

Langzeitauswirkungen der Umstellung von integriertem auf biologischen Landbau auf die Nutzarthropoden

Henryk Luka¹, Theo Blick², Heiner Lenzin³, Agata Luka-Stan¹, Lara Reinbacher¹ und Lukas Pfiffner¹

¹Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, 5070 Frick, Schweiz

²Theo Blick, Heidloh 8, 95503 Hummeltal, Deutschland

³Universität Basel, Departement Umweltwissenschaften, 4056 Basel, Schweiz

Auskünfte: Henryk Luka, E-Mail: henryk.luka@fibl.ch

<https://doi.org/10.34776/afs15-16> Publikationsdatum: 30. Januar 2024



Dreispietiger Kamelläufer (*Amara tricuspidata*), eine gefährdete Laufkäferart, die hauptsächlich Biofelder mit artenreicher Begleitflora besiedelt. Foto: Christoph Benisch – www.kerbtier.de

Zusammenfassung

Biologischer Landbau stellt eine geeignete Anbaumethode für die Förderung und Erhaltung der Artenvielfalt von räuberischen Nützlingen dar. Die positiven Veränderungen sind stark Kontext abhängig und brauchen je nach Vorgeschichte und Standortverhältnisse längere Zeit (Jahre). In diesem Projekt wurde in den Jahren 1993–95 und 2020–22 untersucht, wie sich die Umstellung eines IP-Betriebs in Aesch (BL) im Jahr 1997 auf biologische Bewirtschaftung auf die epigäischen Nutzarthropoden, Lauf- und Kurzflügelkäfer sowie Spinnen ausgewirkt hat. Dazu wurden auf drei

Betrieben je fünf Ackerflächen untersucht: ein Bio-betrieb, ein Umstellungsbetrieb und ein IP-Referenz-betrieb. Die Individuenzahlen der Kurzflügelkäfer und Spinnen nahmen auf dem Umstellungsbetrieb signifikant zu, die Individuenzahlen der Laufkäfer dagegen nahmen auf dem Umstellungsbetrieb und auf dem Biobetrieb, gleichermassen und signifikant ab. Bei den Artenzahlen gab es auf dem Umstellungsbetrieb nur bei den Kurzflügelkäfern eine signifikante Zunahme. Die Artenzahlen auf dem Umstellungsbetrieb und auf dem Biobetrieb waren bei allen drei Tiergruppen höher als auf dem IP-Referenzbetrieb, wobei die Unterschiede nur bei den Spinnen signifikant waren. Die Artengemeinschaften der Laufkäfer und Spinnen auf dem Umstellungsbetrieb und dem Biobetrieb der Periode 1993–95 unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung deutlich von denjenigen in den Jahren 2020–22. Bei den Kurzflügelkäfern dagegen sind die Artengemeinschaften der einzelnen Betriebe unabhängig von der Zeitperiode einander ähnlich. Es wurde eine Zunahme von anspruchsvollen Lebensraum- und Mikroklimaspezialisten festgestellt. Die Umstellung eines IP-Betriebs auf biologischen Anbau wirkte sich nach 23 Jahren mehrheitlich positiv auf die Häufigkeit und Artenvielfalt der epigäischen Nutzarthropoden sowie auf die Zusammensetzung der Artengemeinschaften aus. Die Daten zeigen auch, dass die Auswirkungen des Klimawandels bemerkbar sind. Jedoch ermöglichen die zu kleine Untersuchungsskala sowie fehlende Umweltdaten keine sicheren Aussagen über die Kausalität der gemachten Beobachtungen.

Key words: organic farming, Succession, *Staphylinidae*, *Carabidae*, *Araneae*, *polyphagous arthropods*.

Einleitung

Für die Schweiz liegen aktuell nur wenige Langzeitstudien vor, die die Veränderungen der Insektengemeinschaften dokumentieren (Fürst *et al.*, 2022; Neff *et al.*, 2022; Martinez *et al.*, in Vorbereitung). Die Veränderungen der Artenvielfalt und Abundanz von Nutzarthropoden, wie Insekten und Spinnen, haben aber gravierende Auswirkungen auf verschiedene Funktionen der Ökosysteme (Kremen & Miles, 2012). Insekten, zum Beispiel, spielen eine zentrale Rolle als räuberische Nützlinge und sind für die natürliche Schädlingsregulation entscheidend (Zehnder *et al.*, 2007).

Da die intensive Bewirtschaftung von landwirtschaftlich genutzten Flächen mit einem hohen Einsatz an chemisch-synthetischen Pestiziden und Dünger einhergeht, ist es wichtig zu prüfen, wie gross die Unterschiede zwischen verschiedenen Anbaumethoden sind in Bezug auf die eingesetzten Hilfsstoffe und deren Einfluss auf die Umwelt. Untersuchungen über die Langzeitentwicklung von Insektengemeinschaften sind notwendig, um die Auswirkungen der Ökologisierung der Anbausysteme auf epigäische Nutzarthropoden aufzeigen zu können. Irmeler (2018 a & b) gibt für die Lauf- und Kurzflügelkäfer an, dass die positiven Auswirkungen vom Biolandbau auf die Artenvielfalt, je nach Kontext, erst nach bis zu 15 Jahren nach der Umstellung messbar sind.

Ziele

In diesem Projekt wurde in zwei Zeitperioden 1993–95 und 2020–22 untersucht, wie sich die Umstellung eines IP-Betriebs 1997 auf biologische Bewirtschaftung nach 23 Jahren auf die Nützlinge, Lauf- und Kurzflügelkäfer sowie Spinnen ausgewirkt hat. Als Grundlagen dienen Daten, die im Kanton Baselland (Nordwestschweiz) von 1993 bis 1995 auf einem IP-Betrieb und einem Biobetrieb in der Nachbarschaft erhoben wurden (Pfiffner & Luka, 1996; Luka *et al.*, 2000).

Von 2020 bis 2022 wurden standardisierte Bodenfallen-Fänge an denselben Standorten wie 1993 bis 1995 durchgeführt. Zusätzlich wurde 2020–22 ein IP-Referenzbetrieb in der Nachbarschaft herangezogen. Dabei wurde auf folgende Fragen eingegangen: Wie entwickelten sich die Artengemeinschaften der epigäischen Nutzarthropoden in den Ackerflächen des IP-Betriebs nach 23 Jahren Biobewirtschaftung hinsichtlich 1) der Arten- und Individuenzahlen und 2) der Artenzusammensetzung?

Epigäische Nutzarthropoden

Lauf- und Kurzflügelkäfer sowie Spinnen gelten als geeignete Bioindikatoren für verschiedenste Fragestellungen (Luka 2004). Aufgrund der spezifischen Ansprüche vieler Arten an bestimmte Lebensraumtypen, Mikrohabitate und mikroklimatische Verhältnisse, eignen sie sich zur qualitativen Beurteilung von Lebensräumen. Die Mehrheit der Arten lebt räuberisch und diese Arten gelten deshalb als wichtige Nützlinge (Lauf- und Kurzflügelkäfer: Luka 1996; Bohac 1999; Holland 2002 und Trautner 2017, Spinnen: Blick 1999; Hänggi *et al.*, 1995; Nentwig *et al.*, online).

Material und Methoden

Die Epigäische Nutzarthropoden wurden in zwei Perioden 1993–95 und 2020–22 auf einem Betrieb in Aesch (BL) untersucht. Dieser Betrieb wurde in der Periode 1993–95 als IP-Betrieb bewirtschaftet und 1997 auf biologische Bewirtschaftung umgestellt. Als Vergleichsbetrieb wurde 1993–95 und 2020–22 ein Biobetrieb in Oberwil (BL) herangezogen (Bio seit 1974). Von 2020 bis 2022 wurde zusätzlich ein IP-Referenzbetrieb in Ettlingen (BL) mituntersucht (IP seit 2003). Um die Vergleichbarkeit zwischen den Untersuchungsperioden sowie den Betrieben zu gewährleisten, wurden pro Betrieb und Untersuchungsperiode 1993–95 bzw. 2020–22 fünf Ackerflächen aus der Fruchtfolge ausgewählt, mit je drei Wintergetreideflächen, einer Maisfläche und einer Rapsfläche (Abb. 1).

Die Epigäische Nutzarthropoden wurden mit zwei (nur 1993) bis vier Trichterbodenfallen (10 cm Öffnungsdurchmesser) pro Fallenstandort gefangen. Die Fallen waren während zehn Wochen pro Jahr, von März bis Juli, im Betrieb.

Über alle drei Jahre wurden von März bis Juli an zwei Terminen um die Fallenstandorte botanische Aufnahmen durchgeführt (je 3 × 40 m). Die Registrierung der Arten im Feld erfolgte mit einer modifizierten Abundanz-Dominanz-Skala nach Braun-Blanquet (1964). Zusätzlich wurden in den Getreidefeldern Anfang Juli die Getreidehalme gezählt, um die Unterschiede in der Bestandesdichte zwischen den drei Betrieben zu erfassen. Pro Feld wurden in der Umgebung von Fallenstandorten Halme in 10 Quadraten à 40 × 40 cm gezählt.

Für die Angaben über artspezifische Gefährdung wurde die geltende Rote Liste der gefährdeten Laufkäfer und Sandlaufkäfer der Schweiz (Marggi in Duelli 1994) verwendet, als Vergleichsquelle wurde die Einschätzung

nach Chittaro *et al.* (in Vorbereitung) herangezogen. Für die Kurzflügelkäfer und Spinnen der Schweiz liegen keine Roten Listen vor. Die Ökologieangaben stammen aus Luka *et al.*, 2009 (für die Laufkäfer) sowie Luka *et al.* 2022, Horion 1963, 1965, 1967 und Assing & Schülke 2012 (für die Kurzflügelkäfer) und Hänggi *et al.*, 1995 sowie Blick unpubliziert (für die Spinnen).

Die Signifikanz der Unterschiede wurde bei zwei Stichproben-Gruppen mit t-Test geprüft und bei mehr als zwei Stichproben-Gruppen mit Einfaktorieller Anova (Varianzanalyse), Post Hoc Tukey getestet (SPSS® V. 24). Bei der grafischen Darstellung von Mittelwerten wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit auf die Angabe der Schwankungsbereiche verzichtet. Zum Vergleich der Anzahl Halme auf den Getreidefeldern wurden gemischte lineare Modelle erstellt (Statistiksoftware R, Version 4.3.1., package «lme4», Version 1.1–34). Als fester Faktor wurde die Bewirtschaftungsweise (Bio oder IP) verwendet, die Betriebe wurden als Random-Effekt miteinbezogen. Die Voraussetzungen für lineare Modelle (Linearität, Normalität, Homoskedastizität) wurden visuell überprüft. Die Ähnlichkeiten der Zusammensetzung von Artengemeinschaften wurden mittels hierarchischer Clusteranalysen (Methode Ward, Chi-Quadrat-Mass) berechnet und als Dendrogramm visualisiert (SPSS® V. 24).

Resultate

Insgesamt wurden von 1993 bis 2022 in den 25 ausgewählten Ackerflächen 48847 Individuen und 322 Nützlingsarten nachgewiesen. Die höchsten Individuenzahlen (Ind.) wiesen mit 26016 Ind. die Laufkäfer, gefolgt von Spinnen mit 13952 Ind. sowie Kurzflügelkäfer mit

8879 Ind. auf. Die höchste Artenvielfalt wurde bei den Kurzflügelkäfern mit 152 Arten nachgewiesen (Tab. 1). Zu den vier häufigsten Arten auf dem Umstellungsbetrieb und dem Biobetrieb gehörten in beiden Zeitperioden bei den Kurzflügelkäfern *Dinaraea angustula* (Zunahme von 1993–95 bis 2020–22 um ca. 600 %), *Philonthus cognatus* (Zunahme um ca. 20 %), *Tachinus rufipes* (Zunahme um ca. 130 %) und *Aloconota gregaria* (Zunahme um ca. 220 %). Bei den Laufkäfern waren es *Anchomenus dorsalis* (Zunahme um 200 %), *Poecilus cupreus* (Abnahme um 60 %), *Pterostichus melanarius* (Abnahme um 80 %) und *Agonum muelleri* (Abnahme um 78 %). Bei den Spinnen war *Oedothorax apicatus* die häufigste Art der Untersuchung und nahm bis 2022 um ca. 90 % an Häufigkeit zu, gefolgt von *Pardosa agrestis* (Abnahme um 20 %), *Pachygnatha degeeri* (Zunahme um ca. 300 %) und *Pardosa palustris* (Zunahme um ca. 400 %). Bei allen drei Tiergruppen wurden 2022 Arten nachgewiesen, die in der Periode 1996–98 in den ausgewählten Ackerflächen nicht festgestellt worden sind. Zum Beispiel traten bei den Kurzflügelkäfern nur in 2020–22 *Ocyopus nitens*, *Othius laeviusculus*, *Amischa bifoveolata*, *Rabigus pullus* und *R. tenuis* auf. Bei den Laufkäfern waren es *Brachinus crepitans*, *Cylindera germanica*, *Notiophilus substriatus*, *N. quadripunctatus*, *Syntomus obscuroguttatus* und *Pedius longicollis* und bei den Spinnen, zum Beispiel, *Pardosa prativaga* oder *Zodarion italicum*.

Die Individuenzahlen der Kurzflügelkäfer und Spinnen waren in der Periode 1993–95 auf dem Biobetrieb signifikant höher als auf dem Umstellungsbetrieb (Kurzflügelkäfer Abb. 2, links oben, $t=4,513$, $df 22$, $P<0,001$) bzw. Spinnen, Abb. 2, links unten, $t=-5,226$, $df 26$,

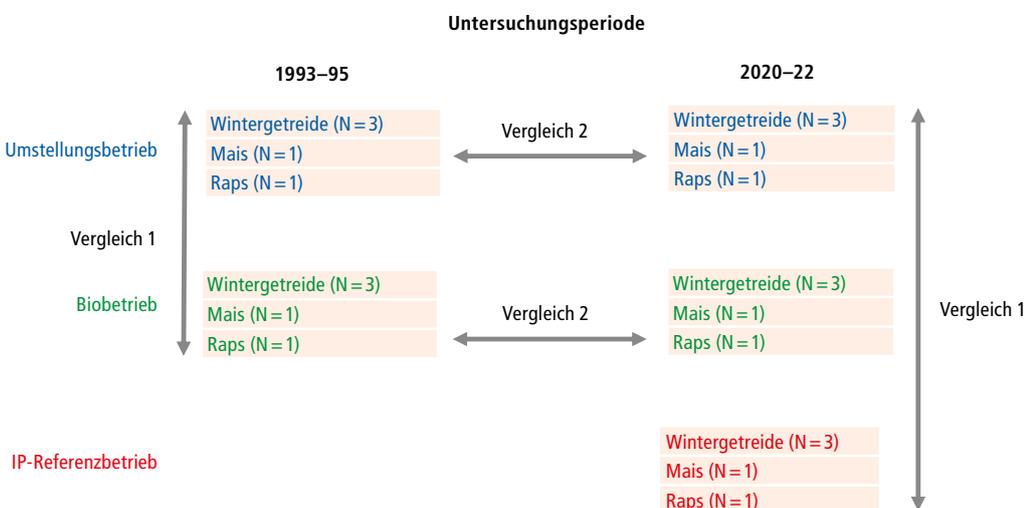


Abb. 1 | Versuchsanordnung in den Äckern von 1993–95 und von 2020–22.

Tab. 1 | Übersicht über die Individuen- und Artenzahlen der Lauf- und Kurzflügelkäfer sowie Spinnen auf drei Betrieben (mit je fünf Ackerflächen) in zwei Zeitperioden.

Betrieb	Jahre	Anzahl Kurzflügelkäfer		Anzahl Laufkäfer		Anzahl Spinnen		Anzahl Total	
		Individuen	Arten	Individuen	Arten	Individuen	Arten	Individuen	Arten
Umstellungsbetrieb	1993–95	458	61	5961	44	1207	37	7626	142
	2020–22	2320	91	4748	53	3833	56	10901	200
	1993–2022	2778	106	10709	62	5040	65	18527	233
Biobetrieb	1993–95	1379	66	5225	49	2782	51	9386	166
	2020–22	2537	103	4284	54	3628	64	10449	221
	1993–2022	3916	121	9509	65	6410	74	19835	260
IP-Referenzbetrieb	2020–2022	2185	75	5798	51	2502	40	10485	166
Total	1993–2022	8879	152	26016	81	13952	89	48847	322

$P < 0,001$), die Laufkäfer unterschieden sich nicht (Abb. 2, links Mitte, $t = 0,603$, $df = 26$, $P = 0,552$). Die Individuenzahlen der Kurzflügelkäfer und Spinnen nahmen von 1993–95 auf dem Umstellungsbetrieb bis 2020–22 signifikant zu (Kurzflügelkäfer Abb. 2, links oben, $t = -6,981$, $df = 32$, $P < 0,001$ bzw. Spinnen $t = -4,289$, $df = 32$, $P < 0,001$), diejenigen des Biobetriebs dagegen nahmen nicht-signifikant ab (Kurzflügelkäfer Abb. 2, links oben, $t = -0,364$, $df = 28$, $P = 0,719$ bzw. Spinnen Abb. 2, links unten $t = 0,624$, $df = 32$, $P = 0,537$).

Die Zunahme auf dem Umstellungsbetrieb wurde bei den Kurzflügelkäfern vor allem durch das individuenreiche Auftreten von *Aloconota gregaria* und *Dinaraea angustula* und bei den Spinnen durch *Oedothorax apicatus* sowie *Pardosa palustris* zustande. Es gab auch Arten, deren Häufigkeit abgenommen hat, zum Beispiel der Kurzflügelkäfer *Lathrobium fulvipenne* und die Spinne *Diplostyla concolor*; insgesamt waren die Abnahmen jedoch deutlich niedriger als die Zunahmen. Die Zunahme der Individuenzahlen auf dem Umstellungsbetrieb führte dazu, dass es in der Periode 2020–22 bei den Kurzflügelkäfern und Spinnen keine signifikanten Unterschiede mehr zwischen dem Umstellungsbetrieb und dem Biobetrieb gab.

Die Individuenzahlen der Laufkäfer nahmen auf dem Umstellungsbetrieb und dem Biobetrieb bis 2022 ab (Abb. 2 Mitte links, $t = -3,368$, $df = 32$, $P = 0,002$ bzw. $t = -2,296$, $df = 32$, $P = 0,028$). Verantwortlich dafür waren auf beiden Betrieben die starken Abnahmen zweier dominanter Laufkäferarten *Poecilus cupreus* und *Pterostichus melanarius*. Diese Abnahmen wurden jedoch durch starke Zunahmen an Häufigkeit anderer Arten, hauptsächlich *Anchomenus dorsalis*, egalisiert. Im Vergleich mit dem Umstellungsbetrieb und dem Biobetrieb wies der IP-Referenzbetrieb bei den Kurzflügelkäfern und Spinnen die niedrigsten Individuenzahlen auf, wobei der Unterschied bei den Spinnen zwischen Umstellungs-

betrieb und Referenzbetrieb signifikant war (Abb. 2 unten links $F = 3,788$, $df = 2$, $P = 0,035$). Bei den Laufkäfern dagegen waren die Individuenzahlen auf dem IP-Referenzbetrieb am höchsten, unterschieden sich aber nicht vom Umstellungsbetrieb sowie Biobetrieb (Abb. 2 Mitte links, $F = 0,914$, $df = 2$, $P = 0,634$ bzw. $P = 0,391$).

Die Artenzahlen aller drei Tiergruppen waren auf dem Biobetrieb in der Periode 1993–95 höher als auf dem Umstellungsbetrieb, wobei diese Unterschiede bei den Kurzflügelkäfern (Abb. 2 rechts oben, $t = -4,804$, $df = 22$, $P < 0,001$) und bei den Spinnen signifikant war (Abb. 2 rechts unten, $t = -3,499$, $df = 26$, $P = 0,002$). Von 1993–95 bis 2020–22 gab es auf dem Umstellungsbetrieb nur bei den Kurzflügelkäfern eine signifikante Zunahme der Artenzahl (Abb. 2 oben rechts, $t = -7,608$, $df = 32$, $P < 0,001$); bei den Laufkäfern und Spinnen gab es keine signifikanten Veränderungen (Laufkäfer Abb. 2 Mitte, rechts $t = 0,700$, $df = 32$, $P = 0,489$ bzw. Spinnen Abb. 2 unten rechts, $t = -1,141$, $df = 32$, $P = 0,262$). Bei den Spinnen waren die Artenzahlen auf dem Biobetrieb sowie Umstellungsbetrieb in der Periode 2020–22 signifikant höher als auf dem IP-Referenzbetrieb ($F = 27,182$, $df = 2$, $P < 0,001$ bzw. $P = 0,006$).

Auf den Getreidefeldern unterschieden sich die Anzahl der Halme je nach Anbaumethode ($2 = 29,06$, $df = 1$, $P < 0,001$). Die Anzahl der Halme war auf den IP-Betrieben (Umstellungsbetrieb Periode 1993–95 und IP-Referenzbetrieb) höher als bei biologischer Anbaumethode (Umstellungsbetrieb Periode 2020–22 und Biobetrieb). Dies beeinflusst die mikroklimatischen Verhältnisse und Ackerflora in den Getreideflächen.

Veränderungen der Zusammensetzung der Artengemeinschaften über die Jahre

In Abbildung 3 wurden die Ähnlichkeiten der Artensammensetzung der drei Tiergruppen in Dendrogramm-Form dargestellt. Die Artengemeinschaften der Lauf-

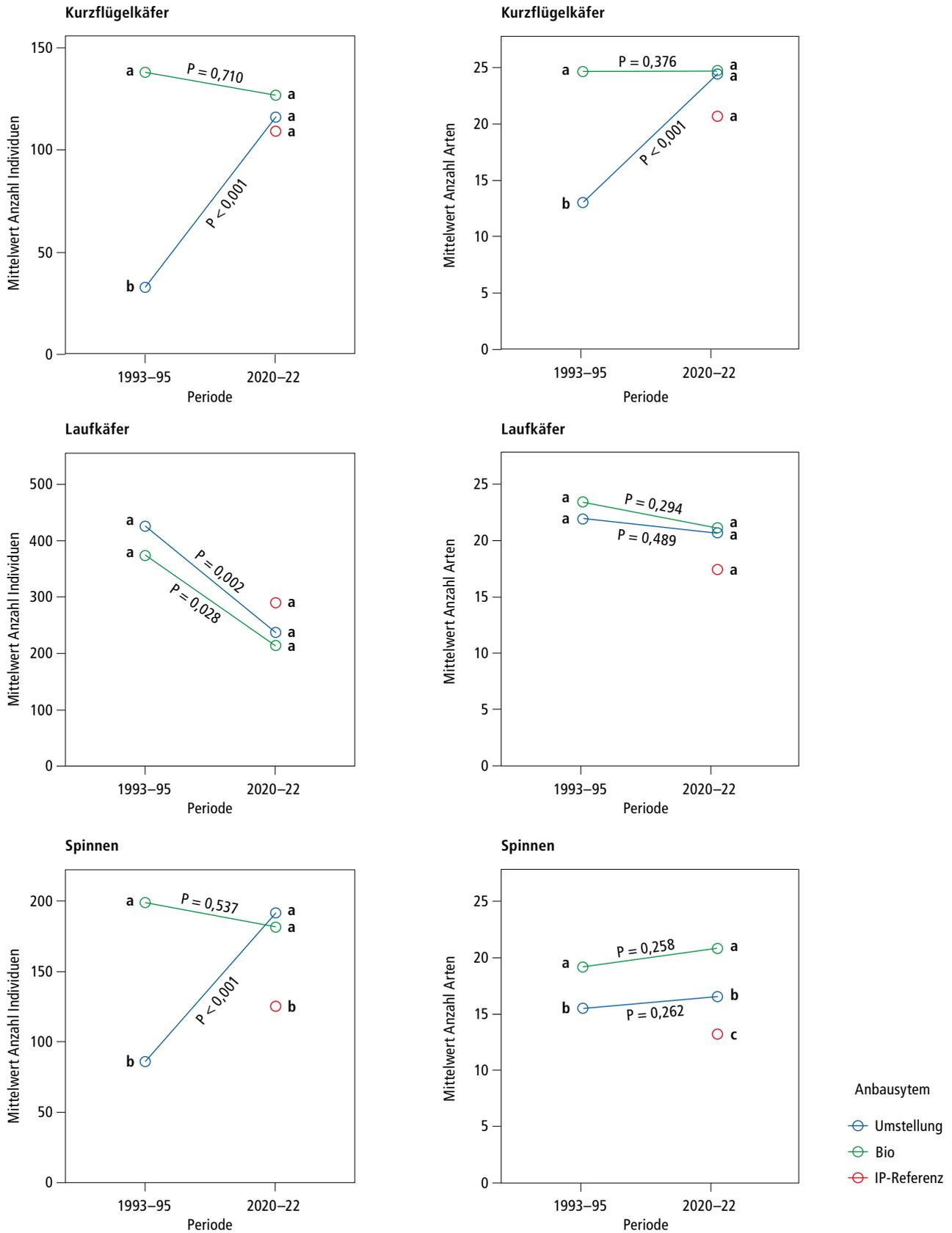


Abb. 2 | Mittelwerte der Individuenzahlen (links) und Artenzahlen (rechts) der epigäischen Nutzarthropoden in den Perioden 1993-95 und 2020-22 in den Ackerflächen des Umstellungsbetriebes (Umstellung), Biobetriebes (Bio) und IP-Referenzbetriebes (IP-Referenz).

käfer und Spinnen auf dem Umstellungsbetrieb sowie Biobetrieb von der Periode 1993–95 unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung deutlich von denjenigen der Periode 2020–22 (Abb. 3 Mitte und rechts). Bei den Kurzflügelkäfern dagegen sind die Artengemeinschaften der einzelnen Betriebe unabhängig von der Zeitperiode einander ähnlich (Abb. 3 links).

Der Abbildung 4 (links) ist zu entnehmen, dass bei den «eurypoten Arten» (Arten mit Vorkommensschwerpunkt in mehr als zwei Lebensraumtypen) und den «Ackerarten» (Arten mit Vorkommensschwerpunkt auf Äckern), mit zwei Ausnahmen (Umstellungsbetrieb Kurzflügelkäfer und Spinnen), von 1993–95 bis 2020–22 eine Abnahme der Individuenzahlen festzustellen ist. Die «Grünland- und Pioniervegetationsarten», die extensives Grünland und/oder wenig bedeckte Ackerböden präferieren, nahmen bei allen drei Tiergruppen zu. Es handelt sich zum Beispiel bei den Kurzflügelkäfern

um *Anotylus insecatus* und *Aleochara bipustulata*, bei den Laufkäfern um *Brachinus eximius*, *Parophonus maculicornis*, *Bembidion quadrimaculatum*, *Harpalus rufipes* oder *Cylindera germanica* und bei den Spinnen um *Pardosa tenuipes/proxima*, *P. agrestis* oder *Trachyzelotes pedestris*.

Bei den «Weiteren Arten» nahmen zwei in 1993–95 häufiger in den Feldern nachgewiesene Laufkäfer der Übergangszonen und Wälder bis 2020–22 stark ab. So wurde *Platynus assimilis* (mit 16 Ind. in 1993–95) nicht mehr gefunden und *Nebria brevicollis* (mit 72 Ind. in 1993–95) nahm um ca. 35 % ab. Auch weitere Waldarten, die mit wenigen Individuen in 1993–95 vertreten waren, wie *Molops piceus*, *Abax parallelepipedus* oder *Abax ovalis* wurden 2020–22 in den Ackerflächen nicht mehr gefunden.

Die hygrophilen (feuchtigkeitsliebenden) Arten nahmen, mit einer Ausnahme (Kurzflügelkäfer Umstellungs-

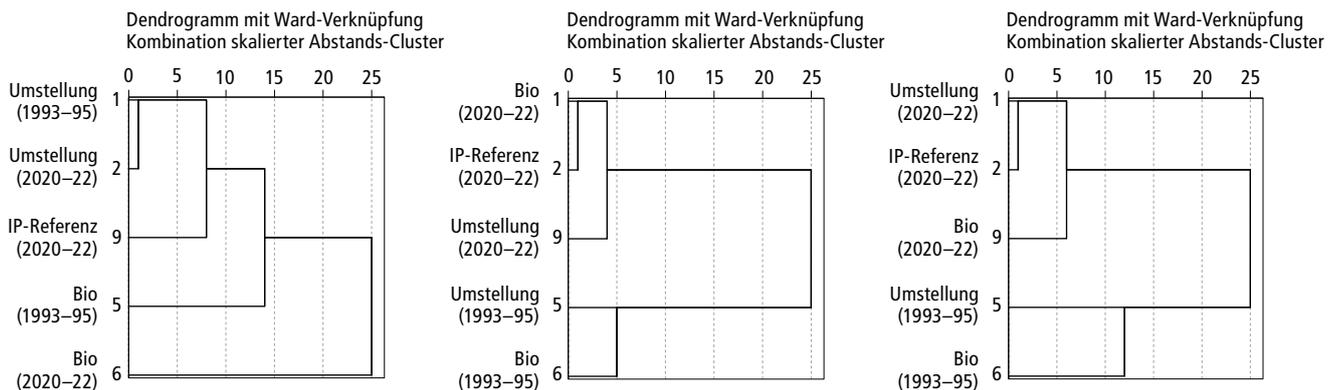


Abb. 3 | Ähnlichkeiten der Artengemeinschaften. Dendrogramme der hierarchischen Clusteranalyse, Ward-Methode, Chi-Quadrat-Mass (Häufigkeiten). Links: Kurzflügelkäfer, Mitte: Laufkäfer und rechts: Spinnen.

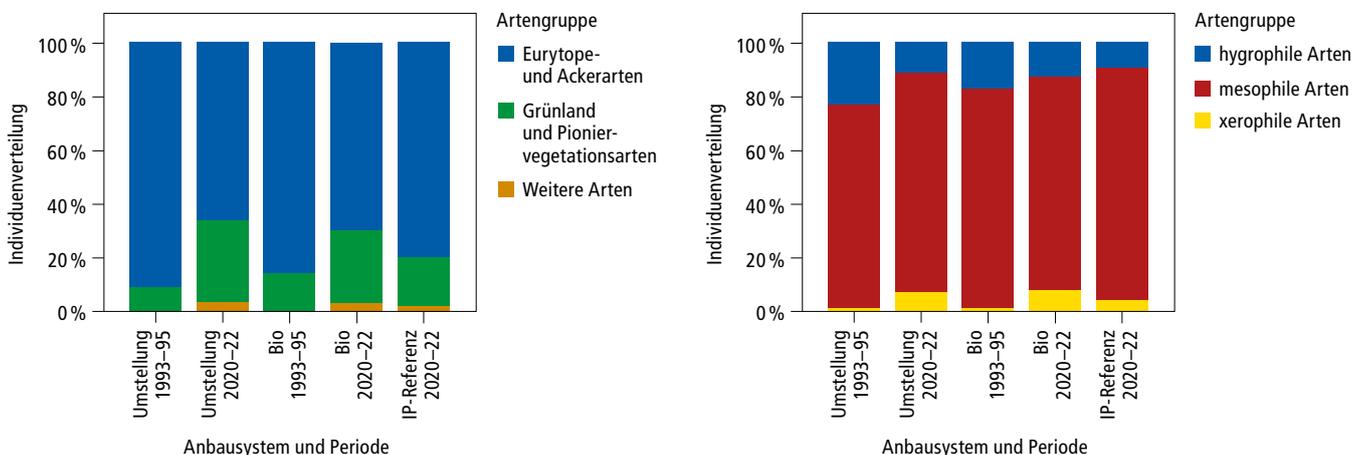


Abb. 4 | Individuenverteilung von Lauf- und Kurzflügelkäfer sowie Spinnen nach artspezifischen Lebensraumpräferenzen (links) und Feuchtepräferenzen (rechts)

betrieb mit einer Zunahme), an Häufigkeit ab (Abb 4, rechts). Bei den Kurzflügelkäfern war es *Philonthus decorus*, bei den Laufkäfern z. B. *Loricera pilicornis*, *Pterostichus niger* oder *Pterostichus melanarius* und bei den Spinnen, *Diplostyla concolor*, *Pachygnatha clercki* oder *Pardosa amentata*. Auf dem Umstellungsbetrieb gab es jedoch bei einigen hygrophilen Kurzflügelkäfer-Arten auch signifikante Zunahmen an Individuenzahlen, z. B. bei *Anotylus rugosus*, *Tachinus rufipes* oder *Anotylus sculpturatus*.

Bei den mesophilen Arten (bei denen bisher keine deutliche mikroklimatische Präferenz festgestellt wurde) ist mit zwei Ausnahmen (Umstellungsbetrieb Kurzflügelkäfer und Spinnen) eine Abnahme der Individuenzahlen festzustellen (Abb 4, rechts). Es handelt sich bei den Kurzflügelkäfern um zum Beispiel *Lathrobium fulvipenne* oder *Tachyporus obtusus*, bei den Laufkäfern um *Poecilus cupreus* oder *Bembidion lampros* und bei den Spinnen um *Trochosa terricola* und *Erigone atra*.

Über die beiden Betriebe, Umstellungsbetrieb und Biobetrieb, und alle drei Tiergruppen hinweg, ist festzustellen, dass von 1993–95 bis 2020–22 die Individuenzahlen der xerophilen (trockenheitsliebenden) Arten zugenommen haben (Abb 4, rechts). Die Zunahmen wurden bei den Kurzflügelkäfern auf dem Biobetrieb, bei den Laufkäfern auf dem Umstellungsbetrieb und bei den Spinnen auf beiden Betrieben, festgestellt. Dazu gehörten

bei den Kurzflügelkäfern um *Anotylus insecatus* oder *Oxyptoda brachyptera*, bei den Laufkäfern um *Amara aenea*, *Brachinus eximius* oder *Harpalus distinguendus* und bei den Spinnen um *Pardosa proxima tenuipes*, *Trachyzelotes pedestris* oder *Hahnina nava*.

In Tab. 2 wurden Testergebnisse der Individuenvergleiche von Lauf- und Kurzflügelkäfer sowie Spinnen nach artspezifischen Lebensraum- («Eurytope- und Ackerarten») bzw. «Grünland- und Pioniervegetationsarten») und Feuchtepräferenzen (hygrophile, mesophile und xerophile Arten) dargestellt.

Aus Tabelle 2 ist zu entnehmen, dass es bei den «Eurytopen- und Ackerarten», mit zwei Ausnahmen (Umstellungsbetrieb Kurzflügelkäfer und Spinnen), eine Abnahme der Individuenzahlen von 1993–95 bis 2020–22 auf dem Umstellungsbetrieb und Biobetrieb festzustellen ist, die Individuenzahl der Laufkäfer nahm signifikant ab (Tab. 2). Die Werte der Kurzflügelkäfer und Spinnen nahmen auf dem Umstellungsbetrieb von 1993–95 bis 2020–22 signifikant zu. Dies führte dazu, dass die signifikanten Unterschiede zwischen den Betrieben in der Periode 1993–95 in der Periode 2020–22 bei den Kurzflügelkäfer und Spinnen nicht mehr vorhanden waren. Die «Grünland- und Pioniervegetationsarten» nahmen sowohl auf dem Umstellungsbetrieb wie auch auf dem Biobetrieb von 1993–95 bis 2020–22 bei allen drei Tiergruppen zu (Tab. 2). Die Zunahmen waren bei den Kurz-

Tab. 2 | Mittelwerte der Individuenzahlen der epigäischen Nutzarthropoden pro Artengruppe, Betrieb und Zeitperiode. Statistisch signifikante Unterschiede (fett markiert) zwischen den Betrieben (Spalten) bei unterschiedlichen Buchstaben ($P < 0,05$) und zwischen den Zeitperioden 1993–95 und 2020–22 (Zeilen) bei $P < 0,05$: Die Zunahmen sind in Grün und Abnahmen in Rot hervorgehoben. Drei Artengruppen «Weitere Arten» (Waldarten, Übergangszonenarten sowie Uferarten) wurden wegen zu geringen Individuenzahlen nicht getestet.

Artengruppe	Betrieb	Kurzflügelkäfer			Laufkäfer			Spinnen		
		Mittelwert		P	Mittelwert		P	Mittelwert		P
		1993–95	2020–22		1993–95	2020–22		1993–95	2020–22	
Eurytope- und Ackerarten	Umstellung	21,00 b	45,95 a	0,0000	396,29 a	186,15 b	0,0081	67,93 b	130,25 a	0,0000
	Bio	77,80 a	70,43 a	0,7077	332,79 a	171,75 b	0,0981	175,29 a	120,7 a	0,2714
	IP-Referenz	keine Daten	54,40 a	keine Daten	keine Daten	263,55 a	keine Daten	keine Daten	103,45 a	keine Daten
Grünland- und Pioniervegetationsarten	Umstellung	9,64 b	59,05 a	0,0002	22,64 a	49,75 a	0,7381	16,64 a	60,30 a	0,0002
	Bio	51,6 a	52,00 a	0,9829	36,00 a	41,15 a	0,1553	20,00 a	58,45 a	0,0002
	IP-Referenz	keine Daten	49,50 a	keine Daten	keine Daten	25,55 a	keine Daten	keine Daten	21,15 b	keine Daten
hygrophile Arten	Umstellung	8,93 a	26,00 a	0,0041	98,43 a	25,20 a	0,0010	17,14 a	7,85 a	0,1123
	Bio	59,40 b	44,38 a	0,5205	52,00 b	9,40 b	0,0002	19,07 a	8,60 a	0,0274
	IP-Referenz	keine Daten	31,35 a	keine Daten	keine Daten	15,00 ab	keine Daten	keine Daten	1,5 b	keine Daten
mesophile Arten	Umstellung	21,64 a	85,16 a	0,0000	324,00 a	190,30 b	0,0981	68,57 b	171,70 a	0,0000
	Bio	78,4 b	76,10 a	0,1692	313,07 a	191,15 b	0,0385	179,21 a	150,95 ab	0,1977
	IP-Referenz	keine Daten	75,80 a	keine Daten	keine Daten	264,60 a	keine Daten	keine Daten	113,50 b	keine Daten
xerophile Arten	Umstellung	2,14 a	4,79 ab	0,0371	3,36 a	21,90 a	0,0172	0,50 a	12,10 ab	0,0002
	Bio	0,10 b	5,90 a	0,0000	8,14 a	13,65 a	0,1485	0,43 a	21,85 a	0,0003
	IP-Referenz	keine Daten	2,10 b	keine Daten	keine Daten	10,30 a	keine Daten	keine Daten	10,10 b	keine Daten

flügelkäfern auf dem Umstellungsbetrieb sowie bei den Spinnen sowohl auf dem Umstellungsbetrieb wie auch auf dem Biobetrieb signifikant.

Die hygrophilen Arten nahmen, mit einer Ausnahme (Kurzflügelkäfer Umstellungsbetrieb mit einer signifikanten Zunahme), an Häufigkeit ab, wobei die Abnahmen der Laufkäferwerte auf dem Umstellungsbetrieb und Biobetrieb sowie der Spinnen auf dem Biobetrieb signifikant waren.

Bei den mesophilen Arten ist mit zwei Ausnahmen (Umstellungsbetrieb Kurzflügelkäfer und Spinnen) eine Abnahme der Individuenzahlen von 1993–95 bis 2020–22 festzustellen, wobei bei den Laufkäfern auf dem Biobetrieb die Abnahme signifikant ausfiel. Die Kurzflügelkäfer und Spinnen nahmen dagegen auf dem Umstellungsbetrieb signifikant zu.

Über die beiden Betriebe und alle drei Tiergruppen hinweg ist festzustellen, dass von 1993–95 bis 2020–22 die Individuenzahlen der xerophilen Arten zugenommen haben. Signifikante Zunahmen wurden bei den Kurzflügelkäfern auf dem Biobetrieb, bei den Laufkäfern auf dem Umstellungsbetrieb und bei den Spinnen auf beiden Betrieben, festgestellt.

Gefährdete Laufkäferarten

In Tabelle 3 wurde das Vorkommen der in der Schweiz gefährdeten Laufkäfer-Arten nach aktuell geltender Roten Liste nach Marggi 1994 (aktualisiert 2009) mit der aktuellen Gefährdungseinschätzung von Chittaro *et al.* (in Vorbereitung) verglichen.

Gemäss der Roten Liste von 1994 wurden in der Periode 1993–95 keine Arten der Roten Listen in den Acker-

Tab. 3 | Laufkäferarten der Roten Liste, gefährdete und seltene Arten nach Marggi (1994) im Vergleich mit Einschätzung nach Chittaro *et al.* (in Vorbereitung) pro Betrieb und Periode

Arten	Chittaro <i>et al.</i> (in Vorbereitung)		Marggi (1994) Total nach Marggi 1994		Umstellungsbetrieb		Biobetrieb		IP-Referenz- betrieb
	Kategorie	Anzahl Individuen	Kategorie	Anzahl Individuen	1993–95	2020–22	1993–95	2020–22	2020–22
<i>Agonum viridicupreum</i>	NT	1	1	1					1 (1)
<i>Amara kulti</i>			R	1		0 (1)			
<i>Amara tricuspidata</i>	EN	45	R	45		41 (41)		4 (4)	
<i>Bembidion latinum</i>			3	6		0 (1)			0 (5)
<i>Bembidion obtusum</i>	NT	106			74 (0)	15 (0)		12 (0)	5 (0)
<i>Blemus discus</i>	NT	1			1 (0)				
<i>Brachinus crepitans</i>	VU	19				14 (0)		4 (0)	1 (0)
<i>Chlaenius nitidulus</i>	EN	9				1 (0)	3 (0)	4 (0)	1 (0)
<i>Cylindera germanica</i>	VU	9	2	9				6 (6)	3 (3)
<i>Demetrias atricapillus</i>	NT	19			3 (0)	5 (0)	3 (0)	5 (0)	3 (0)
<i>Drypta dentata</i>	EN	1	3	1				1 (1)	
<i>Dyschirius aeneus</i>	NT	2					2 (0)		
<i>Harpalus dimidiatus</i>	NT	21				16 (0)		4 (0)	1 (0)
<i>Harpalus luteicornis</i>	NT	8				1 (0)		7 (0)	
<i>Harpalus signaticornis</i>	VU	1			1 (0)				
<i>Notiophilus quadripunctatus</i>	DD	4	D	4		1 (1)		2 (2)	1 (1)
<i>Notiophilus substriatus</i>	EN	1	1	1					1 (1)
<i>Pedius longicollis</i>	DD	3	R	3		2 (2)			1 (1)
<i>Pterostichus madidus</i>	NT	2					2 (0)		
<i>Pterostichus ovoideus</i>	NT	1				1 (0)			
<i>Stenolophus mixtus</i>	NT	1						1 (0)	
<i>Syntomus obscuroguttatus</i>	NT	4	R	4		1 (1)			3 (3)
<i>Zabrus tenebrioides</i>	VU	1	2	1				1 (1)	
Anzahl Individuen		259		76	79 (0)	98 (47)	10 (0)	51 (14)	26 (15)
Anzahl Arten		21		11	4 (0)	11 (6)	4 (0)	12 (5)	12 (7)

- Rot markiert: Nach Marggi 1994 (in Duelli *et al.*), aktualisiert nach Luka *et al.* (2009): 1: Vom Aussterben bedroht, 2: Stark gefährdet, 3: Gefährdet, R: Sehr seltene Art – keine aktuelle Gefährdung und D: Daten für eine Einstufung nicht ausreichend (sehr selten gefunden).
- Nach Chittaro *et al.* (In Vorbereitung): EN: stark gefährdet, VU: verletzlich, NT: potenziell gefährdet, DD: ungenügende Datengrundlage (sehr selten gefunden).

flächen festgestellt, in der Periode 2020–22 dagegen sechs gefährdete und fünf sehr seltene Arten (Tab. 3 rot markiert). Nach der Einschätzung von Chittaro *et al.* (in Vorbereitung), wurden insgesamt 21 gefährdete oder seltene Arten nachgewiesen, in der Periode 1993–95 sieben gefährdete Arten und in der Periode 2020–22 fünfzehn gefährdete und zwei sehr seltene Arten (Tab. 3, schwarz markiert). Diese Vergleiche zeigen, dass sowohl gemäss geltenden Roten Listen als auch nach aktueller Einschätzung nach Chittaro *et al.* (in Vorbereitung), generell eine Zunahme an gefährdeten sowie seltenen Arten und ihrer Häufigkeit gab. Dazu weist die Einschätzung nach Chittaro *et al.* (in Vorbereitung) darauf hin, dass sieben Arten die in der Periode 1993–95 nicht gefährdet waren, jetzt als gefährdet eingestuft werden. Die Artenzahlen von gefährdeten und seltenen Arten in der Periode 2020–22 waren generell auf allen drei Betrieben vergleichbar hoch, die Individuenzahlen jedoch waren auf dem Umstellungsbetrieb und dem Biobetrieb deutlich höher als auf dem IP-Referenzbetrieb.

Bemerkenswerte Spinnenarten

Da keine Rote Liste betreffend Spinnen für die Schweiz vorliegt, wurden die Roten Listen aus dem benachbarten Baden-Württemberg (Nährig *et al.* 2003) und Deutschland (Blick *et al.* 2016) herangezogen (Tab. 4).

Von den meisten Rote-Liste-Spinnenarten wurden nur Einzeltiere erfasst, deren Unterschiede wohl im Zufallsbereich liegen, wenn auch in beiden Betriebsarten eine leichte Erhöhungstendenz von 1993–95 auf 2020–22 festzustellen ist. *Agyneta mollis* und vor allem *Pardosa tenuipes* waren mit höheren Anzahlen vertreten. Auf-

fällig sind die hohen Anzahlen von *Pardosa tenuipes* im Untersuchungszeitraum 2020–22 in allen drei Betriebsarten. *P. tenuipes* wurde von Blick *et al.* (2000, als *P. proxima*) als möglicher Indikator für ökologischen Anbau eingestuft.

Diskussion

Auswirkungen der Umstellung auf Biobewirtschaftung

Biologischer Landbau stellt eine geeignete Anbaumethode für die Förderung und Erhaltung der Artenvielfalt von räuberischen Nützlingen dar. Merkmalsanalysen haben gezeigt, dass der biologische Landbau die funktionelle Vielfalt der Laufkäfer erhöht und mehr grosse und dispersive Laufkäfer beherbergt als der konventionelle Landbau (Pfiffner & Luka 2003; Gallé *et al.*, 2019; Gallé *et al.*, 2020). Eine höhere Prädatorengrösse führt zu höheren Pro-Kopf-Prädatationsraten und einer effizienteren Verringerung der Beutedichte und -biomasse (Emmerson & Raffaelli 2004) aber auch auf eine breitere Nahrungspräferenz der Laufkäferfauna auf biologischen Feldern im Vergleich zu konventionellen Feldern hin. Das wiederum bedeutet, dass beim biologischen Landbau Laufkäfer einen substantiellen Beitrag zur Schädlings- und Unkrautbekämpfung leisten.

Im Gegensatz zu Untersuchungen über die Nutzarthropodenfauna in konventionellen und biologischen Anbausystemen, sind Langzeituntersuchungen zu ihrer Sukzession selten (Irmeler 2018 a & b; Hallmann *et al.*, 2018; Guyot *et al.*, 2018; Seibold *et al.*, 2019). Ein höherer Arten- und Individuenreichtum auf biologisch bewirt-

Tab. 4 | Spinnenarten der Roten Listen Deutschlands und Baden-Württembergs pro Betrieb und Periode

Arten	Rote Liste Deutschland	Rote Liste Baden-Württ.	Total	Umstellungsbetrieb		Biobetrieb		IP-Referenzbetrieb 2020–22
				1993–95	2020–22	1993–95	2020–22	
<i>Agyneta mollis</i>	V	V	18			12	6	
<i>Arctosa leopardus</i>		V	1		1			
<i>Atypus piceus</i>	V	V	1	1				
<i>Centromerus capucinus</i>	G	3	6		4		2	
<i>Drassyllus praeficus</i>		V	7		2	1	3	1
<i>Pardosa tenuipes</i>	3	R	821		215	2	405	199
<i>Xysticus acerbus</i>		V	4		1		3	
<i>Zelotes exiguus</i>	G	2	2				2	
Anzahl Individuen (nach Rote Liste BW)			848 (860)	0 (1)	219 (223)	14 (15)	415 (421)	199 (200)
Anzahl Arten (nach Rote Liste BW)			5 (8)	0 (1)	2 (5)	2 (3)	4 (6)	1 (2)

Deutschland: nach Blick *et al.* (2016), Baden-Württemberg: nach Nährig *et al.* (2003).

Kategorien: 2 (stark gefährdet), 3 (gefährdet), R (geografische Restriktion/extreme Seltenheit), G (Gefährdung anzunehmen), V (Vorwarnstufe).

schafteten Feldern im Vergleich zu konventionell bewirtschafteten Feldern wurde häufig festgestellt (Kromp 1989; Hole *et al.*, 2005; Bengtsson *et al.*, 2005; Clough *et al.*, 2007b; Irmeler 2018a & b; Gallé *et al.*, 2029; Schirmel *et al.*, 2022). Der Biolandbau erwies sich in Parzellen- wie auch in *on-farm*-Versuchen als förderlich für die Spinnen- wie auch für die Laufkäferfauna (Pfiffner & Niggli 1996; Pfiffner & Luka 2003; Irmeler 2003). Studien aus Norddeutschland von Irmeler (2018 a & b) zeigen, dass sich die Artenvielfalt der Lauf- und Kurzflügelkäfer erst nach acht Jahren erholt hat und bis 15 Jahren nach der Umstellung auf Bioanbau weiter positiv entwickeln kann.

Die vorliegende Studie umfasst eine Zeitperiode von 23 Jahren nach der Umstellung und ist deshalb – obwohl kleinräumig angelegt – besonders wertvoll. Es konnten einige wichtige Veränderungen in der Artenvielfalt- und Zusammensetzung der Lauf- und Kurzflügelkäfer sowie der Spinnen aufgezeigt werden. Die Umstellung eines Betriebs von integrierter Produktion auf Bioproduktion wirkte sich positiv auf die Erhöhung der Arten- und Individuenzahlen der epigäischen Nutzarthropoden aus. Dabei wurden Unterschiede zwischen den Tiergruppen festgestellt.

Bei den Kurzflügelkäfern gab es auf dem Umstellungsbetrieb Zunahmen der Arten- und der Individuenzahlen. Diese Werte erreichten 2020–22 erfreulicherweise das Niveau des Biobetriebes. Dies steht teilweise im Widerspruch mit anderen Studien, die eine geringere Abundanz und einen geringeren Artenreichtum der Kurzflügelkäfer auf biologischen Feldern (Kroos & Schaefer 1998) oder einen ähnlichen Artenreichtum (Clough *et al.*, 2007b) im Vergleich zu konventionell bewirtschafteten Feldern feststellten. Im Gegensatz zu den Laufkäfern reagieren die Staphyliniden möglicherweise anders und viel weniger auf die Landschaftsinfrastruktur und die Bewirtschaftungsintensität. Aber auf lokaler Ebene wurden Unterschiede im Artenreichtum am Feldrand und im Feldzentrum festgestellt (Clough *et al.*, 2007b). Bei den Kurzflügelkäfern sind diverse Substrate (Mikrohabitate) von Bedeutung, wie z. B. Mist, Ameisennester, Dung, usw., die je nach Anbaumethode vorhanden sind oder fehlen. Die Umstellung des IP-Betriebs auf Biobewirtschaftung brachte z. B. organische Düngung (Kompost, Mist oder Kuhdung) auf die Felder. Davon profitierten mehrere Arten stark, wie zum Beispiel *Anotylus rugosus*, *Tachinus rufipes* oder *Anotylus sculpturatus*. Viele Kurzflügelkäferarten sind in Kompost und Mist als Insekten-, Insekteneier- und Insektenlarvenjäger oft in sehr hoher Anzahl zu finden (Horion, 1963, 1965 und 1967).

Bei den Laufkäfern dagegen wurden Abnahmen der Arten- und Individuenzahlen festgestellt, die gleicher-

massen bei beiden Betrieben erfolgten. Bereits durchgeführte Langzeitstudien zeigen, dass sich die Reaktion der Kurzflügelkäfer von derjenigen der Laufkäfer unterscheidet (Andersen & Elton 2000; Irmeler 2018a & b; Clough *et al.*, 2007a & b). Bei der Lebensraumpräferenz von Laufkäfern spielen zum Beispiel abiotische Faktoren, wie Licht, Feuchte und Temperatur eine wichtige Rolle (Pfiffner & Luka 2003; Clough *et al.*, 2007b).

Vergleiche der Arten- und Individuenzahlen von Umstellungsbetrieb und Biobetrieb mit dem Referenzbetrieb 2020–22 ergaben, dass mit einer Ausnahme (Individuenzahlen der Laufkäfer) die Arten- und Individuenzahlen des Umstellungs- und des Biobetriebes höher waren, bei den Spinnen war der Unterschied signifikant. Die positive Entwicklung der Artengemeinschaften auf dem Umstellungsbetrieb wurde durch die Extensivierung der Produktion mit dem Verzicht auf Herbizide, Insektizide und chemisch synthetischen Dünger begünstigt (Kromp *et al.*, 1999; Pfiffner & Luka 2003, Diehl *et al.*, 2012). Zum Beispiel förderte die artenreiche Begleitflora der Bioäcker bei den Laufkäfern die kräuter- und grassamenfressenden Grünland- und Pioniervegetationsarten (Samenpredatoren), wie z. B. *Diachromus germanus*, *Harpalus affinis* sowie *Amara aenea*, *A. plebeja* und *A. tricuspidata*. Diese Arten nutzen die Biofelder als Lebensraum und tragen zur biologischen Unkrautbekämpfung bei. Diekötter *et al.* (2016) stellten auch fest, dass die Samen fressende Laufkäferart *Harpalus affinis* auf biologischen Feldern dreieinhalbmal häufiger vorkommt, und zeigten das Potenzial dieser Art zur Bekämpfung von Ackerunkräutern auf lokaler und Landschaftsebene auf. Navntoft *et al.* (2009) und Kromp *et al.* (1989) fanden einen positiven Zusammenhang zwischen der Begleitfloradichte und der Häufigkeit von *Amara consularis* und *Harpalus rufipes* in biologisch bewirtschafteten Kartoffeläckern. Dies könnte teils die höhere Abundanz dieser polyphagen und xerophilen Arten auf biologischen Feldern erklären.

Als weiterer wichtiger Faktorenkomplex gelten die Feuchteverhältnisse. Auf dem Umstellungsbetrieb und dem Biobetrieb ist festzustellen, dass von 1993–95 bis 2020–22 Trockenheit liebende Arten (xerophil), wie *Anotylus insecatus* oder *Oxypoda brachyptera* (Kurzflügelkäfer), *Brachinus explodens*, *Amara aenea* oder *Harpalus distinguendus* (Laufkäfer) und *Pardosa proxima/tenuipes*, *Trachyzelotes pedestris* oder *Hahnina nava* (Spinnen) häufiger zu finden waren. Interessanterweise wiesen die drei mesophilen (keine Feuchtepräferenz feststellbar) und eurytopen Arten (Arten mit Vorkommensschwerpunkt in mehr als zwei Lebensraumtypen) *Dinaraea angustula* (Kurzflügelkäfer), *Anchomenus dorsalis* (Lauf-

käfer) und *Oedothorax apicatus* (Spinnen) die stärksten Zunahmen der Individuenzahlen zwischen 1993–95 und 2020–22 auf.

Es gab aber auch Arten, deren Individuenzahlen nach der Umstellung zum Teil erheblich abnahmen. Bei den Kurzflügelkäfern waren dies z. B. *Anotylus tetracarinatus*, *Lathrobium fulvipenne* oder *Atheta fungi*, bei den Laufkäfern *Pterostichus anthracinus*, *Loricera pilicornis*, *Poecilus cupreus*, *Pterostichus melanarius* oder *Agonum muelleri* und bei den Spinnen *Erigone dentipalpis*, *Diplostyla concolor*, *Piratula latitans* oder *Dicymbium brevisetosum*. Dies ist auf die unterschiedlichen Licht- und Feuchteverhältnisse, die in der Periode 2020–22 durch niedrigere Halmdichten in den Getreideflächen im Vergleich zu 1993–95 entstanden sind, zurückzuführen. Die zunehmende Trockenheit in den offeneren Biofeldern könnte ein Grund für den Rückgang einiger Arten sein (Irmeler 2018b). Die Anzahl der Halme war auf den IP-Betrieben (Umstellungsbetrieb Periode 1993–95 und IP-Referenzbetrieb) höher als bei biologischer Anbaumethode (Umstellungsbetrieb Periode 2020–22 und Biobetrieb). Die grösste Reduktion der Häufigkeit von 1993–95 bis 2020–22 wurde bei drei mesophilen und eurytopen Ackerarten festgestellt: *Lathrobium fulvipenne* (Kurzflügelkäfer), *Poecilus cupreus* (Laufkäfer) und *Erigone atra* (Spinnen).

Gemäss der für die Schweiz geltenden Roten Listen (Marggi in Duelli 1994), nahm die Anzahl der gefährdeten und seltenen Arten, die auf beiden Betrieben festgestellt worden sind, zu. Das deutet darauf hin, dass die Bioflächen für gewisse gefährdete Arten einen geeigneten Lebensraum darstellen (Pfiffner & Luka 2003). Auf dem IP-Referenz-Betrieb wurden vergleichbar viele Arten nachgewiesen, aber es handelte sich teilweise um andere Arten als auf dem Biobetrieb und generell waren sie deutlich weniger häufig als auf den Biobetrieben. Die Bio-Bewirtschaftung ohne Herbizide und chemisch-synthetische Dünger führte dazu, dass die Mikroklimata und die vorhandenen Begleitfloren für Arten, die eher extensives Grünland und Pioniervegetation besiedeln, günstig waren, dies wurde auch schon in früheren Vergleichen von biologisch mit integriert bewirtschafteten Getreideflächen festgestellt (Pfiffner & Luka 2003).

Mögliche Auswirkungen des Klimawandels

Die Zusammensetzung der Artengemeinschaften von Laufkäfern und Spinnen hat sich von 1993–95 bis 2020–22 teils unabhängig von der Bewirtschaftungsmethode verändert. Die Zunahme an xerophilen Arten und die Abnahme an hygrophilen Arten könnte ein Hinweis auf die klimabedingte Erhöhung der Temperatur sein. Es ist

jedoch zu berücksichtigen, dass auch die anbauspezifische Verringerung der Anzahl Halme pro m² im Biolandbau die Licht- und Temperaturverhältnisse massgeblich beeinflusst hat. Andererseits wurden 2020–22 sehr seltene und/oder gefährdete Arten nachgewiesen, die in der Periode 1993–95 nicht auftraten. Zum Beispiel wurde in dieser Untersuchung 2022 eine sehr seltene Art, *Notiophilus substriatus*, erstmals auf der Alpennordseite der Schweiz gefunden; bisher wurde sie in der Schweiz nur im Tessin und in der Umgebung von Genf nachgewiesen. Bei den Kurzflügelkäfern dagegen sind die Artengemeinschaften zwischen Betrieben ähnlicher als zwischen den Zeitperioden. Dies hängt möglicherweise mit der ausgezeichneten Mobilität der Kurzflügelkäfer zusammen, denn sie sind flugfähig und oft an spezifische Substrate gebunden, wie z. B. Mist, Dung oder Ameisennester.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Umstellung eines IP-Betriebs auf Bio nach 23 Jahren Biobewirtschaftung positiv auf die Häufigkeit und Artenvielfalt der epigäischen Nutzarthropoden sowie auf die Artengemeinschaften ausgewirkt hat. Die Daten zeigen auch, dass der Klimawandel ein zusätzlicher wahrscheinlicher beeinflussender Faktor geworden ist. Im Gegensatz zu kurzfristig, 1–3jährig angelegten Vergleichsuntersuchungen konventioneller und biologischer Anbausysteme, sind langjährige Untersuchungen in grösseren Zeiträumen (Jahrzehnte) nötig, um gezielte Massnahmen zur Insektenförderung ergreifen zu können und um das Ausmass der Veränderungen (Insektensterben, Bienensterben) und ihrer Folgen besser abschätzen zu können. Die vorliegenden Daten fliessen in das Projekt «INSECT» ein, wo zusammen mit der WSL, Agroscope, info fauna (CSCF) und der Schweizerischen Vogelwarte die Auswirkungen des Klima- und Landnutzungswandels auf die Insektengemeinschaften in den letzten Jahrzehnten in der Schweiz untersucht werden. ■

Dank

Wir danken der Christoph Merian Stiftung, der Fondation de bienfaisance Jeanne Lovioz, der Fondation Sur-la-Croix, der Stiftung Dreiklang für ökologische Forschung und Bildung sowie der Stiftung Temperatio für die finanzielle Unterstützung. Den Landwirtinnen und Landwirten danken wir herzlich für die gute Zusammenarbeit und dafür, dass sie uns ihre Parzellen für die Untersuchungen zur Verfügung gestellt haben. Wir danken Dr. Werner Marggi und Benedikt Feldmann für die Unterstützung im Bereich der Käfer-Taxonomie. Dr. Stefanie von Fumetti (Universität Basel) sowie Hansueli Dierauer und Mathias Christen (beide FiBL) danken wir für die gute Zusammenarbeit. Adrian Krebs und Andreas Basler (beide FiBL) danken wir für die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

Literatur

- Andersen, A. & Elton, R. (2000). Long-term development in the carabid and staphylinid (Col., Carabidae and Staphylinidae) fauna during conversion from conventional to biological farming. *Journal of Applied Entomology* **124**, 51–56.
- Assing, V. & Schülke, M. (2012). Freude–Harde–Lohse–Klausnitzer – Die Käfer Mitteleuropas. Band 4. Staphylinidae I. Zweite neubearbeitete Auflage. Heidelberg: *Spektrum Akademischer Verlag*, 560 pp.
- Bengtsson, J., Ahnström, J. & Weibull, A. C. (2005). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* **42**, 261–269.
- Blick, T. (1999). Spinnentiere: 147–160. In: Vereinigung umweltwissenschaftlicher Berufsverbände Deutschlands [VUBD] (Hrsg.): Handbuch landschafts-ökologischer Leistungen. Empfehlungen zur aufwandsbezogenen Honorarermittlung. 3. überarb. erw. Aufl. Veröff. VUBD 1, 259 pp.
- Blick, T., Finch, O.-D., Harms, K. H., Kiechle, J., Kielhorn, K.-H., Kreuels, M., Malten, A., Martin, D., Muster, C., Nährig, D., Platen, R., Rödel, I., Scheidler, M., Staudt, A., Stumpf, H. & Tolke, D. (2016). Rote Liste und Gesamtartenliste der Spinnen (Arachnida: Araneae) Deutschlands. 3. Fassung, Stand: April 2008, einzelne Änderungen und Nachträge bis August 2015. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* **70/4**, 383–510.
- Blick, T., Pfiffner, L. & Luka, H. (2000). Epigäische Spinnen auf Äckern der Nordwest-Schweiz im mitteleuropäischen Vergleich (Arachnida: Araneae). *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie, Band 12*, 267–276.
- Bohac, J. (1999). Staphylinid beetles as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **74**, 357–372.
- Braun-Blanquet, J. (1964). Pflanzensoziologie, 3. ed. *Springer Verlag*, Wien.
- Chittaro, Y., Hoess, R., Huber, C., Luka, H., Marggi, W., Szallies, A. & Gonseth, Y. (in Vorbereitung). Liste rouge des Carabidés. Espèces menacées en Suisse. *Office fédéral de l'environnement, Berne et Info fauna – CSCF, Neuchâtel. L'environnement pratique*.
- Clough, Y., Holzschuh, A., Gabriel, D., Purtauf, T., Kleijn, D., Kruess, A., Deweter, I.-S. & Tscharntke, T. (2007a). Alpha and beta diversity of arthropods and plants in organically and conventionally managed wheat fields. *Journal of Applied Ecology* **44**, 804–812.
- Clough, Y., Kruess, A. & Tscharntke, T. (2007b). Organic versus conventional arable farming systems: Functional grouping helps understand staphylinid response. *Agriculture Ecosystems and Environment* **118**, 285–290.
- Diehl, E., Wolters, V. & Birkhofer, K. (2012). Arable weeds in organically managed wheat fields foster carabid beetles by resource- and structure-mediated effects. *Arthropod-Plant Interactions* **6**, 75–82.
- Diekötter, T., Wamser, S., Dörner, T., Wolters, V. & Birkhofer, K. (2016). Organic farming affects the potential of a granivorous carabid beetle to control arable weeds at local and landscape scales. *Agricultural and Forest Entomology* **18**, 167–173.
- Emmerson, M. C. & Raffaelli, D. (2004). Predator–prey body size, interaction strength and the stability of a real food web. *Journal of Animal Ecology* **73**, 399–409.
- Fürst, J., Bollmann, K., Gossner, M. M., Duelli, P. & Obrist, M. K. (2022). Increased arthropod biomass, abundance and species richness in an agricultural landscape after 32 years. *Journal of Insect Conservation* **27**(2), 219–232.
- Gallé, R., Geppert, C., Földesi, R., Tscharntke, T. & Batáry, P. (2020). Arthropod functional traits shaped by landscape-scale field size, local agri-environment schemes and edge effects. *Basic and Applied Ecology* **48**, 102–111.
- Gallé, R., Happe, A. K., Baillod, A. B., Tscharntke, T. & Batáry, P. (2019). Landscape configuration, organic management, and within-field position drive functional diversity of spiders and carabids. *Journal of Applied Ecology*, **56**(1), 63–72.
- Guyot, C., Birrer, S. & Jenni, L. (2018). Gibt es Daten zum Rückgang der Insektenbiomasse in der Schweiz? Kurzfassung der Resultate aus Literaturrecherche und Interviews von Fachpersonen. *Schweizerische Vogelwarte Sempach*, 17 pp.
- Hallmann, C. A., Zeegers, T., van Klink, R., Vermeulen, R., van Wielink, P., Spijkers, H. & Jongejans, E. (2018). Analysis of insect monitoring data from De Kaaistoep and Drenthe. Reports Animal Ecology and Physiology Faculty of Science, Institute for Water and Wetland Research, Radboud University, Heyendaalseweg 135, 6525 AJ Nijmegen, The Netherlands 2018-2, 39 pp. komplizierte Literaturangabe. Ist das nötig mit Strasse etc?
- Hänggi, A., Stöckli, E. & Nentwig, W. (1995). Lebensräume mitteleuropäischer Spinnen. Charakterisierung der Lebensräume der häufigsten Spinnenarten Mitteleuropas und der mit diesen vergesellschafteten Arten. *Miscellanea Faunistica Helvetiae* **4**, 1–459.
- Hole, D. G., Perkins, A. J., Wilson, J. D., Alexander, I. H., Grice, P. V. & Evans, A. D. (2005). Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* **122**, 113–130.
- Holland, J. M. (Ed.) (2002). The Agroecology of Carabid Beetles. *Intercept Ltd*, 356 pp.
- Horion, A. (1963). Faunistik der Mitteleuropäischen Käfer. Band IX: Staphylinidae, 1. Teil Micropeplinae bis Euaestethinae. *Überlingen – Bodensee*, 412 pp.
- Horion, A. (1965). Faunistik der Mitteleuropäischen Käfer. Band X: Staphylinidae, 2. Teil Paederinae bis Staphylininae. *Überlingen – Bodensee*, 335 pp.
- Horion, A. (1967). Faunistik der Mitteleuropäischen Käfer. Band XI: Staphylinidae, 3. Teil Habrocerinae bis Aleocharinae (ohne Subtribus Athetae). *Überlingen – Bodensee*, 419 pp.
- Irmiler, U. (2003). The spatial and temporal pattern of carabid beetles on arable fields in northern Germany (Schleswig-Holstein) and their value as ecological indicators. *Agric Ecosyst Environ* **98**, 141–151
- Irmiler, U. (2018a). Which carabid species (Coleoptera: Carabidae) profit from organic farming after a succession of 15 years? *Agriculture, Ecosystems and Environment* **263**, 1–6.
- Irmiler, U. (2018b). The succession of Staphylinidae (Coleoptera) after 15 years of conversion from conventional to organic farming. *Biodiversity and Conservation* **27**, 3233–3246.
- Kremen, C., & Miles, A. (2012). Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits, externalities, and trade-offs. *Ecol. Soc.* **17**, 40. <https://doi.org/10.5751/es-05035-170440>.
- Kromp, B. (1989). Carabid beetle communities (Carabidae, coleoptera) in biologically and conventionally farmed agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **27** (1–4), 241–251.
- Kromp, B. (1999). Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture Ecosystems & Environment* **74**, 187–228.
- Kroos, S., & Schaefer, M. (1998). The effect of different farming systems on epigeic arthropods: a five-year study on the rove beetle fauna (Coleoptera: Staphylinidae) of winter wheat. *Agriculture Ecosystems & Environment* **69**, 121–133.
- Luka, H., Pfiffner, L., Luka-Stan, A. & Nagel, P. (2022). Coleoptera, Staphylinidae (excluding Pselaphinae and Scydmaeninae). *Ecology – Atlas. Fauna Helvetica 33, info fauna CSCF, Neuchâtel*, 320 pp.
- Luka, H. (1996). Laufkäfer: Nützlinge und Bioindikatoren in der Landwirtschaft. *Agrarforschung* **3** (1), 33–36.
- Luka, H. (2004). Ökologische Bewertung von Landschaftselementen mit Arthropoden. Ecological evaluation of landscape elements with arthropods. (Hrsg. Nagel, P., Durrer, H., & Niggli, U.). *Opuscula biogeographica basilensia* **4**, 1–253.
- Luka, H., Marggi, W., Huber, C., Gonseth, Y., & Nagel, P. (2009). Coleoptera, Carabidae. *Ecology - Atlas. Fauna Helvetica*, 24. Neuchâtel: *Centre suisse de cartographie de la faune & Schweizerische Entomologische Gesellschaft*, 678 pp.
- Luka, H., Pfiffner, L., & Niggli, U. (2000). Auswirkungen verschiedener Ackerkulturen auf die Laufkäfer (Coleoptera, Carabidae). *Mitteilungen der Entomologischen Gesellschaft Basel* **50** (1), 18–38.
- Martinez-Núñez, C., Gossner, M. M., Maurer, C., Neff, F., Obrist, M. K., Morretti, M., Bollmann, K., Herzog, F., Knop, E., Luka, H., Cahenzli, F., & Albrecht,

- M. (in preparation). *Land-use change in the past 40 years explains shifts in arthropod community traits.*
- Marggi, W. A. (1994). Rote Liste der gefährdeten Laufkäfer und Sandlaufkäfer der Schweiz. In Duelli, P. (ed). Rote Listen der gefährdeten Tierarten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft 1997, 55–59.
 - Nährig, D., Kiechle, J., & Harms, K. H. (2003). Rote Liste der Webspinnen (Araneae) Baden-Württembergs. – *Naturschutz-Praxis Artenschutz* 7, 203 pp.
 - Navntoft, S., Wratten, S. D., Kristensen, K., & Esbjerg, P. (2009). Weed seed predation in organic and conventional fields. *Biological Control* 49, 11–16.
 - Neff, F., Korner-Nievergelt, F., Rey, E., Albrecht, M., Bollmann, K., Cahenzli, F., Chittaro Y., Gossner, M. M., Martinez Nunez, C., Meier, E., Monnerat, C., Moretti, M., Roth, T., Herzog, F., & Knop, E. (2022). Different roles of concurring climate and regional land-use changes in past 40 years' insect trends. *Nature Communications* 13, 1–12.
 - Nentwig, N., Blick, T., Bosmans, R., Gloor, D., Hänggi, A., & Kropf, C. (2022, November 20). *Araneae – Spinnen Europas/Spiders of Europe*. Online: <https://araneae.nmbe.ch/>.
 - Pfiffner, L., & Niggli, U. (1996). Effects of bio-dynamic, organic and conventional farming on ground beetles (Col. Carabidae) and other epigeic arthropods in winter wheat. *Biological Agriculture and Horticulture* 12, 353–364.
 - Pfiffner, L., & Luka, H. (1996). Laufkäfer-Förderung durch Biodiversitätsförderflächen. Auswirkungen neu angelegter Grünstreifen und einer Hecke im Ackerland. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 28, 145–151.
 - Pfiffner, L., & Luka, H. (2003). Effects of low-input farming systems on carabids and epigeal spiders in cereal crops – a paired farm approach in NW-Switzerland. *Basic and Applied Ecology* 4, 117–127.
 - Schirmel, J., Petschner, S., Rösch, V., & Entling, M. H. (2022). Positive effects of organic viticulture on carabid beetles depend on landscape and local habitat conditions. *Ann Appl Biol*, 1–9.
 - Seibold, S., Gossner, M., Simons, N., Blüthgen, N., Müller, J., Ambarlı, D., Ammer, C., Bauhus, J., Fischer, M., Habel, J., Linsenmair, J., Naus, T., Penone, C., Prati, D., Schall, P., Schulze, E., Vogt, J., Wöllauer, S., & Weisser, W. (2019). Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature* 574, 671–691.
 - Trautner, J. (Hrsg.) (2017). Die Laufkäfer Baden-Württembergs. - 2 Bde. *Ulmer-Verlag (Stuttgart)*, 848 pp.
 - Zehnder, G., Gurr, G. M., Wade, M. R., Wratten, S. D., & Wyss, E. (2007). Arthropod Pest Management in Organic Crops. *Annual Review of Entomology* 52, 57–82.