

Alternative Mähregimes zur Förderung der Artenvielfalt von Wiesen

Jean-Yves Humbert¹, Pierrick Buri¹, Debora Unternährer^{1,2} und Raphaël Arlettaz^{1,3}

¹Universität Bern, 3012 Bern, Schweiz

²Agroscope, 8046 Zürich, Schweiz

³Schweizerische Vogelwarte, 1950 Sion, Schweiz

Auskünfte: Jean-Yves Humbert, E-Mail: jean-yves.humbert@iee.unibe.ch



Extensiv genutzte Wiese mit ungemähtem Rückzugstreifen.
(Foto: Jean-Yves Humbert)

Einführung

Der starke Rückgang der Biodiversität im Agrarraum in den letzten Jahrzehnten hat zum Verschwinden zahlreicher lokaler Arten geführt, die früher auf landwirtschaftlichen Nutzflächen verbreitet waren (z. B. Birrer *et al.* 2011; Bosshard 2015). Mit den zu Beginn der 1990er-Jahre eingerichteten Biodiversitätsförderflächen (BFF), die zum Ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN) für die Ausrichtung von Direktzahlungen gehören, konnte die Situation etwas entschärft werden.

Heute haben die BFF einen Anteil von 15–16 % an der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) in der Schweiz, wobei rund die Hälfte der BFF aus extensiv genutzten Wiesen besteht. Zwar ist der Anteil der BFF in der Talzone und Hügelzone geringer (~ 10 %) als in den Bergzonen, doch werden hier rund 50000 ha als extensive Wiesen

genutzt. Verglichen mit konventionell genutzten (intensiven) Wiesen, beherbergen extensiv genutzte BFF-Wiesen eine grössere Pflanzenvielfalt (durchschnittlich 26 statt 17 Arten pro 100 m²; Aviron *et al.* 2009). Bestimmte Arten von Wirbellosen wie Bienen, Schmetterlinge, Heuschrecken und Laufkäfer profitieren ebenfalls von BFF (z. B. Herzog *et al.* 2006; Aviron *et al.* 2009). Dennoch ist der Beitrag zur Biodiversität noch gering, besonders wenn als Vergleichsbasis die 1960er-Jahre herangezogen werden (z. B. Bosshard 2015). Anders ausgedrückt reichen die BFF gegenwärtig leider nicht aus, um den fortschreitenden Verfall der Artenvielfalt aufzuhalten. In einem Bericht des Bundesamts für Landwirtschaft BLW und des Bundesamts für Umwelt BAFU wurde ebenfalls ein bedeutender Mangel an ökologisch wertvollen BFF insbesondere in den Tal-, Hügel- und Bergzonen I und II nachgewiesen (Walter *et al.* 2013).

Im Schweizer Mittelland wurde die räumliche Heterogenität – ein Schlüsselfaktor für die biologische Vielfalt – durch Flurbereinigungen und die Vereinheitlichung der Landschaft stark reduziert, wobei gleichzeitig die stärkere Mechanisierung zu einer zeitlichen Konzentration landwirtschaftlicher Arbeiten geführt hat. Selbst die Anforderungen an eine Bewirtschaftung als BFF tragen zur Homogenisierung der Flächen durch die Vorgabe von Zeitpunkten für den Schnitt bei (sogenannter «nationaler Heutag» vom 15. Juni).

Ziel dieses Forschungsprojekts war es zu prüfen, wie weit mit kleinen Anpassungen des Mähregimes, mit denen eine grössere räumliche und zeitliche Vielfalt angestrebt wird, die ökologische Qualität von extensiv genutzten BFF-Wiesen verbessert werden kann. Die Feldversuche fanden während fünf Jahren statt (2010–2015). Auf der Ebene der Wiesen wurden die Wirkungen folgender Massnahmen geprüft: 1) Eine Verschiebung des ersten möglichen Schnitts vom 15. Juni auf den 15. Juli und 2) das Stehenlassen eines ungemähten Rückzugstreifens einer Mitte Juni gemähten Wiese. Das spätere Mähen

und der Rückzugsstreifen beruhen auf dem ökologischen Prinzip, dass für die Arten Ressourcen über einen breiteren Zeitbereich zur Verfügung stehen: beispielsweise Nektar und Pollen für Schmetterlinge und Bienen oder Wirtspflanzen für die Eiablage und als Nahrung für Wirbellose. Dadurch gelingt es einer grösseren Vielfalt von Organismen, ihren jährlichen Lebenszyklus zu schliessen.

Material und Methode

Versuchsstandorte

Die Versuche fanden auf 48 extensiv genutzten Wiesen der Talzone und Hügelzone statt. Alle Wiesen waren spätestens seit 2004 als BFF angemeldet. Sie waren auf zwölf Regionen mit je vier Wiesen verteilt, die von Nyon (VD) bis Brugg (AG) reichten.

Versuchsanordnung

Es wurden die Auswirkungen von vier verschiedenen Mähregimen auf die Biodiversität untersucht. Bei allen Wiesen wurden die grundsätzlichen Anforderungen der Direktzahlungsverordnung (DZV) eingehalten, wobei ausser auf den Kontrollflächen eine zusätzliche Einschränkung gemacht wurde. Es galten folgende Bedingungen:

1. Mähen gemäss den Vorschriften der DZV, das heisst erster möglicher Schnitt ab 15. Juni und keine Einschränkung bezüglich Anzahl Schnitte nach diesem Zeitpunkt (Regime «Kontrolle»).
2. Erster möglicher Schnitt verlegt auf den 15. Juli (Regime «Später Schnitt»).
3. Maximal zwei Schnitte pro Jahr mit mindestens acht Wochen zwischen erstem und zweitem Schnitt (Regime «8 Wochen»).
4. Bei jedem Schnitt wird ein Rückzugsstreifen von 10–20 % der Parzellenfläche nicht gemäht (Regime «Rückzugsstreifen»). Den Bewirtschaftenden steht es frei, diesen Bereich irgendwo auf der Wiese zu wählen. Um eine Verbuschung zu vermeiden, kann diese Fläche bei jedem Schnitt an einer anderen Stelle gewählt werden.

Die weiteren Bedingungen der Bewirtschaftung, beispielsweise der Verzicht auf die Düngung oder eine allfällige zugelassene Beweidung im Herbst, richteten sich nach den Bestimmungen der DZV. Die vier verschiedenen Mähregime wurden in jeder Region zufällig einer der vier verfügbaren Wiesen zugeordnet. Durch dieses Versuchsdesign werden Verzerrungen der Resultate durch Störfaktoren wie Bodenverhältnisse oder Einflüsse benachbarter Parzellen minimiert.

Zusammenfassung

Etwa 15 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche in der Schweiz sind Biodiversitätsförderflächen (BFF). Zwar ist die Förderung der Biodiversität im Agrarraum das wichtigste Ziel dieser BFF, ihre Wirkung ist jedoch gerade für die Artenvielfalt von Wirbellosen und in der Talzone beschränkt. In dieser Studie wurden die Auswirkungen des Mähregimes auf die Biodiversität in extensiv genutzten BFF-Wiesen untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Gesamtzahl an Wirbellosen – teilweise sehr stark – steigt, wenn ein Monat später gemäht wird (Mitte Juli statt Mitte Juni) und/oder wenn als Rückzugsstreifen bei jeder Mahd 10–20 % der Wiesenfläche stehen gelassen wird. Mit diesen beiden Anpassungen des Mähregimes konnte überdies die Artenvielfalt bestimmter Taxa verbessert werden. Bei der Vegetation lassen sich nach fünf Jahren noch immer keine Zeichen einer Veränderung feststellen. Diese Forschungsarbeit zeigt den gleichzeitig kurzfristigen und kumulativen Nutzen (das heisst die Wirkung auf das nachfolgende Jahr) für die Biodiversität, wenn später gemäht wird und Rückzugsstreifen eingerichtet werden.

Organismen und andere untersuchte Parameter

In Tabelle 1 sind die untersuchten Taxa und Parameter sowie das Jahr und die Methode der Stichprobennahme aufgeführt. Bei den Stichproben in den Vegetationsperioden 2010–2015 wurde ein Dutzend Gruppen von Wirbellosen erhoben. Um die kurzfristigen Auswirkungen (während derselben Vegetationsperiode), die direkt durch die Bewirtschaftungsmethoden entstehen (z. B. Mortalität aufgrund des Schnitts; Humbert *et al.* 2010), von den eher langfristigen Auswirkungen zu trennen, wurden alle Taxa mindestens einmal vor und einmal nach dem 15. Juni erhoben. Nur die Larven der Schmetterlinge und Hautflügler wurden ein einziges Mal vor dem 15. Juni gezählt. Ein signifikanter Unterschied zwischen zwei Mähregimen bei den Stichproben, die vor dem 15. Juni erhoben wurden (das heisst vor jeder Intervention in der Wiese im betreffenden Jahr), widerspiegelt einen sogenannten kumulativen Effekt. Er wurde vom vorhergehenden Jahr oder von den vorhergehenden Jahren auf das nachfolgende bzw. die nachfolgenden Jahre übertragen.

Die botanischen Erhebungen erfolgten 2010 (Ausgangszustand) und 2015. Im Jahr 2015 wurde ausserdem die

Tabelle 1 | Erhobene taxonomische Gruppen und in den Versuchen gemessene Parameter. Detailliertere Informationen sind in den angegebenen Referenzen zu finden.

Gruppe(n) und Parameter	Jahr(e)	Erhebungsmethode	Referenz
Gefäßpflanzen	2010/15	Zwei dauerhafte Flächen 2 m × 4 m (Total = 16 m ²)	Van Klink <i>et al.</i> 2017
Ertrag (Biomasse) und Qualität des Futters	2015	Vier Flächen von 0,5 m × 0,5 m (Total = 1 m ²)	Van Klink <i>et al.</i> 2017
Bodensamenbank	2015	10 Bodenproben von 1,5 cm Durchmesser × 10 cm Tiefe	
Heuschrecken (Orthoptera)	2012	Biozönometer für die Dichte, visuelle und akustische Erhebung für die Artenvielfalt	Buri <i>et al.</i> 2013
Zikaden (Hemiptera)	2010–2012	Saugssammler (<i>Suction Sampling</i>)	Buri <i>et al.</i> 2016
Spinnen	2010–2012	Saugssammler (<i>Suction Sampling</i>) 2010–2012 und Barber-Fallen (<i>Pitfall Traps</i>) 2012	Buri <i>et al.</i> 2016
Tagfalter (Lepidoptera)	2013	Streifnetz (<i>Sweep Netting</i>)	Bruppacher <i>et al.</i> 2016
Nachtfalter (Lepidoptera)	2014	Lichtfallen (<i>Light Traps</i>)	Van Klink <i>et al.</i> , in Vorb.
Schmetterlingsraupen (Lepidoptera)	2015	Streifnetz (<i>Sweep Netting</i>)	Van Klink <i>et al.</i> , in Vorb.
Pflanzenwespenlarven (Hymenoptera)	2015	Streifnetz (<i>Sweep Netting</i>)	Van Klink <i>et al.</i> , in Vorb.
Schlupfwespen (Hymenoptera)	2014	Streifnetz (<i>Sweep Netting</i>)	Van Klink <i>et al.</i> , in Vorb.
Schwebfliegen (Diptera)	2014	Streifnetz (<i>Sweep Netting</i>)	Meyer <i>et al.</i> 2017
Wildbienen und Hummeln (Hymenoptera)	2011/15	Farbige Fallen (<i>Pan Traps</i>) 2011/15 und Streifnetz (<i>Sweep Netting</i>) 2015	Buri <i>et al.</i> 2014 Meyer <i>et al.</i> 2017
Laufkäfer und Kurzflügler (Coleoptera)	2015	Barber-Fallen (<i>Pitfall Traps</i>)	Van Klink <i>et al.</i> , in Vorb.
Anzahl Maulwurfshügel	2012	20 Flächen zu 5 m × 5 m (Total = 500 m ²)	
Aktivität von Fledermäusen	2015	Ultraschalldetektor (<i>Bat Detector</i>)	

Bodensamenbank sowie die Menge und Qualität des beim ersten Schnitt geernteten Futters analysiert. Die Aktivität von Fledermäusen über den Wiesen wurde 2014 quantifiziert. Im März 2012 wurden die Auswirkungen der Versuche auf die Populationen der Maulwürfe und Wühlmause bestimmt.

Statistische Analysen

Die Unterschiede zwischen den Mähregimen wurden mit Hilfe von generalisierten linearen gemischten Modellen (GLMM) getestet, wobei das Mähregime als fester Faktor und die Versuchsregion als zufälliger Faktor angenommen wurden. Ausserdem wurde ein meta-analytischer Ansatz angewendet (basierend auf den Parametern der GLMM), um die durchschnittlichen Tendenzen der beobachteten Wirkungen auf die verschiedenen Gruppen von Wirbellosen zu schätzen. Dieser Ansatz ist statistisch weniger aussagekräftig als die Modellierung mit GLMM. Detailliertere Informationen sind den Originalartikeln zu entnehmen, die wir in internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht haben (Tab. 1).

Ergebnisse und Diskussion

Bei den Kontrollwiesen und den Acht-Wochen-Wiesen war die Bewirtschaftung sehr ähnlich: Sie wurden durchschnittlich 1,9 Mal pro Jahr gemäht, mit einem ersten Schnitt um den 21. Juni und einem zweiten Schnitt

gegen Ende August (Tab. 2). Die Wiesen mit Rückzugstreifen wurden durchschnittlich 2,1 Mal pro Jahr gemäht und die Wiesen mit späterem Schnitt 1,4 Mal pro Jahr. Die Biodiversität unterschied sich bei den Acht-Wochen-Wiesen nicht von der Kontrolle. Wir haben deshalb darauf verzichtet, alle Ergebnisse zum Acht-Wochen-Regime darzustellen.

Heuschrecken (Orthoptera)

Die Heuschrecken machen einen bedeutenden Anteil an tierischer Biomasse der Wiesen aus und spielen eine sehr wichtige Rolle in der Nahrungskette. 2012 gab es vor dem ersten Schnitt der Wiesen mit späterem Schnitt rund fünfmal mehr Heuschrecken als bei der Kontrolle und den Acht-Wochen-Wiesen (die beide Mitte Juni gemäht wurden; Abb. 1). Ihre Zahl vor dem ersten Schnitt war bei den BFF-Wiesen mit Rückzugstreifen in den Jahren 2010 und 2011 doppelt so hoch. Ausserdem wurden in Wiesen mit Rückzugstreifen 23 % mehr Arten gezählt als in Wiesen ohne Rückzugstreifen, im Wesentlichen weil eine hohe und dichte Vegetation Langfühlerschrecken begünstigt (Buri *et al.* 2013).

Schmetterlinge (Lepidoptera)

Bei den Schmetterlingen ist in Europa ein gravierender Rückgang zu verzeichnen. Dramatisch ist die Lage in der Schweiz, wo 34,5 % der 226 tagaktiven Schmetterlingsarten (Rhopalocera und Zygaenidae) auf der Roten Liste

Tabelle 2 | Statistiken der Wiesenutzung nach dem Mähregime für den Zeitraum 2010–2015. Einige Wiesen wurden nur einmal, 3–4 Wiesen (von 48) bis zu dreimal jährlich gemäht.

Mähregime	Mittleres Datum des		Anzahl Wochen zwischen 1. und 2. Schnitt	Anzahl Schnitte pro Jahr \pm Standardabweichung
	1. Schnitts	2. Schnitts		
Kontrolle	20. Juni	26. August	9,6	1,9 \pm 0,5
Später Schnitt	22. Juli	16. September	8,0	1,4 \pm 0,4
8 Wochen	23. Juni	29. August	9,6	1,9 \pm 0,4
Rückzugsstreifen	20. Juni	20. August	8,7	2,1 \pm 0,2

stehen (Wermeille *et al.* 2014). Nach unserer Erfahrung waren Tagfalter häufiger in Wiesen mit Rückzugsstreifen und Wiesen mit späterem Schnitt als in den Kontrollwiesen (Abb. 2 und 3; Bruppacher *et al.* 2016). Wiesen mit Rückzugsstreifen beherbergten auch 60% mehr spezialisierte Arten (mono- oder oligophage Arten mit höchstens zwei Generationen pro Jahr) als die Kontrollwiesen (Bruppacher *et al.* 2016). Wie die Erhebungen von 2014 zeigten, hing die Häufigkeit und Vielfalt der nachtaktiven Grossschmetterlinge mehr von der Landschaft in der Umgebung der untersuchten Wiesen als von deren Bewirtschaftung ab.

Die vor dem ersten Schnitt im Jahr 2015 mit dem Streifenetz gesammelten Schmetterlingsraupen waren bei Wiesen mit Rückzugsstreifen 2,7 Mal häufiger als in den anderen Wiesen (Abb. 2; van Klink *et al.* in Vorb.), während sich bei der Artenvielfalt kein Unterschied feststellen liess (Abb. 4).

Hautflügler (Hymenoptera)

Ein Jahr nach Versuchsbeginn war sowohl die Häufigkeit als auch die Artenvielfalt der Wildbienen vor dem ersten

Schnitt in Wiesen mit Rückzugsstreifen höher als in den Kontrollwiesen (Buri *et al.* 2014). Zwischen dem 15. Juni und dem 15. Juli gab es auch mehr Wildbienen in den Wiesen mit späterem Schnitt oder mit Rückzugsstreifen als in den Kontrollwiesen. Diese zweite positive Wirkung innerhalb derselben Vegetationsperiode bestätigte sich auch 2015, als Streifenetze statt farbige Fallen eingesetzt wurden, beim Vergleich der Wirkung zwischen verschiedenen Jahren dagegen nicht (Abb. 2–4; Meyer *et al.* 2017).

2014 haben wir die Dichte und Diversität von Schlupfwespen erhoben (van Klink *et al.*, in Vorb.). Schlupfwespen sind zwar unauffällig (Körpergrösse oft < 1 mm), sie sind aber sehr zahlreich und spielen eine wichtige Rolle bei der Bekämpfung von Schädlingen. Wiesen, die nach dem 15. Juli gemäht wurden, beherbergten signifikant mehr Individuen als die anderen Wiesen, wobei der Unterschied bei der ersten Erhebung besonders ausgeprägt war (4,5 Mal mehr; Abb. 2). Keine Wirkung liess sich dagegen bei der Vielfalt feststellen, die sich allerdings auf die Anzahl vertretener Familien bezieht, da sich nicht alle Individuen bis zur Art bestimmen liessen. Die Larven der Pflanzenwespen (Symphyta) wurden gleichzeitig mit den Schmetterlingsraupen bestimmt. Diese «falschen Raupen» waren signifikant häufiger in den Wiesen mit späterem Schnitt (~ 3 Mal) und mit Rückzugsstreifen (~ 2 Mal) als in den Kontrollwiesen (Abb. 2; van Klink *et al.*, in Vorb.).

Andere Wirbellose

Die Laufkäfer und Kurzflügler (Coleoptera) wurden 2015 mit Hilfe von Barber-Fallen gezählt. Diese Käfer, die sich hauptsächlich am Boden fortbewegen und dort leben, scheinen nicht durch das Mähregime beeinflusst zu werden: Es liess sich weder bei der Häufigkeit noch bei der Artenvielfalt ein Unterschied feststellen (Abb. 2–4; van Klink *et al.*, in Vorb.).

Die Zikaden (Hemiptera) wurden 2010, 2011 und 2012 mit Saugproben gesammelt (Buri *et al.* 2016). Als Pflanzensaft saugende Insekten bilden die Zikaden in Wiesen sehr artenreiche Gesellschaften (52 identifizierte Arten

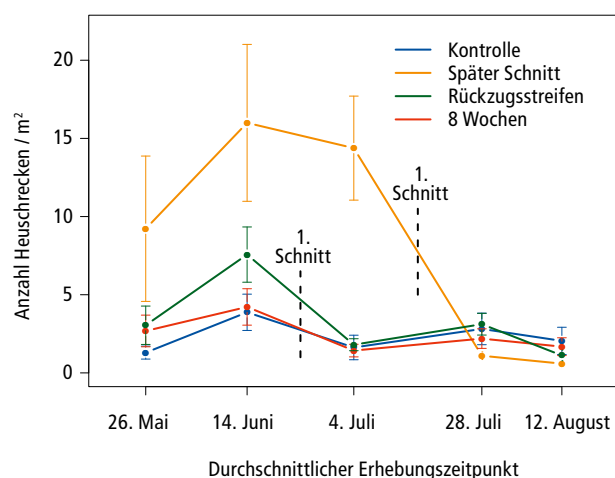


Abb. 1 | Entwicklung der durchschnittlichen Dichte (\pm Standardfehler) der Heuschrecken über die Vegetationsperiode je nach Mähregime. In der Vegetationsperiode 2012 wurden die Heuschrecken fünfmal erhoben (durchschnittliche Erhebungszeitpunkte auf der x-Achse).

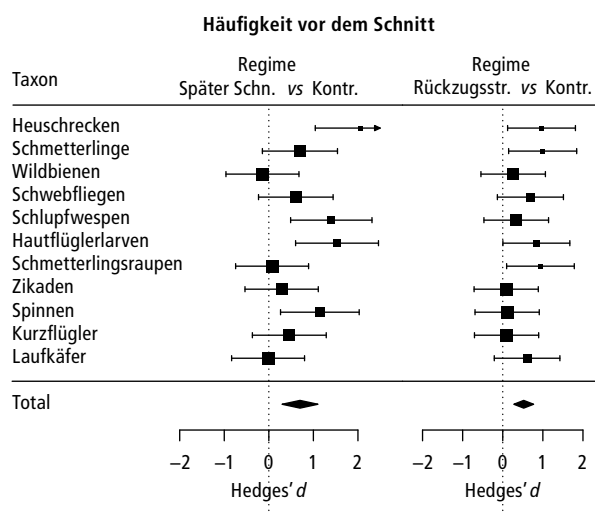


Abb. 2 | Vergleich der Wirkungen auf die Häufigkeit der Wirbellosen vor dem ersten Schnitt. Diese Ergebnisse zeigen die kumulativen Wirkungen, d. h. die Wirkungen auf nachfolgende Jahre, der verschiedenen angepassten Mähregime. Die Effektstärke (Hedges' d) entspricht der standardisierten Differenz der durchschnittlichen Anzahl Arten beim Mähregime mit späterem Schnitt bzw. mit Rückzugsstreifen im Vergleich zum Kontroll-Mähregime. Bei der vertikalen punktierten Linie besteht keine Wirkung ($x = 0$). Ein positiver Wert bezeichnet eine positive Wirkung, wenn keine Überschneidung des Konfidenzintervalls über den 0-Wert vorliegt. Das Total bezeichnet die durchschnittliche gewichtete Wirkung auf die verschiedenen taxonomischen Gruppen. Für die Wildbienen wurden nur die aktuellsten Daten von 2015 berücksichtigt, die mittels Streifnetz erhoben wurden.

2012). Die einzige signifikante Wirkung des Mähregimes auf die Zikaden betraf ihre Häufigkeit nach Mitte Juni: Sie war in Wiesen mit späterem Schnitt 3,5 Mal höher als bei den Kontrollwiesen (Abb. 3; Buri *et al.* 2016).

Die in der Krautschicht lebenden Spinnen wurden wie die Zikaden mit Saugproben erhoben, wobei in der Streuschicht lebende Arten 2012 mit den Barber-Fallen erfasst wurden (Buri *et al.* 2016). Als räuberische Arten kommt Spinnen in landwirtschaftlichen Ökosystemen eine wichtige Bedeutung zu. In Wiesen mit späterem Schnitt gab es doppelt so viele Spinnen wie in den Kontrollwiesen, sowohl vor als auch nach dem 15. Juni, was gleichzeitig auf eine Wirkung auf nachfolgende Jahre sowie innerhalb derselben Vegetationsperiode deutet (Abb. 2 und 3). Ein ungemähter Rückzugsstreifen hatte dagegen keine Wirkung auf diese Gruppe, weder auf die Häufigkeit noch auf die Artenvielfalt.

Die als Bestäuber wichtigen Schwebfliegen (Diptera) wurden 2014 erhoben. Im Larvenstadium weisen sie eine grosse Bandbreite von Ernährungsweisen auf und leben auch räuberisch von Blattläusen, die als Kulturschädlinge auftreten. In Wiesen mit späterem Schnitt gab es mehr Schwebfliegen-Arten als in den Kontrollwiesen (Abb. 4).

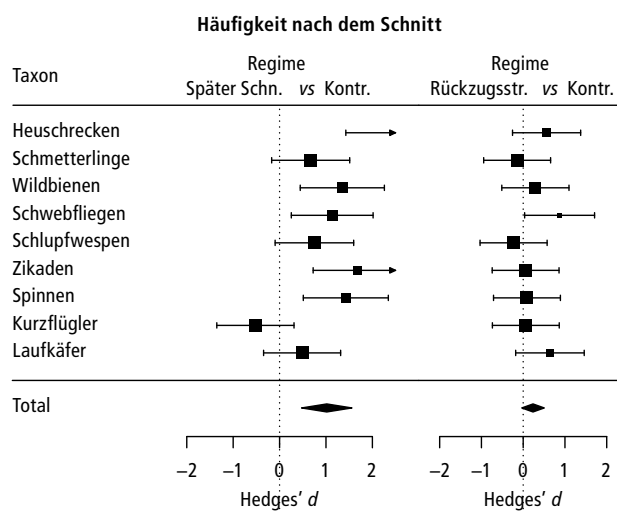


Abb. 3 | Vergleich der Wirkungen auf die Häufigkeit der Wirbellosen nach dem ersten Schnitt der Wiesen mit Rückzugsstreifen und der Kontrollwiesen, aber vor dem ersten Schnitt der Wiesen mit späterem Schnitt. Diese Ergebnisse zeigen die Wirkungen angepasster Mähregime innerhalb der Vegetationsperiode. Für weitere Einzelheiten (z. B. Hedges' d) siehe Legende zu Abbildung 2.

Das gleiche Muster war auch nach dem ersten Schnitt erkennbar (Abb. 2 und 3; Meyer *et al.* 2017).

Vegetation und andere Indikatoren

Nach fünf Jahren unterschiedlicher Bewirtschaftung ergaben sich zwischen den Mähregimen keine signifikanten Abweichungen bezüglich der Anzahl Arten von Gefässpflanzen und Moosen, der botanischen Zusammensetzung sowie der Anteile von Gräsern, Leguminosen und übrigen Pflanzen (Abb. 5; Van Klink *et al.* 2017). Dasselbe gilt für den durchschnittlichen Blühzeitpunkt und die durchschnittliche Pflanzenhöhe, zwei Masse für die funktionale Diversität von Pflanzengesellschaften. Die Futterqualität des Heus (Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis) war allerdings bei späterer Mahd schlechter. Das Fehlen eines feststellbaren Einflusses auf die Vegetation könnte auf die relativ kurze Dauer unseres Versuchs zurückzuführen sein, da Pflanzengemeinschaften grundsätzlich stabiler gegenüber veränderten Bewirtschaftungsbedingungen sind als Arthropodengemeinschaften. Möglicherweise fehlte auch eine ausreichend vielfältige Bodensamenbank, die eine Diversifizierung der Pflanzengemeinschaft ermöglichte. Die vorhandenen, sehr wettbewerbsfähigen Arten liessen aber vielleicht auch einfach keinen Raum für die Etablierung neuer, weniger wettbewerbsfähiger Arten. Es könnte ausserdem sein, dass die Variationen des Mähregimes zu gering waren, um die Pflanzengesellschaften in ein neues Gleichgewicht zu bringen.

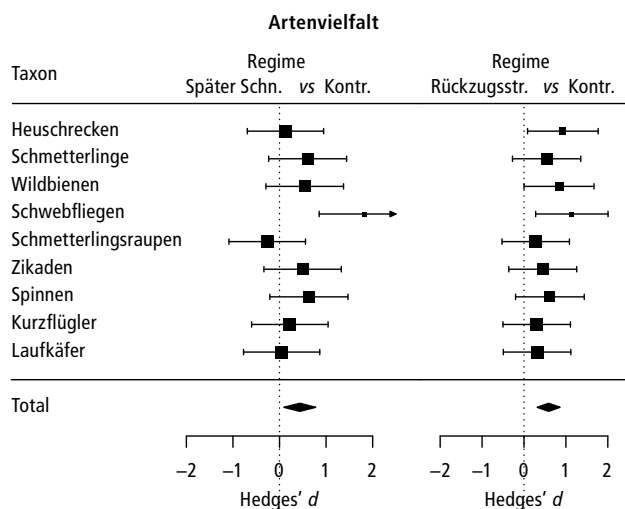


Abb. 4 | Vergleich der Wirkungen auf die Artenvielfalt der Wirbellosen. Für weitere Einzelheiten siehe Legende zu Abbildung 2.

Auch abgesehen von der fehlenden Reaktion auf die veränderten Mähregime entwickelten sich die Pflanzengesellschaften im Zeitraum 2010 bis 2015 nicht weiter, was die Hypothese einer artenarmen Bodensamenbank stützt.

Weder der ungemähte Rückzugsstreifen noch der um einen Monat spätere Schnitt hatte einen Einfluss auf die Zahl der Maulwurfshügel. Schliesslich wurden weder die Bodensamenbank noch die Aktivität der Fledermäuse über den Wiesen durch das Mähregime beeinflusst.

Schlussfolgerungen

- Diese Studie zeigt, dass einfache Anpassungen des Mähregimes von als Biodiversitätsförderflächen (BFF)

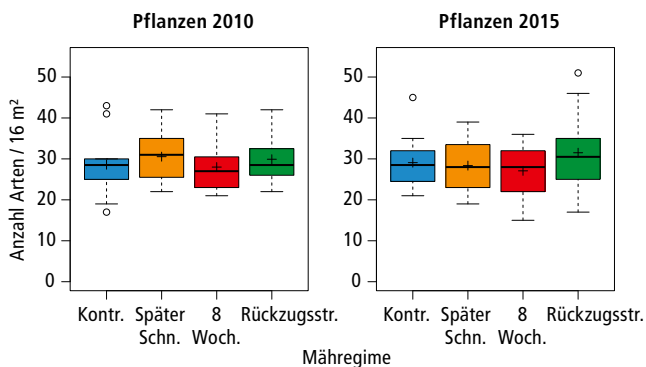


Abb. 5 | Artenvielfalt der Pflanzen 2010 (vor Beginn der Versuche) und 2015 aufgeschlüsselt nach Mähregime. Es wurden keine Veränderungen zwischen den beiden Erhebungszeitpunkten und keine signifikanten Unterschiede zwischen den Mähregimen 2015 festgestellt. Boxplot-Diagramme: fette Linie = Median; Kreuz = Durchschnitt; unterer bzw. oberer Rand = erstes bzw. drittes Quartil.

gemeldeten extensiv genutzten Wiesen, wie ein um einen Monat verzögerter erster Schnitt (15. Juli statt 15. Juni) oder der Verzicht auf das Mähen eines Rückzugsstreifens, positive Wirkungen sowohl auf die Häufigkeit als auch die Artenvielfalt eines breiten Spektrums von wirbellosen Tieren haben. Dagegen ist die Reaktion der Vegetation auf diese Anpassungen des Mähregimes neutral.

- Ein späterer erster Schnitt hat zwei hauptsächliche Wirkungen:

1. Zahlreiche Arten von Wirbellosen können durch die länger bestehende Pflanzendecke (Unterschlupf, Reproduktionsort, Nahrungsgrundlage) ihren Lebenszyklus schliessen. Dadurch können Heuschrecken, Schmetterlinge, Schlupfwespen, Hautflüglerlarven und Spinnen das nachfolgende Jahr mit deutlich grösseren Beständen beginnen (kumulative Wirkung). Im Falle der Heuschrecken und Schlupfwespen haben sich die Populationen im nächsten oder in den nachfolgenden Jahren verfünffacht!

2. Als Wirkung eines späteren Schnitts liess sich eine grössere räumliche und zeitliche Heterogenität des Habitats auf Landschaftsebene feststellen, durch die zahlreiche Unterschlupfmöglichkeiten für sehr mobile Tiere wie Schmetterlinge, Wildbienen und Schwebfliegen entstehen, was ebenfalls zur Stärkung ihrer Populationen beiträgt.

- Der Verzicht auf das Mähen eines Teils der Wiesenfläche, um einen Rückzugsstreifen zu schaffen, ist eine wichtige Massnahme ökologischer Netzwerke. Die Wirksamkeit dieser Strategie konnte in unseren Versuchen bestätigt werden. Obwohl sich in allen untersuchten Gruppen von Wirbellosen bei Wiesen mit Rückzugsstreifen eine Zunahme der Artenvielfalt zeigte, konnte eine signifikante Wirkung nur bei den Heuschrecken, spezialisierten Schmetterlingen und Schwebfliegen nachgewiesen werden. In Wiesen mit Rückzugsstreifen stiegen auch die Bestände der meisten taxonomischen Gruppen. Bei den Heuschrecken, Schmetterlingen (Imago und Raupen) und Schwebfliegen konnten signifikante kumulative Wirkungen über mehrere Jahre gezeigt werden. Die zwischen Mitte Juni und Mitte Juli durchgeführten Erhebungen bestätigten eine starke Wirkung des Rückzugsstreifens innerhalb der Vegetationsperiode: Die meisten mobilen Organismen (ausser Laufkäfer und Kurzflügler) waren in hoher Dichte vertreten (Buri *et al.* 2013; Kühne *et al.* 2015). Dabei ist zu beachten, dass die Versuchsanordnung vorsah, dass bei jedem Schnitt eine andere Stelle als Rückzugsstreifen gewählt wurde. Wir

sind daran abzuklären, ob durch das Beibehalten derselben Stelle als Rückzugsstreifen eine weitere Verbesserung der Wirkungen dieser Massnahme möglich ist.

Empfehlungen für die Bewirtschaftung

Auf der Grundlage dieser Ergebnisse schlagen wir folgende Empfehlungen zur Verbesserung der Wirksamkeit von Biodiversitätsförderflächen (BFF) vor:

1. Ein bestimmter Anteil extensiv genutzter BFF-Wiesen des Schweizer Mittellands sollte nicht vor dem 15. Juli gemäht werden.
2. Bei den weiteren BFF-Wiesen (ohne späteren Schnitt) sollte bei jedem Schnitt bei mindestens 10 % der Fläche auf das Mähen verzichtet werden. Die Bewirtschaftenden können den Ort dieses Rückzugsstreifens frei wählen. Es wird den Betrieben aber nahegelegt, immer in die Richtung dieses Rückzugsstreifens zu mähen, um die wirbellosen Tiere dorthin zu treiben (Humbert *et al.* 2010).

Unsere Ergebnisse zeigen auch, dass keine positive Wirkung auf die Artenvielfalt besteht, wenn höchstens zweimal pro Jahr in einem Abstand von mindestens acht Wochen gemäht werden darf, einfach deshalb, weil dieses achtwöchige Intervall ohnehin etwa der gegenwärtigen Praxis entspricht, die bei den extensiv genutzten BFF-Wiesen zu beobachten ist.

Obwohl wir dies in unseren Versuchen nicht spezifisch untersuchten, wird vom Vorverlegen des Datums für den ersten möglichen Schnitt dringend abgeraten. Unsere Überlegungen zu den Bedingungen, die das Schliessen der Lebenszyklen begünstigen, deuten auf einen möglichst späten Zeitpunkt des ersten Schnitts (siehe auch Walter *et al.* 2007). Ausserdem zeigte unsere Meta-Analyse zu den Auswirkungen des Schnittzeitpunkts, dass die Biodiversität der Fauna und Flora von gemässigten Wiesen stets höher war, wenn der erste Schnitt spät erfolgte, das heisst eher im Hochsommer als Ende Frühling (Humbert *et al.* 2012). ■

Obwohl wir dies in unseren Versuchen nicht spezifisch untersuchten, wird vom Vorverlegen des Datums für den ersten möglichen Schnitt dringend abgeraten. Unsere Überlegungen zu den Bedingungen, die das Schliessen der Lebenszyklen begünstigen, deuten auf einen möglichst späten Zeitpunkt des ersten Schnitts (siehe auch Walter *et al.* 2007). Ausserdem zeigte unsere Meta-Analyse zu den Auswirkungen des Schnittzeitpunkts, dass die Biodiversität der Fauna und Flora von gemässigten Wiesen stets höher war, wenn der erste Schnitt spät erfolgte, das heisst eher im Hochsommer als Ende Frühling (Humbert *et al.* 2012). ■

Dank

Wir bedanken uns herzlich bei den zahlreichen Studierenden und Mitarbeitenden, die an den Erhebungen und Bestimmungen der Pflanzen und Wirbellosen teilgenommen haben, sowie bei den Landwirtschaftsbetrieben und der Begleitgruppe für ihre wertvolle Mitarbeit. Dieses Projekt wurde finanziell unterstützt vom Schweizerischen Nationalfonds (Kredite 31003 A 125398/1 und 31003 A 149656/1), vom Bundesamt für Umwelt, vom Bundesamt für Landwirtschaft und von den Kantonen Bern, Waadt, Neuenburg, Aargau, Basel-Landschaft und Freiburg.

Literatur

- Aviron S., Nitsch H., Jeanneret P., Buholzer S., Luka H., Pfiffner L., Pozzi S., Schupbach B., Walter T. & Herzog F., 2009. Ecological cross compliance promotes farmland biodiversity in Switzerland. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7 (5), 247–252.
- Birrer S., Markus J. & Zbinden N., 2011. Bestandsentwicklung der einheimischen Brutvögel im Landwirtschaftsgebiet 1990–2009. *Agrarforschung Schweiz* 2 (2), 66–71.
- Bosshard A., 2015. Rückgang der Fromentalwiesen und die Auswirkungen auf die Biodiversität. *Agrarforschung Schweiz* 6 (1), 20–27.
- Bruppacher L., Pellet J., Arlettaz R. & Humbert J.-Y., 2016. Simple modifications of mowing regime promote butterflies in extensively managed meadows: Evidence from field-scale experiments. *Biological Conservation* 196, 196–202.
- Buri P., Arlettaz R. & Humbert J.-Y., 2013. Delaying mowing and leaving uncut refuges boosts orthopterans in extensively managed meadows: Evidence drawn from field-scale experimentation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 181, 22–30.
- Buri P., Humbert J.-Y. & Arlettaz R., 2014. Promoting pollinating insects in intensive agricultural matrices: field-scale experimental manipulation of hay-meadow mowing regimes and its effects on bees. *Plos One* 9 (1).
- Buri P., Humbert J.-Y., Stanska M., Hajdamowicz I., Tran E., Entling M. H. & Arlettaz R., 2016. Delayed mowing promotes planthoppers, leafhoppers and spiders in extensively managed meadows. *Insect Conservation and Diversity* 9, 536–545.
- Herzog F., Richner W. & Walter T., 2006. Mesures écologiques: un effet modérément positif. *Revue suisse Agric.* 38 (2), 63–68.
- Humbert J.-Y., Richner N., Sauter G. J., Ghazoul J. & Walter T., 2010. Wiesen-Ernteprozesse und ihre Wirkung auf die Fauna. ART-Bericht 724. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich.
- Humbert J.-Y., Pellet J., Buri P. & Arlettaz R., 2012. Does delaying the first mowing date benefit biodiversity in meadowland? *Environmental Evidence* 1, 1–9.
- Kühne I., Arlettaz R., Pellet J., Bruppacher L. & Humbert J.-Y., 2015. Leaving an uncut grass refuge promotes butterfly abundance in extensively managed lowland hay meadows in Switzerland. *Conservation Evidence* 12, 25–27.
- Meyer S., Unternährer D., Arlettaz R., Humbert J.-Y. & Menz M. H. M., 2017. Promoting diverse communities of wild bees and hoverflies requires a landscape approach to managing meadows. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 239, 376–384.
- van Klink R., Boch S., Buri P., Rieder N. S., Humbert J.-Y. & Arlettaz R., 2017. No detrimental effects of delayed mowing or uncut grass refuges on plant and bryophyte community structure and phytomass production in low-intensity hay meadows. *Basic and Applied Ecology* 20, 1–9.
- Walter T., Schneider K. & Gonseth Y., 2007. Schnittzeitpunkt in Ökowieden: Einfluss auf die Fauna. *Agrarforschung* 14 (3), 114–119.
- Walter T., Eggenberg S., Gonseth Y., Fivaz F., Hedinger C., Hofer G., Klieber-Kühne A., Richner N., Schneider K. & Szerencsits E., 2013. Operationalisierung der Umweltziele Landwirtschaft: Bereich Ziel- und Leitarten, Lebensräume (OPAL). Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, ART-Schriftenreihe 18, 135 S.
- Wermeille E., Chittaro Y. & Gonseth Y. 2014. Rote Liste der Tagfalter und Widderchen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2012. Bundesamt für Umwelt [Hrsg.], Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 1403, 97 S.

Riassunto**Regimi di falciatura alternativi per favorire la biodiversità delle praterie**

In Svizzera, le superfici per la promozione della biodiversità (SPB) rappresentano il 15 % circa della superficie agricola utile. Benché gli obiettivi primari delle SPB siano quelli di promuovere la biodiversità nelle zone agricole, i loro effetti rimangono modesti, in particolare per gli invertebrati e nella zona di pianura. Abbiamo manipolato in modo sperimentale il regime di taglio in praterie estensive SPB di pianura al fine di misurarne l'impatto sulla biodiversità. I risultati mostrano che l'abbondanza di invertebrati aumenta, a volte in maniera massiccia, quando il taglio è posticipato di un mese (da metà giugno a metà luglio) e/o quando un rifugio non falciato è lasciato a ogni taglio sul 10–20 % della superficie della prateria. Queste due modalità di taglio alternative aumentano anche la ricchezza di specie di alcuni taxa. Tuttavia dopo cinque anni la vegetazione non ha mostrato alcun segno di cambiamento. La nostra ricerca dimostra il ruolo benefico a volte a corto termine e cumulativo, cioè da un anno all'altro, del taglio posticipato e dei rifugi per la biodiversità.

Summary**Alternative mowing regimes to favour meadow biodiversity**

In Switzerland, biodiversity promotion areas or BPAs (i.e. land under Swiss agri-environment schemes) account for around 15 % of the utilised agricultural area. While the main objective of BPAs is to promote farmland biodiversity, their effectiveness remains limited, in particular as regards the incidence of invertebrates in the lowlands. In this study, the mowing regime of lowland BPA hay meadows was manipulated to measure the impact on biodiversity. Results show that the abundance of invertebrates increases, – sometimes massively – when the first mowing date is delayed by one month (i.e. from mid-June to mid-July) and/or when a refuge is left uncut at each mowing event on 10 to 20 % of the meadow area. In addition, both of these alternative mowing regimes also increase the species richness of some invertebrate taxa. As regards vegetation, there was no sign of change after five years. These findings demonstrate both the short-term (i.e. over a season) and long-term (cumulative, i.e. from one year to the next) beneficial role of delaying mowing and leaving uncut refuges for the sake of biodiversity.

Key words: agri-environmental schemes, biodiversity, conservation, mowing, meadows, grasslands.