

# Wiesen-Ernteprozesse und ihre Wirkung auf die Fauna

April 2010



## Autorinnen und Autoren

Jean-Yves Humbert, Nina Richner,  
Joachim Sauter und Thomas  
Walter, ART

Ghazoul Jaboury, ETH Zürich

## Impressum

Herausgeber:  
Forschungsanstalt Agroscope  
Reckenholz-Tänikon ART  
Tänikon, CH-8356 Ettenhausen,  
Redaktion: Etel Keller, ART

Die ART-Berichte/Rapports ART  
erscheinen in rund 20 Nummern  
pro Jahr. Jahresabonnement  
Fr. 60.–. Bestellung von Abonne-  
ments und Einzelnummern:  
ART, Bibliothek, 8356 Ettenhausen  
T +41 (0)52 368 31 31  
F +41 (0)52 365 11 90  
doku@art.admin.ch  
Downloads: www.agroscope.ch

ISSN 1661-7568

Abb. 1: Wirksamkeit von ungemähten Bereichen als Refugium für Heuschrecken. Feld-Demonstration für IG Natur und Landwirtschaft Kanton AG (4.7.2009; Fotos: Jean-Yves Humbert, ART).

Nach einer fundierten Literaturstudie wurde die Wirkung verschiedener Mähgeräte und der einzelnen Ernteschritte in einer Wiese auf Heuschrecken, Raupen und Attrappen aus Wachs untersucht. Die Studie dient als Grundlage für eine Fauna schonende Bewirtschaftung von «Naturschutz-» und «ökologischen Ausgleichswiesen». Die Experimente ergeben folgende Reihenfolge bezüglich der negativen Wirkung der verschiedenen Mähgeräte: Trommelmäher mit Aufbereiter > Bucher mit Trommelmäher > Trommelmäher, Scheibenmäher oder Traktor-Balkenmäher > Hand-Motorbalkenmäher. Grossen Anteil an der negativen Wirkung haben die Traktorräder. Das folgende Zetten, Schwaden sowie das Aufladen des Heues verursachen je ebenso grosse Sterberaten wie die Mahd. Diese mit dem Traktor ausgeführten Fol-

geschritte können eine vergleichsweise weniger schädliche Wirkung durch eine Mahd mit dem Hand-Motorbalkenmäher beinahe aufheben. Der Einsatz des Aufbereiters führt auf den ganzen Ernteprozess bezogen zur höchsten Sterberate.

Insgesamt überleben nur wenige Tiere bei den heute mehrheitlich üblichen Erntetechniken. Deshalb wurde untersucht, ob Heuschrecken während der Mahd in ungemähte Bereiche ausweichen. In ungeschnittenen Bereichen war die Heuschreckendichte am Ende der Ernte zwei bis drei Mal höher als vorher. Das Belassen von ungeschnittenen Bereichen wird empfohlen, um Wiesen bewohnenden Tieren das Überleben zu erleichtern (Abb. 1). Weitere Empfehlungen für eine Fauna schonende Grasernte werden begründet.

## Problemstellung

Extensiv genutzte Wiesen und damit viele ökologische Ausgleichsflächen (ÖAF) beherbergen im Allgemeinen eine höhere Artenvielfalt als Nicht-ÖAF-Wiesen. Für verschiedene Tiergruppen, insbesondere für gefährdete Arten, ist die Bilanz dieser ökologischen Ausgleichsmassnahmen dennoch unter den Erwartungen (Herzog und Walter 2005). Ein Grund dafür könnte der Einsatz moderner Maschinen sein, die bei den in der Wiese vorkommenden Tierarten im Vergleich zu früher zu erhöhten Sterberaten führen.

Einerseits ist die Wiesenbewirtschaftung notwendig, um eine Wiese als Lebensraum zu erhalten, andererseits werden bei jedem Ernteschritt in der Wiese lebende Tiere verletzt und getötet. Dies ist in wissenschaftlichen, landwirtschaftlichen und naturschützerischen Kreisen bekannt. Bestehende Grundlagen wurden 2005 durch die «Werkstatt ökologischer Ausgleich» – bestehend aus Personen von Agrofutura, Agridea, ART und FiBL – zusammengetragen und Kenntnislücken identifiziert. Es bestanden grosse Wissenslücken bezüglich der quantitativen und qualitativen Wirkungen der verschiedenen Ernteschritte auf die Fauna und damit der Lebensfähigkeit der einzelnen Populationen sowie eine grosse Unsicherheit bezüglich Empfehlungen und Regeln für eine Tier schonende Wiesenbewirtschaftung.

Dies veranlasste Politik und Praxis, das Thema für das Arbeitsprogramm 2008–2011 mehrfach vorzuschlagen. ART hat das Thema ins Arbeitsprogramm aufgenommen und zusammen mit den interessierten Stakeholdern das Projekt geplant und ausgeführt. In einer umfassenden Literaturstudie (Humbert et al. 2009) wurde der Wissensstand dokumentiert und die wesentlichen Wissenslücken aufgezeigt. Durch die Ergebnisse verschiedener Experimente mit Attrappen, Heuschrecken und Raupen wurde der Kenntnisstand erweitert, sodass Empfehlungen und Regeln zur Bewirtschaftung der Ökowiesen besser als bisher begründbar sind. Die wesentlichen Ergebnisse dieser Studien werden im Folgenden aufgezeigt und Empfehlungen für eine Tier schonende Wiesenbewirtschaftung formuliert.

## Der Grasernteprozess

Die Wiesenbewirtschaftung wurde in den letzten 100 Jahren dort, wo es die topografischen Verhältnisse zulassen, stark mechanisiert. Allein die Arbeitszeit für die Mahd hat sich in diesem Zeitraum um das 30-fache verkürzt. Unabhängig davon, ob die Ernte in Handarbeit oder mit Traktoren und Erntemaschinen ausgeführt wird, besteht sie im Wesentlichen aus folgenden Schritten:

### 1. Mähen

Die meisten Ökowiesen werden mit Hand-Motorbalkenmähern, an Traktoren montierten Rotations- oder Balkenmähwerken und im steilen Gelände mit dem Zweiachsmäher gemäht. Heute wird nur noch in wenigen Wiesen die Sense eingesetzt.



*Scheibenmäher*

### 2. Aufbereiten des Schnittguts

Aufbereiter quetschen das frisch geschnittene Gras. So kann es schneller trocknen. Aufbereiter sind entweder im Mähwerk integriert oder werden zusätzlich hinten am Traktor montiert.



*Aufbereiter mit integrierten Zinken.*

### 3. Zetten

Heute wird diese Arbeit zumeist mit Kreiselheuer oder Zettwender vorgenommen. Früher wurde das Gras mit Heugabeln verteilt beziehungsweise gezettet und gewendet, damit es besser trocknet. Das angewelkte Gras wurde dann oft auf Heinzen weitergetrocknet. Die Heinzen mit ihren gebiets- und betriebstypischen Formen sind praktisch völlig aus dem Schweizer Landschaftsbild verschwunden.



*Zettwender oder Kreiselheuer.*

#### 4. Schwaden, Zusammenrechen

Vor dem Laden wird das getrocknete Gras zu so genannten Schwaden zusammengerechnet. Während mehrtägigen Trocknungsprozessen wird das Gras oft auch vor dem Einnachten geschwadet und dann am anderen Morgen wieder verzettet, damit es nicht zu viel Feuchtigkeit aufnimmt. Neuerdings werden in steilen Lagen auch Gebläse verwendet.



Schwader

#### 5. Ballen, Aufladen

Die trockenen Schwaden werden direkt mit dem Ladewagen aufgenommen oder zu Ballen gepresst. Früher wurden beispielsweise die Heuschwaden mit einer Gabel auf Wagen geladen und die Fuder mit Lasttieren eingebracht, die Ballen im Gebirge auch mit Seilbahnen.



Ballenpresse

Den zum Zeitpunkt der Wiesenbewirtschaftung in der Wiese lebenden Tieren drohen Verletzungen, das Abführen und der Tod durch die direkte Einwirkung der Erntegeräte und Maschinen. Gut dokumentiert sind beispielsweise die Zerstörung der Nester von bodenbrütenden Vögeln und eine Sterberate von oft über 50 Prozent bei den Nestlingen (Tyler et al. 1998) – bei Amphibien von 10 bis 30 Prozent (Oppermann 2007). Aber auch Rehkitze, Igel, Blindschleichen und Eidechsen können Opfer sein. Wenig bekannt ist jedoch die Wirkung auf wirbellose Tiere wie Insekten und Spinnen. Die wenigen dazu bestehenden Studien geben erst ungenügende Informationen (Humbert et al. 2009).

In der Studie untersuchte ART vor allem die Wirkung auf wirbellose Tiere durch die heute gängigsten Mähmaschinen (Abb. 2) und konzentrierte sich insbesondere auf den Einfluss der auf den Schnitt folgenden Arbeitsgänge wie Zetten, Schwaden und Laden des getrockneten Schnittguts. Zudem wurde untersucht, ob überlebende Tiere nach den Ernteschritten in ungeschnittene Wiesenbereiche (Refugien) einwanderten. Die Wiederholbarkeit der Experimente war ein zentrales Anliegen.

#### Mahd: eine tödliche Falle?

Die Literaturstudie (Humbert et al. 2009) fasst die unterschiedliche Wirkung von Mähtechniken auf wirbellose Tiere zusammen. Oppermann et al. (2000) ermittelten beispielsweise für Heuschrecken eine Sterberate von 9 % bei Mahd mit einem Traktor-Balkenmäher, 21 % bei einem Trommelmäher und 34 % bei einem Scheibenmäher mit Aufbereiter. Sie zeigen zudem, dass kleinere Heuschrecken (<11 mm) kaum geschädigt wurden, während grössere (>20 mm) zu mehr als einem Drittel tot oder verletzt waren. Die mit einem Trommelmäher mit Aufbereiter ausgeführte Mahd in einem blühenden Phaceliafeld und zwei Weiss-

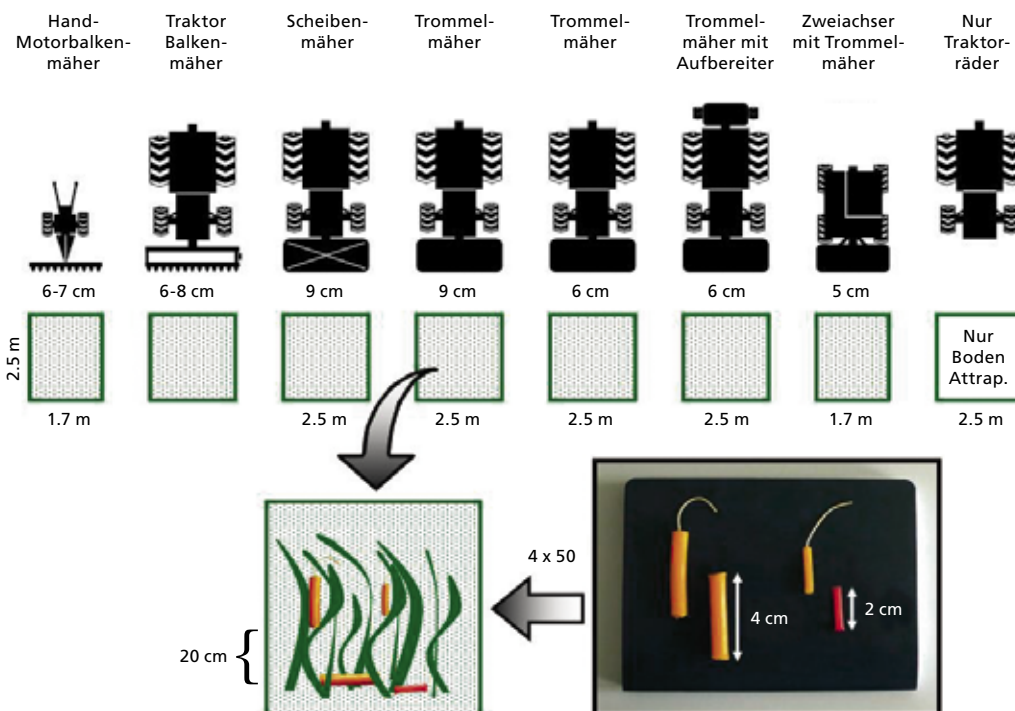


Abb. 2: Untersuchung der Wachsattrappen-Schädigung durch verschiedene Mähtechniken und Traktorräder. Die Attrappen mit Faden wurden vor der Mahd 20–30 cm ab Boden an Gräsern und Kräutern befestigt. Jene ohne Faden wurden am Boden verteilt. Alle Mähmaschinen waren sogenannte Frontmähwerke. Nur bei einem Traktor-Balkenmäher-Experiment war der Mähbalken seitlich montiert (Abb. 4).



Hand-Motorbalkenmäher



Traktor-Balkenmäher seitlich



Traktor-Balkenmäher vorn



Scheibenmäher



Trommelmäher



Bürstenwalzen-Aufbereiter



Zweiachser mit Trommelmäher

Abb. 3: Für die Experimente mit den Wachsattrappen und den Raupen des Grossen Kohlweisslings verwendete Mähgeräte.

kleefeldern führte zu einer Sterberate von 35 bis 62 % bei Honigbienen (Frick und Fluri, 2001).

Es wurden jedoch nie mehr als zwei oder drei Mähtechniken miteinander verglichen. Zudem fanden die Untersuchungen oft an verschiedenen Orten statt, sodass ein Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Studien nur beschränkt möglich ist. Um die Vergleichbarkeit zu verbessern, hat ART in den aktuellen Versuchen verschiedene Mähtechniken, Schnitthöhen (6 und 9 cm) sowie die alleinige Wirkung des Befahrens mit dem Traktor unter möglichst gleichen Bedingungen getestet (Abb. 2 und 3). Als Testobjekt dienten stäbchenförmige, zwei und vier Zentimeter lange Wachsattrappen. Ermittelt wurde jeweils die Schädigungsrate für am Boden liegende und 20 cm ab Boden in der Krautschicht befestigte Attrappen (Abb. 5). Um die Übertragbarkeit auf lebende Organismen zu prüfen, führte ART die Experimente – mit Ausnahme des Scheibenmähers und des Traktors ohne Mähmaschine – auch mit einfach zu züchtenden Raupen des Grossen Kohlweisslings (*Pieris brassicae*) durch (Humbert et al. 2010).

## Beschädigte Attrappen

Abbildung 4 zeigt die durch die verschiedenen Erntetechniken verursachte Schädigungsrate an den Wachsattrappen im Überblick. Folgende Ergebnisse sind bemerkenswert:

- Der Einsatz eines Trommelmähers (Schnitthöhe 6 cm) mit Aufbereiter verdreifacht die Schädigungsrate der grossen Attrappen ab Boden von 14 auf 42 %. Im Vergleich zu einem Trommelmäher ohne Aufbereiter und bei den kleinen Attrappen verdoppelt sie sich von 9 auf 17 %.
- Der Zweiachsmäher mit Trommelmähwerk führt zu einer Verdreifachung der Schädigungsrate im Vergleich zum Hand-Motorbalkenmäher bei den grossen Attrappen ab Boden und einer Verdoppelung bei den kleinen. Ein Grund für diese höhere Schädigung der Attrappen als beim traktorgeführten Trommelmähwerk könnte sein, dass beim verwendeten Zweiachser das Schnittgut teilweise unter die Räder kommt, während beim Mähen mit dem Trommelmähwerk am Traktor das Schnittgut zwischen die Traktorräder zu liegen kommt.
- Die durch Traktor-Balkenmäher, Scheibenmäher oder Trommelmäher verursachten Schädigungsraten unter-

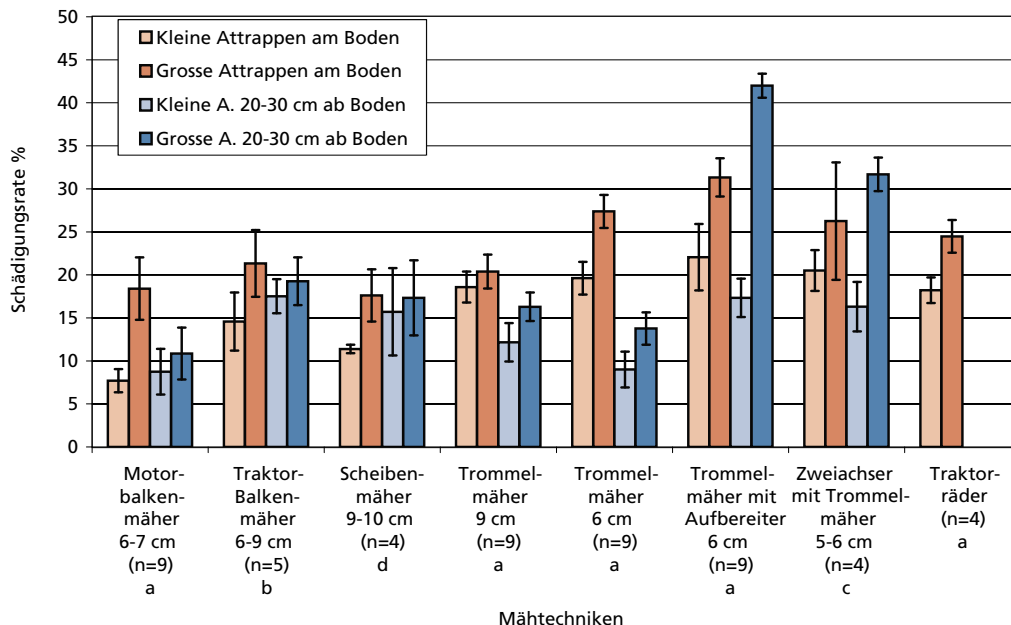


Abb. 4: Resultate der Versuche mit Wachsattrappen. Durchschnitt  $\pm$  Standardabweichung.

a-Experimente wurden am selben Standort und mit demselben Traktor (Ausnahme Hand-Motorbalkenmäher) durchgeführt.

b, c, d wurden mit unterschiedlichen Traktoren, teils auf den gleichen, teils auf unterschiedlichen Wiesen durchgeführt.



Abb. 5: Beschädigte Attrappen.



Abb. 6: Eingefärbte Raupen.

scheiden sich kaum. Sie sind einzig bei den kleinen Attrappen ab Boden beim Einsatz des Traktor-Balkenmähers etwas höher als beim Trommelmäher (Schnitthöhe 6 cm).

- Der Traktor-Balkenmäher bewirkt eine Verdoppelung der Schädigungsrate im Vergleich zum Handmotor-Balkenmäher bei den Attrappen 20 bis 30 cm ab Boden.
- Die kleinen Attrappen werden weniger beschädigt als die grossen.
- Die am Boden platzierten Attrappen werden durch einen Traktor ohne Mähwerk gleich häufig beschädigt wie durch den gleichen Traktor mit Mähwerken.
- Zwischen den Schnitthöhen 6 cm und 9 cm (Trommelmäher) ergaben sich keine signifikant unterschiedlichen Schädigungsraten.

## Wirkung auf lebende Tagfalter-Raupen

Um die Wirkung der verschiedenen Mähgeräte auf lebende Organismen zu prüfen, wurden im Labor gezüchtete, zirka vier Zentimeter lange Raupen des Grossen Kohlweisslings

(*Pieris brassicae*) im letzten Larvenstadium verwendet. Sie sind somit vergleichbar mit den grossen Wachsattrappen. Der Vergleich der Ergebnisse der Attrappen- mit denen der Raupen-Experimente hilft einzuschätzen, wie gut die Schädigungsraten bei den Wachsattrappen auf Sterberaten von Tieren übertragen werden können.

Die Experimente wurden gleich durchgeführt wie die Experimente mit den Attrappen (Abb. 6). Dabei wurden je 40 oder 50 am Boden und in der Vegetation unterschiedlich eingefärbte Raupen freigelassen. Damit die am Boden freigelassenen Tiere nicht sofort auf die Pflanzen kriechen konnten, wurden sie vorher zehn Minuten in einer Kühlbox gehalten. Sofort nach der Freilassung erfolgte die Mahd und die Raupen wurden eingesammelt und auf Verletzungen kontrolliert. Überlebende Raupen waren einfach zu finden, weil sie auf das geschnittene Gras krochen. Von Raupen, die nicht mehr gefunden wurden, nahmen wir an, dass sie nicht überlebt hatten. Aufgrund der sehr kurzen Zeit zwischen der Freilassung und dem Einsammeln der Raupen sowie der auffälligen Farbe kann weitgehend ausgeschlossen werden, dass gegebenenfalls aus der Versuchsfläche fliehende Raupen übersehen wurden. Folgende Befunde wurden festgestellt (Abb. 7):

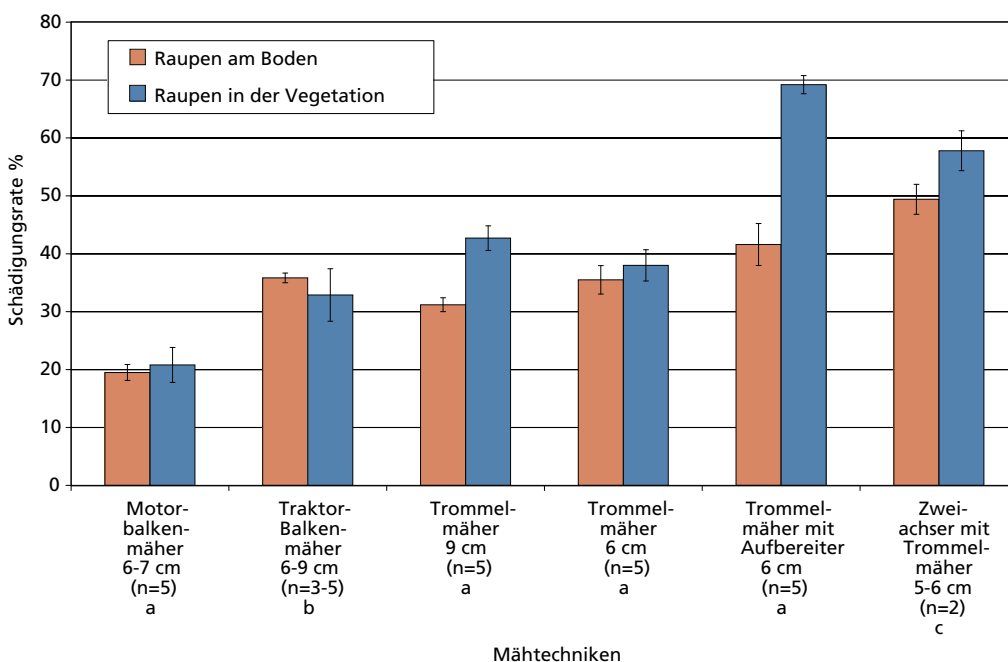


Abb. 7: Resultate der Mähversuche mit Raupen. Durchschnitt  $\pm$  Standardfehler.

a-Experimente wurden am selben Standort und mit demselben Traktor (Ausnahme Hand-Motorbalkenmäher) durchgeführt. b und c wurden mit unterschiedlichen Traktoren, teils auf den gleichen, teils auf unterschiedlichen Wiesen durchgeführt.

- Der Einsatz eines Aufbereiteters erhöht die Sterberate der im Gras freigelassenen Raupen im Vergleich zur Mahd mit einem Trommelmäher (Schnitthöhe 6 cm) von 38 auf 70 % und im Vergleich mit einem Hand-Motorbalkenmäher von 21 auf 70 %.
- Der Zweiachser mit Trommelmäher (Bucher) führt zu einer Erhöhung der Sterberaten bei den Raupen in der Vegetation im Vergleich zum Hand-Motorbalkenmäher von 21 auf knapp 60 %.
- Die Sterberate der am Boden frei gelassenen Raupen lag bei einem Schnitt mit dem Hand-Motorbalkenmäher mit 20 % deutlich unter den Sterberaten, die sich beim Einsatz der traktorgeführten Mähmaschinen ergaben (31–42%). Die Mahd mit dem Zweiachser mit Trommelmäher ergab eine Sterberate von 49 %.
- Im Vergleich zu den Schädigungsraten der Attrappen sind die Sterberaten bei den Raupen deutlich höher – wohl weil eine Raupenhaut gegenüber mechanischen Einwirkungen empfindlicher ist als Wachs. Es ergeben sich jedoch in etwa die gleichen Verhältnisse.

Aus den Experimenten ergibt sich zusammenfassend folgende Reihenfolge bezüglich der negativen Wirkung der verschiedenen Mähtechniken auf Attrappen und Raupen: **Trommelmäher mit Aufbereiter > Zweiachser mit Trommelmäher > Trommelmäher, Scheibenmäher oder Traktor-Balkenmäher > Hand-Motorbalkenmäher**. Dabei hat allein das Befahren mit dem Traktor (ohne Mähgerät) einen wesentlichen Anteil an der negativen Wirkung. Wenn auch bezüglich der Schnitthöhe keine unterschiedlichen Wirkungen auf die Attrappen und Raupen festgestellt wurden, so sind für Amphibien erheblich grössere Sterberaten bei tieferen Schnitthöhen bekannt (Oppermann et al. 2000).

## Anteil überlebender Tiere nach der Grasernte

Wie oben beschrieben, kann die Wirkung der verschiedenen Mähtechniken auf die wirbellosen Tiere sehr unter-



Abb. 8: Mit dem Biozooenometer wurden die Heuschreckendichten ermittelt.

schiedlich sein. Mit der Mahd ist jedoch die Ernte noch nicht abgeschlossen, und es stellt sich daher auch die Frage, inwieweit die Unterschiede bei der Mahd durch die Folgeschritte wieder ausgeglichen werden oder nicht. Als geeignete Organismen zur Beantwortung dieser Frage boten sich die Heuschrecken an. Sie kommen in Ökowiesen oft in einer für Versuche geeigneten Dichte vor und haben mit 10 bis 40 mm Körperlänge eine Grösse, die von den Erntegeräten doch eher verletzt werden als kleinere Tiere. Von anderen Tiergruppen wie etwa Schmetterlingsraupen oder Weichkäfern (Cantharidae) waren die Dichten zu klein, um mit vertretbarem Aufwand Untersuchungen durchzuführen.

In einer ersten Untersuchung wurde mit einem Biozooenometer (Abb. 8) die Heuschreckendichte kurz vor Mähbeginn und sofort nach dem Aufladen des trockenen Grases gemessen. Nach den unterschiedlich durchgeführten Ernteprozessen lagen die Heuschreckendichten zwischen 70 und 97 Prozent unter derjenigen vor Mähbeginn (Tabelle 1). Dieser Wert für die «vermissten» Heuschrecken liegt deutlich über den oben bei den Raupenexperimenten festgestellten Werten nach der Mahd, obwohl angenommen werden kann, dass Heuschrecken aufgrund ihres robuste-

Tabelle 1: Heuschreckendichte vor der Mahd und nach dem Aufladen des getrockneten Schnittguts bei verschiedenen Ernteprozessen. Eine Dichteschätzung umfasste jeweils 32 Einzelaufnahmen mit dem Biozooenometer (Abb. 8) und alle Heuschreckenarten.

Wiese / Jahr	Mähgerät	Erntedauer [Tage]	Zetthäufigkeit	Anzahl Heuschrecken/m <sup>2</sup>		Reduktion [%]
				Vor Mahd	Nach Aufladen	
Villigen_1 2008	Scheibenmäher mit Aufbereiter	3	0	3,81	0,59	84,5
Villigen_2 2008	Traktor-Balkenmäher	4	2	4,16	1,19	71,4
Pfäffikon 2008	Trommelmäher	4	2	5,63	0,47	91,7
Le Vaud 2008	Scheibenmäher	2	1	3,09	0,47	84,8
Doppelschwand 2008	Scheibenmäher	2	2	16,45	0,50	97,0
Zürich 2009	Scheibenmäher	2	1	2,56	0,34	86,6
Illnau_1 2009	Traktor-Balkenmäher	1	0	54,63	11,16	79,6
Illnau_2 2009	Traktor-Balkenmäher	1	0	39,88	11,63	70,8
			<b>Mittelwert</b>	<b>16,28</b>	<b>3,29</b>	<b>83,3 ± 9</b>

Tabelle 2: Ergebnisse Fangen – Markieren – wieder Beobachten. Sterberaten mit Standardfehler der Heuschrecken nach verschiedenen Ernteschritten. Folgende Arten wurden jeweils berücksichtigt: *Chorthippus parallelus*, *Chorthippus biguttulus*, *Stenobothrus lineatus*, *Metrioptera roeselii*, *Metrioptera bicolor*, und *Platycleis albopunctata*.

Mähgerät (siehe Abb. 10)	Sterberaten [%] durch verschiedenen Ernteschritte
Traktor-Balkenmäher (n = 1)	Durch Mähen: 13 % * Durch Mähen und Zetten: 37 % ± 4 % * Durch den ganzen Ernteprozess: 66 % ± 5 %
Trommel- Scheibenmäher (n = 9)	* Durch Mähen: 20 % ± 9 % Durch Mähen und Zetten: 42 ± 4 % Durch Schwaden und Ballen/Aufladen: 46 ± 7 % * Durch den ganzen Ernteprozess: 68 % ± 4 %
Trommel- Scheibenmäher mit Aufbereiter (n = 4)	Durch Mähen mit Aufbereiter: 53 ± 7 % Durch Zetten: 27 ± 7 % Durch Mähen und Zetten: 66 ± 7 % * Durch den ganzen Ernteprozess: 79 % ± 5 %
Trommel- Scheibenmäher mit Aufbereiter (n = 3)	Durch Mähen mit Aufbereiter: 62 ± 5 % Durch Zetten und Schwaden: 43 ± 8 % Durch Ballen: 27 ± 6 % * Durch den ganzen Ernteprozess: 84 % ± 3 %

\* Berechnete Werte.

ren Körperbaus und ihrer besseren Fortbewegungsmöglichkeiten weniger verletzlich sind als die Raupen. Nach diesen Untersuchungen war aber ungewiss, welcher Anteil der vermissten Heuschrecken die auf die Mahd folgenden Ernteschritte nicht überlebt hatte und welcher Anteil in benachbarte Flächen ausgewandert war.

Um diese Ungewissheit besser zu klären, wurden jeweils eine Stunde vor den Ernteschritten (resp. aufeinanderfolgenden Kombinationen gem. Tabelle 2) Mähen, Zetten, Schwaden und Ballen/Aufladen mit fluoreszierendem Puder markierte Heuschrecken im Zentrum der Fläche freigelassen. Die Distanz zu noch ungeschnittenen Wiesen der Umgebung betrug jeweils mindestens 25 Meter. In der jeweils auf den Ernteschritt folgenden Nacht wurden die Heuschrecken mit einer Schwarzlicht-Lampe gesucht, gezählt und aufgrund der vorhandenen Verletzungen in überlebensfähige und tote oder nicht überlebensfähige

Individuen klassiert. Parallel dazu wurden Kontrollexperimente durchgeführt, damit die Wiederfindrate mitberücksichtigt werden konnte (Abb. 9). Diese betrug 91,6 Prozent. Nur einzelne Tiere der Versuchsgruppe (5,6 %) wurden ausserhalb der gemähten Wiese gefunden.

Tabelle 2 zeigt die Sterberaten von Heuschrecken bei einzelnen oder kombinierten Ernteschritten. In Abbildung 10 werden die Überlebensraten der Heuschrecken nach den einzelnen Schritten bis zum Ende des gesamten Prozesses dargestellt. Die Überlebensrate nach der Mahd mit einem Trommelmäher mit gleichzeitiger Verwendung eines Aufbereiters ist nur gerade halb so gross wie ohne Aufbereiter. Die Unterschiede zwischen der Mahd mit dem Trommelmäher und dem Traktor-Balkenmäher sind gering. Diese Ergebnisse decken sich weitgehend mit jenen von Oppermann et al. (2000). Durch das Zetten mit dem Traktor sinkt die Überlebensrate um weitere 27 % – bei Kohl-

Abb. 9: Fangen – Markieren – wieder beobachten. Zeitliche Abfolge für die Schätzung der Sterberate durch Ernteschritte (hier Mahd und Zetten). Die Heuschrecken wurden mit einem Netz gefangen, markiert und bis zur Freilassung in einer Schachtel gehalten. Für die Markierung wurde Radglo-Fluoreszenzpuder (Radiant Color NV, Europark 1046 B-3530, Houthalen Belgium) verwendet.

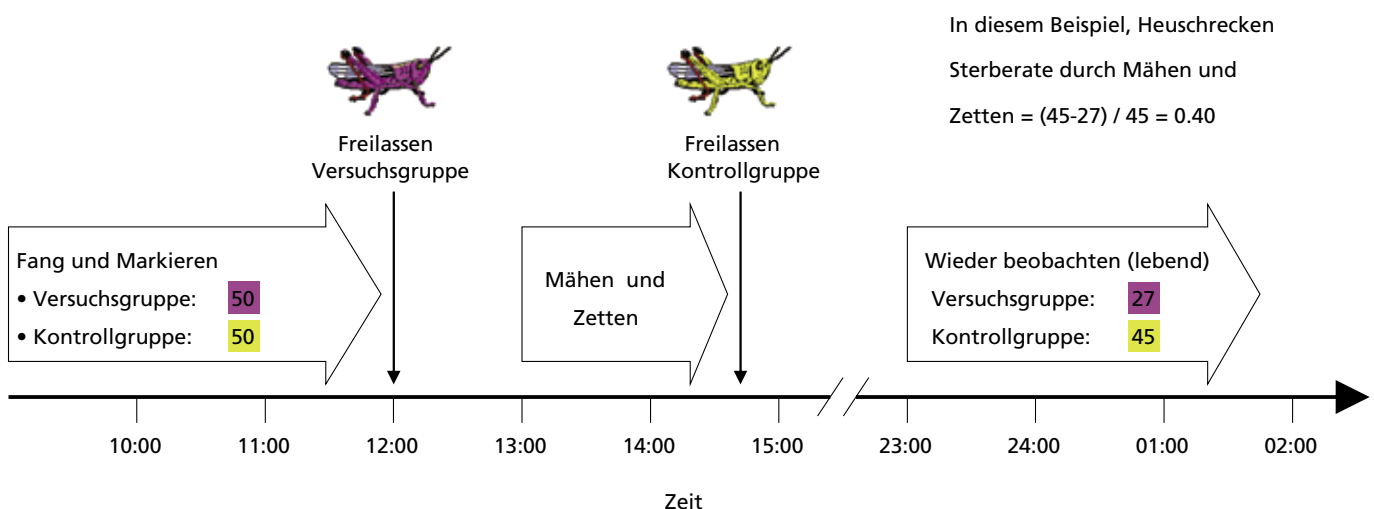
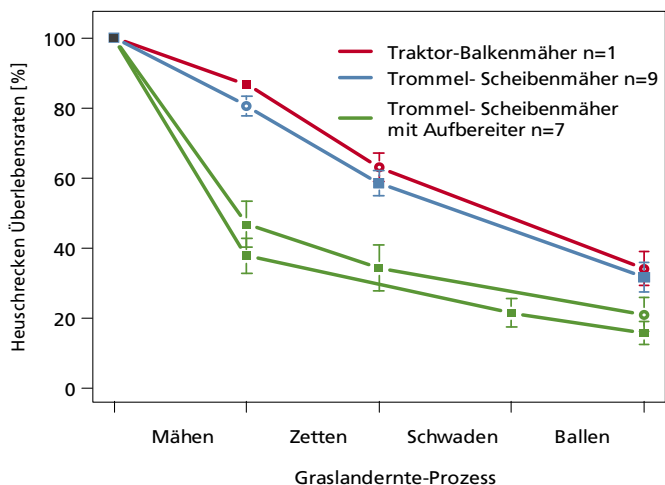


Abb. 10: Heuschrecken-Überlebensraten nach verschiedenen Ernteschritten und am Ende der Ernte mit Standardfehler. (■) Vierecke sind gemessene, (○) Kreise sind berechnete Werte.



weisslingraupen ebenfalls durchschnittlich um 27 % (vier Wiederholungen) – und nach dem Schwaden und Aufladen um weitere 46 %. Auch bei einem Ernteprozess, bei dem alle Tiere die Mahd überleben, ergäbe sich eine Überlebensrate von nur 39 %, wenn das Zetten, Schwaden und Aufladen mit dem Traktor ausgeführt würde. Ein Ernteprozess ohne Aufbereiter führt zu einer fast doppelt so hohen Überlebensrate (32 %) wie ein Ernteprozess mit Aufbereiter (18 %). Aus diesen Erkenntnissen lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Die maschinell ausgeführten Ernteprozesse überleben nur wenige Heuschrecken oder Raupen.
- Die auf die Mahd mit Trommel-, Scheiben- oder Traktorbalkenmäher folgenden Schritte bewirken insgesamt höhere Sterberaten als die Mahd selber.
- Der Einsatz des Aufbereiters führt auch auf den ganzen Ernteprozess bezogen deutlich zur höchsten Sterberate.

### Überlebenshilfe für Kleintiere

Das vorangehende Kapitel hat gezeigt, dass ohne zusätzliche Massnahmen mit heute mehrheitlich üblichen Wiesenbewirtschaftungen nur noch wenige Tiere überleben können. Wie können die Tiere, welche die Mahd überleben, wenigstens während der nachfolgenden Ernteschritte besser geschont werden? Erste Beobachtungen zu Beginn unserer Studien haben gezeigt, dass sich die Dichte der Heuschrecken in ungeschnittenen Wiesenstreifen am Rand nach der Ernte merklich erhöhte. Auch aus der Literatur ist diese Bedeutung von ungemähten Bereichen als Refugium für Tiere, die während der Ernte flüchten können, bekannt. ART war bestrebt, diese Bedeutung wiederum mit Heuschrecken mengenmässig zu bestimmen. Um Effekte von Fluchrichtungen möglichst auszuschliessen, wurde im Zentrum der Versuchsfläche (Kreis mit 50 m Durchmesser) ein Kreis (16 m Durchmesser) als Refugium nicht gemäht. Damit möglichst viele Tiere von diesem Refugium profitieren konnten, wurde von aussen ringförmig gegen den

Abb. 11: «Refugien-Untersuchung» Grüner Kreis: Versuchsplot mit Refugium in der Mitte, oranger Kreis Kontrollplot.



nicht zu schneidenden Kreis hin gemäht. Damit sollten die Tiere quasi auf das Refugium zugetrieben werden (Abb. 11). Die Ergebnisse sind bemerkenswert (Abb. 12). Die Dichte im Refugium war nach der Mahd zirka 2,5 Mal höher als vorher, und sie lag am Ende der Grasernte mehr als 10 Mal über der Dichte der Heuschrecken auf den gemähten Flächen (Kontrollplot). Die Bedeutung der Refugien als Überlebenshilfe veranschaulicht Tabelle 3. So können in der Wiese mit dem Refugium je nach mähbedingter Sterberate zirka ein Drittel oder bis zur vier bis fünf Mal mehr Tiere überleben als ohne Refugium (Abb. 13). Je höher die Sterberate bei einer Art ist, umso bedeutender ist die Wirkung des Refugiums. Dies verdeutlicht Abbildung 13 eindrücklich.

Die Tabelle 3 zeigt aber auch auf, dass bereits kleine prozentuale Unterschiede bei den durch die Mahd bedingten Sterberaten bei sehr empfindlichen Arten die Zahl der Überlebenden um ein Vielfaches erhöhen oder reduzieren können.

Bei spät im Jahr (ab September) geschnittenen Wiesen (z.B. Streueflächen) ist der Nutzen eines Refugiums für Heuschrecken eher gering, da dann nur noch wenige Tiere leben (Abb. 14) und die meisten Weibchen ihre Eier bereits in den Boden abgelegt haben. Für Tiere, die in der Krautschicht überwintern, ist jedoch das Belassen von solchen

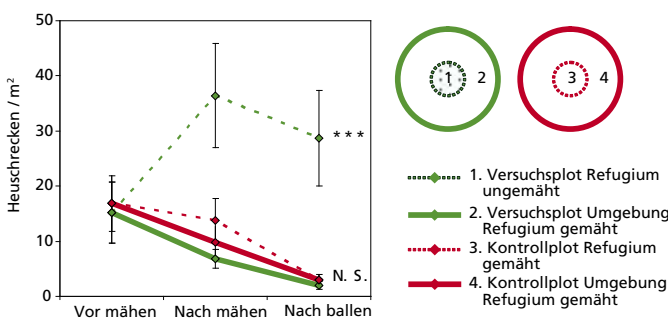


Abb. 12: Dichte von Heuschrecken in geschnittenen und ungeschnittenen Wiesenbereichen (Refugien) vor und nach der Mahd und nach dem Ballen mit Standardfehler, 6 Wiederholungen.



Mähtechnik	% Sterberate beim Mähen	nach dem Aufladen noch lebende Anzahl Tiere			
		Belassen eines Refugiums (10% der Fläche)			ohne Refugium
		ausserhalb Refugium	innerhalb Refugium	Total	Total
	0	3120	2000	5120	3900
Hand-Motorbalkenmäher	5	2945	2000	4945	3705
Traktor-Balkenmäher	10	2769	2000	4769	3510
	15	2594	2000	4594	3315
Trommelmäher	20	2418	2000	4418	3120
	25	2243	2000	4243	2925
Zweiachser mit Trommelmäher	30	2067	2000	4067	2730
	35	1892	2000	3892	2535
	40	1716	2000	3716	2340
	45	1541	2000	3541	2145
	50	1365	2000	3365	1950
Trommelmäher mit Aufbereiter	55	1190	2000	3190	1755
	60	1014	2000	3014	1560
	65	839	2000	2839	1365
	70	663	2000	2663	1170
	75	488	2000	2488	975
	80	312	2000	2312	780
	85	137	2000	2137	585

Tabelle 3: Hypothetische Anzahl überlebender Heuschrecken in einer Wiese von 2500 m<sup>2</sup> und einer Dichte von vier Heuschrecken pro Quadratmeter (total 10 000 Individuen), mit (grün) und ohne (orange) Refugium bei unterschiedlichen durch die Mahd bedingten Sterberaten und einer konstanten Sterberate von 61% vom Ende der Mahd bis nach dem Einbringen des Schnittguts. Im Refugium befinden sich nach der Ernte doppelt so viele Heuschrecken wie vor der Ernte. Die Zahlen und die Zuordnung der Mäh-techniken zu den Sterberaten entsprechen in ihrer Grössenordnung den Ergebnissen der Experimente von ART und der Literatur.

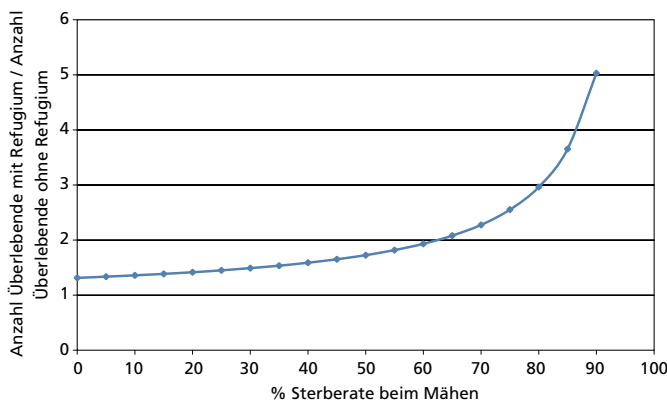


Abb. 13: Anzahl überlebende Heuschrecken auf einer Fläche mit einem Refugium im Verhältnis zur Anzahl überlebender Heuschrecken auf einer Fläche ohne Refugien. Die Zahlen und Annahmen entsprechen denjenigen in Tabelle 3.

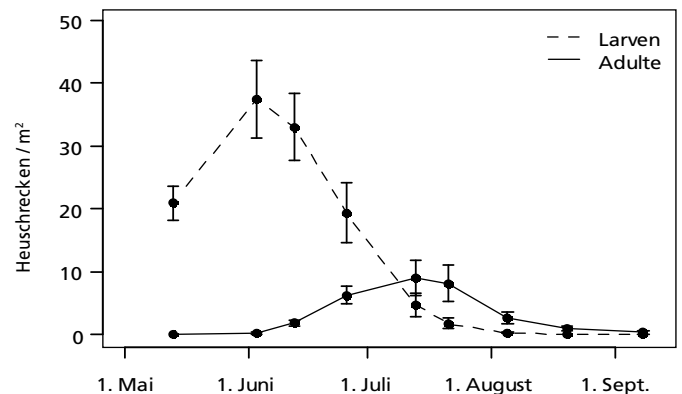


Abb. 14: Heuschrecken-Dichte im Jahr 2009 in Streueflächen mit Standardfehler (je zwei Flächen in den Gebieten Greifensee und Schmerikon).

Brachen überlebenswichtig (Gigon et al. 2010, siehe ART-Bericht 721). Aus diesen Erkenntnissen lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Das Belassen von ungeschnittenen Wiesenbereichen als Refugium für Tiere kann als sehr erfolgreiche Methode zur Schonung der Fauna während der Ernte bezeichnet werden.
- Damit auch nicht mobile in der Vegetation lebende Tiere oder Entwicklungsstadien wie Eier und Puppen eine Grassernte überleben, ist es sinnvoll, gewisse Bereiche über den Winter ungeschnitten zu belassen oder gar nur überjährig zu nutzen (Gigon et al. 2010).
- Selbst kleine Unterschiede (wenige %) bei den durch die einzelnen Ernteschritte bedingten Sterberaten können bei empfindlichen Organismen mit hohen Sterberaten

(z. B. Raupen von Falterarten) den Ausschlag geben, ob eine Art in der Wiese überdauern kann, dies vor allem dann, wenn kein Refugium angeboten wird (Tab. 3).

## Schlussfolgerungen

Aus den Erkenntnissen der Literaturstudie und den ART-Untersuchungen ergeben sich bezüglich der Wirkung der Wiesenbewirtschaftung auf Tiere folgende Schlussfolgerungen:

- Die Wiesenbewirtschaftung führt bei den Populationen vieler Wiesen bewohnender Tierarten zu sehr hohen Sterberaten. Es ist daher auch wenig verwunderlich, dass die Anzahl der jährlichen Nutzungen eine der wesent-

- lichsten Einflussgrössen auf die Artenvielfalt einer Wiese ist. Ihre Artenvielfalt sinkt mit der Nutzungshäufigkeit (Mack et al. 2008).
- Die Sterberaten der einzelnen Tierarten steigen mit der Körpergrösse, mit der Empfindlichkeit des Körpers und sinken mit zunehmender Mobilität. Kurz: kleine sterben weniger als grosse, weiche häufiger als harte und flinke weniger als langsame oder nicht mobile Tiere. So sind beispielsweise die weichen Raupen und die immobilen Puppen der Tagfalter sehr anfällig. Dies ist ein plausibler Grund, dass die Tagfalter des Kulturlandes gesamtschweizerisch in den letzten Jahrzehnten im Vergleich zu anderen Tiergruppen besonders starke Bestandes- und Arealeinbussen erlitten haben. Die Vegetationseinheit spielt für das Prinzip der Schädigungen keine Rolle, ausser dass es beispielsweise unterschiedliche Heuschrecken- oder Raupenarten betrifft. Die unterschiedlichen Empfindlichkeiten der verschiedenen Organismen gilt es jedoch beim Schnittzeitpunkt und dem Schnittdatum zu berücksichtigen – je nach Ziel- und Leitarten, die mit der Ökowiedie gefördert werden sollen.
  - Bereits geringe Unterschiede der durch die Ernte bedingten Sterberaten können entscheidend sein, ob sich eine Tierart in einer Wiese halten kann oder nicht. Dies trifft insbesondere auf Arten mit hohen, durch die Ernte bedingten Sterberaten zu (Tab. 3).
  - Das Schaffen von Refugien wie beispielsweise das Belassen von ungemähten Wiesenbereichen oder Nutzungsbrachen bei einer Ernte ist eine sehr effiziente Methode, um vielen Arten das Überleben in einer Wiese zu erleichtern oder zu ermöglichen (Abb. 12 und Tabelle 3).
  - Die durch verschiedene Mähtechniken bedingten Sterberaten sind sehr unterschiedlich. Aus den Experimenten ergibt sich zusammenfassend folgende Reihenfolge bezüglich der negativen Wirkung der verschiedenen Mähtechniken auf wirbellose Tiere: Trommelmäher mit Aufbereiter > Zweiachser mit Trommelmäher > Trommelmäher, Scheibenmäher oder Traktor-Balkenmäher > Hand-Motorbalkenmäher. Dabei hat allein das Befahren mit dem Traktor (ohne Mähgerät) einen wesentlichen Anteil an der negativen Wirkung (Abb. 5 und 7).
  - Die auf die Mahd folgenden Ernteschritte wie das Zetten, Schwaden, Ballen und Aufladen des Schnittguts bewirken zusammen eine zusätzliche, ebenso grosse oder noch grössere Sterberate als die Mahd.
  - Grössere Tiere wie beispielsweise Amphibien werden bei tieferen Schnitthöhen deutlich häufiger verletzt und getötet als bei höheren (Oppermann et al. 2000; Abb. 15a und b).
  - Die Zahl der Nutzungen sollte unter Berücksichtigung auf ein den Bedürfnissen der angestrebten Ziel- und Leitarten (Flora und Fauna) oder des Wiesentyps abgestimmtes Minimum beschränkt werden.
  - Auf den Einsatz von Aufbereitern sollte in Ökowieden generell verzichtet werden.
  - Als wirksame Massnahme sind ungemähte Bereiche als Rückzugsstreifen für Kleintiere, im Folgenden Refugien genannt, zu belassen beziehungsweise zu fördern. Bei diesen temporären Refugien für Kleintiere wird der Standort nach jedem Schnitt gewechselt. Wie gross der Anteil solcher Refugien sein müsste, welche Formen sinnvoll sind und in welchen Distanzen sie zueinander stehen sollten, würde noch weiterer Abklärungen bedürfen. Je kürzer die Distanzen zwischen den Refugien sind und je grösser ihr Anteil ist, umso mehr Tiere dürften überleben. Es scheint sinnvoll, einen Anteil von 10 % der Parzelle als Refugium zu belassen und aufgrund der Felderfahrungen mit der Standorttreue der Heuschrecken zwischen den Refugien eine Distanz von 30 m nicht zu überschreiten. Unsere Experimente mit den markierten Heuschrecken haben gezeigt, dass grössere Distanzen von den meisten Heuschrecken zwischen den Ernteschritten nicht zum Aufsuchen eines Refugiums genutzt werden. Vom Refugium profitieren aber viele Individuen im Nahbereich des Refugiums. Es scheint uns daher sinnvoll, eine möglichst lange Grenzlinie zwischen den Refugien und der gemähten Flächen zu erreichen. Zudem sollte jeweils von aussen zu den Refugien hin gemäht werden. So werden mobile Tiere besser ins Refugium getrieben (Prochnow und Meierhöfer 2003). Zudem können in Refugien auch weniger mobile Tiere als Heuschrecken besser überleben als auf den gemähten Flächen.
  - Das Befahren der Ökoflächen ist auf das notwendige Minimum zu beschränken und die Anzahl Ernteschritte soweit möglich zu reduzieren (kein mehrmaliges Zetten und Schwaden, wo möglich Verzicht auf Zetten). Es wäre prüfenswert, ob die einzelnen Ernteschritte mit möglichst breiten Geräten ausgeführt werden können, um die zu befahrende Fläche zu reduzieren. Mit solchen Geräten, die eventuell noch zu entwickeln wären, könnte sowohl die Sterberate bei den Tieren wie auch die Bodenverdichtung verringert werden. Zudem könnte dadurch die Arbeitszeit verkürzt werden.
  - Fauna schonende Erntetechniken wie beispielsweise die Mahd mit dem Hand-Motorbalkenmäher sind ebenfalls empfehlenswert. Sie können vor allem dort, wo keine Refugien belassen werden, die Anzahl der überlebenden Tiere von sehr mahd- respektive bezüglich der Befahrung empfindlichen Arten markant erhöhen (Tab. 3). Rückmeldungen von Bewirtschafterinnen und Bewirtschaftern weisen zudem darauf hin, dass nach der Mahd mit einem Hand-Motorbalkenmäher das Schnittgut zum Trocknen oft nicht gezettet werden muss. Dasselbe trifft wohl auch zu, wenn die der Mahd folgenden Ernteschritte ebenfalls ohne Traktoren nach alter Tradition ausgeführt werden. Dies bedürfte aber noch weiterer Untersuchungen. Wo diese traditionelle Bewirtschaftung noch betrieben wird, wird empfohlen, besonders gute finanzielle Anreize zu bieten, um die Bewirtschaftungsaufgabe zu verhindern. Solche Flächen sind zumeist sehr reich an Ziel- und Leitarten.

## Empfehlungen

Basierend auf den Schlussfolgerungen sowie Diskussionen mit oder Rückmeldungen von Vertreterinnen und Vertretern der beteiligten kantonalen Ämter sowie der das Projekt begleitenden Gruppe können folgende Empfehlungen für die Bewirtschaftung der Ökowieden abgegeben werden. Die Reihenfolge entspricht der aufgrund der Erkenntnisse erwarteten Wirksamkeit für die Erhaltung und Förderung der Tierarten in Wiesen:



Abb. 15a und b: Verletzter Grasfrosch, tote Heuschrecke.

- Wenn grössere Tiere, wie zum Beispiel Amphibien, Eidechsen oder Nester von Raupen des Skabiosen-Scheckenfalters, zahlreich sind, wird eine Schnitthöhe von 10cm empfohlen.
- Damit mobile Tiere besser ausweichen können, ist es plausibel, die Flächen langsam und/oder bei einer Tages-temperatur zu mähen, bei der die wechselwarmen Tiere genügend aktiv sind, also beispielsweise Schmetterlinge fliegen – an einem warmen Tag also ab 15. Juni zirka zwischen 10 Uhr und 18 Uhr. Die Wirkungen dieser Massnahmen sind allerdings bislang kaum untersucht.
- Es wäre sinnvoll, die Wirkungen der oben aufgeführten Empfehlungen auf die Populationen der Wiesen bewohnenden Tiere in Langzeituntersuchungen aufzuzeigen und so eine Erfolgskontrolle der gegebenenfalls umgesetzten Empfehlungen durchzuführen. Als Tiergruppen scheinen dazu vor allem die Tagfalter mit den sehr empfindlichen Raupen und Puppen sowie Heuschrecken geeignet.
- Als Ergänzung zu den bestehenden Untersuchungen wäre es sinnvoll, die Wirkungen auf die Fauna zu ermitteln, wenn die gesamte Ernte von Hand ausgeführt wird oder wenn Gebläse eingesetzt werden.

–  
Wir empfehlen den zuständigen Behörden, oben genannte Punkte über Bewirtschaftungsregeln für ökologische Ausgleichsflächen umzusetzen.

Im Rahmen einer Semesterarbeit wird die Wirkung auf Heuschrecken untersucht, wenn der gesamte Ernteprozess, also auch das Zetten und Schwaden, «von Hand» mit Heugabel und Rechen ausgeführt und das Heu mit der Gabel auf den Ladewagen geladen wird. Die Universität Bern und ART planen in Zusammenarbeit mit interessierten Kantonen ein Projekt, um die Langzeitwirkungen von Refugien auf Populationen wirbelloser Tiere zu ermitteln.

## Dank

ART dankt den Landwirtinnen und Landwirten, mit deren Hilfe ART die Experimente durchführen konnte, den Mitgliedern der Begleitgruppe Markus Peter DFRAL Kanton AG, Lukas Pfiffner FiBL, Matthias Schatzmann, Landwirt, Seon AG, herzlich für das Mitdenken und die eingebrachten Ideen sowie den beteiligten Kantonen (AG, BE, BL, FR, GL, GR, LU, NW, SH, SG, VD, ZG und ZH) für die finanzielle Unterstützung sowie die Begutachtung des Berichts.

## Literatur

- Frick R. u. Fluri P., 2001. Bienenverluste beim Mähen mit Rotationsmähwerken. *Agrarforschung* 8, 196–201.
- Gigon A., Rocker S. u. Walter T., 2010. Erhaltung der Artenvielfalt an Insekten und Pflanzen in Streuerieden. Praxisorientierte Empfehlungen für die Erhaltung der Artenvielfalt an Insekten und Pflanzen mit Ried-Rotationsbrachen. ART-Bericht 721, 12 S.
- Herzog F. u. Walter T., 2005. Evaluation der Ökomassnahmen. Bereich Biodiversität. FAL-Schriftenreihe 56, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 205 S.
- Humbert J-Y., Ghazoul J. u. Walter T., 2009. Meadow harvesting techniques and their impacts on field fauna. *Agriculture Ecosystem and Environment*. 130, 1–8.
- Humbert J-Y., Ghazoul J., Sauter G.J. u. Walter T., 2010. Impact of different meadow mowing techniques on field invertebrates. *Journal of Applied Entomology*. In press. doi: 10.1111/j.1439-0418.2009.01503.x.
- Mack G., Walter T. u. Flury C., 2008. Entwicklung der Alpung in der Schweiz: Ökonomische und ökologische Auswirkungen. *Yearbook of socioeconomics in Agriculture* 2008. 259–300.
- Oppermann R., Handwerk J., Holsten M. u. Krismann A., 2000. Naturverträgliche Mähtechnik für das Feuchtgrünland, Voruntersuchung für das E & E-Vorhaben. ILN Singen, Bonn.

- Oppermann R., 2007. Auswirkungen landwirtschaftlicher Mähgeräte auf Amphibien. In: Die Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs. Hrsg. Laufer H., Fritz K. u. Sowig P., Ulmer, Stuttgart, 102–108.
- Prochnow A. u. Meierhöfer J., 2003. Befahrmuster bei der Grünlandmahd: Faunaschonung und Aufwendungen. Landtechnik 58, 252–253.
- Tyler G.A., Green R.E. u. Casey C., 1998. Survival and behavior of Corncrake *Crex crex* chicks during the mowing of agricultural grassland. Bird Stud. 45, 35–50.