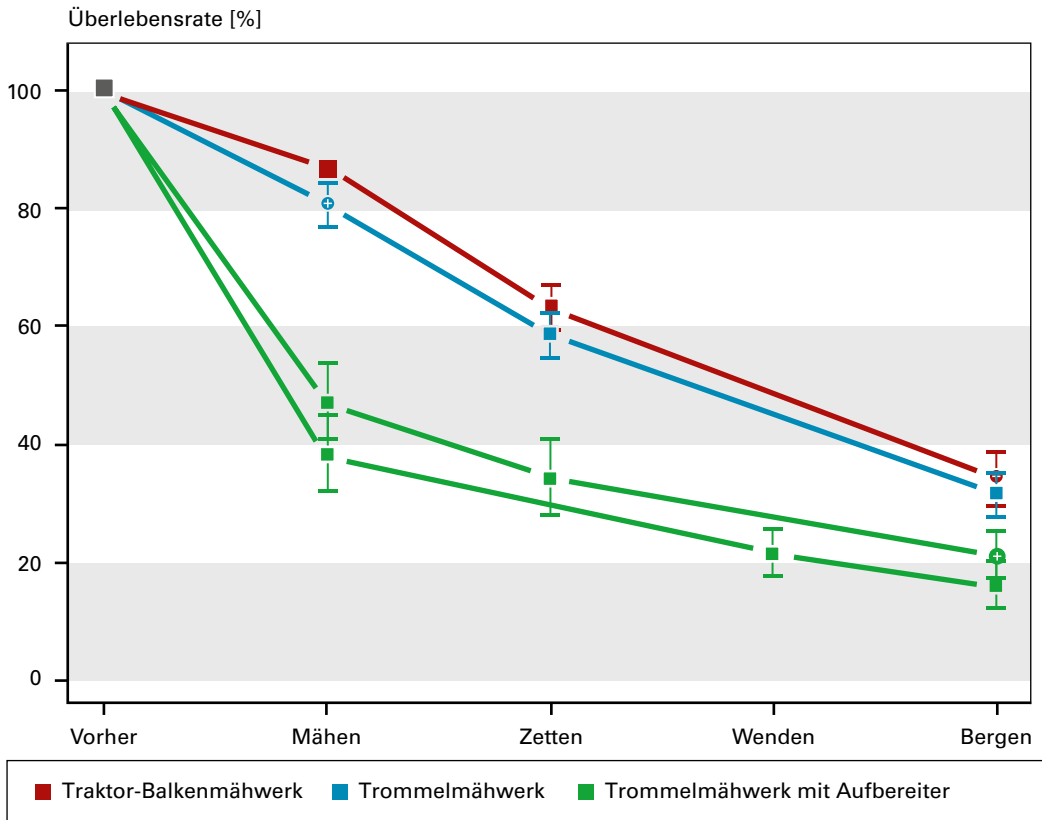


Abbildung 5.4: Überlebensrate von Heuschrecken nach den einzelnen Ernteschritten. Kreise bedeuten berechnete Werte, Vierecke gemessene, Balken die Standardabweichung. Rot: Traktor-Balkenmäherwerk ( $n = 1$ ; „n“ steht für die Anzahl der Versuchsdurchläufe); blau: Trommelmäherwerk ( $n = 9$ ); grün: Trommelmäherwerk mit Aufbereiter ( $n = 7$ ). Nach HUBERT et al. (2010b), grafisch verändert.

Obwohl die nachfolgenden Ernteschritte beim Mulchen entfallen, erzeugen gängige Ausführungen von Mulchern hohe direkte Verluste. Die Literatur zur Naturverträglichkeit des Mulchens fokussiert dabei aktuell fast ausschließlich auf die Schnitthöhe, den Schnittzeitpunkt und die Schnitthäufigkeit als Einflussvariablen, obwohl Unterschiede hinsichtlich der Naturverträglichkeit zwischen Saugmulcher (Straßenbegleitgrün), Sichel- und Schlegelmulcher und bei letzterem in Abhängigkeit von den verbauten Messertypen, anzunehmen sind. Insbesondere dürfte sich der jeweils erzeugte Sogeffekt unterscheiden.

Das Mulchen wird hinsichtlich seiner Schädigung von Tieren in der Literatur als negativer als alle anderen Pflege- bzw. Nutzungsverfahren angesprochen (z. B. VAN DE POEL & ZEHEM 2014). Beim Einsatz

einer gewöhnlichen Schlegelmulcher-Ausführung betragen die Rückgänge adulter Tiere nach STEIDLE et al. (2022) 29 % bei Wanzen (Heteroptera), etwa 50 % bei Webspinnen (Araneae), Zikaden, Haut- (Hymenoptera) und Zweiflüglern (Diptera). Für nicht näher bestimmte Larven holometaboler Insekten wurden Rückgänge von bis zu 73 % festgestellt. Hier ist allerdings Vorsicht geboten: Die Autoren sprechen von „Rückgängen“, nicht von „Verlusten“ und das vermutlich aus gutem Grund, denn vor allem mobile Tiere können aus der Fläche viel eher entkommen. „Rückgang“ umfasst also auch solche Individuen, denen die Flucht aus der Probe- fläche gelungen ist. Der Sogeffekt gängiger Ausführungen von Schlegelmulchern ist vermutlich auch die Erklärung, weshalb SCHIESS-BÜHLER et al. (2011) für die Fauna der Bodenoberfläche drastische Verluste feststellten (Laufkäfer und Boden-Spinnen mit

*Tabelle 5.2: Prozentzahl der getöteten Individuen eines Versuchsdurchlaufes bei der Pflege des Straßenbegleitgrüns mit Balkenmäherwerk (ohne weitere Ernteschritte) vs. Schlegelmulcher vs. Saugmulcher. Anmerkung zum Fluchtverhalten: Baumwollwanzen-Imagines halten sich an den Pflanzen auf und verlassen diese auch bei Erschütterung kaum. Ihre Larven lassen sich hingegen von den Pflanzen gen Boden fallen. Mehlkäfer halten sich ebenfalls bodennah auf. Der Vergleich darf nicht überinterpretiert werden, denn bei der Mahd fehlen weitere Ernteschritte, die (vor allem im Grünland) methodisch zwingend zu berücksichtigen wären. Methodik siehe HEMMANN et. al. (1987)*

Technik	Getötete Individuen [%]		
	Wanzen		Mehlkäfer
	Imagines	Larven	
Handgeführtes Balkenmäherwerk	52	17	16
Schlegelmulcher	88	41	60
Saugmulcher	84	26	30

Rückgängen zwischen 42 und 58 %). WIEZIK et al. (2013) belegen, dass das Mulchen rasch zu ungünstigen Veränderungen bei der Artenzusammensetzung von Ameisengemeinschaften führen kann und die Untersuchung von SCHMITT (2003) fand starke Rückgänge bei Schmetterlingen. Neuere technische Ausführungen können das fatale Ansaugen von Lebewesen verringern (z. B. Y-Messer oder veränderte Luftführung bei Saugmulchern; Kapitel 2.5).

Die direkten Auswirkungen des Mulchens erscheinen weniger drastisch, wenn der Vergleich zu einem kompletten Heuerntedurchgang inklusive Heuerwerbung und Bergung gezogen wird. Oft fehlt aber genau dieser ganzheitliche Vergleich und es wird alleine der Unterschied zum Arbeitsschritt der Mahd thematisiert. Dann schneidet das Mulchen sehr schlecht ab, methodisch erfasst dieser Vergleich aber eben nicht das ganze Bild. Es darf auch nicht unerwähnt bleiben, dass es mit den Regenwürmern (Lumbricidae) auch Arten gibt, die vom Mulchen und dem damit erzeugten zusätzlichen Nahrungsangebot profitieren können (SIMON 1987).

Anders als die Heuernte kann das Mulchen weitere zusätzliche indirekte negative Wirkungen haben. Hierzu zählt ein gegebenenfalls zu langsames Verrotten des zerkleinerten Aufwuchses (Streuakkumulation) sowie ein möglicher Beitrag zur langfristigen Eutrophierung insbesondere von Stickstoff-limitierten Standorten und ein kurzfristiger Nährstoffschub. Dies kann mittelbar zu Veränderungen der Vegetationsstruktur, Pflanzenar-

tendiversität und auch der Zusammensetzung der Bodenmikroorganismen führen (CABOŇ et al. 2021; FARTMANN et al. 2021a; UHLÍŘOVÁ et al. 2005). Diese unerwünschten Begleiteffekte treten allerdings nicht unmittelbar und überall auf.

Das zu langsame Verrotten des zerkleinerten Aufwuchses ist vor allem auf kühlen, nassen, stark sauren und auf wüchsigen Standorten ein Problem. Dort kann es zur Streuakkumulation bzw. Rohhumusbildung kommen und konkurrenzschwache Pflanzen und Fortpflanzungsorte für wechselwarme Tiere können dann ausfallen (SCHIEFER 1983; SIMON 1987). In Abhängigkeit von den standörtlichen Voraussetzungen und dem Pflegerhythmus werden die Auswirkungen auf den Pflanzenbestand mitunter dann relativ schnell, teils aber auch erst nach vielen Jahren sichtbar. Andernorts bleiben sie kaum nachweisbar. Unter jährlich zweimaligem Mulchen fanden MOOG et al. (2002) auf kalkreichen Böden selbst nach 25 Jahren eine für das extensive Grünland typische Pflanzenartenvielfalt und -zusammensetzung. Im Gegensatz dazu führte ein Mulchen, das nur alle zwei Jahre vorgenommen wurde, unter ansonsten gleichen Bedingungen zum Verlust typischer Grünlandarten (Verbrachungseffekt; vgl. MILBERG et al. 2017). GAISLER et al. (2019) fanden nach 13 Untersuchungsjahren, dass ein einmaliges Mulchen im Vergleich zur zweimaligen Heuernte zu Veränderungen in der Pflanzenartenvielfalt führt. Die Unterschiede waren beim zweimaligen Mulchen dann deutlich geringer. Schließlich entscheidet auch der Pflegezeitpunkt, ob sich



*Abbildung 5.5: Eine Festmistausbringung verursacht auf dieser Schwarzwald-Fettwiese einen hohen Anteil überrollter Fläche – zu erkennen an den helleren Streifen. Foto: Nicolas Schoof (2022)*

eine verdämmende Streuschicht aufbaut (MOOG et al. 2002).

Durch den Eintrag aus der Luft gelangt ständig Stickstoff aus anthropogenen Quellen ins System, der aber – im Gegensatz zur regulären Ernte – beim Mulchen nicht durch einen Entzug des Aufwuchses ausgeglichen wird. Langfristig kann sich somit Stickstoff im System anreichern, wovon vor allem nitrophilere Gräser profitieren können. Auch diese möglichen Effekte sind standortsspezifisch. Auf kalkreichen und sehr sauren Böden ist eher Phosphor als Stickstoff der limitierende Faktor der Vegetation. Entsprechend reagieren die Pflanzengesellschaften auf diesen Standorten weniger sensibel auf den Stickstoffeintrag (MOOG et al. 2002). Auch die lokal stark unterschiedlichen regionalen Depositionsraten, der vorliegende Biotoptyp sowie das lokale Klima bedingen die Reaktion der Vegetation auf das Mulchen.

Ob beim Mulchen oder Schnittnutzung: Bei allen Ernte- bzw. Pflegeschritten des Grünlandes werden gewisse Flächenanteile von Traktoren bzw. Geräteträgern überrollt. Dies ist ein weiterer Aspekt.

Die direkte Einwirkung auf die Fauna durch das Überfahren ist in der Literatur bisher kaum behandelt worden. Nach HUMBERT et al. (2010a) kann das Überrollen (mit Reifen, Walzen, Ketten) einen erheblichen Anteil an der tödlichen Einwirkung ausmachen. Bei einer überfahrenen Fläche von etwa 18 % eines Schlags wurden in der Untersuchung von HUMBERT et al. (2010a) rund 20 % der ausgebrachten bodennahen Wachsattrappen allein durch das Überfahren geschädigt. Der Effekt tritt auch bei möglichen weiteren Überfahrten abseits der eigentlichen Ernte auf (Abbildung 5.5). BAMANN & DITTRICH (2017) zeigten hingegen, dass das Überfahren keinen negativen Effekt auf die Larven des Goldenen Scheckenfalters auf Feuchtstandorten haben muss.

Näherungsweise kann zwar davon ausgegangen werden, dass unter vergleichbaren Bodenbedingungen ein Zusammenhang zwischen steigendem Auflastdruck und den negativen Auswirkungen auf die Vielfalt der Bodenlebewesen besteht. Es gibt Hinweise, dass ab einer gewissen Bodenverdichtung die biologische Vielfalt unter der Erdoberfläche abnimmt (BEYLICH et al. 2010). Allerdings sind



auch diese Zusammenhänge aufgrund der großen Vielfalt an Kombinationen von Nutzungshistorie, standörtlichen Voraussetzungen und Bodenverdichtung durch Maschineneinwirkung noch unzureichend verstanden.

Im Straßenbegleitgrün spielt das Überfahren durch ein Trägerfahrzeug weit weniger eine Rolle, da meist mit Auslegearmen gearbeitet wird. Es muss allerdings der Vollständigkeit halber erwähnt werden, dass bei herkömmlichen Auslegermulchern, bezogen auf die Arbeitsbreite, die komplette Fläche durch die Tast- bzw. Führungswalze am Heck mit dem gesamten und nicht unerheblichen Gerätegewicht überrollt wird. Eine besondere Studie ist hier die von STEIDLE et al. (2022). Sie überprüft die Naturverträglichkeit eines speziell für die Straßenbegleitgrünpflege entwickelten Arbeitskopfes, den in Kapitel 2.4 erwähnten MULAG Eco 1200 plus. Als Vergleich dienten unbehandelte Bereiche (nicht gemäht/gemulcht) und solche, die mit einem gewöhnlichen Schlegelmulcher, der ebenfalls über einen Auslegearm betrieben wurde, bearbeitet wurden. Die Autoren konnten die Herstellerangaben bestätigen:

- Bei adulten Webspinnen, Wanzen und Zikaden sowie Larven holometaboler Insekten wurden keine Unterschiede der Abundanz (Anzahl der Individuen einer Art) zwischen den unbehandelten Teilflächen und den Teilflächen, die mit dem Eco 1200 plus gepflegt wurden, festgestellt.
- Im Gegensatz dazu waren die Rückgänge beim gewöhnlichen Mulchereinsatz hoch. Bei Haut- und Zweiflüglern kam es zwar zu nachweisbaren Individualverlusten durch den Eco 1200 plus, diese waren aber deutlich geringer als die durch den Schlegelmulcher erzeugten Verluste (STEIDLE et al. 2022).

Neben Technik und Verfahren ist natürlich auch die Erntehäufigkeit pro Jahr ein kardinaler Faktor. Ein Beispiel für eine Artengruppe mit insgesamt sehr geringer Resilienz gegenüber dem Ernteprozess sind Zikaden. Untersuchungen von NICKEL (2016) verdeutlichen die Zusammenhänge: In zwei benachbarten Thüringer Kalkflachmooren (Al-

perstedter und Haßlebener Ried, jeweils nördlich von Erfurt gelegen) wurde der Einfluss der Pflegevarianten einer jährlichen, meist einschürigen Heuernte und die Ernte in mehrjährigem Abstand (temporäre Brache) vergleichend untersucht. Die Flächen wurden auf 38 Transekten dreimalig begangen und die Tiere standardisiert mit Motorsauger und Kescher abgesammelt. Insgesamt wurden 26.500 Individuen von 141 Zikadenarten (von ca. 650 in Deutschland) ausgewertet. Zum Zeitpunkt der Untersuchung wurden die beiden Pflegevarianten bereits mindestens 10 Jahre in unveränderter Weise durchgeführt. Die Studie machte deutlich, dass bereits eine jährlich einmalige Heuernte gegenüber einer (temporären) Brache zu starken Veränderungen des Artenspektrums führt: 59 Zikadenarten wurden bereits durch eine jährlich einmalige Heuernte reduziert oder ausgelöscht, für 40 konnte mit diesem Design keine Reaktion festgestellt werden und 42 wurden durch eine jährlich einmalige Ernte gefördert. Allerdings offenbarten sich beträchtliche Unterschiede in den Gefährdungskategorien, denn stärker gefährdete Arten (Rote Liste 0-, 1- und 2-Arten, darunter die bis dato in Thüringen verschollene Zikadenart *Stroggylocephalus livens*) reagierten besonders stark negativ auf einen Ernteprozess. Die letztgenannte Feststellung unterstreicht eine Zuordnung aller Zikadenarten Deutschlands auf Nutzungstypen und Gefährdungskategorien. Ein großer Anteil der Zikaden – und weit überproportional die (stärker) gefährdeten – ist selbst im extensiv gemähten Grünland (ein- oder zweischürig) nicht in der Lage, die durch die Heuernte hervorgerufenen direkten und indirekten Verluste zu tolerieren (Abbildung 5.6). So reagierten von insgesamt 17 dieser stärker gefährdeten Arten 15 negativ und nur 2 positiv auf die Mahd, obwohl es sich nur um einen einzigen Schnitt pro Jahr handelte.

Positive Entwicklungen von Abundanz und Diversität von Zikaden bei Rückgang der Erntefrequenz zeigen auch die Studien von BLAKE et al. (2011), BURI et al. (2016) sowie von MORRIS (1979) für Wanzen. Bei Letzterem fehlten seltene Arten in zweischürigen Wiesen vollständig. VAN KLINK et al. (2019) fanden eine negative Korrelation zwischen

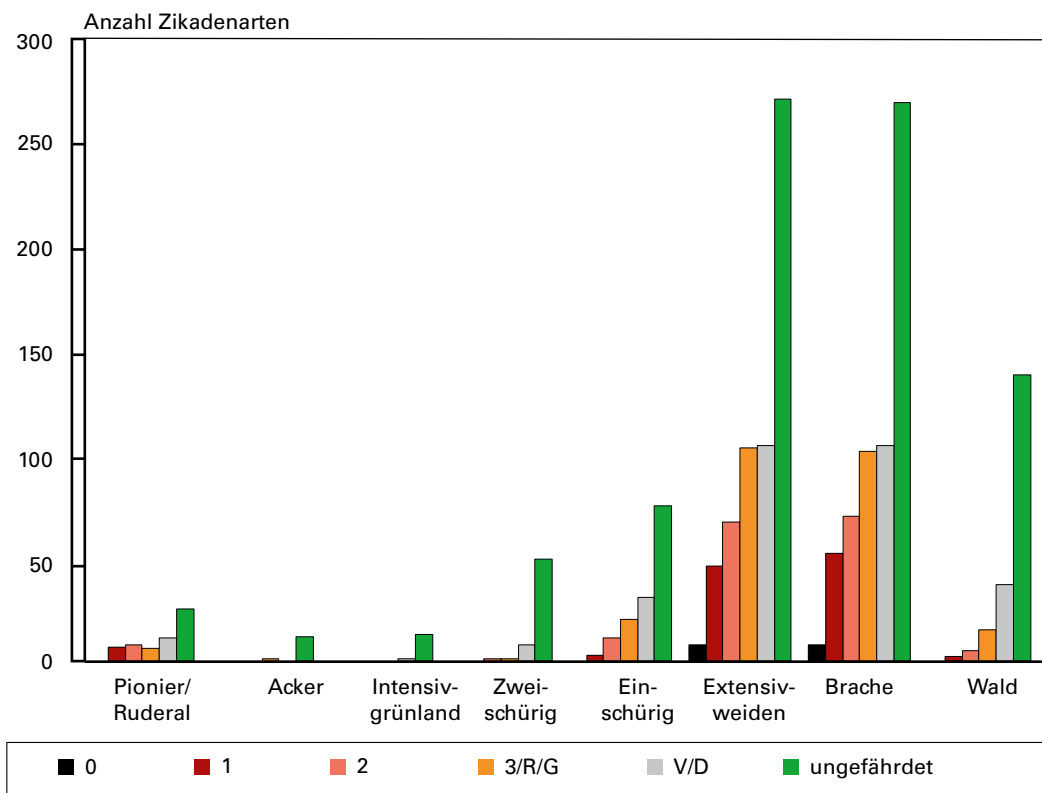


Abbildung 5.6: Potenzielle Artenzahlen der Zikaden je Gefährdungskategorie in unterschiedlich genutzten Lebensräumen. Basis ist eine Einteilung der 650 Arten Deutschlands in ein oder mehrere Kategorien. Die Nutzungskategorie „Pionier/Ruderal“ umfasst auch Flussschotter und Dünen; die Kategorie „Brache“ alle un- oder höchstens sehr selten genutzten Offenlandzustände, die nicht dem Wald zugeordnet werden. „Extensivweiden“ beinhaltet Standweiden >2 Monate Standzeit sowie traditionelle Nutzungsformen der Landschaftspflege und „Intensivgrünland“, die intensiver genutzten Wiesen (>2 Schnitte) und Weiden. Gefährdungskategorien: 0 = ausgestorben; 1 = vom Aussterben bedroht; 2 = stark gefährdet; 3 = gefährdet; G = Gefährdung unklar; V = Vorwarnung; R = selten; D = Daten ungenügend (Daten und Zuordnung zu Gefährdungskategorien nach NICKEL et al. 2016)

der Heuernte­häufigkeit (ein- oder zweimal) mit der Abundanz von Sä­gef­lie­genlarven (Symphyta), aber eine positive bei Kurzflügelkäfern (Staphylinidae), während sich bei beiden Taxa die Artenvielfalt in Bezug auf die Ernte­häufigkeit nicht unterschied. ANTONIAZZA et al. (2018) schlussfolgern in ihrer Studie, dass die Ernte­häufigkeit im Feuchtgrünland auf Landschaftsebene heute insgesamt deutlich über der für den Wiesenbrütterschutz zielführenden liegt.

Die Ausführungen veranschaulichen, dass die Ernte­häufigkeit einen entscheidenden Einfluss auf die Artenvielfalt und Populationsgrößen von Lebensgemeinschaften hat. In der Regel ist beides negativ mit der Anzahl der Schnitte pro Jahr korre-

liert, wobei eine zu geringe Nutzung vor allem auf meso- bis eutrophen Standorten rasch zu negativen Vegetationsveränderungen führen kann. Während strukturarme Vielschnittwiesen mit individuen- und artenarmen Biozönosen heute in Deutschland dominieren, sind zwei- und einschürige Wiesen selten (BfN 2014; FINCK et al. 2017). Viele Flachland- und Bergmähwiesen (FFH-Lebensraumtypen 6510 bzw. 6520) werden heute als Zweischnittwiesen genutzt (und waren historisch oft einer Vor- bzw. Nachweide unterzogen [KAPFER 2010]). Einschürige Wiesen sind nur im Naturschutzgrünland zu finden (z. B. magere Flachland-/Bergmähwiesen, Streuwiesen [FFH-Lebensraumtyp 6410] oder manche Borstgrasrasen [FFH-Lebensraumtyp 6230\*]). Prinzipiell sollte also aus Naturschutzsicht für das

Gros der Naturschutzwiesen eine Verringerung der Erntehäufigkeit angestrebt werden, weil dies Artenvielfalt und Individuendichte der Fauna stark erhöhen kann (FARTMANN & MATTES 1997; MODY et al. 2020; PROSKE et al. 2022; TÄLLE et al. 2018; WINTERGERST et al. 2021).

Auf gedüngten bzw. anthropogen bereits eutrophierten Standorten muss eine Verringerung der Erntehäufigkeit aber zwingend mit verminderter Düngung einhergehen. Nur so kann die dann reduzierte Abfuhr von Nährstoffen bilanziell ausgeglichen werden. Dies wird relevant, wenn eine Intensivwiese in einen hochwertigen Lebensraum überführt werden soll. Im Naturschutzgrünland ist dies wiederum fast ausschließlich auf Flachland- und Bergmähwiesen wichtig, weil nur diese Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie regelmäßig gedüngt werden. Soll hier die Schnitthäufigkeit gesenkt oder der Erhaltungszustand verbessert werden, muss also in vielen Fällen zunächst die Düngung zurückgefahren (Abbildung 5.7) und die Fläche mittels Beibehaltung der bisherigen Schnitthäufigkeit über mehrere/viele Jahre ausgehagert/vorbereitet werden. Andernfalls droht eine ungünstige Vegetationsentwicklung. Schließlich lassen sich natürlicherweise wüchsige Standorte kaum aushagern (BRIEMLE et al. 1991).

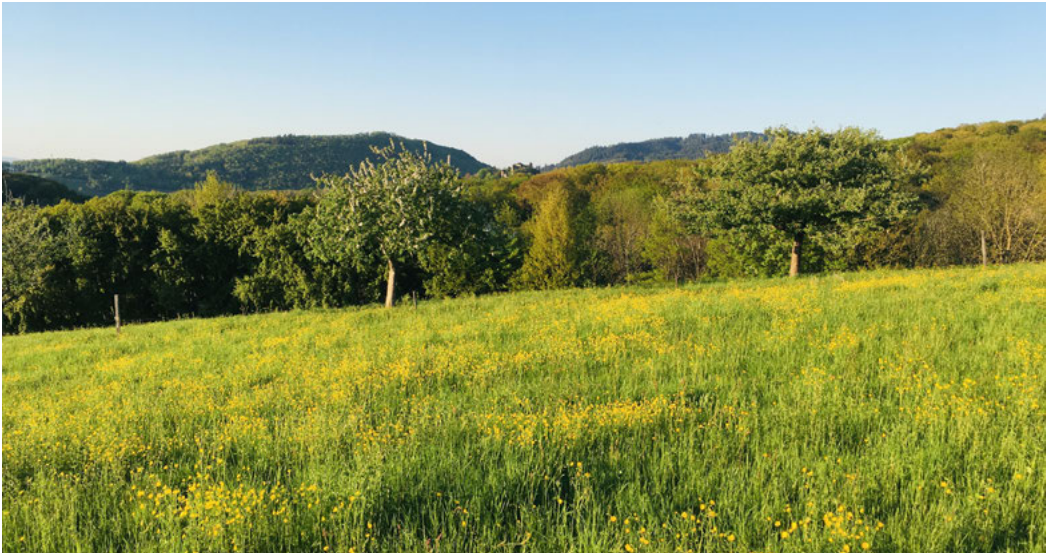
Viele Pflanzen verlagern nach erfolgter Reproduktion Nährstoffe in ihre Speicherorgane im Boden. Folglich ist der erntebedingte Stickstoffentzug einer Ernte umso geringer, je länger der Zeitpunkt der Ernte hinausgezögert wird. In Luftstickstoff-Belastungsgebieten (vor allem Allgäu, Nordwest-Deutschland) kommt diesen Zusammenhängen eine besondere Bedeutung bei. Liegt der langfristige Stickstoffeintrag unter oder zumindest nicht über dem Stickstoffentzug der Nutzung, kann die Senkung der jährlichen Schnitthäufigkeit bei vorhandener Samenbank oder Wiederbesiedlungsmöglichkeit starke Zunahmen in der Pflanzenartenvielfalt bewirken (KAMMER et al. 2022). Nährstoffarmut ist die Voraussetzung für eine hohe Pflanzendiversität und offene, nicht zu dichte Vegetation. Derartig strukturierte, artenreiche Grünlandbestände sind

wiederum ein Fundament für artenreiche Insekten-gemeinschaften (FARTMANN et al. 2021a). In einigen Lebensräumen ist eine Absenkung der jährlichen Nutzungsfrequenz relativ problemlos möglich. Beispielsweise werden Hochstaudenfluren weithin (viel) zu häufig gemäht oder gemulcht und auch nährstoffarme Streuwiesenstandorte profitieren von einer überjährigen Mahd alle 2–3 Jahre (vgl. BRÄU & NUNNER 2003). HELY et al. (2018) zeigen aber speziell für Streuwiesen in Luftstickstoff-Belastungsgebieten, dass die Eutrophierung teils weit fortgeschritten ist und aus Artenschutzsicht dann eine partielle Frühmahd (der traditionell spät genutzten Lebensräume) zielführend sein kann.

## 5.2 Schnitthöhe und Arbeitsschwindigkeit

Je nach technischer Ausführung bzw. Gerätetyp kann rotierende Technik (Kapitel 2.1) eine mehr oder weniger starke Sogwirkung erzeugen. Diese kann Tiere in den Wirkungsbereich ziehen. Die Sogwirkung wird sicherlich auch durch die Schnitthöhe bedingt, wobei ein höherer Schnitt einen geringeren Sogeffekt erzeugen dürfte. Oszillierende Mähtechnik verursacht keinen Sogeffekt, hat konstruktionsbedingt einen wesentlich kleineren Wirkungsbereich und hier werden – anders als bei der rotierenden Technik – auch keine Schleuderschutzvorhänge oder ähnliches eingesetzt, die Tiere von der Vegetation in den Wirkungsbereich abstreifen könnten. Die Schnitthöhe kann bei vielen Geräten über die Einstellung von Stützrädern, -walzen oder Gleitkufen angepasst werden. Die Auswirkung der jeweils angesetzten Schnitthöhe ist in Abhängigkeit von der eingesetzten Technik sehr verschieden.

Mit Ausnahme des Laubfrosches (*Hyla arborea*) halten sich alle Amphibien, die im Grünland anzutreffen sind, am Boden auf (GÜNTHER 2009). Entsprechend nehmen die Verluste (tote und verletzte Tiere) bei Amphibien mit zunehmender Schnitthöhe ab (Tabelle 5.3). Bei der in der landwirtschaftlichen Praxis üblichen Schnitthöhe von 7–8 cm (Kapitel 2.1) schwankten in der Studie von OPPERMANN & CLASSEN (1998) die Verlustraten – je nach Mähwerktyp – zwischen 10 und 28 %. Aufgrund der



*Abbildung 5.7: Eine gedüngte Mehrschnittwiese, die sich an der Grenze der Zugehörigkeit zum FFH-Lebensraumtyp Flachland-Mähwiese (LRT 6510) befindet. In diesem Fall wäre eine Absenkung der Schnitthäufigkeit naturschutzfachlich nur zu empfehlen, wenn zunächst die Düngung ausgesetzt wird. Eine reduzierte Entnahme des Aufwuchses durch Senkung der Schnitthäufigkeit würde ansonsten schnell zur Eutrophierung und zu unerwünschten Veränderungen der Vegetation führen (Balingen [BW]). Foto: Nicolas Schoof (2022)*

niedrigeren, aber praxisüblichen Schnitthöhe war sie bei der Sensenmahd mit 14 % sogar leicht höher als beim Einsatz eines Balkenmähwerks (10 %). Ein Hochschnitt (10 bzw. 12 cm) wurde nur mit der rotierenden Technik umgesetzt. Die Mortalität nahm hier mit der Anhebung der Schnitthöhe erwartungsgemäß ab. Ein Schnitt auf 12 cm ist in der Praxis nur beim ersten Aufwuchs (theoretisch) möglich, wenn die Ernteverluste keine Rolle spielen oder finanziell vergütet werden. Wie in Kapitel 2.2 erwähnt, ist die Schnitthöhe nicht immer beliebig einstellbar. Schnitthöhen über 10 cm sind arbeitstechnisch oft nicht realisierbar. Dass eine Anhebung über 10 cm prinzipiell einen noch wirksameren Schutz für Amphibien bedeuten kann, zeigten auch CLASSEN et al. (1996). In dieser Studie verursachte ein Trommelmähwerk, das zwischen 11 und 14 cm geführt wurde, nur 3 % verletzte oder getötete Individuen, während eine Schnitthöhe zwischen 7 und 8 cm mit derselben Technik auf 24 % kam.

VAN DE POEL & ZEHEM (2014) kommen in ihrer Literaturstudie zum Ergebnis, dass die Schnitthöhe von 10 cm geeignet ist, die Verluste bei Wirbeltieren und Wirbellosen deutlich zu minimieren. Diese 10 cm

liegen „nur“ 3 über den 7 cm, die eine gute landwirtschaftliche Praxis anstrebt und in der Landwirtschaft auch überwiegend praktiziert werden (Kapitel 2.1). Der vermeintlich geringe Unterschied kann aber durchaus starke Auswirkungen auf die Mortalität von Tieren haben. Eine Anhebung der Schnitthöhe hat, vor allem in solchem Grünland, dessen Futter betrieblich relevant genutzt wird, auch ökonomische und futterbauliche Konsequenzen (Infobox 1).

Zu beachten ist, dass die Landschaftspflege gerade in Nasswiesen häufig mit handgeführten Balkenmähwerken arbeitet und deren Schnitthöhe nach eigener Erfahrung oft unter den eben genannten Richtwerten liegt. Das schädigt dann Amphibien, deren Habitat gepflegt werden soll. Neben den geschilderten direkten Effekten auf die Fauna hat die Schnitthöhe sicherlich noch indirekte Auswirkungen auf die Überlebensrate von Tieren. In erster Linie hat die Schnitthöhe Auswirkungen auf das Mikroklima, aber vermutlich auch auf die Prädationsrate. Zu den indirekten Effekten gibt es offenbar keine Untersuchungen. Anders als bei kleinen Organismen ist für größere Wirbeltiere, die sich nach der Mahd noch in der Wiese aufhalten, ein Kreiseltzettwender pro-

Tabelle 5.3: Einfluss von Schnitthöhe und Mähwerktyp auf die prozentualen Verlustraten von Amphibien (tote und verletzte Tiere) im Grünland. Arbeitsgeschwindigkeit: 7–8 km/h; außer Sense. Quelle: OPPERMANN & CLASSEN (1998)

Schnitthöhe [cm]	Mähtechnik			
	(Hand-)Sense	Traktor-Balkenmähwerk	Trommelmähwerk	Scheibenmähwerk
5–7	14	-	-	-
7–8	-	10	27	28
10	-	-	19	19
12	-	-	5	5

blematischer. Anders als die Schnitthöhe kann die Arbeitshöhe beim Zetten, Wenden und Schwaden kaum angehoben werden, da sonst der gewünschte Effekt der Heuwerbung nicht erzielt wird. Die Arbeitshöhe beträgt bei diesen Verfahrensschritten etwa 2 cm, die verbliebenen Wirbeltiere wären aufgrund ihrer Körpergröße also in jedem Fall potenziell direkt betroffen. Ein großer Teil der vitalen Tiere wird vermutlich nach der Mahd und vor den folgenden Ernteschritten abgewandert sein – es gibt aber auch Ausnahmen (Kapitel 4).

Hinsichtlich der Arbeitsgeschwindigkeit gibt es in der Übersicht von VAN DE POEL & ZEHEM (2014) unterschiedliche Empfehlungen. Einige Artengruppen – vor allem Amphibien – scheinen von schnelleren Arbeitsgeschwindigkeiten zu profitieren, für andere wird ein gegenteiliger Effekt angenommen – z. B. Wiesenbrüter (TYLER et al. 1998). Die Erklärung für abweichende Auswirkungen dürfte im jeweiligen Fluchtverhalten zu finden sein. Bei langsamerer Fahrt haben Amphibien länger Zeit, in die Messer zu springen, während andere Wirbeltiere dann noch rechtzeitig fliehen können. Eine nicht zu hohe Arbeitsgeschwindigkeit erhöht natürlich die Chance, dass ein aufmerksamer Maschinenführer größere Wildtiere, vielleicht unter Hilfe automatisierter Warnsysteme (Kapitel 2.5), noch rechtzeitig erkennt. In Abhängigkeit der jeweiligen Grünlandfläche erreichen moderne Selbstfahrmäherwerke Arbeitsgeschwindigkeiten von bis zu 25 km/h, Traktoren mit Scheiben- bzw. Trommelmäherwerken im Anbau 15 km/h und Einachsgeräteträger mit Balkenmäherwerk oft nur 3 km/h (KÖLLER & HENSEL 2019).

### 5.3 Schnittzeitpunkt

Spezifische Förderprogramme sehen oft eine zeitliche Verschiebung des ersten Schnittzeitpunktes vor. Die Annahme ist, dass ein früher Schnitt, der im Grünland viel eher Normalfall ist, negativ auf die Artenvielfalt einwirkt. Die Festlegung des Zeitpunktes ist bei Förderprogrammen eine Abwägung zwischen zu erwartenden Ertragseinbußen bei der Futterwerbung (Kapitel 3) und naturschutzfachlichen Überlegungen, wobei die Frage nach dem „optimalen“ Schnittzeitpunkt häufig durch die Ansprüche von Zielarten entschieden wird.

Es gibt Publikationen, die sich der naturschutzfachlichen Bedeutung des Zeitpunktes der ersten (Haupt-)Nutzung einer Wiese widmen. BURI et al. (2016) verglichen über drei Jahre die Auswirkungen unterschiedlicher Nutzungszeitpunkte auf die Artenvielfalt und Individuendichten von Zikaden und Webspinnen in (überwiegend zweischürigen) Schweizer Extensivwiesen. Die betrachteten Schnittzeitpunkte ähneln denen, die oft in den deutschen Förderprogrammen festgelegt sind. Drei Typen von Wiesen wurden behandelt, und zwar solche mit

- einem Schnitt nicht vor dem 15. Juni (Kontrolle),
- einem Schnitt nicht vor dem 15. Juli (späte Ernte bzw. „Spätmahd“) und
- einem Schnitt nicht vor dem 15. Juni, aber zudem – räumlich von Jahr zu Jahr alternierend – dem Belassen von 10–20 % der Wiesenfläche als Refugium.

Untersucht wurden insgesamt 36 Flächen mit jeweils unterschiedlichen, sich ergänzenden Fangmethoden.

Die beiden Taxa wurden jeweils vor und nach dem Erntedurchgang gesammelt (Abbildung 5.8).

Die Individuenzahlen von Zikaden und Webspinnen nahmen im Studienzeitraum bei einer späten Ernte um das 3,5-fache bzw. 1,8-fache zu. Ein positiver Mitnahmeeffekt ins nächste Jahr wurde auf den spät geernteten Wiesen für Webspinnen festgestellt. Die Populationen nahmen also über die Untersuchungsjahre zu. Die Artenvielfalt der beiden Taxa unterschied sich hingegen zwischen den einzelnen Versuchsflächen nicht. In einem nahezu identischen Versuchsdesign fanden BURI et al. (2013) einen positiven Mitnahmeeffekt innerhalb eines Versuchsjahres durch die spätere Nutzung hinsichtlich Abundanz und Vielfalt von Wildbienen. Die Abundanz von Heuschrecken nahm unter verzögerter Ernte um das Fünffache zu (BURI et al. 2014).

In einer Kalkmagerrasen-Studie untersuchten MORRIS & RISPIN (1988) über drei Jahre Käfer hinsichtlich des Einflusses eines zeitlich verschobenen ersten Schnitzeitpunktes. Die Erntezeitpunkte waren Mai, Juli, Mai plus Juli sowie vergleichend eine Brache. Käferarten reagierten insgesamt empfindlicher auf einen Mai-Schnitt als Zikaden, da ihre Entwicklung viel eher im Frühsommer abläuft.

Die dreijährige Studie von MORRIS (1979) widmete sich dem Einfluss verschiedener Erntezeitpunkte (Mai, Juli, Mai plus Juli, Brache) auf Wanzen in Glatthaferweiden Englands. Abundanz und Artenvielfalt nahmen von der Brache über Flächen mit Mai- oder Juli-Ernte zu solchen mit zweimaliger Ernte (Mai plus Juli) ab. Flächen mit Mai- bzw. Juli-Ernte zeigten keinen Unterschied hinsichtlich der Artenzahl.

VAN KLINK et al. (2019) untersuchten über fünf Jahre Zweischnittwiesen in der Schweiz, bei denen die erste Ernte nicht vor dem 15. Juni lag („Kontrolle“), von Mitte Juni auf frühestens 16. Juli verzögert wurde („späte Ernte“) und solchen, die nicht vor dem

15. Juni geerntet wurden und auf denen zusätzlich ein Refugium von 10–20 % belassen wurde („Refugium“). Auf allen drei Bewirtschaftungstypen fand eine zweite Ernte im August oder September statt. In der Studie wurden diverse Taxa – Schmetterlinge, Schwebfliegen, Schlupfwespen, Sägefliegen, Wildbienen, Käfer – vor der ersten Ernte gesammelt. Ziel war, überjährige Mitnahmeeffekte zu identifizieren und das Heuernernteereignis stärker in Bezug zur Ökologie der Arten setzen zu können. Die Abundanz der Larven der Arten, deren Larvenstadien sich auf Grünlandpflanzen entwickeln, war bei später Ernte insgesamt um den Faktor 2,4 und in den Flächen mit Refugium um den Faktor 1,7 höher als in der Kontrolle. Nur die Larven der Schmetterlinge wurden insgesamt häufiger in Wiesen mit Refugien als in denen mit späterer Ernte gefunden. Einzig Nachtfalter wiesen hinsichtlich der Abundanz keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Bewirtschaftungstypen auf. Arten, deren Larvenentwicklung im Boden oder abseits der Wiese stattfindet, zeigten keine Abundanzunterschiede zwischen den drei Wiesentypen. Über die Untersuchungsjahre konnten keine Unterschiede bezüglich der Diversität in den Artengruppen festgestellt werden.

Die Ergebnisse weiterer Studien deuten ebenfalls darauf hin, dass ein späterer (erster) Schnitzeitpunkt positive Auswirkungen auf die Abundanz und auch auf die Diversität von vielen Wirbellosen hat. Diese Studien zielen, anders als die zuvor genannten, allerdings jeweils auf eine Extensivierung von Intensivgrünland (die Untersuchung von VALTONEN et al. [2006] wurde im Straßenbegleitgrün durchgeführt). Hier hat der eingangs angesprochene ökologische Filter Biozönosen in der Vergangenheit stärker verändert und die Ergebnisse können deshalb nur bedingt für die Verhältnisse in bereits bestehendem Naturschutzgrünland herhalten. Nachfolgend ist aufgeführt, welche Verschiebung des Schnitzeitpunktes bei den jeweiligen Taxa zu höheren Abundanzen und Artenzahlen geführt hat:

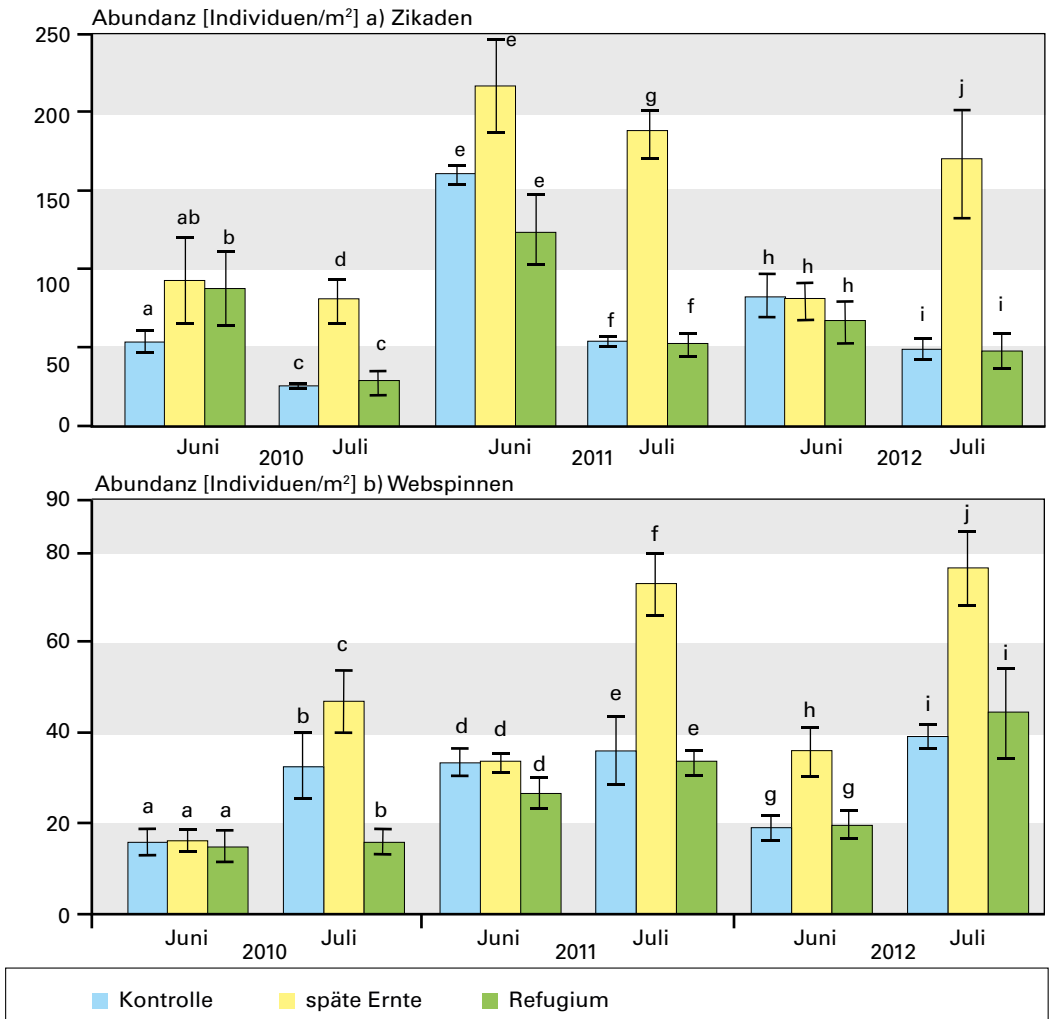


Abbildung 5.8: Abundanz von Zikaden (a) und Webspinnen (b) in den unterschiedlichen Untersuchungsflächen. Die Juni-Ergebnisse illustrieren Mitnahmeeffekte des Vorjahres. Kontrolle: Schnitt nicht vor dem 15. Juni; Spätmahd: Schnitt nicht vor dem 15. Juli; Refugium: Schnitt nicht vor dem 15. Juni, aber zudem – räumlich von Jahr zu Jahr alternierend – das Belassen von 10–20 % der Wiesenfläche als Refugium. Quelle: BURI et al. (2016), grafisch verändert

- Hummeln (*Bombus* spp.) bei einer Verschiebung von Mai auf Juli (POTTS et al. 2009)
  - Tagfalter ebenfalls bei einer Verschiebung von Mai auf Juli (POTTS et al. 2009) sowie von Juli auf August (VALTONEN et al. 2006)
  - Nachtfalter bei einer Verlegung von Juli auf August (VALTONEN et al. 2006)
  - Käfer und Zikaden bei einer Verschiebung von Mai auf Juli (WOODCOCK et al. 2007; BLAKE et al. 2011)
- Allerdings darf die Verlegung des Schnittzeitpunktes nicht losgelöst von möglichen mittel- bis langfristigen Vegetationsveränderungen betrachtet werden. Solche Veränderungen, wie sie beispielsweise eine späte Mahd auf produktiven Standorten schon relativ rasch erzeugt, werden sich auch negativ auf die Fauna auswirken. Ein eher dynamischer Ansatz, bei dem z. B. eine Vegetationsperiode spät und die folgende(n) wieder zur Blüte der Hauptgräser geerntet wird, könnte zwischen den Vorteilen vermitteln. In besonderem Maß gilt dieser Abwägungsvorbehalt für das Mulchen, bei dem sehr späte

Termine auch einer Zweitpflege (näherungsweise ab September) zum schnellen Aufbau einer verdämmenden Streuschicht beitragen können (vgl. GEORGI et al. 2023).

Für Wirbeltiere ist die Veränderung der Vegetation insgesamt sicherlich nicht so rasch problematisch. Hier profitieren ebenfalls viele Arten von einem späten Schnitt. Ein prominentes Beispiel ist das Braunkehlchen (*Saxicola rubetra*), das auch deshalb so selten geworden ist, weil die Nutzungstermine im Grünland insgesamt deutlich nach vorne verschoben wurden (BRIEMLE et al. 1991). Viele Wiesenbrüter sind auf eine späte Bearbeitungszeit angewiesen (Tabelle 5.4). Auch Feldhasen (*Lepus europaeus*) (BRAUN & DIETERLEN 2005) sowie Amphibien und Reptilien profitieren eher von einer späten Ernte (LAUFER et al. 2007).

Selbstverständlich gibt es auch Arten, für die eine Verschiebung des ersten Schnittes in den Sommer oder Herbst problematisch ist und ein früher Termin viel eher zu Phänologie und Aktivitätsmuster passt. Ein Beispiel dafür ist die Bauchige Windelschnecke (*Vertigo moulinsiana*) (Art des Anhangs II der FFH-RL), die vor allem Großseggenriede besiedelt. Bei bodenbrütenden Heuschreckenarten wirken sich sowohl eine sehr frühe als auch eine späte Mahd positiv auf die Bestände aus (FARTMANN & MATTES 1997; KIEL 1999). Die spezifischen Ansprüche insbesondere der gefährdeten und seltenen Grünlandarten müssen bekannt sein, um zwischen der Maximierung der flächengebundenen Diversität und der Förderung stärker bedrohter Arten vor Ort überhaupt abwägen zu können (LIPÍŇSKA & BIELAŇSKI 2022). Ein Zeitraum, der für alle Arten optimal wäre, existiert nicht. Speziell auf Streuwiesen sind stets Einzelfallabwägungen zu treffen (BRÄU & NUNNER 2003). Dennoch zeigen die bisherigen Ausführungen mehrheitlich einen positiven Effekt einer späten Ernte an.

Wie erläutert, kann sich eine Verschiebung der Pflanzenartenzusammensetzung mittelbar negativ auf die Fauna auswirken (vgl. HELY et al. 2018). HUMBERT et al. (2012) haben in einer Literaturana-

lyse verschiedene vegetationskundliche Arbeiten ausgewertet. Sie gelangen zu folgenden Schlüssen:

- Die Verschiebung der ersten Nutzung vom Frühjahr in den Sommer wirkt sich positiv auf die Pflanzenartenvielfalt aus.
- Eine Verschiebung der ersten Nutzung vom Frühjahr in den Herbst oder vom Frühsommer auf einen späteren Zeitpunkt führt dagegen zu einer geringeren Pflanzenartenvielfalt.

Diese Erkenntnisse sind nur Richtwerte. Auch HUMBERT et al. (2012) betonen, dass andere Faktoren wie der Nährstoffhaushalt die Pflanzenartenvielfalt oft stärker beeinflussen und mögliche Effekte des Schnitttermins überlagern können. Die hier dargestellten Ergebnisse liefern auch die Begründung, warum die Silagenutzung gemeinhin als problematisch anzusehen ist. Zur Silageproduktion muss der erste Schnitt wesentlich früher als bei der Heuernte (oder der Heulagegewinnung) erfolgen. Die Erntehäufigkeit ist bei der Silagegewinnung hingegen sehr oft, aber aus Produktionssicht nicht zwingend höher als bei der Heugewinnung.

Aussagen zum „optimalen“ Schnittzeitpunkt werden in Förderprogrammen von Bund und Ländern vor allem aus vegetationsökologischen oder avifaunistischen Befunden abgeleitet (FARTMANN & MATTES 1997). Die in manchen Förderprogrammen der Bundesländer (immer noch) vorgegebenen festen Schnittzeitpunkte können sich im ungünstigen Fall bei großflächiger Anwendung durch ein abruptes, fast zeitgleiches Abmähen vieler benachbarter Flächen oder ganzer Regionen auf viele Arten stark negativ auswirken – selbst auf Fokusarten wie Wiesenbrüter. Bundesweit sehen einige Förderprogramme beispielsweise einen Schnittzeitpunkt ab dem 16. Juni vor, der oft zu spät und in jedem Fall zu pauschal ist. Letztlich trägt ein fester Schnitttermin nicht der von Jahr zu Jahr variierenden Phänologie von Pflanzen und vielen Tierarten Rechnung. Vorab in Förderprogrammen fixierte Schnittzeitpunktregelungen sind aus diesen Gründen naturschutzfachlich tendenziell abzulehnen – auch wenn sie leicht kontrollierbar sind (FIEDLER et al. 2017; REITER et al. 2004). Im Naturschutz werden – auch im einzelflächenge-



Tabelle 5.4: Kritische Bearbeitungszeiten (rot) für Wiesenbrüter (Brut- und Nestlingszeit) im Grünland. Ursprüngliche Vorlage nach van de POEL & ZEHN (2014), verändert unter Expertise von Louiza Krahn, Michael-Otto-Institut im NABU.

	Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
Kiebitz			■	■	■	■	■	■				
Schwarzkehlchen												
Sumpfohreule			■	■	■	■	■	■				
Feldlerche												
Wiesenpieper												
Brachvogel												
Bekassine												
Rotschenkel												
Uferschnepfe												
Wiesenschafstelze												
Baumpieper												
Rebhuhn												
Kampfläufer												
Feldschwirl												
Grauammer												
Braunkehlchen												
Wachtelkönig												
Wachtel												
Wiesenweihe												

bundenen Vertragsnaturschutz – vermutlich weithin über zu lange Zeiträume zu späte Nutzungstermine anvisiert, die dann über die Jahre mitunter zu einer schleichenden Verbrachung sowie Eutrophierung führen können (KAMMER et al. 2022).

### 5.4 Brachen und Refugien

Brachen sind landwirtschaftliche Flächen, die aus der Nutzung genommen wurden oder die zufallsbedingt durch unterschiedliche Anlässe entstehen und für unterschiedliche Zeiträume verbleiben. Der Begriff „Refugium“ ist hier prinzipiell ökologisch zu verstehen. Er umfasst also auch alle (Kleinst-) Brachen, die flüchtenden Arten nach der Heu-ernte eine Ausweichmöglichkeit bieten. „Refugium“ kommuniziert aber viel eher die gezielte Intention der Maßnahme. Der Begriff „Insektenschutzstreifen“ wiederum bedeutet im Grünland dasselbe wie ein gezielt angelegtes/belassenes Refugium. Das Instrument „Insektenschutzstreifen“ ist zwar sicherlich besser zu vermarkten, suggeriert aber eine vorherige Einsaat, die im Naturschutzgrünland oft

nicht gewünscht ist. Die begrifflichen Übergänge sind insgesamt fließend. Auch Saumbiotop (Säume) haben für viele Arten eine Refugialfunktion. Saumbiotop sind aber praktisch immer als eigenständiger, linearer Biotoptyp (oft überwiegen Stauden) im Grenzbereich zweier Lebensräume (z. B. Wald zu Grünland) anzusprechen. Sie werden extensiver gepflegt als angrenzendes Grünland und bieten in der Regel Überwinterungsoptionen.

Eine dauerhaft ausbleibende landwirtschaftliche Nutzung führt auf dem überwiegenden Anteil der Grünlandtypen Mitteleuropas mittel- bis langfristig zu einer unerwünschten Sukzession in Richtung Wald. Ob Brachen insgesamt einen positiven oder negativen Beitrag zum Biodiversitätsschutz leisten, ist von der räumlichen Betrachtungsebene (Einzelschlag vs. Landschaft) sowie mehreren, wechselwirkenden Faktoren abhängig. Diese sind die vorhandene(n) Biozönose(n) (u. a. WERSEBECKMANN et al. 2023), die Umgebung/Region (z. B. ausgeräumte Agrarlandschaft vs. Mittelgebirge), standört-

liche Begebenheiten (QUEIROZ et al. 2014; LÖFFLER & FARTMANN 2017) und der Faktor Zeit (GAISLER et al. 2019). Wenn Brachen temporär sind und nach ein bis wenigen Jahren wieder in die Nutzung genommen werden, reagieren in diesem Zeitraum etliche Artengruppen positiv in Abundanz und Diversität. Wissenschaftliche Bestätigungen liegen mindestens für Arten folgender Gruppen vor:

- Heuschrecken (KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI et al. 2011)
- Käfer (FRENZEL & FISCHER 2022)
- Schwebfliegen (FRENZEL et al. 2021)
- Spinnen (FRENZEL et al. 2022)
- Tagfalter (BONARI et al. 2017; KÜHNE et al. 2015; TOIVONEN et al. 2016)
- Vögel (HERZOG et al. 2023; STAGGENBORG & ANTHES 2022)
- Wildbienen (KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI et al. 2011; TOIVONEN et al. 2016)
- Zikaden (FRENZEL et al. 2021)

Je länger Brachen bestehen bleiben, desto mehr profitieren störungssensible Arten, während z. B. bodennistende Insekten, die bis zu einem gewissen Grad auf Störungen angewiesen sind, zurückgehen. Oder: Je länger eine Brache besteht, desto mehr unterscheidet sich deren Biozönose von der des Ausgangsbestandes. MORRIS & RISPIN (1988) zeigten für Käferarten, dass die Brache vor allem saprophage, fungivore und detrivore Arten fördert, während phytophage Arten in genutzten Wiesen häufiger sind. Bei anderen Artengruppen ist es sicherlich ähnlich. Mit anderen Worten steigt die  $\beta$ -Biodiversität relativ stark, wenn in einem Raumausschnitt sowohl genutztes Grünland als auch Brachen vorhanden sind. Ökologisch ist das eigentlich eine relativ triviale Feststellung. Im Naturschutz wird allerdings zu ausschließlich auf die  $\alpha$ -Biodiversität (also die der Einzelfläche) fokussiert.

Die Berücksichtigung der  $\alpha$ -Biodiversität hat aber natürlich ihre Berechtigung: Im Zeitraum von 1970 bis 1990, für den, wie dargestellt, einzelne wissenschaftliche Untersuchungen vorliegen, wurden die negativen Auswirkungen der modernen Heuernte bei diversen Taxa auch auf blumenbunten Wiesen

offensichtlich. Der Lösungsansatz Refugium wurde zunächst in England (MORRIS 1969, 1979) und in der Schweiz mit der sogenannten „Rotationsbrache“ aufgegriffen (MÜLLER & BOSSHARD 2010). „Alternierende Altgras-“, „Mosaik-“ und „Staffelmahd“ sind heute weitere und gelegentlich unterschiedlich verstandene Begriffe. Die Konzepte zielen alle auf das Belassen von Strukturen und ein durchgängiges Blütenangebot ab – nur die Umsetzung unterscheidet sich. Beispielsweise kann ein Grünlandschlag in drei gleichgroße Teile eingeteilt werden und jedes Jahr wird dann ein Teil geerntet. Dies ist die Rotationsbrache in ihrer ursprünglich gemeinten Form (GIGON et al. 2010; MÜLLER & BOSSHARD 2010). In der Praxis haben sich im einschürigen Naturschutzgrünland oft Systeme durchgesetzt, in denen ein kleiner Teil des Schlages, meist streifenförmig, bei der Ernte bzw. Pflege ausgespart und erst im Folgejahr wieder der regulären Nutzung unterstellt wird (er verbleibt [mindestens] ein Jahr auf derselben Fläche und ist damit ein „überjähriges Refugium“). In diesem Folgejahr wird wiederum ein anderer Teil der Wiese ausgespart und in den folgenden Jahren wird genauso weiter verfahren. Bei zweischürigen Wiesen sind Refugien oft nicht überjährig, sondern werden bei einem zweiten Pfliegertermin des Jahres geerntet. Eine Staffelmahd sieht zur Struktursicherung im Jahr mindestens zwei Pflegedurchgänge auf einer standörtlich einschürigen Fläche vor. Es wird jeweils ein Teilbereich geerntet und einer belassen. Der zweite Erntedurchgang sollte nach KÄSER & URBSCHKEIT (2017) frühestens vier Wochen nach dem ersten erfolgen. Die Autoren empfehlen beim ersten Termin 70 % der Fläche zu ernten und beim zweiten dann die restlichen 30 %. Auch in diesem Fall verbleiben Strukturen als Überwinterungsoption.

Bei zweischürigen Wiesen, bei denen die landwirtschaftliche Verwertung von Bedeutung ist, sollten in der Praxis 10–20 % als Refugien belassen werden. Auf solch gedüngten oder natürlicherweise wüchsigeren Naturschutzwiesen (z. B. Glatthaferwiesen bzw. FFH-Mähwiesen) wirken sich überjährige Refugien negativ auf die Vegetation aus. ROSSIER et al. (2023) fanden auf zweischürigen Wiesen mit über-

jährigem Refugium (10–20 % des Schlags) einen Rückgang von durchschnittlich 11 % der Pflanzenartenvielfalt. Wurde die Lage des Refugiums hingegen bei jeder Nutzung verändert und lag innerhalb von zwei Jahren nicht wieder auf derselben Fläche, gab es keine bleibenden negativen Auswirkungen auf die Vegetation. Die Autoren betonen, dass der negative Befund für überjährige Refugien nicht auf einschürige Wiesen übertragen werden sollte und dort viel eher auch überjährige Refugien eine Option sind. MOOG et al. (2002) betonen hingegen, dass die wechselnde Lage eines überjährigen Refugiums auch auf einer einschürigen Wiese wichtig für die Erhaltung der Pflanzenartendiversität ist. DIERSCHKE (1985) hebt hervor, dass gerade auf großen Pflegeflächen flächenweise Wechsel von Pflegezeitpunkt und -häufigkeit in Verbund mit Refugien entscheidend für den Biodiversitätsschutz sein können.

Die positiven Auswirkungen gezielt belassener Strukturen auf die Individuendichte und Artenvielfalt wurden in zahlreichen Studien bestätigt (z. B. BRUPPACHER et al. 2016; CIZEK et al. 2012; FARTMANN et al. 2021a; HANDKE et al. 2011; RADA et al. 2014; WINTERGERST et al. 2021). Eine Reihe von Arbeiten betont ex-

plizit die höhere Bedeutung von Refugien, die über den Winter verbleiben (z. B. BOSSHARD & STÄHELI 2007; BRUPPACHER et al. 2016; FARTMANN & MATTES 1997; FRENZEL & FISCHER 2022; GARDINER et al. 2011; GIGON et al. 2010; MÜLLER & BOSSHARD 2010; OVERTURF 2007; UNTERWEGER et al. 2018; Abbildung 5.9) und die oben zu der Wirkung von Brachen genannte Literatur zeigt, dass überjährige Refugien in unmittelbarer Nähe von Zweischnittwiesen für weitere Tierarten wichtig sein können.

Teilweise ist die Bedeutung nach der Nutzung verbliebener Strukturen leicht zu erkennen. Wenn große Flächen gleichzeitig geerntet werden, sind die ungenutzten Grabenränder, Wegraine oder Refugien für jeden als Hotspots für Blütenbesucher wie Bienen, Schwebfliegen oder Schmetterlinge zu identifizieren. Gut zu erkennen ist die Bedeutung derartiger Strukturen dann auch anhand der zahlreichen Individuen von Radnetzspinnen wie der Wespenspinne (*Argiope bruennichi*; Abbildung 5.10).

Die Bedeutung von Refugien visualisiert auch eine Untersuchung aus dem Zollernalbkreis in Baden-Württemberg. Hier wurden männliche Wanst-



Abbildung 5.9: Das Blaukernauge (*Minois dryas*), hier beim Blütenbesuch an Färberscharte (*Serratula tinctoria*), überwintert als Raupe in der Vegetation (Westliche Staffelseemoore [BY]). Foto: Thomas Fartmann (2011)

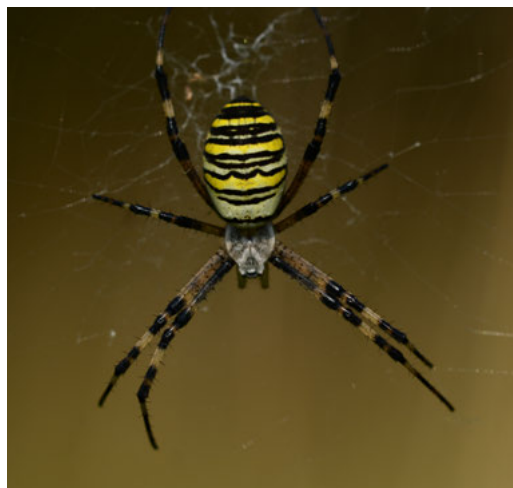


Abbildung 5.10: Radnetzspinnen wie die Wespenspinne (*Argiope bruennichi*) nutzen rasch Strukturveränderungen, um neue Netze zu spinnen. Sie sind deshalb oft in großer Individuendichte am Rand von Refugien im Naturschutzgrünland zu finden (Weilheim [BY]). Foto: Andreas Zehm (2021)

schrecken (*Polysarcus denticauda*) vor und nach einem Erntedurchgang akustisch verortet und die Fundpunkte digitalisiert (LÖDERBUSCH 2016). Obwohl die Wanstschrecke vor allem in (extensiv genutzten) Wiesen vorkommt, ist sie in besonderem Maße von der Heuernte betroffen. Die Imagines sind flugunfähig und groß (2,7 bis 4,7 cm) (HERMANN et al. 2022; FISCHER et al. 2020). Dadurch sind die direkten Verluste durch die Erntemaschinen bei dieser Art besonders hoch (Kapitel 5). Die Ergebnisse von LÖDERBUSCH (2016) zeigen, dass die Art aus den geernteten Bereichen weitestgehend „verschwunden“ ist. Die nach der Heuernte verbliebenen Tiere konzentrierten sich praktisch ausschließlich auf die gezielt belassenen Refugien und sonstige nicht gemähte Randbereiche – vor allem schmale Saumbiotope. Die sehr hohe artenschutzfachliche Bedeutung letzterer belegen auch DOWNIE et al. (1996), MAGURA (2002), SCHLEGEL (2022) sowie TERRAUBE et al. (2016).

HUMBERT et al. (2012) verdeutlichen in einer Untersuchung die Effektivität von Refugien anhand kreisförmiger Refugien von 16 m Durchmesser. In der Praxis sind Refugien natürlich eher linear und vielfach nur in den Randbereichen von Naturschutzwiesen zu finden (Abbildung 5.11). Bei den Untersuchungen von HUMBERT et al. (2012) fällt neben der ungewöhnlichen Form und Lage (Schlagmitte) der Refugien auf, dass die Heuschreckendichte zu Beginn der Versuche hoch war, obwohl die Ernte auf den Versuchsflächen in den vorangegangenen Jahren in gleicher Weise ablief und zuvor kein Refugium belassen wurde. Offenbar waren die Tiere in der Lage, nach der Ernte und trotz hoher Verlustraten schnell wieder entsprechend große Populationen aufzubauen. Viele Arthropoden sind r-Strategen und bis zu einem gewissen Grad in der Lage, sich jährlich schnell zu vermehren. In den vorigen Kapiteln wurde aber deutlich, dass dies bei weitem nicht allen Arten möglich ist.

Bleibt die Frage, wie viel Fläche als Refugium (auch über den Winter) belassen werden sollte: Die Angaben dazu schwanken in der Literatur zwischen 5 und 20 % einer Wiesenfläche. Ein Refugium zielt

nie darauf ab, alle Tiere zu retten, sondern vor allem auch darauf, die rasche Wiederbesiedlung zu gewährleisten. Da die Mobilität vieler Arten sehr beschränkt ist (Kapitel 4), ist der Abstand zwischen Refugien idealerweise gering zu halten. Van de POEL & ZEHM (2014) empfehlen einen Abstand von 50 m, BOSSHARD & STÄHELI (2007) von 30 m. Auffällig ist, dass über die Wahl der Lage eines Refugiums auf einer Wiese in der Literatur keine Aussagen getroffen werden. Aus den Ansprüchen mitteleuropäischer Biozönosen lässt sich unter Berücksichtigung von den Kriterien ihrer Gefährdung und Seltenheit allerdings logisch ableiten, dass Refugien in vielen Fällen idealerweise an möglichst wärmebegünstigten und für die Fläche repräsentativen Teilflächen eingerichtet werden sollten. Beispielsweise sollte in einer Nasswiese nicht ein trockener Bereich einer angrenzenden Böschung als Refugium ausgewiesen werden, weil dieser Mikrostandort nicht zu den Ansprüchen der hygrophilen Arten passt. Explizit zur Bedeutung der Repräsentativität von Refugien gibt es allerdings keine Literatur – gleichwohl ist die Repräsentativität ein wichtiges Kriterium der naturschutzfachlichen Bewertung (OPITZ et al. 2015; ROSENTHAL et al. 2015; USHER & ERZ 1994). Zur Vermeidung von Verbrachungseffekten, also zu lange ungenutzten, verfilzten bzw. von wenigen Pflanzenarten dominierten Flächen, darf aber auch das bestgelegene Refugium nicht zu lange/oft auf ein und derselben Teilfläche ausgewiesen werden (s. o.).

Das Aussparen von Refugien wird seit einigen Jahren in Förderprogrammen der Bundesländer unterstützt. In den einfacheren Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen der 2. Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik geschieht dies oft ohne die Ortswahl für das Refugium einzugrenzen. Im Vertragsnaturschutz werden Refugien viel eher unter expliziter Angabe des Ortes und der Bewirtschaftungsspezifika angelegt. Überjährige Refugien werden ab 2023 auch erstmals als fakultativer Förderbaustein (Ökoregelung 1d) der 1. Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik bundesweit angeboten (§20 (1) GAP-DZV – Verordnung zur Durchführung der GAP-Direktzahlungen). Außerdem können die Bundesländer die Mindestnutzung von Grünland vom



Abbildung 5.11: Sehr artenreiche Streuwiese im Alpenvorland (Huglfing [BY]) mit zahlreichen Insektenschutzstreifen, an denen leicht die geringe Wuchsdichte zu erkennen ist. Die Streifen bleiben bis in das nächste Jahr stehen und erlauben so das Ausreifen der Samen spätblühender Arten (z. B. Schwalbenwurz-Enzian [*Gentiana asclepiadea*]) und die Überwinterung der Präimaginalstadien von Schmetterlingen (z. B. Blaukernauge [*Minois dryas*]; Abbildung 5.9) oder Heuschrecken (z. B. Große Goldschrecke [*Chrysochraon dispar*]). Foto: Andreas Zehm (2021)

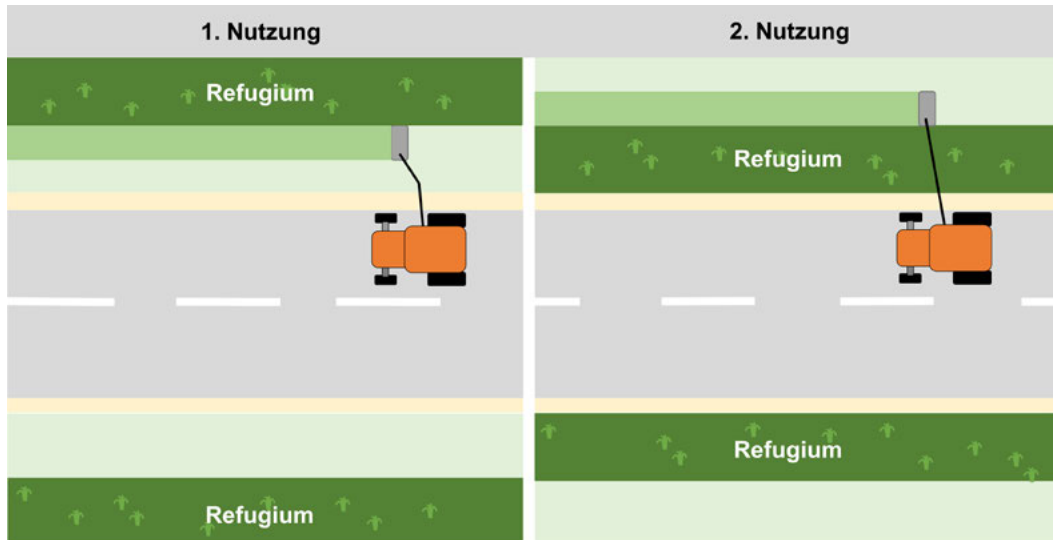


Abbildung 5.12: Eine Möglichkeit Refugien (dunkelgrün) im Straßenbegleitgrün umzusetzen. Grafik: Nicolas Schoof (2023)



Abbildung 5.13: Erfreulicherweise werden – selbst im kommunalen Grün – zunehmend Refugien belassen. Wachsen dort aber invasive Neophyten, wie hier das Einjährige Berufkraut (*Erigeron annuus*) und Nachtkerzen (*Oenothera* spp.), tragen solche Refugien zur unerwünschten Verbreitung ebendieser bei (Karlsruhe). Foto: Nicolas Schoof (2022)

einjährigen Intervall auf eine Nutzung alle zwei Jahre verlängern, ohne dass dies die Förderung beeinflusst (§3 (3–6) GAPDZV). Diese neuen Regelungen werden aller Voraussicht nach zu mehr Refugien führen.

Aber nicht nur in landwirtschaftlich genutztem Grünland, sondern auch im Straßenbegleitgrün können Refugien ohne weiteres belassen wer-

den. Da der Aufwuchs hier noch häufig als Entsorgungsproblem angesehen wird, tragen Refugien hier nicht nur zur Biodiversität, sondern oft auch zur Kostenreduktion bei. Ein Umsetzungsbeispiel zeigt Abbildung 5.12. Da das Straßenbegleitgrün allerdings eine besondere Rolle bei der Verbreitung unerwünschter oder invasiver Pflanzenarten spielt, ist hier Vorsicht geboten (Abbildung 5.13).

## 6 Wiese und Weide – kein Gegensatz!

In dieser Arbeit stehen Wiesen und Straßenbegleitgrün im Fokus. Zwischen benachbarten beweideten und ein- bzw. zweimalig gemähten Wiesen bestehen nicht grundsätzlich gravierende Unterschiede in der Tierartenvielfalt. Allerdings kann sich trotz ähnlicher Artenanzahl die Abundanz insgesamt und die Abundanz einzelner, auch gefährdeter Arten in Abhängigkeit von den Bewirtschaftungsvarianten unterscheiden (BONARI et al. 2017; Abbildung 6.1).

Eine an Naturschutzziele orientierte Beweidung ist zur Förderung der Artenvielfalt oftmals eine gleichwertige oder die bessere Option (TÄLLE et al. 2016). Wilde Großherbivore haben mitteleuropäische Landschaften über Jahrtausende geprägt bzw. überhaupt erst entstehen lassen. Am Ende des Pleistozäns und zum Beginn des Holozäns wurden die Bestände der großen Pflanzenfresser durch den Menschen stark dezimiert. In der Folgezeit haben die Weidetiere der Bauern die Rolle der wilden



Abbildung 6.1: Links der Zaunlitze: Vom Nutzvieh verschmälte Geilstellen auf einer Weide. Rechts der Zaunlitze: Wiese. Die „Altgrasinseln“ der Weide dienen Arthropoden als Mikrohabitat und Fehlen bei einer Schnittnutzung. Ob und wie sich solche Strukturen auf Weiden ausbilden, ist eine Folge des Zusammenspiels von Tierbesatz und Futterangebot (St. Peter [BW]): Nicolas Schoof (2022)

Huftiere übernommen. Entsprechend besteht eine starke ko-evolutive Anpassung der heimischen Flora und Fauna an große Pflanzenfresser und an die durch sie geschaffenen Lebensräume. Beweidung sollte im Grünland also immer mitgedacht werden (BUNZEL-DRÜKE et al. 2019; FARTMANN 2023; HEJCMAN et al. 2013; KONVIČKA et al. 2021; SCHOOF et al. 2018; SCHOOF & LUICK 2019; VERA 2000), ist aber nicht die einzige Lösung. Es gibt durchaus Wiesenökosysteme mit einer spezifischen, schützenswerten Pflanzen- und Tierartenzusammensetzung – so z. B. viele Streuwiesen (BRÄU & NUNNER 2003; FARTMANN 2023; LEDERBOGEN et al. 2004; WEKING et al. 2013; SCHWARZ & FARTMANN 2021, 2022). Ähnliches verdeutlichen die Arbeiten zu Allmendweiden im Vergleich zu angrenzendem Grünland (ANTHES et al. 2003; HERMANN et al. 2022; SCHWARZ et al. 2018; SCHWARZ & FARTMANN 2021, 2022). Auch für die traditionell einschürig genutzten Kalkmagerrasen im Werdenfelder Land (Landkreis Garmisch-Partenkirchen), die sogenannten Buckelwiesen, liegen Erkenntnisse vor, dass die dort vorherrschende Wiesenutzung die Artenvielfalt insgesamt stärker fördert als vorhandene Beweidungsalternativen (LÖFFLER

& FARTMANN 2017). Eine methodisch hervorragende Studie aus Tschechien zeigt, dass sich die Gewinner und Verlierer extensiver Schnitt- bzw. Beweidungsnutzungen nach Tierartengruppen unterscheiden (BONARI et al. 2017) und auf Landschaftsebene idealerweise eine möglichst große Vielfalt von Pflegeverfahren (und damit Strukturvielfalt) genutzt werden sollte (BONARI et al. 2017; CIZEK et al. 2012; HOERNEMANN et al. 2001; UZMAN et al. 2020).

Einige Akteure tendieren dennoch zur einseitigen Bevorzugung spezifischer Pflegeverfahren. Naturschutzfachliche Fehlerquellen einer nicht-sachgemäßen Beurteilung von Nutzungs- bzw. Pflegestrategien sind:

- Die Überbewertung der Möglichkeiten einzelner Pflegestrategien. Das trifft speziell dann zu, wenn historische Nutzungsformen pauschal als Handlungsnorm in die heutige Landschaftspflege übertragen werden oder nicht ausreichend differenziert wird – es gibt z. B. nicht die eine Beweidung, sondern unzählige Umsetzungsformen.
- Ein zu starker Fokus auf einzelne Artengruppen, von denen dann in unzulässiger Weise auf alle



Abbildung 6.2: Eine Schafherde einer Wanderschäferei bei Steinheim (BW). Durch eine kommunale Beschäftigung von Schäferinnen und Schäfern können die positiven Effekte der Beweidung gesichert und die Pflege kommunaler Flächen optimiert werden. Foto: Nicolas Schoof (2022)

Grünlandbewohner geschlossen wird oder deren Bedeutung aus persönlichen Sympathien über die anderer gestellt wird.

- Eine unzureichende Berücksichtigung lokaler betrieblicher Voraussetzungen, von Standortfaktoren und aktueller Umwelteinflüsse (z. B. Luftstickstoff-Einträge).

Wiesen und Weiden sollten im Biodiversitätsschutz also nicht leichtfertig als Gegensätze kommuniziert werden, sondern als sich entsprechend den jeweiligen Bedingungen vor Ort ergänzende Systeme (vgl. LUICK 2022; ZAHN et al. 2022). Unter den klimatischen Bedingungen Mitteleuropas sind Wiesen zur Gewinnung von Winter-, aber auch von Notfutter, das in Dürreperioden zum Einsatz kommt, insgesamt unumgänglich. Auch aufgrund bestehender Rechtsnormen wird Beweidung nicht grundsätzlich für alle nach derzeitigem Recht zu schützenden Lebensraumtypen die ideale Pflegestrategie sein. Beispielsweise ist die Beweidung von FFH-Mähwiesen in der Hauptnutzung zwar prinzipiell möglich und wird auch real praktiziert (WAGNER & LUICK 2005), um die eher an Schnitt an-

gepassten Pflanzen(kenn)arten in ihrer definierten, lebensraumtypischen Zusammensetzung zu halten, braucht es aber ein entsprechend abgestimmtes Weidemanagement. Die Umstellung auf eine Beweidung in der Hauptnutzung kann für die Bewirtschaftenden hier durchaus ein rechtliches bzw. sanktionsbewehrtes Problem werden, wenn sich diese wegen einer nicht-passenden Weideführung negativ im Sinne des rechtlich vorgegebenen floristisch definierten Erhaltungszustands auswirkt. Bei FFH-Mähwiesen wäre eine Vor- bzw. Nachweide bei trittfesten Bodenverhältnissen neben der Heuernte hingegen eher unproblematisch, ja oft sogar für die erwünschten Biodiversitätsziele förderlich.

Hinzukommt, dass in vielen Regionen eine Weidetierhaltung erst wieder etabliert werden müsste, um eine maschinelle Grünlandpflege ersetzen zu können. Vor allem in Süddeutschland sind die Schläge, auf denen naturschutzfachlich wertvolles Grünland liegt, oft relativ klein und noch in ein Mosaik unterschiedlicher Flächen- und Besitzverhältnisse eingebettet. In solchen Fällen ist die Schnittnutzung leichter als eine Beweidung abzustimmen und das



Nährstoffmanagement ist durch Schnittnutzung leichter zu steuern. Schließlich ist ein erfolgreiches Weidemanagement weit weniger trivial als es von einigen Akteuren im Naturschutz angenommen oder kommuniziert wird. Beweidung ist also häufig, aber eben nicht überall, eine praktikable Alternative zur maschinellen Pflege.

Als Alternative zu bestehenden Verfahren kann die Beweidung prinzipiell und oft weniger konfliktreich auch für die Pflege von urbanem Grün und Straßenbegleitgrün in Betracht gezogen werden. Eine flexible und naturschutzfachlich interessante Option ist beispielsweise die kommunale

Beschäftigung von mobilen Schäfern (Abbildung 6.2). Synergien können sich dabei unter anderem mit dem Biotopverbund ergeben, wenn die Weidetiere dann als Vektoren für Diasporen und Arthropoden wirken (FARTMANN et al. 2021a; FISCHER et al. 1995, 1996; OZINGA et al. 2009) und wenn die Schafe zusätzlich gezielt auf kommunalem Grün eingesetzt werden (CONRAD et al. 2022). In der Realität stellen aber viele Betriebe die Weidetierhaltung weiterhin aus unterschiedlichen Gründen ein. Dadurch gehen dem Naturschutz wichtige Partner verloren (BROSSETTE et al. 2022; MOHR & SCHRÖDER 1997; SCHOOF et al. 2021).

## 7 Empfehlungen zur Umsetzung einer naturverträglicheren Mahd und zur Pflege des Straßenbegleitgrüns

Im Naturschutz muss immer an das jeweilige Ziel gedacht werden. Vor allem auf Flächen (Biotopen), die durch Landnutzung entstanden und geprägt sind, konkurrieren zunächst Nutz- und Schutzziele. Stehen Schutzaspekte im Vordergrund, kann es dann durchaus „naturschutzinterne“ Zielkonflikte geben. Oft sind die Ziele für das Naturschutzgrünland normativ bereits in Managementplänen oder Verordnungen von Schutzgebieten festgelegt und hierarchisch geordnet. In anderen Fällen kann und muss abgewogen werden. Relativ häufig treten im Grünland beispielsweise Zielkonflikte auf

- zwischen floristischem und faunistischem Artenschutz,
- zwischen Vogel- und Amphibienschutz und
- zwischen dem Schutz seltener oder besonders attraktiver Arten und der Förderung einer größtmöglichen Artenvielfalt.

Viele Konflikte lassen sich bereits entschärfen, wenn der räumliche Fokus bei der Abwägung weg von der Einzelfläche und hin zu den Verhältnissen auf Landschaftsebene gelenkt wird, sofern keine naturschutzrechtlichen Gründe dagegen sprechen.

Dieser erweiterte Blickwinkel ist für einen gelingenden Biodiversitätsschutz zwingend erforderlich (vgl. BRIEMLE et al. 1991). Bei der Wahl der optimalen Pflege für definierte Schutzziele kommt hinzu, dass Technik, Verfahren und Nutzungszeitpunkte vor Ort oft nicht frei wählbar sind, sondern unter anderem von vorhandenen betrieblichen Gegebenheiten eingeschränkt werden.

Es lohnt sich, möglichst viele der folgenden Hinweise und Empfehlungen in Betracht zu ziehen. Selbst geringfügige Anpassungen der bisherigen Praxis können die Bedingungen für das Überleben von Tierarten-Populationen stark verbessern. In Einzelfällen kann es in Anbetracht eines spezifischen Ziels aber auch geboten sein, von den folgenden Empfehlungen abzuweichen. Dies ist insbesondere bei strengen artenschutzrechtlichen Aspekten der Fall.

### Zum Fluchtverhalten von Tieren

- Da viele mobile Blütenbesucher (z. B. Honigbienen oder adulte Schmetterlinge) viel auffälliger sind als wenig mobile Arten oder Entwicklungs-

stadien (z. B. Zikaden oder Schmetterlingsraupen), wird das Reaktions- und Fluchtvermögen von Insekten oft überschätzt. Viele wenig mobile Tiere können dem Einfluss der eingesetzten Geräte kaum ausweichen.

- Größere, nicht-flugfähige Arthropoden sind tendenziell stärker von der Ernte bzw. Pflege betroffen. Nahrungsspezialisten können trotz guter Fluchtfähigkeit negativ betroffen sein, wenn ihre Wirtspflanzen abgemäht werden. Gegebenenfalls müssen daher spezifische Ansprüche von (Fokus-)Arten berücksichtigt werden.
- Kleine Bewirtschaftungseinheiten erhöhen die Chance auf eine erfolgreiche Flucht in unbewirtschaftete Ränder bzw. Refugien, die Rückzugs- und Wiederbesiedlungsmöglichkeiten bieten. Ein Überleben kann für die meisten nicht flugfähigen Arten überhaupt nur dann erfolgreich sein, wenn solche Refugien vorhanden sind (s. u.). Auch unterschiedliche Nutzungszeitpunkte auf Teil- und Nachbarschlägen sind deshalb wichtig.
- Mit höherer Temperatur und Trockenheit sind die Fluchtmöglichkeiten von wechselwarmen Tieren (z. B. Insekten, Reptilien) verbessert, die Nutzungszeitpunkte sollten idealerweise daran angepasst werden (z. B. mittags statt morgens).
- Die Effekte der Fahrtrichtung bei der Heuernernte werden für Wirbellose insgesamt als gering eingeschätzt. Nennenswerte positive Effekte sind immerhin für einige Wirbeltierarten zu erwarten. Allerdings ist mit einer Umstellung der Fahrtrichtung auf „von innen nach außen“ bzw. „von einer Seite zur anderen“ die Effizienz der Heuernernte kaum negativ betroffen, sodass wenig gegen diese Anpassung spricht.
- Scheuchen, die dem Arbeitsgerät vorgreifen, sind für viele Arten eine effiziente und wirksame Möglichkeit, die Erfolgsquote der Flucht zu erhöhen. Sie sollten idealerweise an keiner Maschine fehlen.
- Für die Rettung von Wirbeltieren sind technische Möglichkeiten vorhanden. Neben dem Naturschutz sind auch Hegegemeinschaften bzw. Jagsausübende Akteure, die über Informationen zu dieser Technik verfügen (sollten). Für den

Artenschutz relevant sind vor allem Systeme zur Rettung von gefährdeten Wirbeltieren (z. B. automatisierte Nahinfrarot-Erkennung von Feldhasen).

## Technik und Verfahren im Grünland

- Die Schlagkraft heutiger Maschinen mit hoher Flächenleistung übersteigt die Resilienz vieler Arten. Auch das Naturschutzgrünland kann ohne Anpassungen so zu einer Senke der biologischen Vielfalt werden. Der Einsatz von naturverträglicher Technik ist daher eine entscheidende Stellschraube des Biodiversitätsschutzes. Eine Kenntnis der Standardverfahren und Spezialmaschinen der Landschaftspflege ist in der Praxis unumgänglich. Sie wurden in den vorigen Kapiteln vorgestellt.
- Generell sollte flächendeckend ein möglichst insektenfreundlicher Maschinenpark aufgebaut werden. In den Bundesländern stehen teils Fördermittel zur Verfügung. Es ist sinnvoll, vorab zu prüfen, ob Geräte gemeinschaftlich erworben oder genutzt werden können (z. B. über Maschinenringe).
- Bei oszillierenden Mähwerken (Messerbalken) ist der potenziell letale Wirkungsbereich kleiner als bei rotierenden Werkzeugen, sodass ein tierschonenderer Schnitt möglich ist (aktuell werden naturverträglichere Scheibenmähwerke entwickelt). Sofern nur Rotationsmähwerke (Trommel- oder Scheibenmähwerke) zur Verfügung stehen, sollte auf Kombinationen mit Aufbereitern verzichtet werden. Aufbereiter können die Schädigung für die Wiesenfauna vervielfachen.
- Nicht nur die eigentliche Mahd tötet viele Tiere. Jede Überfahrt der Heuwerbung erhöht die Mortalität und verdichtet potenziell den Boden. In der Praxis ist die Anzahl der Überfahrten vor allem witterungs- und aufwuchsbedingt und die betriebliche Flexibilität gering. In Einzelfällen gelingt es Überfahrten einzusparen:
  - Technik einsetzen, die ein Zetten erspart (aber nicht, wenn dies eine Abkehr von oszillierender Technik oder Aufbereiter erfordert).

- Naturschutzfachlich hochwertige Flächen bei idealen Wetterbedingungen zuerst ernten (schnellerer Trocknungsprozess).
- Eine Grünschnitt-Trocknungsanlage anstelle der Feldtrocknung nutzen.
- Die Heulageproduktion als alternative Nutzungsform spart Überfahrten für den Trocknungsprozess ein. Die Silageproduktion wiederum reduziert zwar ebenfalls die Anzahl der Überfahrten, findet aber oft viel früher im Jahr (und in der Regel auch häufiger) statt. Frühe Nutzungstermine führen mittel- bis langfristig zu einer Verarmung der Vegetation, da die Kräuter nicht mehr zur Samenreife gelangen.
- Auf Hanglagen oder bei geringen Aufwuchsmengen kann auf ein Zusammenblasen des Heus ausgewichen werden.
- Belassen von Refugien, die dann erst beim nächsten Mahdvorgang genutzt werden, und Nutzung technischer Möglichkeiten wie Scheuchen.
- Wird der gemähte Aufwuchs ohne futterbauliche Nutzungsabsicht auf der Fläche belassen, sollte er erst nach 1–2 Tagen eingeholt werden, damit mobile Arten von der gemähten Fläche abwandern. Verbleibende Schwade locken aber einige Tierarten sogar an.
- Auf empfindlichen oder wenig tragfähigen Standorten muss darauf geachtet werden, die Wurzelfilzschicht durch die eingesetzten Maschinen nicht zu durchbrechen. Störstellen wie Fahrspuren können in Einzelfällen zwar förderlich sein (z. B. als Regenerationsnischen für konkurrenzschwache Arten), allerdings werden zukünftige Bewirtschaftungen dadurch erschwert.
- Bodenverdichtungen im Grünland sind kaum reversibel und negativ für das Bodenleben und die Wasserversickerung. Eine bodenschonende und strukturerhaltende (keine Einebnungen!) Bewirtschaftung hat deshalb Priorität. Auf sensiblen Standorten sollten leichte Geräte genutzt werden, der Ladewagen sollte gegebenenfalls nicht voll beladen und es sollte auf eine adäquate Lastverteilung (breitere Bereifung, Zwilingsbereifung, Ketten- bzw. Bandlaufwerke oder Stachelwalzen) geachtet werden – auch wenn dadurch mehr Fläche pro Arbeitsgang überrollt wird.
- Sofern möglich, sollte bei der Bergung auf ein Pressen verzichtet und das Schnittgut lose aufgeladen werden.

## Verwendung des Schnittgutes und Mulchen

- Die stoffliche und/oder energetische Verwertung der anfallenden Biomasse ist ein zentraler Aspekt im Grünlandschutz und muss auch im politischen Diskurs stärker thematisiert werden. Die Verwertung (statt Entsorgung) des Aufwuchses ist nicht nur nachhaltiger, sondern ermöglicht vor allem im Straßenbegleitgrün oft erst die Abkehr vom Mulchen und damit eine naturverträglichere Nutzung.
- Der Arbeitsgang mit gängigen Mulchgeräten ist für die meisten Wiesentiere problematisch. Allerdings entfallen hier weitere Ernteschritte, die ebenfalls negativ auf Tiere einwirken. Verbesserungen bringt der Einsatz von Y-Messern am Schlegelmulcher (reduzierter Sogeffekt), was durch Nachrüstung kostengünstig realisierbar ist.
- Da beim Mulchen der Nährstoffentzug entfällt, kann dies langfristig nitrophile Pflanzen begünstigen. In welchem Ausmaß dies geschieht, ist in hohem Maße standortsabhängig. Die Vegetation auf leicht sauren Böden reagiert tendenziell schneller in unerwünschter Weise als solche auf kalkreichen Böden. Lichtkeimende und niedrigwüchsige Pflanzen sowie bodennistende Insekten können durch die Mulchaufgabe in ihrer Entwicklung beeinträchtigt werden, sofern der zerkleinerte Aufwuchs nicht rasch abgebaut wird. Dies ist vor allem auf kühlen oder nassen Standorten der Fall oder dann, wenn auf wüchsigen Standorten zu selten gemulcht wird. Auf kalkreichen, nicht gedüngten Böden kann Mulchen prinzipiell geeignet sein, um die gewünschte Pflanzenartenvielfalt auch langfristig zu erhalten. Wenn gemulcht wird, sollten Refugien belassen, Scheuchen eingesetzt und, wo immer möglich, nur mit insektenschonenderer

Technik der zerkleinerte Aufwuchs abgesaugt werden.

## **Nutzungshäufigkeit und Wahl des Schnittzeitpunktes**

- Die Anzahl der Nutzungen pro Jahr ist entscheidend für das Überleben individuen- und artenreicher Lebensgemeinschaften. Heute dominieren in Deutschland artenarme Vielschnittwiesen. Wenn möglich, sollte hier eine Reduktion der Nutzungshäufigkeit angestrebt werden. Auf gedüngten Standorten muss dem zwingend eine Verminderung/Beendigung der Düngung vorausgehen. Zur Vermeidung unerwünschter Entwicklungen müssen viele Flächen zunächst ausgehagert werden (bilanzieller Nährstoffezug), wenn die Nutzungshäufigkeit gesenkt werden soll. Auf Standorten mit natürlicherweise guter Nährstoffversorgung ist die Möglichkeit zur Aushagerung begrenzt. Hier sind zwei (bzw. teils auch drei) Schnitte zur Erhaltung einer gewünschten Vegetation erforderlich (das spricht aber nicht gegen das Belassen von Refugien – s. u.). Für eine Aushagerung in Betracht kommen deshalb viel eher trockene und natürlicherweise wenig wüchsige Standorte. Selbst in Wiesen, die nur einmal jährlich gemäht werden, fallen manche Arten relativ rasch aus (z. B. Zikaden). Der Schutz dieser Arten kann nur durch eine passende Beweidung, möglicherweise auch durch ein Belassen von Refugien, gesichert werden.
- Hochstaudenfluren werden oft zu häufig gepflegt. Es reicht ein zweijähriges Intervall mit einem späten Pfliegertermin und Räumung des Aufwuchses. Sollten die Bestände dann zur Ausbildung einer Streuauflage tendieren, muss die Nutzungshäufigkeit angehoben werden.
- Auf lokaler und regionaler Ebene sind unterschiedliche Schnittzeitpunkte anzustreben. Sie ermöglichen immerhin mobilen Arten/Entwicklungsstadien ein Ausweichen und eine Kontinuität von Nahrungs-, Deckungs- und Entwicklungshabitaten in räumlicher Nachbarschaft.
- Speziellen Artenschutzanforderungen (Herbstentwickler, besondere Strukturen) sollte durch

angepasste Nutzungszeiten (oder Refugien) Rechnung getragen werden.

- Eine späte Heuernte bzw. Pflege (Hochsommer oder später) ist zum Schutz vieler Arten kurz- bis mittelfristig sinnvoll, sollte allerdings nicht über viele Jahre beibehalten werden, weil das zur Vergrasung und dem Ausfall einjähriger Pflanzen führen kann. Auf relativ wüchsigen Standorten sollten zu späte Nutzungen vermieden werden.
- Um einer Vergrasung bei spät angesetzter Pflege entgegenzuwirken, kann eine moderate Vornutzung (Weide/Mahd im März) zielführend sein.
- Die Flora nährstoffarmer Streuwiesen mit traditionell später Nutzung verändert sich unter einem frühen Schnitt, weil viele Leitarten schnittempfindlich sind. Sind die Bestände allerdings durch Luftstickstoff-Einträge eutrophiert und zu dichtwüchsig, kann eine alternierende und kleinräumige frühere Mahd (Ende Mai/Anfang Juni) einer Teilfläche sinnvoll für den faunistischen Artenschutz sein.

## **Schnitthöhe**

- Für Intensivgrünland ist eine geringe Schnitthöhe von 7–8 cm kaum vermeidbar und kann aus Sicht des Naturschutzes dort auch akzeptiert werden.
- Im Naturschutzgrünland und im Straßenbegleitgrün kann die Schnitthöhe in vielen Fällen höher angesetzt werden (empfohlen werden rund 10 cm). Auf Flächen mit Amphibienvorkommen ist eine Höhe von 12 cm ideal und zwischen Mahd und Heuwerbung ist den Tieren durch eine leichte Verzögerung der folgenden Arbeitsschritte Zeit zur Flucht zu geben.
- Gerade bei handgeführten Einachsmähern fehlen oft (noch) Einstellungsoptionen für die Schnitthöhe. Teilweise sind Nachrüstmöglichkeiten gegeben. Die Möglichkeit zur Einstellung der Schnitthöhe sollte bei der Vergabe von Pflegearbeiten berücksichtigt werden.
- Mit einer Anhebung der Schnitthöhe werden aber auch wesentlich weniger Nährstoffe entzogen. Dies kann dem Ziel der Nährstoffabfuhr

langfristig entgegenstehen (Fläche beobachten bzw. mit Fotos dokumentieren!).

## Refugien

- Refugien bieten sehr vielen Arten Schutz, Nahrung und Überwinterungsoptionen. Im Naturschutzgrünland sollten bei jeder Nutzung Teilflächen als Refugien belassen werden und solche Strukturen sollten auch über den Winter bestehen bleiben. Bei der Staffelmahd, die auf einschürigen Wiesen infrage kommt, werden die Teilflächen im Abstand von etwa 4–8 Wochen bewirtschaftet (erster Pflegedurchgang etwa 70 % der Fläche, dann die verbliebenen 30 %). Eine Kombination aus Staffelmahd und dem Belassen von überjährigen Refugien ist auf mageren Standorten (einschürige Wiesen!) womöglich der Idealfall. Überjährige Refugien adressieren (noch) mehr Arthropodenarten als Refugien, die innerhalb eines einjährigen Zeitraums einer Nutzung unterworfen sind.
- Auf relativ wüchsigen Naturschutzwiesen (zweischürig) können sich überjährige Refugien hingegen negativ auf die Pflanzenartenvielfalt auswirken, was mit Blick auf den Erhaltungszustand von Lebensraumtypen beachtet werden muss. Hier sollte jede Refugialfläche einmal im Jahr geerntet werden und somit die Lage des Refugiums innerhalb des Jahres rotieren (auch hier verbleibt also ein Refugium über den Winter). Die Refugien sollten in einem Zeitraum von zwei Jahren nicht wiederholt auf dieselbe Teilfläche gelegt werden.
- Um Vergrasungen zu vermeiden, sollten überjährige Refugien auch auf einschürigen Wiesen nicht rasch wiederkehrend auf derselben Teilfläche belassen werden.
- Im Vertragsnaturschutz sind vielfach Möglichkeiten gegeben, Teilflächen als Refugien stehenzulassen und dabei gezielt auf der Fläche zu platzieren. Die Lage der Refugien sollte für die Standortsituation der Gesamtfläche repräsentativ sein, meistens ist eine sonnige Lage einer schattigen vorzuziehen.

- Der Flächenanteil, den die Refugien umfassen sollten, sollte zwischen 10–20 % der Gesamtfläche einnehmen. Wichtiger als der Flächenanteil ist, dass Refugien in geringen Abständen (höchstens 50 m) folgen, sodass sie für möglichst viele Tiere erreichbar sind.
- Wo immer realisierbar, sollten Saumbiotope an Gewässer-, Weg-, Wald-, Hecken- oder Gebüschrändern möglichst breit (> 1 Meter) belassen und nicht alljährlich gemäht werden.
- Neu angesäte Wiesen bzw. Wiesenbereiche sind als Refugien ungeeignet.

## Besonderheiten bei der Unterhaltung des Straßenbegleitgrüns

- Straßenmeistereien sind entscheidende Akteure, mit denen seitens des Naturschutzes ein regelmäßiger fachlicher Austausch geführt werden sollte. Idealerweise werden hochwertige Abschnitte regelmäßig gemeinsam überprüft und die Pflege gegebenenfalls angepasst. Das Straßenbegleitgrün ist für einen gelingenden Artenschutz von großer Bedeutung.
- Wenn möglich, sollte die anfallende Biomasse von der Fläche entfernt werden.
- Im Straßenbegleitgrün wird vielfach noch unnötig oft gepflegt: Je nach Produktivität des Standortes sind ein bis zwei Pflegedurchgänge im Jahr ausreichend. Auf mageren Böschungen kann die Pflege auch einzelne Jahre aussetzen (Streuersetzung bzw. Flächenentwicklung beobachten!). Für die straßenbegleitenden Mulden oder Gräben mit Hochstaudenfluren reicht ein zweijähriger Pflegezyklus in der Regel aus. Gräben sollten in der Zeit zwischen September und Oktober geräumt werden.
- Es sollten bei jedem Pflegedurchgang Refugien belassen werden. Beispielsweise kann alternierend alle 50 m eine Strecke von 10 m als Refugium belassen werden und/oder der Extensivbereich wird in zwei gleichbreite fahrbahnparallele Streifen unterteilt, von denen je Pflegedurchgang nur einer gepflegt wird, sodass immer ein Rückzugsort verbleibt (Staffelmahd).

- Verkehrswege spielen auch bei der Verbreitung unerwünschter Pflanzenarten eine entscheidende Rolle. Hier sind Bereiche invasiver Pflanzen vor deren Samenreife zu pflegen. Auch eine Verschleppung von Pflanzenteilen ist unbedingt zu verhindern. Bereiche mit „Problempflanzen“ dürfen nicht als Refugien belassen werden.
- Naturverträglichere bzw. insektenfreundliche Arbeitsgeräte sollten unbedingt zur Standardausrüstung jeder Straßenmeisterei werden.

## 8 Danksagung

Für die Durchsicht und die großartigen Ergänzungen danken wir Martin Sommer und Dr. Jan Leidinger sowie Louiza Krahn für die Expertise bei den Wiesenbrütern. Vielen Dank auch an Kirsten Wosnitza und Dr. Ralf Loges für ihre Hinweise zur Situation in intensiver bewirtschaftetem Grünland.

Einen besonderen Dank verdienen die Mitarbeitenden der LUBW aus dem Bereich Redaktion und Drucklegung, namentlich vor allem Wolfram Grönitz, für die sehr gute Betreuung und technische Umsetzung.

## 9 Literatur und Quellen

- ANTHES, N., T. FARTMANN, G. HERMANN & G. KAULE (2003): Combining larval habitat quality and metapopulation structure – the key for successful management of prealpine *Euphydryas aurinia* colonies. – *Journal of Insect Conservation* 7: 175–185.
- ANTONIAZZA, M., C. CLERC, C. LE NÉDIC, T. SATTLER & G. LAVANCHY (2018): Long-term effects of rotational wetland mowing on breeding birds: evidence from a 30-year experiment. – *Biodiversity and conservation* 27(3): 749–763.
- ARLETTAZ, R. (1996): Feeding behaviour and foraging strategy of free-living mouse-eared bats, *Myotis myotis* and *Myotis blythii*. – *Animal Behaviour* 51: 1–11.
- AUFFRET, A., Y. RICO, J. BULLOCK, D. HOOFTMAN, R. PAKEMAN, M. SOONS, A. SUÁREZ-ESTEBAN, A. TRAVESSET, H. WAGNER & S. COUSINS (2017): Plant functional connectivity – integrating landscape structure and effective dispersal. – *Journal of Ecology* 105(6): 1648–1656.
- BAMANN, T. & B. DITTRICH (2017): Management des Goldenen Scheckenfalters – Eine Untersuchung in Niedermoorgebieten des württembergischen Allgäus. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 49(9): 283–290.
- BEYLICH, A., H. OBERHOLZER, S. SCHRADER, H. HÖPER & B. WILKE (2010): Evaluation of soil compaction effects on soil biota and soil biological processes in soils. – *Soil and Tillage Research* 109(2): 133–143.
- BfN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.) (2014): Grünlandreport. – Bundesamt für Naturschutz, Bonn, 34 S. – [https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-04/PK\\_Gruenlandpapier\\_30.06.2014\\_final\\_layout\\_barrierefrei\\_0.pdf](https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-04/PK_Gruenlandpapier_30.06.2014_final_layout_barrierefrei_0.pdf) (geöffnet am: 12.01.2023)
- BLAKE, R., B. WOODCOCK, A. RAMSAY, E. PILGRIM, V. BROWN, J. TALLOWIN & S. POTTS (2011): Novel margin management to enhance Auchenorrhyncha biodiversity in intensive grasslands. – *Agriculture, Ecosystems & Environment* 3–4(140): 506–513.
- BOBBINK, R., C. LORAN & H. TOMASSEN (Hrsg.) (2022): Review and revision of empirical critical loads of nitrogen for Europe. – Umweltbundesamt Texte 110/2022.

- BONARI, G., K. FAJMON, I. MALONOSKÝ, D. ZELENÝ, J. HOLUŠA, I. JONGEPIEROVÁ, P. KOČÁREK, O. KONVIČKA, J. UŘIČÁŘ & M. CHYTRÝ (2017): Management of semi-natural grasslands benefiting both plant and insect diversity: The importance of heterogeneity and tradition. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 246: 243–252.
- BONEBRAKE, T., J. CHRISTENSEN, C. BOGGS & P. EHRLICH (2010): Population decline assessment, historical baselines, and conservation. – *Conservation Letters* 3: 371–378.
- BOSSHART, A. (2016): *Das Naturwiesland der Schweiz und Mitteleuropas*. – Haupt Verlag, Bern.
- BOSSHARD, A. & B. STÄHELI (2007): Ungemähte Streifen in Ökowieden verbessern die Lebensbedingungen für Kleintiere. – AGRIDEA (Hrsg.). Faltblatt, Lindau, Lausanne.
- BRANDT, T. (2017): Nahrungsmangel in Wiesen: Insektenverluste durch moderne Erntemethoden. – *Der Falke Sonderheft* 2017: 57–62.
- BRÄU, M. & A. NUNNER (2003): Tierökologische Anforderungen an das Streuwiesen-Mahdmanagement – mit kritischen Anmerkungen zur Effizienz der derzeitigen Pflegepraxis. – *Laufener Seminarbeiträge* 2003(1): 223–239.
- BRAUN, M. & F. DIETERLEN (Hrsg.) (2005): *Die Säugetiere Baden-Württembergs*. – Band 2, Eugen Ulmer, Stuttgart.
- BRIEMLE, G., G. ECKERT & H. NUSSBAUM (1999): Wiesen und Weiden. In: Konold, W., R. Böcker & U. Hampicke (Hrsg.): *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege XI-2.8*. - Ecomed Verlag, Landsberg.
- BRIEMLE, G., D. EICKHOFF & R. WOLF (1991): Mindestpflege und Mindestnutzung aus landschaftsökologischer und landeskultureller Sicht. – Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg & Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt, Karlsruhe.
- BROSSETTE, F., C. BIELING, L. KIEFER, W. KEMKES & H. RÖSKE (2022): Sozial-ökologische Perspektiven zur Erhaltung der Land(wirt)schaft – Erkenntnisse zu den Allmendweiden im Biosphärengebiet Schwarzwald. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 54(6): 12–21.
- BRUPPACHER, L., J. PELLET, R. ARLETTAZ & J.-Y. HUMBERT (2016): Simple modifications of mowing regime promote butterflies in extensively managed meadows: Evidence from field-scale experiments. – *Biological Conservation* 196: 196–202.
- BUNZEL-DRÜKE, M., E. REISINGER, C. BÖHM, J. BUSE, L. DALBECK, G. ELLWANGER, P. FINCK, J. FREESE, H. GRELL, L. HAUSWIRTH, A. HERRMANN, A. IDEL, E. JEDICKE, R. JOEST, G. KÄMMER, A. KAPFER, M. KÖHLER, D. KOLLIGS, R. KRAWCZYNSKI, A. LORENZ, R. LUICK, S. MANN, H. NICKEL, U. RATHS, U. RIECKEN, N. RÖDER, H. RÖSSLING, M. RUPP, N. SCHOOF, K. SCHULZE-HAGEN, R. SOLLMANN, A. SSYMANK, K. THOMSEN, J. TILLMANN, S. TISCHEW, H. VIERHAUS, C. VOGEL, H. WAGNER & O. ZIMBALL (2019): *Naturnahe Beweidung und NATURA 2000*. – 2. Auflage, Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz, Bad Sassendorf.
- BURI, P., R. ARLETTAZ & J.-Y. HUMBERT (2013): Delaying mowing and leaving uncut refuges boosts Orthopterans in extensively managed meadows. – *Agriculture, Ecosystems & Environment* 181: 22–30.
- BURI, P., J.-Y. HUMBERT & R. ARLETTAZ (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.
- BURI, P., J.-Y. HUMBERT, M. STAŃSKA, I. HAJDAMOWICZ, E. TRAN, M. ENTLING & R. ARLETTAZ (2016): Delayed mowing promotes planthoppers, leafhoppers and spiders in extensively managed meadows. – *Insect Conservation and Diversity* 9(6): 536–545.
- CABOŇ, M., D. GALVÁNEK, A. DETHERIDGE, G. GRIFFITH, S. MARÁKOVÁ & S. ADAMCIK (2021): Mulching has negative impact on fungal and plant diversity in Slovak oligotrophic grasslands. – *Basic and Applied Ecology* 52(26): 24–37.
- CONRAD, L., J. HÖRL, M. HENKE, R. LUICK & N. SCHOOF (2022): Sheep in the vineyard: Suitability of different breeds and potential breeding objectives. – *Animals* 12(19): 2575.

- CIZEK, O., J. ZAMECNIK, R. TROPEK, P. KOCAREK & M. KONVICKA (2012): Diversification of mowing regime increases arthropods diversity in species-poor cultural hay meadows. – *Journal of Insect Conservation* 16: 215–226.
- CLASSEN, A., A. HIRLER & R. OPPERMANN (1996): Auswirkungen unterschiedlicher Mähgeräte auf die Wiesenfauna in Nordost-Polen – untersucht am Beispiel von Amphibien und Weißstorch. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 28(5): 139–144.
- CLASSEN, A., A. KAPPER & R. LUICK (1993): Einfluß von Kreisel- und Balkenmäher auf die Fauna von Feuchtgrünland. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 25(6): 221–226.
- DÁNIEL-FERREIRA, J., Á. BERGGREN, J. WISSMAN & E. ÖCKINGER (2021): Road verges are corridors and roads barriers for the movement of flower-visiting insects. – *Ecography* 2022: e05847.
- DESTATIS – STATISTISCHES BUNDESAMT (2022): Dauergrünland nach Art der Nutzung im Zeitvergleich. – <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Feldfruechte-Gruenland/Tabellen/zeitreihe-dauergruenland-nach-nutzung.html#fussnote-2-123124> (geöffnet am: 12.01.2023)
- DEUTSCHE WILDTIERSTIFTUNG (2011): „Mähtod“ – Wildtierverluste durch Landwirtschaft. – [www.deutschewildtierstiftung.de/content/2-wildtiere/20-rebhuhn/5-was-wir-tun/1-modul-1/maethod.pdf](http://www.deutschewildtierstiftung.de/content/2-wildtiere/20-rebhuhn/5-was-wir-tun/1-modul-1/maethod.pdf) (geöffnet am: 24.10.2022)
- DEUTSCHER BUNDESTAG (2020): Auswirkungen aktueller Vorgaben auf den Grünlanderhalt. – <https://www.bundestag.de/resource/blob/794026/3613f67ce498172e2bbb5382229c8931/WD-5-086-20-pdf-data.pdf> (geöffnet am: 11.08.2023)
- DEVEREUX, C., M. WHITTINGHAM, J. KREBS, E. FERNÁNDEZ-JURICIC & J. VICKERY (2006): What attracts birds to newly mown pasture? Decoupling the action of mowing from the provision of short swards. – *Ibis* 148: 302–306.
- DIERSCHKE, H. (1985): Experimentelle Untersuchung der Bestandsdynamik von Kalkmagerrasen (Mesobromion) in Südniedersachsen. – In: Schreiber, K.-F. (Hrsg.): Sukzession auf Grünlandbrachen. Münstersche geographische Arbeiten 20: 9–24.
- DITTMER, L. (2023): Mähgut verwerten, Arten schützen. Biodiversität im Straßenbegleitgrün fördern. – *Flächenmanager* 02: 78–81.
- DOWNIE, I., J. COULSON & J. BUTTERFIELD (1996): Distribution and dynamics of surface-dwelling spiders across a pasture-plantation ecotone. – *Ecography* 19(1): 29–40.
- EGLOFF, T. (1984): Richtlinien zur Bewirtschaftung von Riedern und Mooren im Sinne des Naturschutzes. – Schweizer Bund für Naturschutz, Basel.
- EHLERT, K. (2012): Nature-friendly agricultural machinery and mechanical operations. – In: Oppermann, R., B. Guy & J. Gwyn (Hrsg.): High Nature Value Farming in Europe. – Verlag Regionalkultur, Ubstadt-Weiher.
- ELLENBERG, H. & C. LEUSCHNER (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. – 6. Auflage, Eugen Ulmer, Stuttgart.
- FARTMANN, T. (2023): Insect conservation in Grasslands. – In: Pryke, J., M. Samways, T. New, P. Cardoso & R. Gaigher (Hrsg.): *Routledge Handbook of Insect Conservation*. Routledge, London.
- FARTMANN, T., J. BRÜGGESHEMKE, D. PONIATOWSKI & F. LÖFFLER (2022a): Summer drought affects abundance of grassland grasshoppers differentially along an elevation gradient. – *Ecological Entomology* 47: 778–790.
- FARTMANN, T., E. JEDICKE, M. STREITBERGER & G. STUHLREHER (2021a): Insektensterben in Mitteleuropa. Ursachen und Gegenmaßnahmen. – Eugen Ulmer, Stuttgart.
- FARTMANN, T., B. KRÄMER, F. STELZNER & D. PONIATOWSKI (2012): Orthoptera as ecological indicators for succession in steppe grassland. – *Ecological Indicators* 20: 337–344.
- FARTMANN, T. & H. MATTES (1997): Heuschreckenfauna und Grünland – Bewirtschaftungsmaßnahmen und Biotopmanagement. – *Arbeiten aus dem Institut für Landschaftsökologie, Münster* 3: 179–188.
- FARTMANN, T., D. PONIATOWSKI & L. HOLTSMANN (2021b): Habitat availability and climate warming drive changes in the distribution of grassland grasshoppers. – *Agriculture, Ecosystems & Environment* 320: 107565.



- FARTMANN, T., D. PONIATOWSKI & L. HOLTMANN (2022b): Effects of land-use and climate change on grasshopper assemblages differ between protected and unprotected grasslands. – *Basic and Applied Ecology* 63: 83–92.
- FIEDLER, K., T. WRBKA & S. DULLINGER (2017). Pluralism in grassland management promotes butterfly diversity in a large Central European conservation area. – *Journal of Insect Conservation* 21: 277–285.
- FINCK, P., S. HEINZE, U., RATHS, U., RIECKEN & A. SSYMANK (2017): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschland – dritte fortgeschriebene Fassung. – NaBiV 156, Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- FISCHER, C., H. HANSLIN, K. HOVSTAD, M. D'AMICO, J. KOLLMANN, S. KROEGER, G. BASTIANELLI, J. HABEL, H. RYGNE & T. LENNARTSSON (2022): The contribution of roadsides to connect grassland habitat patches for butterflies in landscapes of contrasting permeability. – *Journal of Environmental Management* 311: 114846.
- FISCHER, S., P. POSCHLOD & B. BEINLICH (1995): Die Bedeutung der Wanderschäferei für den Artenaustausch zwischen isolierten Schaftriften. – Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg 83: 229–256.
- FISCHER, S., P. POSCHLOD & B. BEINLICH (1996): Experimental studies on the dispersal of plants and animals on sheep in calcareous grasslands. – *Journal of Applied Ecology* 33: 1206–1222.
- FISCHER, J., D. STEINLECHNER, A. ZEHM, D. PONIATOWSKI, T. FARTMANN, A. BECKMANN & C. STETTMER (2020): Die Heuschrecken Deutschlands und Nordtirols: Bestimmen, Beobachten, Schützen. – 2. Auflage, Quelle & Meyer, Wiebelsheim.
- FLORY, S. & K. CLAY (2006): Invasive shrub distribution varies with distance to roads and stand age in eastern deciduous forests in Indiana, USA. – *Plant Ecology* 184: 131–141.
- FRENZEL, T. & K. FISCHER (2022): Fallows benefit beetle conservation in a traditionally managed grassland landscape. – *Agriculture Ecosystems & Environment* 327: 107829.
- FRENZEL, T., T. RISCHEN & K. FISCHER (2022): Humid grassland fallows promote spider diversity in a traditionally managed landscape. – *Basic and Applied Ecology* 63: 59–70.
- FRENZEL, T., A. WÖRSDÖRFER, S. KHEDHIRI, M. DI GIULIO, F. LEUS, M. LIPPERTS, D. MARTINS & K. FISCHER (2021). Grassland fallows as key for successful insect conservation. – *Insect Conservation and Diversity* 14(6): 837–850.
- FRICK, R. & P. FLURI (2001): Bienenverluste beim Mähen mit Rotationsmäherwerken. – *Agrarforschung* 8: 196–201.
- FUMY, F. & T. FARTMANN (2023): Low-intensity land use fosters species richness of threatened butterflies and grasshoppers in mires and grasslands. – *Global Ecology and Conservation* 41: e02357.
- FUMY, F., S. KÄMPFER & T. FARTMANN (2021): Land-use intensity determines grassland Orthoptera assemblage composition across a moisture gradient. – *Agriculture, Ecosystems & Environment* 315: 107424.
- FÜRST, J., K. BOLLMANN, M. GOSSNER, P. DUELLI & M. OBRIST (2022): Increased arthropod biomass, abundance and species richness in an agricultural landscape after 32 years. – *Journal of Insect Conservation*.
- GAISLER, J., L. PAVLŮ, C. NWAOGU, K. PAVLŮ, M. HEJCMAN & V. PAVLŮ (2019): Long-term effects of mulching, traditional cutting and no management on plant species composition of improved upland grassland in the Czech Republic. – *Grass and Forage Science* 74(3): 463–475.
- GARDINER, T., M. GARDINER & N. COOPER (2011): Grasshopper strips prove effective in enhancing grasshopper abundance in Rivenhall Churchyard, Essex, England. – *Conservation Evidence* 2011(8): 31–37.
- GARDINER, T. & M. HASSALL (2009): Does microclimate affect grasshopper populations after cutting of hay in improved grassland? – *Journal of Insect Conservation* 13(1): 97–102.
- GATTER, W., H. EBENHÖH, R. KIMA, W. GATTER & F. SCHERER (2020): 50-jährige Untersuchungen an migrierenden Schwebfliegen, Waffenfiegen und Schlupfwespen belegen extreme Rückgänge (Diptera: Syrphidae, Stratiomyidae; Hymenoptera: Ichneumonidae). – *Entomologische Zeitschrift* 130(3): 131–142.

- GEORGI, M., S. GÄRTNER, M. FÖRSCHLER, J. BÖRN, F. FORNOFF, A. SSYMANK, Y. OELMANN & A. KLEIN (2023): Mulching time of forest meadows influences insect diversity. – *Insect Conservation and Diversity*.
- GIGON, A., S. ROCKER & T. WALTER (2010): Praxisorientierte Empfehlungen für die Erhaltung der Insekten- und Pflanzenvielfalt mit Ried-Rotationsbrachen. – ART-Bericht 721, Forschungsanstalt Agroscope, Ettenhausen.
- GÜNTHER, R. (Hrsg.) (2009): Die Amphibien und Reptilien Deutschlands. – Springer Spektrum, Heidelberg.
- HABEL, J., W. ULRICH & T. SCHMITT (2020): Butterflies in corridors: quality matters for specialists. – *Insect conservation and diversity* 13(1): 91–98.
- HADDAD, N., D. BOWNE, A. CUNNINGHAM, B. DANIELSON, D. LEVEY, S. SARGENT & T. SPIRA (2003): Corridor use by diverse taxa. – *Ecology* 84(3): 609–615.
- HALLMANN, C., M. SORG, E. JONGEJANS, H. SIEPEL, N. HOFLAND, H. SCHWAN, W. STENMANS, A. MÜLLER, H. SUMSER, T. HÖRREN, D. GOULSON & H. DE KROON (2017): More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. – *PLOS ONE* 12(10): e0185809.
- HANDKE, K., A. OTTE & T. DONATH (2011): Alternierend spät gemähte Altgrasstreifen fördern die Wirbellosenfauna in Auenwiesen – Ergebnisse aus dem NSG „Kühkopf-Knoblochsau“. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 43(9): 280–288.
- HECKER, L., K. BIRKHOFFER, Y. XUEYAN, L. QUERHAMMER, I. STÖCKMANN & F. WÄTZOLD (2022): Insektenverluste durch den Einsatz von Konditionierern bei der Behandlung von Mähgut – ökologische und ökonomische Aspekte. – *Natur und Landschaft* 97(2): 78–84.
- HEJCMAN, M., P. HEJCMANOVÁ, V. PAVLŮ & J. BENEŠ (2013): Origin and history of grasslands in Central Europe – a review. – *Grass and Forage Science* 68(3): 345–363.
- HELBING, F., T. FARTMANN, F. LÖFFLER & D. PONIATOWSKI (2017): Effects of local climate, landscape structure and habitat quality on leafhopper assemblages of acidic grasslands. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 246: 94–101.
- HELY, M., N. ANTHES & T. BAMANN (2018): Frühe Mahd fördert den Heilziest-Dickkopffalter im württembergischen Allgäu. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 50(12): 464–471.
- HEMMANN, K., I. HOPP & H. PAULUS (1987): Zum Einfluß der Mahd durch Messerbalken, Mulcher und Saugmäher auf Insekten am Straßenrand. *Natur und Landschaft* 62(3): 103–106.
- HERMANN, S., P. DETZEL, T. BAMANN & N. ANTHES (2022): Association between mowing regimes and abundance of the Bull Bush Cricket (*Polysarcus denticauda*). – *Articulata* 37: 83–102.
- HERZOG, L., S. KLIMEK, N. RÖDER, C. FRANK, H. BÖHNER & J. KAMP (2023): Associations between farmland birds and fallow area at large scales: consistently positive over three periods of the EU Common Agricultural Polica but moderated by landscape complexity. – *Journal of Applied Ecology*.
- HOERNEMANN, C., P. JOHNSON & K. HIGGINS (2001): Effects of grazing and haying on arthropod diversity in North Dakota conservation reserve Program grasslands. – *Proceedings of the South Dakota Academy of Science* 80: 283–308.
- HOFMANN, H., M. KERN, F. RICHTER & U. KOJ (2021): Landschaftspflegematerial – Handlungshilfe zur rechtssicheren Erfassung, Aufbereitung und hochwertigen Verwendung. – <https://pd.lubw.de/10221> (geöffnet am: 31.01.2023)
- HOISS, B., M. BERG & M. KRÄMER (2022): Die Herbstzeitlose im extensiven Grünland. – *ANLiegen Natur* 44(1): 123–126.
- HOLTMANN, L., K. KERLER, L. WOLFGART, C. SCHMIDT & T. FARTMANN (2019): Habitat heterogeneity determines plant species richness in urban stormwater ponds. – *Ecological Engineering* 138: 434–443.
- HÖLZL, S. (2023): „Grünes Gold“? Neue Verwertungsmethoden für Mähgut. – *ANLiegen Natur* 45(1): 119–123.

- HOOFMAN D., A. KIMBERLEY, S. COUSINS, S. SANTAMARÍA BUENO, O. HONNAY, P. KRICKL, J. PLUE, P. POSCHLOD, A. TRAVESSET & J. BULLOCK (2022): Could green infrastructure supplement ecosystem service provision from semi-natural grasslands? – *Journal of Environmental Management* 328: 1169–1182.
- HUMBERT, J.-Y., J. GHAZOUL, J. SAUTER & T. WALTER (2010a): Impact of different meadow mowing techniques on field invertebrates. – *Journal of Applied Entomology* 134(7): 592–599.
- HUMBERT, J.-Y., J. SAUTER, T. WALTER & G. JABOURY (2010b): Wiesen-Ernteprozesse und ihre Wirkung auf die Fauna. – ART-Bericht 724, Forschungsanstalt Agroscope, Ettenhausen.
- HUMBERT, J.-Y., J. PELLET, P. BURI & R. ARLETTAZ (2012): Does delaying the first mowing date benefit biodiversity in meadowland? – *Environmental Evidence* 2012(1): 9.
- INGRISCH, S. & G. KÖHLER (1998): Die Heuschrecken Mitteleuropas. – Westarp Wissenschaft, Magdeburg.
- JEROMIN, H. & A. EVERS (2019): Gemeinschaftlicher Wiesenvogelschutz in Schleswig-Holstein. – Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen.
- KAMMER, P., B. RIHM & C. SCHÖB (2022): Decreasing nitrogen deposition rates: Good news for oligotrophic grassland species? – *Basic and Applied Ecology* 63: 125–138.
- KAPFER, A. (2010): Beitrag zur Geschichte des Grünlands Mitteleuropas. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 42(5): 133–140.
- KÄSER, J. & S. URBSCHKEIT (2017): Gestaffelte Mahd. – [www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/umwelt-tiere/naturschutz/vernetzungsprojekte/merkblatt\\_gestaffelte\\_mahd.pdf](http://www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/umwelt-tiere/naturschutz/vernetzungsprojekte/merkblatt_gestaffelte_mahd.pdf) (geöffnet am: 09.06.2022)
- KAUR, H., A. TORMA, N. GALLÉ-SZPIJAK, J. ŠEAT, G. LŐRINCZI, G. MÓDRA & R. GALLÉ (2019): Road verges are important secondary habitats for grassland arthropods. – *Journal of Insect Conservation* 23: 899–907.
- KIEL, E.-F. (1999): Heuschrecken und Mahd. Empfehlungen für das Pflegemanagement in Feuchtwiesenschutzgebieten. – *LÖBF-Mitteilungen* 3: 63–66.
- KÖLLER, K. & O. HENSEL (Hrsg.) (2019): Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion. – Eugen Ulmer, Stuttgart.
- KOLLMANN, J., A. KIRMER, S. TISCHEW, N. HÖLZEL & K. KIEHL (2019): Renaturierungsökologie. – Springer Spektrum, Heidelberg.
- KONVIČKA, M., D. RIČL, V. VODIČKOVÁ, J. BENEŠ & M. JIRKŮ (2021): Restoring a butterfly hot spot by large ungulates refaunation: the case of the Milovice military training range, Czech Republic. – *BMC Ecology and Evolution* 21(1): 73.
- KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI, A., Á. KŐRÖSI, K. ORCI, P. BATÁRY & A. BÁLDI (2011): Set-aside promotes insect and plant diversity in a Central European country. – *Agriculture, ecosystems & environment* 141(3–4): 296–301.
- KROGMANN, L., O. BETZ, J. GELDMANN, D. GOULSON, R. MENZEL, U. RIECKEN, J. RUTHER, R. SCHWENNINGER, M. SORG, J. STEIDLE, T. TSCHARNTKE & W. WÄGELE (2018): Neun-Punkte-Plan gegen das Insektensterben – die Perspektive der Wissenschaft. – *Entomologische Zeitschrift* 128(4): 247–249.
- KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2022): KTBLe-Feldarbeitsrechner. – <https://daten.ktbl.de/feldarbeit/home.html> (geöffnet am: 09.06.2022)
- KÜHNE, I., R. ARLETTAZ, J. PELLET, L. BRUPPACHER & J.-Y. HUMBERT (2015): Leaving an uncut grass refuge promotes butterfly abundance in extensively managed lowland hay meadows in Switzerland. – *Conservation Evidence* 12: 25–27.
- LÄTSCH, R., S. VOGELSGANG, J. SAUTER & E. DELESTRA (2010): Zerkleinerung von Maisstroh und Fusarienbefall von Weizen – Hammer- und Y-Schlegel im Vergleich. – ART-Bericht 738.
- LAUFER, H., K. FRITZ & P. SOWIG (Hrsg.) (2007): Die Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs. – Eugen Ulmer, Stuttgart.

- LAUFER, H. & A. PIEH (2007): Moorfrosch – *Rana arvalis* Nilsson, 1842. – In: Laufer, H., K. Fritz & P. Sowig (Hrsg.): Die Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs: 397–414. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- LEDERBOGEN, D., G. ROSENTHAL, D. SCHOLLE, J. TRAUTNER, B. ZIMMERMANN & G. KAULE (2004): Allmendweiden in Südbayern: Naturschutz durch landwirtschaftliche Nutzung. – *Angewandte Landschaftsökologie* 62: 1–469.
- LEMBRECHTS, J., A. MILBAU & I. NIJS (2014): Alien roadside species more easily invade alpine than lowland plant communities in a subarctic mountain ecosystem. – *PLOS ONE* 9(2): e89664.
- LFU – BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, BIOLAND, DEMETER & NATURLAND (2009): Streuwiesen nutzen – Artenvielfalt erhalten. Ein Leitfaden für den Bayerischen Voralpenraum. – [https://www.lfu.bayern.de/natur/streuwiesen/doc/mb\\_streuwiesen.pdf](https://www.lfu.bayern.de/natur/streuwiesen/doc/mb_streuwiesen.pdf) (geöffnet am: 26.10.2022)
- LICZNER, Y. (1999): Auswirkungen unterschiedlicher Mäh- und Heubearbeitungsmethoden auf die Amphibienfauna in der Narewniederung (Nordostpolen). – *RANA Sonderheft* 3: 67–79.
- LIPÍŇSKA, A. & W. BIELAŇSKI (2022): Mowing in agri-environmental schemes (AES) and rare species of *Vertigo* snails: hope for grasslands but a threat to snails. – *Folia Malacologica* 30(1): 54–59.
- LÖDERBUSCH, W. (2016): Bestandserfassung der Wanuschrecke (*Polysarcus denticauda*). – In: Landratsamt Zollernalbkreis, Umweltamt (Hrsg.): Die Wiesen im Zollernalbkreis – Bestand, Schutz, Ökologie. – Landratsamt Zollernalbkreis, Balingen.
- LÖFFLER, F. & T. FARTMANN (2017): Effects of landscape and habitat quality on Orthoptera assemblages of pre-alpine calcareous grasslands. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 248: 71–81.
- LÖFFLER, F., D. PONIATOWSKI & T. FARTMANN (2020): Extinction debt across three taxa in well-connected calcareous grasslands. – *Biological Conservation* 246: 108588.
- LUICK, R (2022): Naturnahe Beweidung gestaltet Landschaften. In: Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Weiden! Wege zur Bewahrung der Biodiversität. – Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz BW 59: 75 – 88. Hirzel-Verlag, Stuttgart.
- LUICK, R., E. JEDICKE & N. SCHOOF (2017): The 2014-20 CAP pillar 2 and conservation objectives – is there policy coherence for semi-natural grasslands? – *Grassland Science* 21: 627–629.
- MAGURA, T. (2002): Carabids and Forest Edge: spatial pattern and edge effect. – *Forest Ecology & Management* 157(1–3): 23–37.
- MALKMUS, R. (2019): Der Niedergang unserer Reptilienfauna. Da Eidechsen und Schlangen im Spessart ihre Zufluchtsorte verlieren, schrumpft ihr Bestand. – *Spessart Monatszeitschrift für die Kulturlandschaft* 113(3): 14–21.
- MANUSCH, P. & E. PIERINGER (1995): Futterernte und Konservierung – Anforderungen an die Technik in der ökologischen Grünlandbewirtschaftung. – In: Manusch, P. & E. Pieringer, (Hrsg.): Ökologische Grünlandbewirtschaftung. *Alternative Konzepte* 91: 63–81. 6. Auflage, Müller, Karlsruhe.
- MILBERG, P., M. TÄLLE, H. FOGELFORS & L. WESTERBERG (2017): The biodiversity cost of reducing management intensity in species-rich grasslands: Mowing annually vs. every third year. – *Basic and Applied Ecology* 22: 61–74.
- MODY, K., D. LERCH, A. MÜLLER, N. SIMONS, N. BLÜTHGEN & M. HARNISCH (2020): Flower power in the city: Replacing roadside shrubs by wildflower meadows increases insect numbers and reduces maintenance costs. – *PIOS ONE* 15(6): e0234327.
- MOHR, B. & E.-J. SCHRÖDER (1997): Landwirtschaft des Hohen Schwarzwaldes – Beispiel Hinterzarten. Vom Wandel einer Agrar- zu einer Erholungslandschaft im 19. und 20. Jahrhundert. – Stadler, Konstanz.
- MOOG, D., P. POSCHLOD, S. KAHMEN & K.-F. SCHREIBER (2002): Comparison of species composition between grassland management treatments after 25 years. – *Applied Vegetation Science* 5: 99–106.

- MORRIS, M. (1969): Populations of invertebrate animals and the management of chalk grassland in Britain. II. Heteroptera. – *Biological Conservation* 1: 225–231.
- MORRIS, M. (1979): Responses of grassland invertebrates to management by cutting. – *Journal of Applied Ecology* 16: 417–432.
- MORRIS, M. & W. RISPIN (1988): A beetle fauna of oolitic limestone grassland, and the response of species to conservation management by different cutting régimes. – *Biological Conservation* 43: 87–105.
- MÜLLER, M. & A. BOSSHARD (2010): Altgrasstreifen fördern Heuschrecken in Ökowieden. Eine Möglichkeit zur Strukturverbesserung im Mähgrünland. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 42(7): 212–217.
- MUPEPELE, A., K. BÖHRING-GAESE, S. LAKNER, T. PLEININGER, N. SCHOOF & A. KLEIN (2019): Insect conservation in agricultural landscapes – An outlook for policy-relevant research. – *GAIA – Ecological Perspectives on Science and Society* 28(4): 342–347.
- NETPHYD – NETZWERK PHYTODIVERSITÄT DEUTSCHLAND & BfN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2013): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. – Landwirtschaftsverlag, Münster.
- NICKEL, H. (2016): Zoologische Erfolgskontrollen auf Wilden Weiden in Thüringen: Erstaufnahme der Zikaden zu Beginn der Beweidung im Alperstedter und Haßlebener Ried. – Studie im Auftrag der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Göttingen und Jena.
- NICKEL, H., R. ACHTZIGER, R. BIEDERMANN, C. BÜCKLE, U. DEUTSCHMANN, R. NIEDRINGHAUS, R. REMANE, S. WALTER & W. WITSACK (2016): Rote Liste der Zikaden (Hemiptera, Auchenorrhyncha). – In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 4: Wirbellose Tiere (Teil 2). *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 70(4): 249–298.
- NICKEL, H. & J. HILDEBRANDT (2003): Auchenorrhyncha communities as indicators of disturbance in grasslands (Insecta, Hemiptera) – a case study from the Elbe flood plains (northern Germany). – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98: 183–199.
- OPITZ, S., N. REPPIN, N. SCHOOF, J. DROBNIK, P. FINCK, U. RIECKEN, A. MENGEL, A. REIF & G. ROSENTHAL (2015): Wildnis in Deutschland: Nationale Ziele, Status Quo und Potenziale. – *Natur und Landschaft* 90(9/10): 406–412.
- OPPERMANN, R. & A. CLASSEN (1998): Naturverträgliche Mähtechnik – Moderne Mähgeräte im Vergleich. – Grüne Reihe, NABU, Stuttgart.
- OPPERMANN, R. & A. KRISMANN (2001): Naturverträgliche Mähtechnik und Populationssicherung. – BfN-Skripten 54, Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- OPPERMANN, R. & A. KRISMANN (2003): Schonende Bewirtschaftungstechnik für artenreiches Grünland. In: Oppermann, R. & H. Gujer (Hrsg.): Artenreiches Grünland bewerten und fördern – MEKA und ÖQV in der Praxis. – Eugen Ulmer, Stuttgart: 110–116.
- OUÉDRAOGO, D.-Y., A. VILLEMÉY, S. VANPEENE, A. COULON, V. AZAMBOURG, M. HULARD, E. GUINARD, Y. BERTHEAU, F. FLAMERIE DE LACHAPPELLE, V. RAUEL, E. LE MITOUARD, A. JEUSSET, M. VARGAC, I. WITTÉ, H. JACTEL, J. TOUROULT, Y. REYJOL & R. SORDELLO (2020): Can linear transportation infrastructure verges constitute a habitat and/or a corridor for vertebrates in temperate ecosystems? A systematic review. – *Environmental Evidence* 9: 13.
- OVERTURF, A. (2007): The over-wintering abundance of arthropods within rotationally mown meadows. – Master thesis, Universität Zürich.
- OZINGA, W., C. RÖMERMANN, R. BEKKER, A. PRINZING, W. TAMIS, J. SCHAMINÉE, S. HENNEKENS, K. THOMPSON, P. POSCHLOD & M. KLEYER (2009): Dispersal failure contributes to plant losses in NW Europe. – *Ecology letters* 12(1): 66–74.
- PAPWORTH, S., J. RIST, L. COAD & E. MILNER-GULLAND (2009): Evidence for shifting baseline syndrome in conservation. – *Conservation Letters* 2: 93–100.

- PAULY, D. (1995): Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries. – *Trends in Ecology & Evolution* 10: 430.
- PE'ER, G., A. BONN, H. BRUELHEIDE, P. DIEKER, N. EISENHAEUER, P. FEINDT, G. HAGEDORN, B. HANSJÜRGENS, I. HERZON, Å. LOMBA, E. MARQUARD, F. MOREIRA, H. NITSCH, R. OPPERMANN, A. PERINO, N. RÖDER, C. SCHLEYER, S. SCHINDLER, C. WOLF, Y. ZINNGREBE & S. LAKNER (2020): Action needed for the EU Common Agricultural Policy to address sustainability challenges. – *People and Nature* 2(2): 305–316.
- PHILLIPS, B., C. WALLACE, B. ROBERTS, A. WHITEHOUSE, K. GASTON, J. BULLOCK, L. DICKS & J. OSBORNE (2020): Enhancing road verges to aid pollinator conservation: A review. – *Biological Conservation* 250: 108687.
- PONIATOWSKI, D. & T. FARTMANN (2011): Does wing dimorphism affect mobility in *Metrioptera roeselii* (Orthoptera: Tettigoniidae)? – *European Journal of Entomology* 108: 409–415.
- PONIATOWSKI, D., F. LÖFFLER, G. STUHLREHER, F. BORCHARD, B. KRÄMER & T. FARTMANN (2016): Functional connectivity as an indicator for patch occupancy in grassland specialists. – *Ecological Indicators* 67: 735–742.
- PONIATOWSKI, D., G. STUHLREHER, F. LÖFFLER & T. FARTMANN (2018): Patch occupancy of grassland specialists: Habitat quality matters more than habitat connectivity. – *Biological Conservation* 225: 237–244.
- POSCHLOD, P. (2015): *Geschichte der Kulturlandschaft*. – Eugen Ulmer, Stuttgart.
- POTTS, S., B. WOODCOCK, S. ROBERTS, T. TSCHUELIN, E. PILGRIM, V. BROWN & J. TALLOWIN (2009): Enhancing pollinator biodiversity in intensive grasslands. – *Journal of Applied Ecology* 46: 369–379.
- PROSKE, A., S. LOKATIS & J. ROLFF (2022): Impact of mowing frequency on arthropod abundance and diversity in urban habitats: A meta-analysis. – *Urban Forestry & Urban Greening* 76(2): 127714.
- QUEIROZ, C., R. BEILIN, C. FOLKE & R. LINDBORG (2014): Farmland abandonment: threat or opportunity for biodiversity conservation? A global review. – *Frontiers in Ecology and the Environment* 12(5): 288–296.
- RABENSCHLAG, J., N. SCHOOF, J. SCHUMACHER & A. REIF (2019): Evaluation der Umsetzung baurechtlicher Ausgleichsmaßnahmen. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 51(9): 434–442.
- RADA, S., M. MAZALOVÁ, J. ŠIPOŠ & T. KURAS (2014). Impacts of mowing, grazing and edge effect on Orthoptera of submontane grasslands: perspectives for biodiversity protection. – *Polish Journal of Ecology* 62(1): 123–138.
- RANGNOW, H. (1934): *Fünfzehn Jahre Waldläufer*. – Grethlein, Leinen.
- RECK, H. & K. MUELLER (2018): Straßenbegleitgrün und biologische Vielfalt: Potenziale und Realität. – *Straßenverkehrstechnik* 62(7): 469–480.
- REITER, K., A. SCHMIDT & U. STRATMANN (2004): „...Grünlandnutzung nicht vor dem 15. Juni...“ – Sinn und Unsinn von behördlich verordneten Fixterminen in der Landwirtschaft. – BfN-Skript 124, Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- RENK, J. (2022a): Mähtechnik für das kommunale Grün: effektiv und biodiversitätsfördernd Wiesen und Extensivrasen pflegen. – *Stadt und Grün* 01/2022: 32–38.
- RENK, J. (2022b): Naturfreundliche Mähtechnik ohne Handsense und Heugabel. – *Neue Landschaft* 04/2022: 42–50.
- RENK, J. (2022c): Naturfreundliche Mahd im öffentlichen Grün mit modernster Technik: Ferngesteuerte Kompaktgeräteträger mit biodiversitätsfördernder Mäh- und Abräumtechnik. – *Neue Landschaft* 09/2022: 28–32.
- RICHNER, N., L. DUROCHER, H. ROHRER & T. WALTER (2014): Heubläser als Alternative zum Heurechen: Einfluss auf die Vegetation nach vier Jahren. – *Agrarforschung Schweiz* 5(5): 188–195.
- RICHTER, F., S. KUSCHNEREIT, R. GRASS, T. FRICKE & M. WACHENDORF (2009): Erhalt ökologisch wertvoller Grünlandstandorte durch eine Integrierte Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse. 10. – *Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau* 1: 167–170.
- RIECKEN, U., C. AMMER, B. BAUR, A. BONN, T. DIEKÖTTER, S. HOTES, A. KRUESS, S. KLIMEK, I. LEYER, K. WERK, B. ZIEGENHAGEN & N. FARWIG (2020): Notwendigkeit eines Brückenschlags zwischen Wissenschaft und Praxis im Naturschutz – Chancen und Herausforderungen. – *Natur und Landschaft* 95(8): 364–371.

- RÖSCH, V., T. TSCHARNTKE, C. SCHERER & P. BATARY (2013): Landscape composition, connectivity and fragment size drive effects of grassland fragmentation on insect communities. – *Journal of Applied Ecology* 50(2): 387–394.
- ROSENTHAL, G., A. MENGEL, A. REIF, S. OPITZ, N. SCHOOF & N. REPPIN (2015): Umsetzung des 2 %-Ziels für Wildnisgebiete aus der Nationalen Biodiversitätsstrategie. – BfN-Skript 422, Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- ROSSIER, L., C. AUBERSON, R. ARLETTAZ & J.-Y. HUMBERT (2023): Effects of uncut grass refuges on the plant community of extensively managed hay meadows. – *Basic and Applied Ecology* 72: 38–44.
- SAUMRA-JELTSCH, A.-K., S. VON MÜNCHHAUSEN, A. HÄRING, K. KUCZNIK, F. HÜBSCHMANN & B. KITZMANN (2022): Mehrkosten der Nutzung eines Doppelmessermähwerkes zur naturschutzgerechten Grünlandbewirtschaftung – Ergebnisse eines Praxisversuchs in Brandenburg. – [www.hnee.de/de/Fachbereiche/Landschaftsnutzung-und-Naturschutz/Forschung/Forschungsprojekte/Aktuelle-Projekte/Schferschutzen/KostenrundumsDoppelmessermhwerk/KostenrundumsDoppelmessermhwerk-K7013.htm](http://www.hnee.de/de/Fachbereiche/Landschaftsnutzung-und-Naturschutz/Forschung/Forschungsprojekte/Aktuelle-Projekte/Schferschutzen/KostenrundumsDoppelmessermhwerk/KostenrundumsDoppelmessermhwerk-K7013.htm) (geöffnet am: 15.03.2022)
- SCHIEFER, J. (1983): Ergebnisse der Landschaftspflegeversuche in Baden-Württemberg: Wirkung des Mulchens auf den Pflanzenbestand und Streuzersetzung. – *Natur und Landschaft* 58(7/8): 295–300.
- SCHIESS-BÜHLER, C., R. FRICK, B. STÄHELI & R. FURI (2011): Erntetechnik und Artenvielfalt in Wiesen. – 2. Auflage, AGRIDEA, Lindau.
- SCHLEGEL, J. (2022): Butterflies benefit from forest edge improvements in Western European lowland forests, irrespective of adjacent meadows' use intensity. – *Forest Ecology and Management* 521: 120413.
- SCHMITT, T. (2003): Influence of forest and grassland management on the diversity and conservation of butterflies and burnet moths (Lepidoptera, Papilionoidea, Hesperidae, Zygaenidae). – *Animal Biodiversity and Conservation* 26(2): 51–67.
- SCHOOF, N. & R. LUICK (2019): Antiparasitika in der Weidetierhaltung – ein unterschätzter Faktor des Insektensterbens? – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 51(10): 486–492.
- SCHOOF, N., R. LUICK, G. BEAUFOY, G. JONES, P. EINARSSON, J. RUIZ, V. STEFANOVA, D. FUCHS, T. WINDMAISSER, H. HÖTKER, H. JEROMIN, H. NICKEL, J. SCHUMACHER & M. UKHANOVA (2019): Grünlandschutz in Deutschland: Treiber der Biodiversität, Einfluss von Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen, Ordnungsrecht, Molkereiwirtschaft und Auswirkungen der Klima- und Energiepolitik. – BfN-Skript 539, Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- SCHOOF, N., R. LUICK, H. NICKEL, A. REIF, M. FÖRSCHLER, P. WESTRICH & E. REISINGER (2018): Biodiversität fördern mit Wilden Weiden in der Vision „Wildnisgebiete“ der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. – *Natur und Landschaft* 93(7): 314–322.
- SCHOOF, N., R. LUICK & N. PAECH (2020): Respekt für das Insekt? Analyse des Aktionsprogramms Insektenschutz der deutschen Bundesregierung unter besonderer Berücksichtigung transformativer Zugänge. – *Natur und Landschaft* 95(7): 316–324.
- SCHOOF, N., A. REIF, R. LUICK, E. JEDICKE, G. KÄMMER & J. METZNER (2021): Der Wolf in Deutschland – Herausforderungen für weidebasierte Tierhaltungen und den praktischen Naturschutz. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 53(1): 10–19.
- SCHOOF, N., M. WECKESSER, F. BROSSETTE, M. FÖRSCHLER, S. ABOLING, M. STREITBERGER & T. FARTMANN (2023): Der Schutz des Lebensraumtyps Trockene Heiden im Spannungsfeld von Ordnungs- und Förderrecht – Erkenntnisse aus einer landesweiten Erfassung in Baden-Württemberg. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 55(1): 12–23.
- SCHREIBER, K.-F. (Hrsg.) (2009): Artenreiches Grünland in der Kulturlandschaft: 35 Jahre Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg. – Regionalkultur, Heidelberg.
- SCHWARZ, C. & T. FARTMANN (2021): Conservation of a strongly declining butterfly species depends on traditionally managed grasslands. – *Journal of Insect Conservation* 25: 255–271.

- SCHWARZ, C. & T. FARTMANN (2022): Traditional grazing management creates heterogeneous swards and fosters grasshopper densities. – *Insect Science* 2022: 1–14.
- SCHWARZ, C., J. TRAUTNER & T. FARTMANN (2018): Common pastures are important refuges for a declining passerine bird in a pre-alpine agricultural landscape. – *Journal of Ornithology* 159: 945–954.
- SEHRT, M., O. BOSSDORF, M. FREITAG & A. BUCCHAROVA (2020): Less is more! Rapid increase in plant species richness after reduced mowing in urban grasslands. – *Basic and Applied Ecology* 42: 47–53.
- SIMON, U. (1987): Bewirtschaftungsmodelle stillgelegter Flächen aus pflanzenkundlicher und bodenkundlicher Sicht. – *Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch* 52(5): 1007–1017.
- SIMONS, N., W. WEISSER & M. GOSSNER (2016): Multi-taxa approach shows consistent shifts in arthropod functional traits along grassland land-use intensity gradient. – *Ecology* 97(3): 754–764.
- SKOWRONEK, S., C. EBERTS, P. BLANKE & D. METZING (2023): Leitfaden zur Verwendung von gebeiteeigenem Saat- und Pflanzgut krautiger Arten in der freien Natur Deutschlands – Hinweise zur Umsetzung des § 40 Abs. 1 BNatSchG. – *BfN-Schriften* 647, Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- SPEIGHT, M., M. HUNTER & A. WATT (2008): *Ecology of insects – Concepts and applications*. – Wiley-Blackwell, Chichester.
- SSYMAN, A., G. ELLWANGER, M. ERSFELD, J. FERNER, S. LEHRKE, C. MÜLLER, U. RATHS, M. RÖHLING & M. VISCHER-LEOPOLD (2021): *Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. BfN-Handbuch zur Umsetzung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie und der Vogelschutzrichtlinie – Band 2.1. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.*
- STAGGENBORG, J. & N. ANTHES (2022): Long-term fallows rate best among agri-environment scheme effects on farmland birds – A meta-analysis. – *Conservation Letters* 15(4): e12904.
- STEIDLE, J., T. KIMMICH, M. CSADER & O. BETZ (2022): Insect Mowing – Negative impact of roadside mowing on arthropod fauna and its reduction with “arthropod-friendly” mowing technique. – *Journal of Applied Entomology* 146(5): 465–472.
- STENCHLY, K., F. HENSGEN, K. KAETZL & M. WACHENDORF (2021): Grünschnitt mit Lupine als potenzielle Energiequelle. – *ANLiegen Natur* 43(2): 99–102.
- StMB – BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WOHNEN, BAU UND VERKEHR (2020): *Ökologische Aufwertung von Straßenbegleitflächen entlang von Bundes- und Staatsstraßen in Bayern*. – StMB, München.
- StMELF – BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2022): *Verwertungsalternativen für Mähgut aus Straßenbegleitgrün – Machbarkeitsstudie*. – [https://www.lwg.bayern.de/landespflege/natur\\_landschaft/294042/index.php](https://www.lwg.bayern.de/landespflege/natur_landschaft/294042/index.php) (geöffnet am: 12.01.2023)
- STREITBERGER, M., W. ACKERMANN, T. FARTMANN, G. KRIEGEL, A. RUFF, S. BALZER & S. NEHRING (2016): Artenschutz unter Klimawandel: Perspektiven für ein zukunftsfähiges Handlungskonzept. – *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 147: 1–367.
- STUHLREHER, G. & T. FARTMANN (2018): Threatened grassland butterflies as indicators of microclimatic niches along an elevational gradient – Implications for conservation in times of climate change. – *Ecological Indicators* 94: 83–98.
- TÄLLE, M., B. DEÁK, P. POSCHLOD, O. VALKÓ, L. WESTERBERG & P. MILBERG (2016): Grazing vs. mowing: A meta-analysis of biodiversity benefits for grassland management. – *Agriculture, Ecosystems & Environment* 222: 200–212.
- TÄLLE, M., B. DEÁK, P. POSCHLOD, O. VALKÓ, L. WESTERBERG & P. MILBERG (2018): Similar effects of different mowing frequencies on the conservation value of semi-natural grasslands in Europe. – *Biodiversity and Conservation* 27: 2451–2475.
- TERRAUBE, J., F. ARCHAU, M. DECONCHAT, I. VAN HALDER, H. JACTEL & L. BARBARO (2016): Forest edges have high conservation value for bird communities in mosaiclandscapes. – *Ecology & Evolution* 6(15): 5178–5189.



- TOIVONEN, M., I. HERZON & M. KUUSSAARI (2016): Community composition of butterflies and bumblebees in fallows: niche breadth and dispersal capacity modify responses to fallow type and landscape. – *Journal of Insect Conservation* 20: 23–34.
- TURCK, A. & W. TERLAU (2023): Hesitations and Aspirations of Farmers in Nature-Protected Areas. – *Sustainability* 15(4): 3196.
- TYLER, G., R. GREEN & C. CASEY (1998): Survival and behaviour of Corncrake *Crex crex* chicks during the mowing of agricultural grassland. – *Bird Study* 45: 35–50.
- UBA – UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.) (2015): Environmental Trends in Germany. Data on the Environment 2015. – UBA, Dessau-Roßlau.
- UHLÍŘOVÁ, E., M. ŠIMEK & H. ŠANTRŮČKOVÁ (2005): Microbial transformation of organic matter in soils of montane grasslands under different management. – *Applied Soil Ecology* 28(3): 225–235.
- UNIVERSITÄT HOHENHEIM & UNIVERSITÄT TÜBINGEN (o. J.): Das Projekt InsectMow. – <https://insectmow.uni-hohenheim.de> (geöffnet am: 16.09.2022)
- UNTERWEGER, P., J. KLAMMER, M. UNGER & O. BETZ, (2018): Insect hibernation on urban green land: a winter-adapted mowing regime as a management tool for insect conservation. – *BioRisk* 13: 1–29.
- USHER, M. & W. ERZ (1994): Erfassen und Bewerten im Naturschutz. – Eugen Ulmer, Stuttgart.
- UZMAN, D., A. REINEKE, M. ENTLING & I. LEYER (2020): Habitat area and connectivity support cavity-nesting bees in vineyards more than organic management. – *Biological Conservation* 242: 108419.
- VALTONEN, A., K. SAARINEN & J. JANTUNEN (2006): Effect of different mowing regimes on butterflies and diurnal moths on road verges. – *Animal Biodiversity and Conservation* 29(2): 133–148.
- VAN KLINK, R., M. MENZ, H. BAUR, O. DOSCH, I. KÜHNE, L. LISCHER, H. LUKA, S. MEYER, T. SZIKORA, D. UNTERNÄHRER, R. ARLETTAZ & J.-Y. HUMBERT (2019): Larval and phenological traits predict insect community response to mowing regime manipulations. – *Ecological Applications* 29(4): e01900.
- VAN DE POEL, D. & A. ZEHM (2014): Die Wirkung des Mähens auf die Fauna der Wiesen – Eine Literaturoberprüfung für den Naturschutz. – *ANLiegen Natur* 36(2): 36–51.
- VERA, F. (2000): *Grazing Ecology and Forest History*. – CABI, New York.
- VM – VERKEHRSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (2016): Straßenbegleitgrün. Handreichung zur Pflege von Grasflächen an Straßen. – [https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/Brosch%C3%BCren\\_Publikationen/Strassenbegleitgruen\\_Handreichung.pdf](https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/Brosch%C3%BCren_Publikationen/Strassenbegleitgruen_Handreichung.pdf) (geöffnet am 02.03.2022)
- WAGNER, F. & R. LUICK (2005): Extensive Weideverfahren und normativer Naturschutz im Grünland. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 37(3): 69–79.
- WALLISDEVRIES, M. & R. BOBBINK (2017): Nitrogen deposition impacts on biodiversity in terrestrial ecosystems: Mechanisms and perspectives for restoration. – *Biological Conservation* 2012: 387–389.
- WEKING, S., G. HERMANN & T. FARTMANN (2013): Effects of mire type, land use and climate on a strongly declining wetland butterfly. – *Journal of Insect Conservation* 17: 1081–1091.
- WERSEBECKMANN, V., C. BIEGERL, I. LEYER & K. MODY (2023): Orthopteran Diversity in Steep Slope Vineyards: The Role of Vineyard Type and Vegetation Management. – *Insects* 14(1): 83.
- WIEZIK, M., M. SVITOK, A. WIEZIKOVÁ & M. DOVČIAK (2013): Shrub encroachment alters composition and diversity of ant communities in abandoned grasslands of western Carpathians. – *Biodiversity and conservation* 22(10): 2305–2320.
- WILKE, N. (1992): Beeinflussung von Heuschrecken (Saltatoria) durch Mahd und verschiedene Mahdsysteme in wechselfeuchten Wiesen norddeutscher Flussauen. – Diplomarbeit, Technische Universität Braunschweig.

- WINTERGERST, J., T. KÄSTNER, M. BARTEL, C. SCHMIDT & M. NUSS (2021): Partial mowing of urban lawns supports higher abundances and diversities of insects. – *Journal of Insect Conservation* 25: 797–808.
- WOLFBECK, H. & K. FRITZ (1994): Blindschleiche – *Anguis fragilis* Linnaeus, 1758. – In: Laufer, H., K. Fritz & P. Sowig (Hrsg.): *Die Amphibien Baden-Württembergs*. – Eugen Ulmer, Stuttgart.
- WOODCOCK, B., S. POTTS, E. PILGRIM, A. RAMSAY, T. TSCHULIN, A. PARKINSON, R. SMITH, A. GUNDREY, V. BROWN & J. TALLOWIN (2007): The potential of grass field margin management for enhancing beetle diversity in intensive livestock farms. – *Journal of Applied Ecology* 44: 60–69.
- ZAHN, A., B. BURKART-AICHER, M. KRAUT & A. ZEHM (2022): Online-Handbuch: Beweidung im Naturschutz. – <https://www.anl.bayern.de/fachinformationen/beweidung/handbuch.htm> (geöffnet am: 31.01.2023)
- ZAHN, A. & J. SPÄTH (2021): Junge Zauneidechsen lieben Mäh- und Schnittgut – Vorsicht bei der Landschaftspflege. – *ANLiegen Natur* 43(1): 77–80.
- ZEHM, A., S. MUHR, M. WENZEL & P.-B. NAGEL (2020): Ökologische Aufwertung von Straßenbegleitgrün – eine Chance, nicht nur für den Biotopverbund. – *ANLiegen Natur* 42(2): 41–46.
- ZERBE, S. (2019): *Renaturierung von Ökosystemen im Spannungsfeld von Mensch und Umwelt. Ein interdisziplinäres Fachbuch*. – Springer Spektrum, Berlin.



