



Katrin BESENIUS, Johannes VOITH, Simon RIPPERGER, Johanna BUCHNER und Ines LANGENSIEPEN

## Bayerisches Vertragsnaturschutzprogramm erhöht die Insektenvielfalt auf Äckern

### Abbildung 1:

Eine räuberisch lebende Rote Weichwanze (*Deraeocoris ruber*) vertilgt Blattläuse auf einer Ackerfläche im Bayerischen Vertragsnaturschutzprogramm (Foto: Katrin Besenius).

Bayerns Kulturlandschaft ist stark ackerbaulich geprägt und ihre Bewirtschaftung hat einen großen Einfluss auf die darin vorkommenden Insekten und Spinnentiere (*Arthropoden*). Agrarumweltmaßnahmen ermöglichen eine naturschonende Bewirtschaftung, um heimische und gefährdete Arten zu fördern, ihnen mehr Lebensraum zur Verfügung zu stellen und Ökosystemleistungen zu verbessern. Wir verglichen die Artenzahl von Insekten und bodengebundenen Spinnentieren und die Insektenbiomasse zwischen Äckern mit und ohne Maßnahmen des Vertragsnaturschutzprogramms (VNP). Unsere Ergebnisse zeigten einen durchwegs statistisch signifikant positiven Effekt auf die Insektenartenzahl und -biomasse. Auch Arten der in der Roten Liste Bayerns geführten Insekten und Spinnentiere waren auf Flächen mit VNP häufiger vertreten. Entsprechend ist VNP auf Äckern ein wichtiger Baustein, um Arthropoden zu fördern und ein weiterer Ausbau kann helfen, dem Insektenrückgang entgegenzuwirken.

### 1. Einleitung

Insekten sind ein zentraler Bestandteil eines Ökosystems und erfüllen wichtige Ökosystemleistungen wie die Bestäubung von Wild- und Kulturpflanzen, den Abbau von organischem Material oder die biologische Schädlingsbekämpfung (EMMERSON et al. 2016). Außerdem bilden Insekten die Nahrungsgrundlage für Arten höherer trophischer Ebenen, wie Vögel oder Fledermäuse (MORSE 1971).

In den vergangenen Jahrzehnten haben Artenvielfalt und Biomasse von Insekten drastisch

abgenommen (HALLMANN et al. 2017; SEIBOLD et al. 2019; LISTER & GARCIA 2018; POWNEY et al. 2019; HALLMANN et al. 2020; SÁNCHEZ-BAYO & WYCKHUYS 2019; MÜLLER et al. 2024). Ein wesentlicher Faktor für den Rückgang an Insekten ist die Intensivierung der Landwirtschaft (ATTWOOD et al. 2008; RAVEN & WAGNER 2021; HABEL et al. 2019; SÁNCHEZ-BAYO & WYCKHUYS 2019). Heute werden knapp 38 % der Erdoberfläche landwirtschaftlich genutzt (YU et al. 2020) und die Fläche und die Intensivierung werden aufgrund steigender Lebensmittelnachfrage zukünftig weiter anwachsen (GODFRAY et al. 2010; ZABEL et

al. 2019). Folgen davon sind der Verlust an Lebensraum und die abnehmende Lebensraumqualität durch erhöhten Pestizid- und Düngemiteleinsatz (CARDOSO et al. 2020).

In Bayern gibt es seit den 1980er-Jahren Agrarumweltprogramme, um diesen negativen Folgen entgegenzuwirken und nachhaltige und naturschonende Bewirtschaftung der Agrarlandschaft zu fördern. Das Bayerische Vertragsnaturschutzprogramm (VNP) ist dafür ein wichtiges Werkzeug und Bestandteil der zweiten Säule der EU-Agrarpolitik (URL 1; GÜTHLER et al. 2012). Das VNP besteht aus unterschiedlichen Maßnahmen, die je nach naturschutzfachlichen Anforderungen in Bezug auf Düngung, Mahdzeitpunkt oder auch Spezialmaschineneinsatz kombinierbar sind. Die Förderung der Biodiversität konzentriert sich auf eine naturschutzfachlich definierte Gebietskulisse aus Schutzgebieten, Flächen mit Vorkommen an geschützten Biotopen oder auch Flächen zum Aufbau des Biotopverbunds.

VNP-Maßnahmen sind für die Nutzungstypen Wiesen, Weiden, Äcker und Teiche verfügbar und bestehen aus einer Grundleistung und optionalen Zusatzleistungen. Die VNP-Maßnahmen für Äcker fördern ökologisch wertvolle Ackerlebensräume, indem auf Intensivkulturen wie Mais oder Zuckerrüben verzichtet, Getreide weniger dicht gesät, die Düngung beschränkt und auf Pflanzenschutzmittel und Unkrautbekämpfung verzichtet wird. Außerdem werden Zeiträume der Bewirtschaftungsruhe vereinbart

oder Äcker brachgelegt. Aktuell entfallen nur 5 % der Maßnahmen auf Äcker (URL 1; URL 2) und es besteht flächenmäßig ein hohes Potenzial, die VNP-Förderung auszuweiten.

Erfolgskontrollen überprüfen bislang in erster Linie, in welchem Ausmaß die Maßnahmen des VNP gefährdeten Pflanzengesellschaften auf Ackerstandorten zugutekommen (GÜTHLER et al. 2012). Die Kontrollen zeigen, dass die Biodiversität auf Äckern mit VNP in allen untersuchten Ackerwildkrautgesellschaften statistisch signifikant höher ist als auf den Kontrolläckern. Die Auswertung der Rote Liste-Arten belegt ebenfalls die hohe Bedeutung der Äcker mit VNP für den Artenschutz von Ackerwildkräutern. Zusätzlich weisen Äcker mit VNP mit der Zusatzleistung „Stoppelbrache“ im Vergleich zu konventionell bewirtschafteten Flächen ohne Stoppelbrache 1,7-mal mehr Taxa auf (BERGKNECHT et al. 2023).

Im vorliegenden Artikel betrachten wir die Auswirkungen der Acker-VNP-Maßnahmen auf die Artenzahl und Biomasse von Insekten. Wir erwarten einen positiven Effekt von Acker-VNP-Maßnahmen sowohl auf die Insektenartenzahl als auch auf die Insektenbiomasse, da VNP-Maßnahmen die Fläche an qualitativ hochwertigerem Lebensraum vergrößern, die Heterogenität in der Landschaft fördern und Ackerwildkräuter blütenbesuchenden Insekten ein wichtiges Pollen- und Nektarangebot bieten (BLAIX et al. 2018). Daher untersuchten wir den Effekt von VNP-Maßnahmen auf Insekten

**Abbildungen 2a + 2b:**  
Beispiele für (a) eine konventionelle Ackerfläche ohne VNP und (b) eine extensiv genutzte Ackerfläche mit VNP (Fotos: Katrin Besenius).



unter Berücksichtigung der Heterogenität der umgebenden Landschaft. Wir verglichen Biomasse, Gesamtartenzahlen und Rote Liste-Artenzahlen von Insekten und Spinnentieren auf extensiv bewirtschafteten Äckern mit VNP mit konventionell bewirtschafteten Äckern ohne VNP, um mögliche Effekte von VNP-Maßnahmen nachzuweisen.

## 2. Material und Methoden

### Untersuchungsdesign und Flächenauswahl

Unser Untersuchungsgebiet lag im Landkreis Rhön-Grabfeld im Regierungsbezirk Unterfranken. Der Landkreis zeichnet sich durch eine überdurchschnittlich extensive Bewirtschaftung aus, mit einer der bayernweit höchsten Dichten an Flächen im VNP. Die Datenerhebungen fanden in den Jahren 2020 und 2021 statt. Für jede Fläche wurde die Erlaubnis der Flächeneigentümer eingeholt und in Abstimmung mit der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft eine Aufwandsentschädigung entrichtet sowie artenschutzrechtliche Ausnahmegenehmigungen eingeholt.

Insgesamt wählten wir 29 Äcker mit VNP und 29 Äcker ohne VNP aus, wobei jeweils eine Versuchsfläche mit VNP und eine Versuchsfläche ohne VNP in räumlicher Nähe zueinander lagen, um ein paarweises Versuchsdesign zu gewährleisten (Abbildung 2). Äcker mit VNP hatten durchschnittliche Bodenzahlen von 28, Äcker ohne VNP Bodenzahlen von durchschnittlich 40. Beide Gruppen repräsentieren damit eher magere Standorte. Wir untersuchten 19 Flächenpaare im Jahr 2020 und zehn weitere Flächenpaare im Jahr 2021. Die Äcker hatten zum Zeitpunkt der Insektenuntersuchung in der Regel Wintergetreide als Feldfrucht und die Flächengröße lag bei durchschnittlich 2 ha. Alle Äcker mit VNP hatten die

Grundleistung H11 „Extensive Ackernutzung für Feldbrüter und Ackerwildkräuter“.

Diese Maßnahme beinhaltet

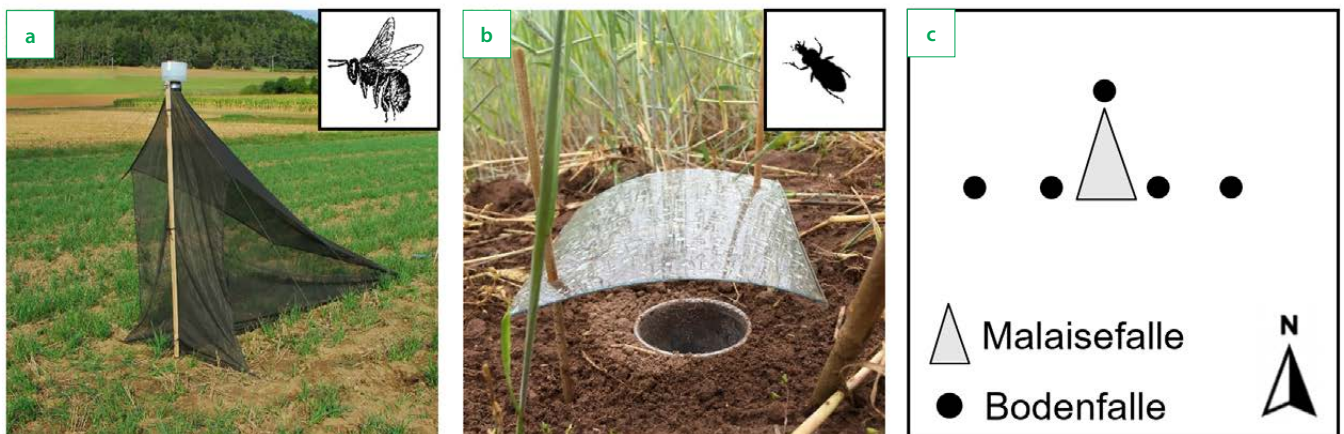
- den Verzicht auf den Anbau bestimmter Feldfrüchte, wie zum Beispiel Mais oder Zuckerrüben,
- den Verzicht auf den Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel,
- die Einhaltung einer Bewirtschaftungsruhe nach der Saat im Frühjahr bis einschließlich 30. Juni des jeweiligen Jahres und
- die Einhaltung von mindestens zwei Winterungen innerhalb des Verpflichtungszeitraums von fünf Jahren.

Die Grundleistung wird obligatorisch mit einer Beschränkung der Düngung (nur Festmist) oder einem Düngeverzicht verknüpft, weitere Zusatzleistungen werden in der Regel vereinbart, entsprechende Kombinationen, beispielsweise mit einer reduzierten Ansaatdichte oder Stoppelbrache finden sich auch in den Versuchsflächen.

### Vegetationsaufnahmen

Die Vegetationsaufnahme erfolgte auf einem 100 m<sup>2</sup>-Plot (50 m x 2 m), der zur Vermeidung von Ökotoneneffekten jeweils mindestens 20 m vom Feldrand und von den Ecken der Ackerflächen entfernt war. Aufgenommen wurden alle höheren Pflanzen und deren Keimlinge, die eingebrachten Blühpflanzen und die Kulturpflanzen. Abgestorbene Biomasse (zum Beispiel Sonnenblumen) aus den Vorjahren sowie Keimlinge von Bäumen und Sträuchern wurden nicht mitaufgenommen. Ergänzend wurden die Gesamtdeckungen der angebauten Kulturarten sowie der Segetalvegetation in Prozent

**Abbildungen 3a, 3b + 3c:** Erfassungsmethodik Insekten: (a) Malaisefalle zur Erfassung von flugfähigen Insekten (erfasste Parameter: Biomasse; Artenzahl aus genetischer Bestimmung, alle Taxa; Artenzahl aus morphologischer Bestimmung, Stechimmen und Schwebfliegen); (b) Bodenfalle zur Erfassung von bodengebundenen Arthropoden (Artenzahl aus morphologischer Bestimmung, Laufkäfer und Spinnentiere); (c) Schematische Darstellung der Anordnung von Malaisefalle und Bodenfallen im Freiland (Fotos: Katrin Besenius).



geschätzt (LONDO 1984; DIERSCHKE 1994; WILMANNNS 1989). Die Aufnahmen erfolgten in der 22. bis 24. Kalenderwoche des jeweiligen Jahres (Vegetation: Dr. Stefan Meyer).

### Erfassungsmethodik Insekten

Insgesamt erfassten wir Insekten in fünf Durchgängen. Auf den 19 Flächenpaaren, die 2020 untersucht wurden, erfolgte je ein Durchgang im Juni, Juli und im August und auf den zehn Flächenpaaren in 2021 jeweils im Juni und im Juli. Als Erfassungsmethoden verwendeten wir in allen fünf Durchgängen Malaisefallen für flugaktive Insekten und Bodenfallen vorrangig für Spinnentiere und Laufkäfer (Abbildungen 3a, 3b). Pro Untersuchungsfläche gruben wir je fünf Bodenfallen in einem Abstand von 5 m zueinander und in genau definierten Abständen zur Malaisefalle ein (Abbildung 3c). Wir entleerten die Bodenfallen zweimal pro Durchgang zeitgleich mit den Malaisefallen.

### Probenaufbereitung

Die Bodenfallenproben wurden ohne Vorsortierung zur Artbestimmung der Laufkäfer und Spinnentiere an externe Experten weitergegeben (Laufkäfer: Wolfgang Lorenz, Spinnentiere: Dr. Christof Manhart). Die Biomasse (Feuchtgewicht) jeder Malaisefallenprobe wurde bestimmt. Die Proben der ersten Entleerung eines jeden Durchgangs dienten der Bestimmung der Artenzusammensetzung mittels DNA-Metabarcoding (CO1). Das methodische Vorgehen zur DNA-Extraktion und Sequenzierung folgte HAUSMANN et al. (2020). Die Insekten der zweiten Entleerung eines jeden Durchgangs wurden nach Ordnungen und zum Teil Unterordnungen sortiert und

quantitativ erfasst. Einzelne Gruppen wie Schwebfliegen und Stechimmen wurden morphologisch auf Artniveau bestimmt (Stechimmen: Johannes Voith, Schwebfliegen: Klaus Rennwald). Zu den nachgewiesenen Taxa wurde die Gefährdungskategorie laut Roter Liste und der Status auf der Vorwarnliste in Deutschland und Bayern ermittelt.

### Datenaufbereitung und statistische Analysen

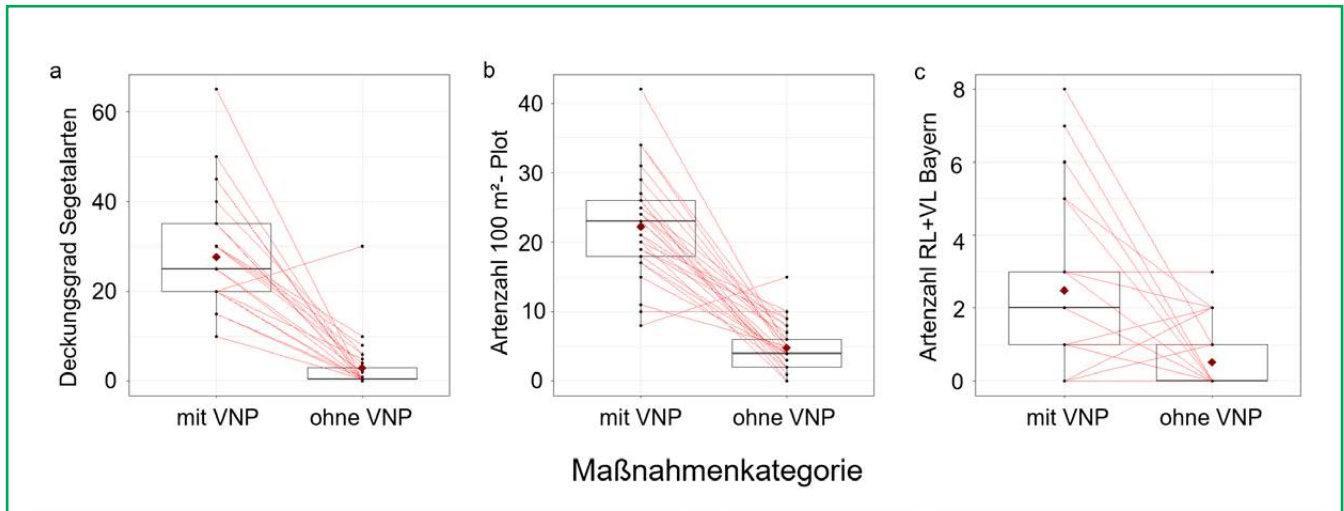
**Abhängige Variablen:** Wir evaluierten einen möglichen Effekt von VNP auf Arthropoden anhand der Biomasse und Gesamtartenzahl (Tabelle 1). Die ermittelte Biomasse wurde für jeden Durchgang durch die Fallenstandzeit in Tagen dividiert, um die Daten in Gramm pro Tag bei unterschiedlichen Standzeiten vergleichbar zu machen. Artenzahlen wurden nicht pro Durchgang, sondern pro Untersuchungsfläche und Untersuchungsjahr für die weiteren Analysen verwendet. Die Gesamtartenzahl wurde zusätzlich, getrennt für die fünf Ordnungen *Diptera* (Zweiflügler), *Hymenoptera* (Hautflügler), *Hemiptera* (Schnabelkerfe), *Lepidoptera* (Schmetterlinge) und *Coleoptera* (Käfer), analysiert. Hinsichtlich der genetisch ermittelten Artenzahlen ist zu beachten, dass es je nach Artengruppe noch immer einen gewissen Anteil an nicht in den Datenbanken erfassten Arten gibt, die in den Analysen als mögliche Arten aufgeführt werden (FÖRSTER et al. 2023), aber keiner bekannten Art eindeutig zugeordnet werden können. Für die nachfolgenden Analysen beschränkten wir uns daher auf bis auf Artniveau bestimmte Taxa (Details im Anhang).

**Unabhängige Variablen:** Als unabhängige Variablen verwendeten wir die umgebende Landschaft. Wir berechneten hierfür den prozentualen Anteil an Fläche mit VNP in einem Umkreis von 1 km Radius um den Mittelpunkt der untersuchten Flächen sowie den Anteil an Dauergrünland in einem Umkreis von 1 km Radius auf Basis der InVeKoS-Daten (Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem, Copyright: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft). Dazu verwendeten wir die im jeweiligen Erfassungsjahr geltenden Datenstände. Als Maß für die Heterogenität der Agrarlandschaft berechneten wir den Shannon-Diversity-Index (SDI) auf Basis der InVeKoS-Daten (landwirtschaftliche Nutzung im jeweiligen Untersuchungsjahr für einen 1 km-Radius (Zahlenbereich von 0 bis 1 skaliert). Alle Berechnungen erfolgten mit der GIS-Software ArcGIS Pro Version 2.6.2 (ESRI Inc. 2020) und mit RStudio Version 2022.12.0 und R Version 4.2.2 (R CORE TEAM 2022).

**Tabelle 1:**

Übersicht über die verwendeten abhängigen und unabhängigen Variablen

Variable	Einheit
<b>Abhängige Variablen</b>	
Biomasse	g/Tag
Artenzahl	Anzahl
Artenzahl an gefährdeten Arten gemäß Rote Liste-Status (inklusive Vorwarnliste)	Anzahl
Deckungsgrad Segetalarten	%
<b>Unabhängige Variablen</b>	
VNP-Maßnahme auf der Fläche	Kategorisch: 1 mit VNP, 0 ohne VNP
Anteil an VNP im Umkreis (1 km)	Prozentualer Anteil an Gesamtfläche
Anteil an Dauergrünland im Umkreis (1 km)	Prozentualer Anteil an Gesamtfläche
Landschaftsheterogenität (1 km): Shannon-Diversity-Index in 1.000 m-Radius, basierend auf landwirtschaftlicher Nutzung (InVeKoS)	Ohne Einheit, kontinuierlicher Wertebereich: 0–1



### Unterschiede einzelner abhängiger Variablen zwischen Flächen mit und ohne VNP (Segetalarten)

Da eine Normalverteilung der Daten nicht immer gegeben war, verwendeten wir für die Auswertung der Segetalarten den Wilcoxon-Rangsummentest für statistische Vergleiche der abhängigen Variablen Artenzahl, Rote Liste-Artenzahl und Deckungsgrad zwischen Flächen mit und ohne VNP. Die angegebene Effektgröße  $r$  kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen, während Werte kleiner 0,3 schwache Effekte, Werte zwischen 0,3 und 0,5 moderate Effekte und Werte größer 0,5 starke Effekte darstellen.

### Generalisierte gemischte Modelle (Insekten und Spinnentiere)

Um den Effekt von VNP auf Artenzahl, Rote Liste-Artenzahl und Biomasse zu untersuchen, verwendeten wir generalisierte gemischte Modelle. Aufgrund der paarweisen Anordnung von Untersuchungsflächen mit und ohne VNP ging die Flächenpaarung als Zufallsvariable (random effect) ein. Wir generierten Teilmodelle aller möglichen Kombinationen von erklärenden Variablen, um die beste Modellzusammensetzung anhand von automatisierten Vergleichen per AICc (Akaike-Informationskriterium mit Korrektur für kleine Stichprobengrößen) zu wählen, wobei der geringste AICc die beste Anpassungsgüte des Modells darstellt. Bei mehreren Modellen mit einem Delta AICc von 2 wird das komplexere Modell in den Ergebnissen dargestellt (BURNHAM & ANDERSON 2004).

## 3. Ergebnisse

### Vergleich von Segetalarten auf Ackerflächen mit und ohne VNP

Auf den Ackerflächen erfassten wir insgesamt 130 Taxa von Ackerwildkräutern (darunter drei

Taxa auf Gattungsniveau). Davon waren auf den 29 Äckern mit VNP in den Vegetationsplots im Durchschnitt viermal so viele Taxa vorhanden als auf den Äckern ohne VNP (23 versus 5 Taxa; Wilcoxon-Rangsummentest,  $p$ -Wert =  $< 0,001$ , Effektgröße = 0,86; Abbildung 4b). Die Deckung der Segetalflora auf den Äckern mit VNP war im Durchschnitt um das Fünffache höher (28 % versus 6 %, Wilcoxon-Rangsummentest,  $p$ -Wert =  $< 0,001$ , Effektgröße = 0,86; Abbildung 4a).

Im Gesamtartenpool waren 21 (potenziell) gefährdete Arten der Roten Liste Bayerns (inklusive Vorwarnliste; Tabelle A 1), wobei die Vorkommen fast ausschließlich auf die Äcker mit VNP beschränkt waren und dort durchschnittlich fünfmal mehr Taxa vorkamen als auf Äckern ohne VNP (2,5 versus 0,5; Wilcoxon-Rangsummentest,  $p$ -Wert =  $< 0,001$ , Effektgröße = 0,64; Abbildung 4c).

### Effekt von VNP auf flugaktive Insekten aus Malaisfallen

#### Biomasse

In den ausgewerteten Malaisfallenproben war im Durchschnitt auf Äckern mit VNP mehr Biomasse vorhanden ( $4,32 \pm 1,22$  g pro Tag) als auf Äckern ohne VNP ( $3,00 \pm 0,85$  g pro Tag). Das Modellergebnis zeigte, dass im Mittel pro Tag statistisch signifikant mehr Insektenbiomasse auf Äckern mit VNP gesammelt wurde als auf Äckern ohne VNP. Die Landschaftsheterogenität befand sich als einzige zusätzliche Variable im Modell mit der besten Anpassungsgüte (das Modell, welches am besten mit den vorliegenden Daten übereinstimmte), ein statistisch signifikanter Effekt auf die Insektenbiomasse war jedoch nicht nachweisbar (Tabelle 2).

### Abbildung 4:

Ergebnisse der Vegetationsaufnahmen auf Äckern mit und ohne VNP zu (a) Deckungsgrad Segetalarten, (b) Artenzahl auf 100 m<sup>2</sup>-Plot und (c) Anzahl an Rote Liste-Arten auf 100 m-Plot (Bayern, inklusive Vorwarnliste); Raute: Mittelwerte

**Gesamtartenzahl und Artenzahl auf Ordnungsniveau (Metabarcoding)**

Im Durchschnitt erfassten wir auf Äckern mit VNP mit 138 Arten ( $\pm 24$ ) gut 20 % mehr Arten, als auf Äckern ohne VNP ( $113 \pm 22$ ). In allen Modellen mit bester Anpassungsgüte war die Variable „mit VNP“ enthalten, sowohl im Modell zur Gesamtartenzahl als auch auf Ebene der fünf einzeln betrachteten Ordnungen. In allen Fällen wirkte sich VNP positiv auf die Artenzahl aus und in vier Fällen (Gesamt, Diptera, Hymenoptera, Lepidoptera) war der Effekt statistisch signifikant positiv. Die Landschaftsparameter fanden sich in fünf Modellen wieder (außer bei der Ordnung Hemiptera), hatten jedoch nur bei den Dipteren einen statistisch schwach positiv signifikanten Effekt (Tabelle 3).

**Artakkumulationskurven (Metabarcoding)**

Der durchwegs positive Effekt von VNP auf die Gesamtartenzahl spiegelte sich auch in den Artakkumulationskurven wider: Die Artenzahl innerhalb aller betrachteten Ordnungen und folglich auch die Gesamtartenzahl lag auf Äckern mit VNP höher (Abbildung 5). Besonders deutlich war der Unterschied in der Gruppe der Hymenopteren. In 77 Proben von Äckern mit VNP konnten wir im Vergleich zu 77 Proben von konventionell bewirtschafteten Äckern beinahe doppelt so viele Arten nachweisen. Die anhaltende Steigung der Kurven verdeutlicht, dass das vollständige Artenspektrum mit dieser Stichprobengröße noch nicht erfasst werden konnte. Lediglich bei der Gruppe der Hemiptera deutete sich der Eintritt in ein Plateau an.

**Tabelle 2:**

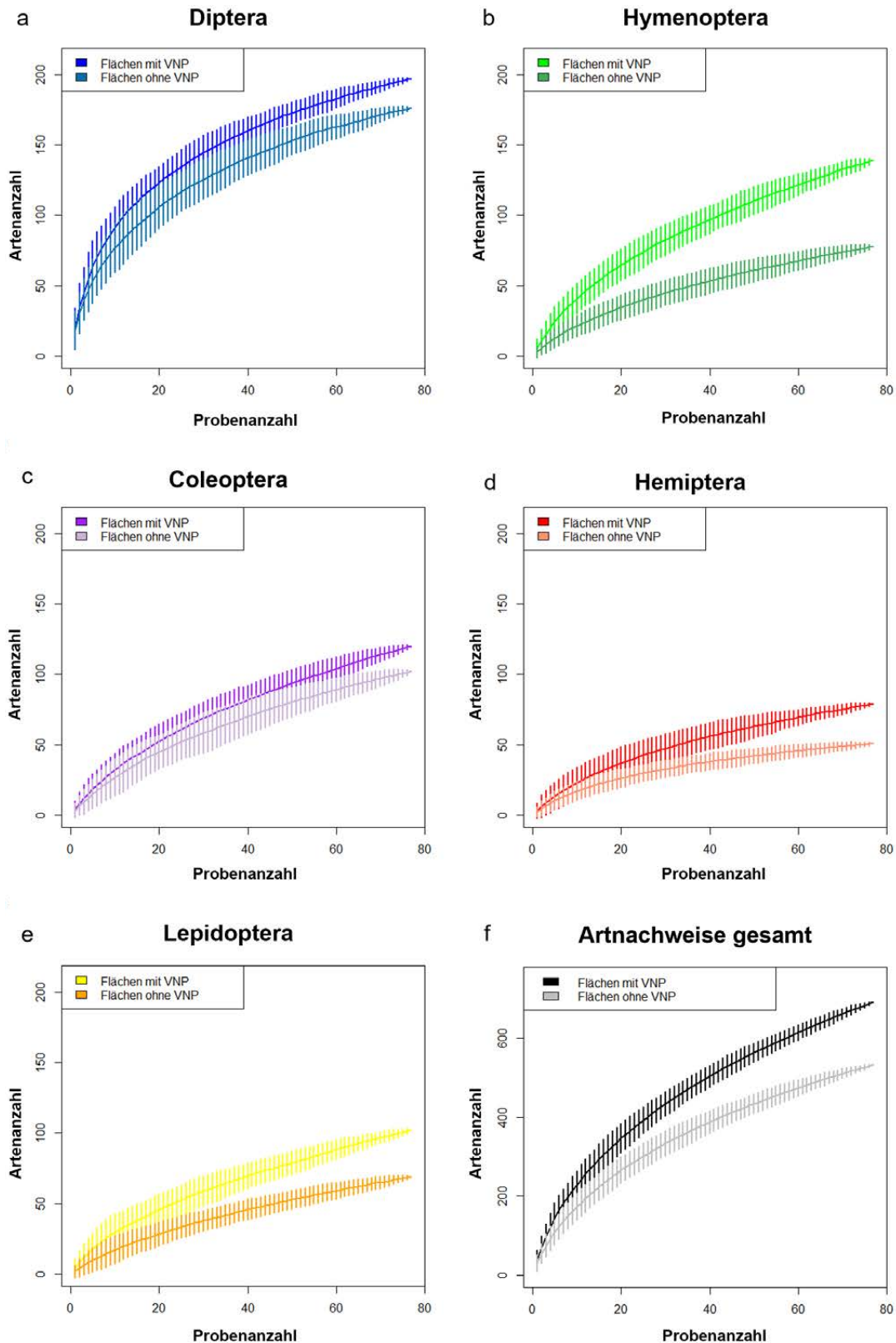
Ergebnisse der generalisierten gemischten Modelle für die Insektenbiomasse aus Malaisefallen auf Äckern mit und ohne VNP; SE = Standardfehler, df = Freiheitsgrade; (\*) bei  $p < 0,05$ , (\*\*) bei  $p < 0,01$ , (\*\*\*) bei  $p < 0,001$

Prädiktor	Koeffizient	SE	df	t-Wert	p-Wert
VNP-Maßnahme auf der Fläche	0,54	0,12	26	4,42	< 0,001***
Landschaftsheterogenität (1 km)	0,04	0,63	54	0,06	0,95

**Tabelle 3:**

Teststatistiken der generalisierten gemischten Modelle für die Gesamtartenzahl und die Artenzahl der selektierten Ordnungen Diptera, Hymenoptera, Hemiptera, Lepidoptera und Coleoptera auf Äckern mit und ohne VNP; SE = Standardfehler, df = Freiheitsgrade; (\*) bei  $p < 0,05$ , (\*\*) bei  $p < 0,01$ , (\*\*\*) bei  $p < 0,001$

Prädiktor	Koeffizient	SE	df	t-Wert	p-Wert
<b>Gesamt</b>					
VNP-Maßnahme auf der Fläche	24,19	5,22	27	4,64	< 0,001***
Landschaftsheterogenität (1 km)	8,68	29,62	55	0,29	0,77
<b>Diptera (Zweiflügler)</b>					
VNP-Maßnahme auf der Fläche	0,52	0,19	27	2,72	< 0,05*
Landschaftsheterogenität (1 km)	-0,31	0,92	47	-0,34	0,74
Anteil an VNP im Umreis (1 km)	-0,06	0,05	47	-1,23	0,22
Anteil an Dauergrünland im Umreis (1 km)	0,01	0,01	51	2,28	< 0,05*
<b>Hymenoptera (Hautflügler)</b>					
VNP-Maßnahme auf der Fläche	0,85	0,15	25	5,48	< 0,001***
Landschaftsheterogenität (1 km)	0,27	0,90	50	0,30	0,77
<b>Hemiptera (Schnabelkerfe)</b>					
VNP-Maßnahme auf der Fläche	0,23	0,15	28	1,56	0,13
<b>Lepidoptera (Schmetterlinge)</b>					
VNP-Maßnahme auf der Fläche	5,26	0,95	27	5,52	< 0,001***
Landschaftsheterogenität (1 km)	-8,74	6,37	42	-1,37	0,18
<b>Coleoptera (Käfer)</b>					
VNP-Maßnahme auf der Fläche	0,20	0,13	28	1,59	0,12
Landschaftsheterogenität (1 km)	0,84	0,72	55	1,16	0,25



**Abbildung 5:**

Artakkumulationskurven für genetisch bestimmte Arten der Ordnungen (a) Diptera, (b) Hymenoptera, (c) Coleoptera, (d) Hemiptera, (e) Lepidoptera sowie (f) Gesamtartenzahl auf Äckern mit und ohne VNP;  $N_{\text{mit VNP}} = 77$ ,  $N_{\text{ohne VNP}} = 77$

**Tabelle 4:**

Teststatistiken der generalisierten gemischten Modelle für die morphologisch bestimmte Artenzahl der Gruppen der Schwebfliegen, Stechimmen, Laufkäfer und Spinnentiere auf Äckern mit und ohne VNP; SE = Standardfehler, df = Freiheitsgrade; (\*) bei  $p < 0,05$ , (\*\*) bei  $p < 0,01$ , (\*\*\*) bei  $p < 0,001$

Prädiktor	Koeffizient	SE	df	t-Wert	p-Wert
<b>Schwebfliegen</b>					
VNP-Maßnahme auf der Fläche	0,91	0,11	27	8,08	< 0,001***
Landschaftsheterogenität (1 km)	0,02	0,67	52	0,04	0,97
<b>Stechimmen</b>					
VNP-Maßnahme auf der Fläche	1,09	0,2	27	5,45	< 0,001***
Landschaftsheterogenität (1 km)	3,06	1,25	49	2,46	< 0,05*
<b>Laufkäfer#</b>					
Landschaftsheterogenität (1 km)	0,84	0,31	54	2,69	< 0,01*
<b>Spinnentiere#</b>					
Landschaftsheterogenität (1 km)	0,31	0,24	54	1,27	0,21

# Aufgrund einer geschätzten Varianz des Zufallseffektes von Null gibt die Zusammenfassung dieses Modells einen „singular fit“ aus.

**Effekt von VNP auf Schwebfliegen und Stechimmen aus Malaisfallen Gesamtartenzahl (morphologische Bestimmung)**

Von Experten anhand morphologischer Merkmale bestimmte Schwebfliegen (Familie innerhalb der Dipteren) und Stechimmen (Teilordnung innerhalb der Hymenopteren) aus Malaisfallen wiesen jeweils eine höhere Gesamtartenzahl auf Flächen mit VNP auf (Schwebfliegen-Arten:  $11,7 \pm 3,8$  mit beziehungsweise  $6,5 \pm 2,0$  ohne VNP; Stechimmen-Arten:  $12,3 \pm 6,8$  mit beziehungsweise  $5,8 \pm 4,4$  ohne VNP). Im Modell zeigte sich für die Stechimmen neben dem Effekt von VNP zudem ein statistisch signifikant positiver Effekt der Landschaftsheterogenität im 1 km-Radius (Tabelle 4).

Auf Äckern mit VNP konnten wir sieben Schwebfliegenarten der Rote Liste Bayern (inklusive Vorwarnliste) nachweisen, auf konventionell bewirtschafteten Äckern lediglich

drei dieser Arten (Tabelle 5, Tabelle A 2). Hervorzuheben ist die Wiederentdeckung von *Merodon analis* (RL-BY: 0, RL-D: 1), einer bis dato für Bayern als ausgestorben oder verschollen geltenden Art. Die häufigsten gefährdeten Arten waren *Paragus bicolor* (RL-BY: 2, RL-D: V) und *Paragus quadrifasciatus* (RL-BY: 2, RL-D: \*). Auch gefährdete Stechimmenarten schienen von VNP zu profitieren. Auf Flächen mit VNP kamen 18 gefährdete oder stark gefährdete Arten vor, im Vergleich zu 11 Arten auf Äckern ohne VNP (Tabelle 5, Tabelle A 3).

**Effekt von VNP auf Laufkäfer und Spinnentiere aus Bodenfallen**

**Gesamtartenzahl (morphologische Bestimmung)**  
In 1.450 Bodenfallenproben identifizierten Experten durchschnittlich  $20,9 (\pm 5,0)$  Arten von Laufkäfern auf Äckern mit VNP. Die Artenzahl war nur geringfügig höher als auf Äckern ohne VNP ( $19,8 \pm 4,0$ ). Die Spinnentiere waren

**Tabelle 5:**

Anzahl morphologisch bestimmter Rote Liste Bayern-Arten (inklusive Vorwarnliste) auf Äckern mit und ohne VNP (siehe Artenlisten im Anhang in Tabellen A 2–5)

Anzahl nachgewiesener Arten der Roten Liste Bayern								
Status RL BY	Schwebfliegen		Stechimmen		Laufkäfer		Spinnentiere	
	VNP	kein VNP	VNP	kein VNP	VNP	kein VNP	VNP	kein VNP
0	1							
1							1	
2	2	1	6	1	3	2	3	1
3	3	1	12	10	6	2	10	11
G			2	1	1	1	1	3
V	1	1	13	7	8	8		
R							2	
D	1							



die einzige Gruppe, die im Durchschnitt mit mehr Arten ( $31 \pm 5,7$ ) auf konventionell bewirtschafteten Äckern vertreten waren ( $28,1 \pm 4,1$  Arten auf Flächen mit VNP). Für die beiden Taxa schienen VNP-Maßnahmen die Artenzahl nicht nennenswert zu beeinflussen, da sich diese Variable in beiden Modellen nicht wiederfand. Stattdessen ging die Landschaftsheterogenität im 1 km-Radius in die Modelle mit der höchsten Anpassungsgüte ein, einen statistisch signifikant positiven Effekt konnten wir jedoch nur auf die Artenzahl der Laufkäfer nachweisen, nicht aber auf die der Spinnentiere (Tabelle 4; die Interpretation dieses Modells sollte aufgrund einer geschätzten Varianz des „random effects“ von Null mit Sorgfalt erfolgen).

#### Rote Liste – Artenzahl (morphologische Bestimmung)

Insgesamt wurden 21 Laufkäfer-Taxa der Roten Liste Bayerns (inklusive Vorwarnliste) nachgewiesen, davon wurden auf Äckern mit VNP 18 Arten und auf Äckern ohne VNP 13 Arten erfasst (Tabelle 5, Tabelle A 4). Die häufigste gefährdete Art mit Vorkommen auf 17 Äckern mit VNP war der Blauhals-Schnellläufer (*Harpalus dimidiatus*; RL-BY: 3, RL-D: 3). Zusätzlich wurden noch drei weitere Arten der Vorwarnliste Deutschlands erfasst, darunter der Große Bombardierkäfer (*Brachinus crepitans*), von dem 6.734 Individuen auf 28 Äckern mit VNP und 470 Individuen auf 16 Äckern ohne VNP identifiziert wurden.

Auf Äckern mit VNP wurden mit durchschnittlich 3,5 Rote Liste-Arten mehr Spinnentierarten nachgewiesen, als auf Äckern ohne VNP. Dabei wurden 17 Arten auf Flächen mit VNP nachgewiesen und 15 Arten auf konventionell bewirtschafteten Äckern (Tabelle 5, Tabelle A 5). Hervorzuheben ist ein Nachweis des gewöhnlichen Zwergglanzspringers (*Chalcoscirtus infimus*) auf einer Fläche mit VNP, einer in Bayern vom Aussterben bedrohten Art (BY-RL: 1, RL-D: 1; PLATEN et al. 1998).

#### 4. Diskussion

Die untersuchten VNP-Maßnahmen auf Ackerflächen zeigten einen deutlich positiven Effekt auf Insekten und belegen damit eine hohe Wirksamkeit des Vertragsnaturschutzprogramms. Um eine positive Trendwende in der Entwicklung der Insekten-Biodiversität zu erreichen, ist es sinnvoll, Ackerflächen, die mit 65 % die Mehrheit der Flächennutzung in der Agrarlandschaft stellen (URL 3), stärker in die Extensivierungsbemühungen des Naturschutzes einzubeziehen.

Insbesondere die hier präsentierten Ergebnisse zu den Rote Liste-Arten belegen, dass eine Ausweitung der VNP-Maßnahmen auf Ackerflächen ein wirksames Mittel ist, um Insekten in der Landschaft effizient zu fördern.

#### Positiver Effekt von VNP auf Ackerwildkräuter

Ergebnisse aus früheren Studien (GÜTHLER et al. 2012; OFFENBERGER 2018) konnten wir bestätigen und so lagen auch in unserer Untersuchung die Artenzahlen von Ackerwildkräutern auf Äckern mit VNP statistisch signifikant höher, als auf den Kontrolläckern. Gerade die höhere Nachweisrate der Rote Liste-Arten belegt den besonderen naturschutzfachlichen Wert mit rund fünffach mehr gefährdeten Arten auf Flächen mit VNP. In unserer Studie untersuchten wir die Grundleistung „Extensive Ackernutzung“ in Kombination mit den Maßnahmen „Düngeverzicht“ (N11), „Reduzierte Ansaatdichte“ (mindestens 20 cm; W01), „Stoppelbrache“ (W05) und „Verzicht auf mechanische und thermische Unkrautvernichtung“ (U01). Inwieweit einzelne Maßnahmen für den beobachteten Effekt bei den Ackerwildkräutern eine Rolle spielen, war nicht Ziel unserer Untersuchung. Doch konnten wir erneut zeigen, dass das VNP eine Grundlage für den Erhalt von Ackerwildkräutern schafft und in Konsequenz eine wichtige Grundlage für den Insektenschutz darstellen kann. Dies zeigt sich in den Biodiversitätsparametern bei den Insekten.

#### Positiver Effekt von VNP auf die Biomasse und die Artenzahl von flugaktiven Insekten

VNP-Maßnahmen auf Äckern hatten eine deutlich positive Wirkung auf die Biomasse und Artenzahl von flugaktiven Insekten. Die in unserer Studie gefundenen Biomassewerte sind vergleichbar mit den Ergebnissen anderer Studien (HALLMANN et al. 2017; UHLER et al. 2021), liegen jedoch auch bei den Äckern ohne VNP eher über dem Durchschnitt. Unsere Modellberechnungen zeigten, dass Struktureichtum (Heterogenität) in der umgebenden Landschaft einen leicht positiven, wenn auch nicht statistisch signifikanten Effekt auf die Insektenbiomasse hat. Struktureiche Landschaften bieten nicht nur eine größere Zahl an Nahrungsquellen, sondern auch eine Vielzahl an kleinräumigen Lebensräumen für Insekten (HOLZSCHUH et al. 2007). Die generell höheren Biomassewerte auf unseren Untersuchungsflächen könnten folglich auch auf den positiven Einfluss der Landschaftsheterogenität zurückzuführen sein (SIRAMI et al. 2019). Die stark erhöhte Insektenbiomasse auf Äckern mit VNP kann zudem weitreichende ökosystemare Bedeutung haben. Zum einen

kann hier eine höhere Bestäuberleistung erwartet werden, zum anderen ist aufgrund der Insektenbiomasse mehr Nahrung für Insektivore, wie beispielsweise Fledermäuse, vorhanden (WICKRAMASINGHE et al. 2003).

### Besonders Schmetterlinge und Hautflügler profitieren von VNP

Das Artenspektrum, welches mithilfe von Malaisefallen erfasst wurde, war äußerst vielfältig. Den Großteil unserer untersuchten Proben machten Zweiflügler (*Diptera*), Hautflügler (*Hymenoptera*) und Schnabelkerfe (*Hemiptera*) aus. Die stärksten Effekte der VNP-Maßnahmen zeigten sich aber bei den Schmetterlingen (*Lepidoptera*) und Hautflüglern (*Hymenoptera*), zwei Gruppen, welche besonders auf ein breites Nektar- und Pollenangebot angewiesen sind. Gerade für Schmetterlinge ist belegt, dass eine extensive landwirtschaftliche Nutzung mit einer hohen Artenzahl an Blütenpflanzen und folglich auch an Ackerwildkräutern die Lebensraumqualität verbessern (Wix et al. 2019). Entsprechend sollte der hohe Deckungsgrad und auch die hohe Anzahl an Ackerwildkräuterarten, welche wir auf den untersuchten VNP-Äckern nachweisen konnten, ein Grund für die stark erhöhte Artenzahl von blütenbesuchenden Insekten wie Schmetterlingen und Hautflüglern sein.

### Schwebfliegen, Wildbienen und Wespen werden positiv von VNP beeinflusst

Eine wichtige Bestäubergruppe stellen die Schwebfliegen (*Syrphidae*) dar, deren ökosystemare Bedeutung, insbesondere für den Nutzpflanzenanbau, lange unterschätzt wurde. So konnte zum Beispiel gezeigt werden, dass Raps mehr Blüten und Samen bildet, wenn er von Hainschwebfliegen (*Episyrphus balteatus*), anstatt von Honigbienen bestäubt wird (JAUKE & WOLTERS 2008). Unsere Ergebnisse zeigten, dass Schwebfliegen von VNP-Maßnahmen vermutlich aufgrund des erhöhten Blütenangebots profitieren. Zusätzlich zur Funktion als Bestäuber im adulten Stadium kommt einem Großteil der Schwebfliegen im Larvenstadium durch den Verzehr von Blattläusen eine wichtige Rolle als Schadantagonist zu (RODRIGUEZ-GASOL et al. 2020). Auch der Großteil der von uns nachgewiesenen Schwebfliegen und die häufigsten drei Arten, die Gemeine Stiftschwebfliege (*Sphaerophoria scripta*), die Glänzende Schwarzkopf-Schwebfliege (*Melanostoma mellinum*) und die Hainschwebfliege (*Episyrphus balteatus*), sind aphidophag (blattlausfressend; RENNWALD 2022). Die Arten traten in beiden Maßnahmen-

kategorien mit ähnlicher Stetigkeit auf, doch waren die durchschnittlichen Individuenzahlen auf VNP-Flächen mindestens doppelt so hoch (Ergebnisse nicht dargestellt). Blattläuse können beträchtliche Ernteschäden verursachen und werden daher in der konventionellen Landwirtschaft mithilfe von Pestiziden bekämpft, während der Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln im VNP untersagt ist. Unsere Ergebnisse lassen vermuten, dass Extensiväckern nicht nur als Nahrungs- sondern auch als Larvalhabitat dienen und somit die Fortpflanzung der aphidophagen Schwebfliegen fördern und eine langfristige Sicherung der Bestände ermöglichen können. Beispielhaft dafür steht der Nachweis eines Exemplars der bis dahin als verschollen geltenden Schwebfliegenart *Merodon analis*. Bislang gab es nur einzelne Funde dieser Art im bayerisch-österreichischen Grenzbereich, sodass es sich hier um den bisher nördlichsten Nachweis handeln dürfte (RENNWALD 2022). Die häufigste stark gefährdete Art war *Paragus bicolor* (RL-BY: 2, RL-D: V), welche ausschließlich auf VNP-Äckern mit hohem Skelettanteil im Oberboden und eher lichtem Bestand anzutreffen war. Die Art besucht vor allem kleine Blüten und bevorzugt niedrige Vegetationshöhen. Dies kann auf extensiv bewirtschafteten Äckern gegeben sein, da der Verzicht auf jegliche Düngung honoriert wird und somit die Wuchshöhe geringer sein kann.

Unsere Ergebnisse zeigten ferner, dass Wildbienen als wichtigste Bestäubergruppe und verwandte Wespen (Stechimmen oder *Hymenoptera Aculeata*) hinsichtlich aller untersuchten Biodiversitätswerte von den VNP-Maßnahmen auf den Ackerflächen profitieren. Zu den Stechimmen gehören neben Bienen auch Grabwespen, Faltenwespen, Wegwespen, Goldwespen und Dolchwespenartige. Ameisen, die ebenfalls zu den Stechimmen zählen, wurden im Rahmen des Projektes nur mittels Metabarcoding einbezogen. Stechimmen stellen sehr verschiedene Anforderungen an ihren Lebensraum und sind hinsichtlich ihrer Nistplatzwahl unterschiedlich stark spezialisiert. Neben dem Nahrungsangebot, welches auf VNP-Äckern durch die reiche Ackerwildkrautflora und den Verzicht auf chemischem Pflanzenschutz gegeben ist, spielt vor allem der passende Niststandort eine essenzielle Rolle für den dauerhaften Erhalt dieser Brutpflegenden beziehungsweise parasitoiden Arten. Viele Wildbienen- und Wespenarten nisten im Boden und sind auf vegetationsarme Bereiche angewiesen. Dies gilt insbesondere für den überwiegenden Teil der gefährdeten Arten. Offene Bodenstellen

oder vegetationsarme Bereiche können auf Ackerflächen durch eine Vergrößerung der Saabstände entstehen, so wie es auch auf den untersuchten VNP-Äckern der Fall war. Die zwei häufigsten Stechimmen-Arten, die wir mithilfe von Malaisefallen auf Äckern mit VNP erfassen konnten, waren die Smaragdgrüne Schmalbiene (*Lasioglossum morio*) und die Acker-Schmalbiene (*Lasioglossum pauxillum*). Beide Arten sind Bodennister, welche von den VNP-Maßnahmen auch durch das reiche Nahrungsangebot profitiert haben könnten.

Die dargestellten positiven Effekte der VNP-Bewirtschaftung auf wichtige Bestäubergruppen wie Wildbienen, Schwebfliegen und Schmetterlinge machen deutlich, dass durch eine Zunahme an extensiv bewirtschafteten Äckern eine Verbesserung der Bestäubungsleistung und auch Produktivität der landwirtschaftlichen Systeme möglich ist. Immerhin werden zwei Drittel der Bestäuberleistung durch wilde Bestäuber erbracht und nur ein Drittel durch Honigbienen (BREEZE et al. 2011). So kann auch der Fruchtansatz von landwirtschaftlichen Kulturen durch blütenbesuchende Wildbienen und Schwebfliegen gesteigert werden (GARIBALDI et al. 2011). Zusätzlich sind schätzungsweise 80 % der Wildpflanzen von Insektenbestäubung abhängig (OLLERTON et al. 2011). Dieser Gesichtspunkt sollte bei zukünftigen Bemühungen, das VNP in Bayern auszuweiten, in der Argumentation berücksichtigt werden.

#### **Vermeehrt Rote Liste-Arten bei den Laufkäfern und den Spinnentieren auf VNP-Flächen**

Die Artenzahl an bodenlebenden Laufkäfern und Spinnentieren profitierte nicht in einem nachweisbaren Umfang von VNP-Maßnahmen. Auffallend war jedoch, dass gerade die gemäß Roter Liste gefährdeten Arten auf VNP-Äckern stärker vertreten waren. Eindeutig hat beispielsweise der Blauhals-Schnellläufer (*Harpalus dimidiatus*; RL-BY: 3, RL-D: 3) von den VNP-Maßnahmen auf Äckern profitiert. Der Käfer ist eine Trockenheit und Wärme liebende Art des sonnigen Offenlandes und ist sowohl auf trockenem Grünland (zum Beispiel Salbei-Glatthaferwiesen) als auch auf extensiv genutztem Ackerland zu finden. Besonders wichtig sind für diese und andere Arten von Feldlaufkäfern Randstrukturen, die als Ausweich- und Rückzugsraum sowie als Winterquartiere überlebenswichtige Funktionen haben (GEIGER et al. 2009; PFIFFNER & LUKA 2000). Ähnliche Strukturen braucht der Große Bombardierkäfer (*Brachinus crepitans*; RL-BY: \*, RL-D: V), welcher in enorm

hohen Dichten erfasst wurde. Arten mit entsprechenden Ansprüchen könnte im VNP der Verzicht auf Düngung und auf chemischen Pflanzenschutz zugutekommen, da diese Eingriffe Randstrukturen zerstören oder in ihrer Habitateignung mindern können (DOVER 2019).

Auch für die Gruppe der Spinnentiere wiesen wir auf VNP-Äckern mehr Rote Liste-Arten nach. Auffallend häufig kam hier das gefährdete Mooskammbein (*Drassyllus pumillus*) vor. Die Plattbauch-Art bevorzugt xerotherme Standorte wie Weinberge, Felssteppen, Trockenrasen und bewaldete Abhänge (GRIMM 1985). Des Weiteren sind einige der gefährdeten Arten auf offene, sandig trockene, vegetationsarme Lebensräume angewiesen (zum Beispiel *Agyneta fuscipalpa*, *Heliophanus lineiventris*, *Haplodrassus minor*, *Haplodrassus dalmatensis*; KIELHORN 2017). Auf allen der untersuchten VNP-Äckern wurde die Feldfrucht in einer reduzierten Ansaatdichte ausgebracht (Zusatzleistung W01). Der Reihenabstand muss demnach mindestens 20 cm betragen, was Raum für Ackerwildkräuter lässt und gleichzeitig vegetationsärmere Stellen schafft. Angesichts der Ansprüche der nachgewiesenen gefährdeten Spinnenarten ist es denkbar, dass VNP-Äcker mit dieser Zusatzleistung diesen Arten wertvolle Habitate bieten, die auf konventionellen Äckern nicht in diesem Umfang zur Verfügung stehen.

#### **Fazit**

Unsere Studie zeigt, dass Acker-VNP-Maßnahmen geeignet sind, die Artenzahl und die Biomasse von Arthropoden auf bewirtschafteten Äckern deutlich zu steigern und bedrohten Arten wieder mehr Lebensräume zu bieten. Die Klärung der einzelnen durch VNP wirksamen Mechanismen hinter den positiven Effekten war nicht Ziel dieser Studie. Zukünftige Forschung sollte darauf abzielen, wie sich einzelne Maßnahmen wie Stoppelbrache, erhöhter Reihenabstand bei der Aussaat oder Verzicht auf Düngung oder Unkrautbekämpfung auf die Verfügbarkeit von Kleinstlebensräumen und Nahrung auswirken, um Maßnahmen für bedrohte Taxa noch effizienter steuern zu können.

## 5. Dank

Wir danken allen Landbewirtschaftenden für ihre Offenheit und Kooperation, Dr. Rita Földesi, Anna-Carina Schreyer, Christoph Ritschel und Dr. Sina Heppner für ihre umfassende Unterstützung im Projekt. Rolf Gerlach und Wolfram Gütthler danken wir für hilfreiche Anmerkungen zum Manuskript. Die Studie wurde im Rahmen des Projektes „Evaluierung der Wirkung von Agrarumweltmaßnahmen auf Insekten, Teil 3: Evaluierung von Fördermaßnahmen im Vertragsnaturschutz (VNP) – Extensive Ackernutzung und extensive Mähnutzung mit Altgrasstreifen“ (Laufzeit von 2019 bis 2023) vom Bayerischen Landesamt für Umwelt durchgeführt. Es war Teil eines Kooperationsprojektes mit der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft. Dieser danken wir für die gute Zusammenarbeit.

Finanziert wurde das Gesamtprojekt aus Mitteln des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz, des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus sowie des Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER).

## Anhang

Eine unredigierte Datei mit weiteren Details zu den Methoden sowie mit Artenlisten finden Sie hier:

[www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/doc/an47204besenius\\_et\\_al\\_2025\\_vnp\\_insektenvielfalt\\_anhang.pdf](http://www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/doc/an47204besenius_et_al_2025_vnp_insektenvielfalt_anhang.pdf)

## Literatur

- ATTWOOD, S. J., MARON, M., HOUSE, A. P. N. et al. (2008): Do arthropod assemblages display globally consistent responses to intensified agricultural land use and management? – *Glob. Ecol. Biogeogr.* 17(5): 585–599.
- BERGKNECHT, P., BIRKWAD, T. & MEYER, S. (2023): Stoppelbrachen – eine Chance für spätblühende Ackerswildkräuter? – *Anliegen Natur* 45(1): 77–86; [www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/doc/an45105bergknecht\\_et\\_al\\_2023\\_stoppelbrachen.pdf](http://www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/doc/an45105bergknecht_et_al_2023_stoppelbrachen.pdf) (abgerufen am 05.02.2025).
- BLAIX, C., MOONEN, A. C., DOSTATNY, D. F. et al. (2018): Quantification of regulating ecosystem services provided by weeds in annual cropping systems using a systematic map approach. – *Weed Res. Arch.* 58(3): 151–164.
- BREEZE, T. D., BAILEY, A. P., BALCOMBE, K. G. et al. (2011): Pollination services in the UK: How important are honeybees? – *Agric. Ecosyst. Environ.* 142(3–4): 137–143.
- BURNHAM, K. P. & ANDERSON, D. R. (2004): Multimodel inference: understanding AIC and BIC in model selection. – *Sociological methods & research* 33(2): 261–304.
- CARDOSO, P., BARTON, P. S., BIRKHOFER, K. et al. (2020): Scientists' warning to humanity on insect extinctions. – *Biological Conservation* 242: 108426.
- DIERSCHKE, H. (1994): *Pflanzensoziologie: Grundlagen und Methoden.* – Verlag Eugen Ulmer, UTB – Große Reihe.
- DOVER, J. W. (2019): *The ecology of hedgerows and field margins.* – First published 2019, Routledge, London, New York, NY: 292 S.
- EMMERSON, M., MORALES, M. B., OÑATE, J. J. et al. (2016): Chapter Two – How Agricultural Intensification Affects Biodiversity and Ecosystem Services. – *Adv. Ecol. Res.* 55: 43–97.
- ESRI INC. (2020): *ArcGIS Pro.* – Version 2.6.2.
- FÖRSTER, T., CREUTZBURG, F. & ANTON, E. (2023): Metabarcoding versus morphologische Identifizierung: der Herausforderung gewachsen? – *Entomologische Zeitschrift* 133(2), Schwanfeld.
- GARIBALDI, L. A., STEFFAN-DEWENTER, I., KREMEN, C. et al. (2011): Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. – *Ecol. Lett.* 14(10): 1062–1072.
- GEIGER, F., WÄCKERS, F. L., BIANCHI, F. J. J. A. (2009): Hibernation of predatory arthropods in semi-natural habitats. – *Biocontrol Sci.* 54(4): 529–535.
- GODFRAY, H. C. J., BEDDINGTON, J. R., CRUTE, I. et al. (2010): Food security: the challenge of feeding 9 billion people. – *Science* 327(5967): 812–818.
- GRIMM, U. (1985): Die Gnaphosidae Mitteleuropas (Arachnida, Araneae). – *Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg* 26.
- GÜTHLER, W., HEPPNER, S., HEUSINGER, G. et al. (2012): Erfolgskontrollen zum bayerischen Vertragsnaturschutzprogramm-Flora und Fauna auf VNP-Flächen mit Grünland, Acker und Teichen. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 44(7): 197–204.
- HABEL, J. C., ULRICH, W., BIBURGER, N. et al. (2019): Agricultural intensification drives butterfly decline. – *Insect Conserv. Divers.*
- HALLMANN, C. A., SORG, M., JONGEJANS, E. et al. (2017): More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. – *PLoS One* 12(10): e0185809.
- HALLMANN, C. A., ZEEGERS, T., KLINK, R. et al. (2020): Declining abundance of beetles, moths and caddisflies in the Netherlands. – *Insect Conserv. Divers.* 13(2): 127–139.
- HAUSMANN, A., SEGERER, A. H., GREIFENSTEIN, T. et al. (2020): Toward a standardized quantitative and qualitative insect monitoring scheme. – *Ecol. Evol.* 10(9): 4009–4020.
- HOLZSCHUH, A., STEFFAN-DEWENTER, I., KLEIJN, D. et al. (2007): Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. – *J. Appl. Ecol.* 44(1): 41–49.

- JAUKER, F. & WOLTERS, V. (2008): Hover flies are efficient pollinators of oilseed rape. – *Oecologia* 156(4): 819–823.
- KIELHORN, U. (2017): Rote Liste und Gesamtartenliste der Spinnen (Araneae) und Gesamtartenliste der Weberknechte (Opiliones). – Bearbeiter: Technische Universität Berlin.
- LISTER, B. C. & GARCIA, A. (2018): Climate-driven declines in arthropod abundance restructure a rainforest food web. – *PNAS* 115(44): E10397–E10406.
- LONDO, G. (1984): The decimal scale for relevés of permanent quadrats. – In: KNAPP, R. (Hrsg.): *Sampling Methods and Taxon Analysis in Vegetation Science*, Springer Dordrecht.
- MORSE, D. H. (1971): The Insectivorous Bird as an Adaptive Strategy. – *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 2(1): 177–200.
- MÜLLER, J., HOTHORN, T., YUAN, Y. et al. (2024): Weather explains the decline and rise of insect biomass over 34 years. – *Nature* 628(8007): 349–354.
- OFFENBERGER, M. (2018): Erfolge beim Schutz der Segetalflora. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 50(10): 386–393.
- OLLERTON, J., WINFREE, R., TARRANT, S. (2011): How many flowering plants are pollinated by animals? – *Oikos* 120(3): 321–326.
- PIFFNER, L. & LUKA, H. (2000): Overwintering of arthropods in soils of arable fields and adjacent semi-natural habitats. – *Agric. Ecosyst. Environ.* 78(3): 215–222.
- PLATEN, R., BLICK, T., SACHER, P. et al. (1998): Rote Liste der Webspinnen (Arachnida: Araneae). – 1998: Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. – Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, H 55: 268–275.
- POWNEY, G. D., CARVELL, C., EDWARDS, M. et al. (2019): Widespread losses of pollinating insects in Britain. – *Nat. Commun.* 10(1): 1018 S.
- R CORE TEAM (2022): R: A language and environment for statistical computing. – R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.; [www.R-project.org/](http://www.R-project.org/) (abgerufen am 05.02.2025).
- RAVEN, P. H. & WAGNER, D. L. (2021): Agricultural intensification and climate change are rapidly decreasing insect biodiversity. – *PNAS* 118: 2.
- RENNWALD, K. (2022): Auswertung von Schwebfliegen aus Malaisefallen aus dem AUM-Projekt. – Im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umwelt.
- RODRÍGUEZ-GASOL, N., ALINS, G., VERONESI, E. R. et al. (2020): The ecology of predatory hoverflies as ecosystem-service providers in agricultural systems. – *Biocontrol Sci.* 151: 104405.
- SÁNCHEZ-BAYO, F. & WYCKHUYS, K. A. (2019): Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. – *Biol. Conserv.* 232: 8–27.
- SEIBOLD, S., GOSSNER, M. M., SIMONS, N. K. et al. (2019): Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. – *Nature* 574(7780): 671–674.
- SIRAMI, C., GROSS, N., BAILLOD, A. B. et al. (2019): Increasing crop heterogeneity enhances multitrophic diversity across agricultural regions. – *PNAS* 116(33): 16442–16447.
- UHLER, J., REDLICH, S., ZHANG, J. et al. (2021): Relationship of insect biomass and richness with land use along a climate gradient. – *Nat. Commun.* 12(1): 5946.
- URL 1: Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM), Ökologischer Landbau und Tierschutzmaßnahmen, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft; [www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/eu-agrarpolitik-und-foerderung/agrarumwelt-und-klimamassnahmen-aukm/agrarumwelt-massnahmen-deutschland.html](http://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/eu-agrarpolitik-und-foerderung/agrarumwelt-und-klimamassnahmen-aukm/agrarumwelt-massnahmen-deutschland.html) (abgerufen am 05.02.2025).
- URL 2: Bayerisches Vertragsnaturschutzprogramm (VNP); Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz [www.stmuv.bayern.de/themen/naturschutz/naturschutzfoerderung/vertragsnaturschutzprogramm/index.htm](http://www.stmuv.bayern.de/themen/naturschutz/naturschutzfoerderung/vertragsnaturschutzprogramm/index.htm) (abgerufen am 05.02.2025).
- URL 3: Bayerischer Agrarbericht 2024, Landwirtschaftliche Flächennutzung; [www.agrarbericht.bayern.de/landwirtschaft/landwirtschaftliche-flaechennutzung.html](http://www.agrarbericht.bayern.de/landwirtschaft/landwirtschaftliche-flaechennutzung.html) (abgerufen am 05.02.2025).
- WICKRAMASINGHE, L. P., HARRIS, S., JONES, G. et al. (2003): Bat activity and species richness on organic and conventional farms: impact of agricultural intensification. – *Journal of Applied Ecology* 40(6): 984–993.
- WILMANN, O. (1989): *Ökologische Pflanzensoziologie*. – Quelle & Meyer, Heidelberg-Wiesbaden.
- WIX, N., REICH, M. & SCHAARSCHMIDT, F. (2019): Butterfly richness and abundance in flower strips and field margins: the role of local habitat quality and landscape context. – *Heliyon* 5(5): e01636.
- YU, Q., YOU, L., WOOD-SICHTA, U. et al. (2020): A cultivated planet in 2010 – Part 2: The global gridded agricultural-production maps. – *Earth Syst. Sci. Data* 12(4): 3545–3572.
- ZABEL, F., DELZEIT, R., SCHNEIDER, J. M. et al. (2019): Global impacts of future cropland expansion and intensification on agricultural markets and biodiversity. – *Nat. Commun.* 10(1): 2844.

## Autorinnen und Autoren



### Dr. Katrin Besenius

Jahrgang 1988

Studium der Biologie an der Technischen Universität München (TUM), anschließend Promotion an der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) in aquatischer Ökologie und Genetik. Seit 2019 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Bayerischen Landesamt für Umwelt, seit 2020 im Bayerischen Artenschutzzentrum mit dem Arbeitsschwerpunkt Erfassung und Schutz von Insekten.

Bayerisches Landesamt für Umwelt  
+49 821 9071 2014  
[katrin.besenius@lfu.bayern.de](mailto:katrin.besenius@lfu.bayern.de)

### Johannes Voith

Jahrgang 1958

Bayerisches Landesamt für Umwelt  
[joh.voith@gmx.de](mailto:joh.voith@gmx.de)

### Dr. Simon Ripperger

Jahrgang 1982

Bayerisches Landesamt für Umwelt  
+49 821 9071 5108  
[simon.ripperger@lfu.bayern.de](mailto:simon.ripperger@lfu.bayern.de)

### Dr. Johanna Buchner

Jahrgang 1986

Bayerisches Landesamt für Umwelt  
[johanna\\_buchner@gmx.de](mailto:johanna_buchner@gmx.de)

### Ines Langensiepen

Jahrgang 1967

Bayerisches Landesamt für Umwelt  
+49 821 9071 5101  
[ines.langensiepen@lfu.bayern.de](mailto:ines.langensiepen@lfu.bayern.de)

## Zitiervorschlag

BESENIUS, K., VOITH, J., RIPPERGER, S., BUCHNER, J. & LANGENSIEPEN, I. (2025): Bayerisches Vertragsnaturschutzprogramm erhöht die Insektenvielfalt auf Äckern – Anliegen Natur 47(2): online preview, 14 p., Laufen; [www.anl.bayern.de/publikationen](http://www.anl.bayern.de/publikationen).