

**Zeitschrift:** Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Entomologique Suisse = Journal of the Swiss Entomological Society

**Herausgeber:** Schweizerische Entomologische Gesellschaft

**Band:** 77 (2004)

**Heft:** 3-4

**Artikel:** Der Einfluss von Ökologisierungsmassnahmen auf die Laufkäferpopulationen in Ackerbaugebieten des schweizerischen Mittellandes

**Autor:** Keller, Siegfried / Schweizer, Christian / Bruderer, Ruth

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-402869>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Der Einfluss von Ökologisierungsmassnahmen auf die Laufkäferpopulationen in Ackerbaugebieten des schweizerischen Mittellandes

SIEGFRIED KELLER, CHRISTIAN SCHWEIZER, RUTH BRUDERER,  
CHRISTOPHE JABERG, PHILIPPE JEANNERET & PADRUOT M. FRIED

Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz, CH-8046 Zürich

The influence of ecological measures on ground beetle populations in arable land in the Swiss midland. – The influence of ecological enrichment (ecological compensation areas and ecological farming) on epigaeic arthropods, mainly ground beetles (Carabidae) was studied from 1994–1996 using a comparison between farms applying these ecological measures and neighboring farms managed in the conventional way. A total of nine farm pairs was selected which produced predominantly arable crops. They were located in different regions of the Swiss midlands.

The arthropods were collected with pitfall traps during three weeks in spring and two weeks in summer. The collections were identified to the level of orders or families (groups) and the Carabidae to species level or to species complexes. Dominant species in all habitats were *Poecilus cupreus*, *Platynus dorsalis* and *Pterostichus melanarius*. In 1994 meadows contained significantly, more species (24.9 species) than conventionally produced wheat (17.9 species). However, no differences were found between conventionally managed wheat fields and wheat fields where ecological measures were applied. In 1996 no significant difference in species number, which ranged from 25–29.3, was found between the three types of habitat. Flower strips contained significantly more species (31.8) than meadows (24.4) and hedges (25). Ground beetle individuals were also significantly more abundant in flower strips than in meadows and hedges, but did not differ from wheat.

A canonical correspondance analysis revealed significant differences in the species composition between the three habitats “conventional wheat”, “ecological wheat” and “meadows”. It was also found that the influence of the geographical situation was significantly larger than the influence of the habitat. It is concluded that the “low input farmers” as well as the “conventional farmers” manage their farm in a way that does not markedly influence the ground beetle diversity.

Keywords: Carabidae, ecology, distribution, arable land, areas for ecological compensation

### EINLEITUNG

Mit Artikel 31 des Landwirtschaftsgesetzes hat der Bund die Voraussetzungen geschaffen, die produktebezogenen Beiträge durch Betriebs- und Flächenbeiträge (Art. 31a) und durch Beiträge für besondere ökologische Leistungen (Art. 31b) zu ersetzen. Im Bereich des Feldbaus wurden als besondere ökologische Leistung die Integrierte Produktion, der Biologische Landbau sowie Erhaltung und Anlage von ökologischen Ausgleichsflächen (Hecken, Buntbrachen, extensive und wenig intensive Wiesen als wichtigste) unterstützt.

Ökologische Ausgleichsflächen (öAF; LBL 2001) sind im Vergleich zu Ackerkulturen relativ stabile Lebensräume in der Agrarlandschaft. Sie stellen einen Teil der ökologischen Bereicherungsflächen dar. Neue Untersuchungen haben gezeigt, dass öAF von Bedeutung sind sowohl als Habitat-Reservoir angrenzend an kultivierte Felder (Frank & Nentwig 1995; Pfiffner & Luka 1996; Wiedemeier & Duelli 1999) als auch als Ökosysteme, die die Artenvielfalt auf Landschaftsebene bereichern (Jeanneret et al. 2000; Pfiffner et al. 2000; Bosshard und Kuster 2001; Jeanneret et al. 2003a). Weitere ökologische Bereicherungsflächen können Äcker sein,

die nach ökologischen Gesichtspunkten bewirtschaftet werden (z.B. Direktsaaten, Untersaaten, Sorten- oder Artenmischungen, Extenso-Anbau oder mechanische Unkrautbekämpfung).

In der vorliegenden Studie wurde Wert darauf gelegt, die Gesamtheit der ökologischen Bereicherungsmassnahmen zu erfassen. Dazu wurden im deutschschweizerischen Mittelland neun Betriebe ausgewählt, deren Bewirtschaftung deutlich über die IP-Anforderungen hinausging oder den Richtlinien des biologischen Landbaus entsprach und mindestens zwei Typen von ökologischen Ausgleichsflächen aufwies. Zu jedem dieser extensiv wirtschaftenden Betriebe wurde ein intensiv wirtschaftender Partnerbetrieb in unmittelbarer Nachbarschaft gewählt. Auf diesen 16 Betrieben mit Winterweizen wurde diese Kultur ausgewählt, um die Auswirkungen der beiden Bewirtschaftungsformen auf die Arthropoden-Fauna zu untersuchen. Auf den extensiven Betrieben wurde die Fauna in ökologischen Ausgleichsflächen mit jener in Winterweizen verglichen.

Die Untersuchungen wurden in den Jahren 1994–1996 durchgeführt, um die Auswirkungen der ökologischen Bereicherungsflächen auf die biologische Vielfalt von Arthropoden, insbesondere von Laufkäfern, aufzuzeigen. Diese Insektenfamilie ist gut untersucht und erlaubt Vergleiche mit anderen Studien.

## MATERIAL UND METHODEN

### *Begriffe und Abkürzungen*

IP	Integrierte Produktion entsprechend den Richtlinien der zuständigen Organisationen
Bio	Biologischer Anbau entsprechend den Vorschriften der Vereinigung schweizerischer biologischer Landbau-Organisationen (VSBLO)
intensiv	Verallgemeinernde Bezeichnung für die Bewirtschaftungsweise der konventionellen Betriebe
extensiv	Verallgemeinernde Bezeichnung für die Bewirtschaftungsweise der IP- und Bio-Betriebe
WWi, WWe	Winterweizen intensiv, Winterweizen extensiv
öAF	ökologische Ausgleichsflächen (BB,HE,EW)
BB,HE,EW	Buntbrache, Hecke und extensive beziehungsweise wenig intensive Wiese
Habitat	Lebensraum. Kann sich beziehen auf eine Ackerkultur (z.B. WW) oder auf eine ökologische Ausgleichsfläche
Standort	geografische Lage der Untersuchungsfläche

### *Betriebe und Felder*

Für die Untersuchungen wurden im deutschsprachigen Teil des schweizerischen Mittellandes 9 Betriebspaare so ausgewählt, dass die beiden Partnerbetriebe geografisch möglichst nahe beieinander lagen. Fünf Partnerbetriebe grenzten aneinander, bei den übrigen vier lagen die Untersuchungsflächen 0.5, 2.5, 5 und 8 km auseinander. Bedingungen für den einen Partner waren, dass auf seinem Betrieb mindestens zwei Typen von ökologische Ausgleichsflächen (öAF) vorkamen und dass seine Bewirtschaftungsweise seit mindestens zwei Jahren über die IP-Anforderungen hinausging (keine Insektizide, fast vollständiger Verzicht auf Fungizide

und Halmverkürzer) oder den Bio-Vorschriften entsprach. Diese Betriebe wurden mit geraden Zahlen gekennzeichnet. Der andere Partner war ein für die Region typischer, konventioneller Betrieb – durch ungerade Zahlen gekennzeichnet. Auf diesen 18 Betrieben (Abb. 1, Tab. 1) wurden von 1994–1996 Arthropoden mit Hilfe von Bodenfallen (Barber-Fallen) gefangen. 1994 wurden auf 7 Betriebspaare die Habitate WWi, WWe und angrenzende EW verglichen. 1995 wurden die Werte von 5 extensiven Betrieben ausgewertet, die sowohl Buntbrache als auch Hecke und extensive Wiese hatten. 1996 wurden wiederum auf 7 Betriebspaare die Habitate WWi,

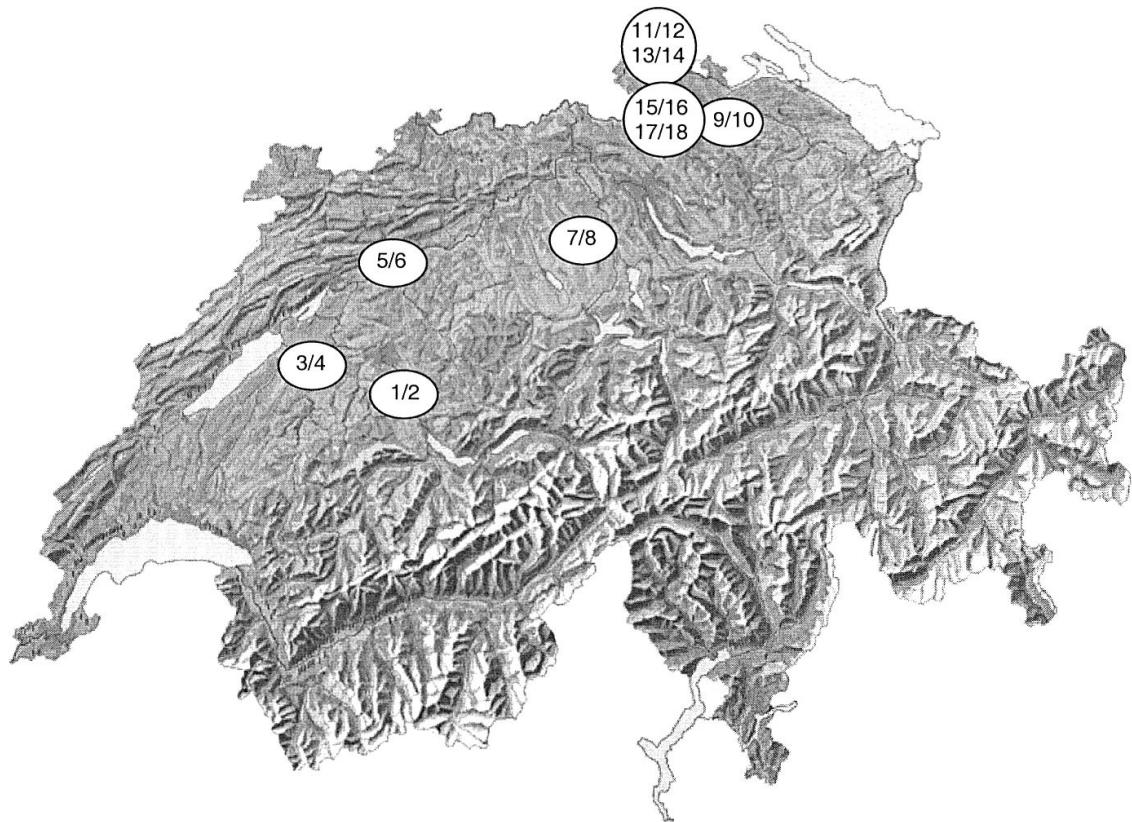


Abb. 1: Lage der untersuchten Betriebe. 1 / 2: Kiesen / Belp; 5 / 6: Bellach / Nennigkofen; 7 / 8: Boswil / Bünzen; 9 / 10: Felben / Frauenfeld; 11 / 12: Wilchingen / Wilchingen; 13 / 14: Hallau / Neunkirch; 15 / 16: Rafz / Rafz; 17 / 18: Buch am Irchel / Buch am Irchel.

WWe und angrenzende EW verglichen. Auf dem Betriebspaar 3/4 wurde kein Winterweizen angebaut; verglichen wurden die Zuckerrübenfelder. Diese Resultate sind hier nicht dargestellt, wohl aber jene aus den öAF.

Im Laufe der Untersuchungsperiode stellten zwei IP-Betriebe auf biologischen Anbau und fünf konventionell arbeitende Betriebe auf IP um. Ersteres hatte auf die Untersuchungsziele keinen Einfluss. Im letzteren Fall wurde mit den Bauern vereinbart, dass sie den Winterweizen nach den gleichen Kriterien bewirtschafteten wie vor der Umstellung.

#### Probenahmen

Vier Bodenfallen wurden auf der Mittellinie von Winterweizenfeldern in gleichmässigen Abständen installiert. Diese betrugen je nach Feldgrösse 15–20 m. 1994 waren zusätzlich je vier Fallen in zwei Linien im Feldinnern im Abstand von

Tab. 1: Angaben zu den untersuchten Betrieben. Die Gemeinde bezieht sich auf den Standort des Hofes und die Höhe über Meer auf die untersuchten Felder. Die intensiven Betriebe sind mit ungeraden Nummern gekennzeichnet, die extensiven mit geraden. Zwei aufeinanderfolgende Zahlen bilden ein Betriebspaar. Untersucht wurden Winterweizenfelder und öAF auf den extensiven Betrieben.

Betrieb	Gemeinde	Höhe ü.M.	Betriebsform
1	Kiesen	540	Ackerbau
2	Belp	510	Ackerbau
3	Bellmund	440	Ackerbau
4	Ipsach	440	Ackerbau
5	Bellach	430	vorwiegend Ackerbau
6	Nennigkofen	430	gemischt, im Untersuchungsgebiet vorwiegend Ackerbau
7	Boswil	440	gemischt
8	Bünzen	440	gemischt
9	Felben	390	Ackerbau
10	Frauenfeld	380	vorwiegend Ackerbau
11	Wilchingen	420	Ackerbau
12	Wilchingen	410	Ackerbau
13	Hallau	420	Ackerbau
14	Neunkirch	420	Ackerbau
15	Rafz	420	Ackerbau
16	Rafz	420	Ackerbau
17	Buch am Irchel	430	vorwiegend Ackerbau
18	Buch am Irchel	570	vorwiegend Ackerbau

10 m vom Feldrand aufgestellt. Auf IP- und Bio-Betrieben wurden in der Mitte von an die Weizenfelder angrenzenden öAF vier weitere Bodenfallen eingesetzt. Verwendet wurden Fallen mit einem Trichterdurchmesser von 10 cm. Die Sammeldorf mit einem Inhalt von 200 ml war zu einem Drittel mit 70%igem Aethylalkohol als Konservierungsflüssigkeit gefüllt. Ein dunkler Plastikdeckel schützte vor Regen und Besonnung. Die Leerungen erfolgten wöchentlich. Gefangen wurde während drei Wochen anschliessend an die Rapsvollblüte und während zwei Wochen in der ersten Julihälfte.

Die Sammeldaten waren wie folgt:

- 1994: 30./31. 5., 6./7. 6., 13./14. 6., 4./5. 7. und 18./19. 7.  
1995: 15./16. 5., 22./23. 5., 29./30. 5., 10./11. 7. und 17./18. 7.  
1996: 3./4. 6., 10./11. 6., 17./18. 6., 10./11. 7. und 17./18. 7.

Die Bodenfallenfänge wurden nach Ordnungen und teilweise nach Familien aufgeteilt (Keller et al. unpubl.). Von den Coleopteren wurden die Laufkäfer bis zur Art nach Freude et al. (1976) bestimmt und die entsprechende Nomenklatur übernommen (Tab. 2).

### *Betriebs- und Habitateigenschaften*

Angaben zu Fruchfolgen, Dünger- und Pestizidanwendungen wurden den Betriebsheften der Landwirte entnommen. Vegetationsaufnahmen (Bedeckungsgrad und Artenzusammensetzung) wurden nach Braun-Blanquet (1964) durchgeführt. Sie fanden jeweils im Bereich der Bodenfallen auf einer Fläche von 200 m<sup>2</sup> statt und waren zeitlich auf die Fangtermine abgestimmt.

### *Statistische Auswertung*

Die Zahl der Individuen und die Zahl der Arten in den verschiedenen Habitaten wurden mit Hilfe einer Varianzanalyse (one-way ANOVA) verglichen. Dazu wurden die Daten nach der Funktion  $y' = \ln(y+1)$  transformiert. Um dem Problem der Pseudo-Wiederholungen auszuweichen, verwendeten wir die verschiedenen Standorte als Wiederholungen und nicht die individuellen Fallenfänge. Die Analysen erfolgten mit Hilfe des STATISTICA-Programmes für Windows.

Der Einfluss des Habitats und des Standorts auf die Artenzusammensetzung der Laufkäfergemeinschaften wurde mit Hilfe kanonischer Korrespondenzanalysen (canonical correspondence analysis – CCA) mit den Programm CANOCO geprüft und quantifiziert (ter Braak 1986, 1992). Die CCA ist eine kanonische Ordination (direkte Gradientenanalyse), die sich besonders eignet für Untersuchungen der Beziehungen zwischen spezifischen Zusammensetzungen von Gemeinschaften und verschiedenen Umweltfaktoren. Es ist eine Form der multivariaten Regression, die ausgeht von unimodalen Beziehungen zwischen der Häufigkeit von Arten (abhängige Variablen) und den Umweltfaktoren (unabhängige Variablen). Bei der CCA, im Gegensatz zu einer Korrespondenzanalyse, sind die Rechnungssachsen beschränkt auf lineare Kombinationen der Umweltvariablen. Die Variation der Daten auf den kanonischen Achsen entspricht deshalb jener, die erklärt wird durch die gewählten Variablen. Die Beziehung zwischen den Arten und den Umweltfaktoren kann dadurch quantifiziert (mit Hilfe von kanonischen Eigenwerten) und geprüft werden. Der verwendete Test ist ein Test der zufallsbedingten Permutation (Monte Carlo-Test). Im Laufe jeder der 1000 Permutationen permutiert das Programm zufallsbedingt die Werte der Umweltvariablen und errechnet jedes Mal neue kanonische Achsen. Wenn 95% der neuen Eigenwerte unterhalb der ursprünglichen Werte liegen, wird angenommen, dass die ursprünglichen Achsen einen signifikanten Teil der Varianz der Häufigkeit der Arten erklären. Der Einfluss der Umweltvariablen auf die Arten oder die Standorte kann einfach in einer Graphik dargestellt werden. In der Graphik entspricht die Distanz zwischen den Punkten (Arten, Standort oder Umweltvariablen) den ökologischen Beziehungen, das heißt, kleine Distanzen weisen auf grosse Ähnlichkeiten hin und umgekehrt.

Eine Aufteilung der Varianzen der Häufigkeiten der Arten in 1. Varianz erklärt durch den Standort allein und 2. Varianz erklärt durch das Habitat allein wurden vorgenommen entsprechend der Methode von Borcard et al. (1992). Diese Methode besteht in der Durchführung von vier CCAs, wobei folgende Variablen sukzessive ins Modell eingeführt werden: 1. Habitat, 2. Habitat nach Ausschluss des Standorteffektes (die Variable "Standort" wird als Kovariable in eine Teil-CCA eingeführt), 3. Standort, und 4. Standort nach Ausschluss der Habitateffekte (Kovariable in einer Teil-CCA). Die durch Punkt 1 erklärte Varianz, von der die durch Punkt 2 erklärte Varianz abgezogen wird, entspricht der Varianz, die gleichzeitig durch Habitat und Standort erklärt wird, oder anders ausgedrückt, entspricht dem Einfluss des Habsatzes entsprechend der gewählten Standorte.

## RESULTATE

### *Laufkäferanteile in den Bodenfallen*

Die Laufkäferanteile an der gesamten Arthropodenanzahl in den Bodenfallen lagen zwischen 10.4 und 27.1 %. Markante Unterschiede zwischen den Jahren 1994 und 1996 wurden in Winterweizen nachgewiesen. 1994 betragen die Anteile 11.2 % für WWi und 13.1 % für WWe. Die entsprechenden Werte für 1996 betragen 27.0 % und 25.9 %. In den öAF waren die Unterschiede zwischen den Jahren geringer. In EW lagen sie zwischen 10.4 (1994) und 16.5 % (1996), in BB zwischen 25.1 (1996) und 27.1 (1995) und in HE zwischen 11.1 (1995) und 14.1 (1996).

### *Laufkäfergruppen und -artenzahlen*

1994 wurden 35 Arten und 8 Artengruppen bestimmt. 1995 und 1996 waren es 42 Arten und 8 Artengruppen (Tab. 2). Einzelne Individuen konnten nicht bestimmt werden (Rest). 1994 wurden in WWi 33 Arten und Artengruppen gefunden, in WWe und EW je 37. Die entsprechenden Werte für 1996 lauten: WWi: 43, WWe: 45 und EW 49. 1995 wurden in EW 45 Arten gefangen, in BB 48 und in HE 44. Die entsprechenden Werte für 1996 lauten: EW: 49, BB: 45 und HE 42 (Tab. 4). Die durchschnittlich gefundenen Artenzahlen waren wesentlich kleiner (Tab. 3). Bei den Artenzahlen konnte 1994 ein signifikanter Unterschied zwischen intensivem Winterweizen und extensiver Wiese gefunden werden. Extensiver Weizen nahm eine Mittelstellung ein. 1996 wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden. 1995 wies die Buntbrache signifikant mehr Arten auf als Hecken und extensive Wiesen (Tab. 3).

Die mittleren Individuenzahlen lagen in den drei Jahren zwischen 329 und 1335. Signifikante Unterschiede wurden nur im Jahre 1995 zwischen BB (905) und EW und Hecken (329 und 343) gefunden (Tab. 3).

### *Dominanzstrukturen der Carabiden-Populationen*

WWe wies in den Jahren 1994 und 1996 die höchsten Individuenzahlen auf (Tab. 4). WWi hatte rund ein Viertel weniger Individuen, während die Artenzahl nur leicht reduziert war. EW wies nur rund die Hälfte bis ein Drittel der Individuenzahlen von WWe auf, während die Artenzahl gleich oder etwas höher war. Innerhalb der öAF wiesen BB die höchsten Individuenzahlen auf, HE die niedrigsten. Die Artenzahlen unterschieden sich nur unwesentlich.

Tab. 2: Liste der während der Untersuchungsperiode in den einzelnen Habitaten gesammelten Carabidae. Angegeben sind die Durchschnittswerte pro Fallenleerung. Mit einem Stern sind Einzelfunde markiert.

Art	WWi	WWe	EW	BB	HE	Abkürzung
<i>Abax spp</i>	0.5	1.3	2.7	2.1	0.1*	abaspp
<i>Acupalpus meridianus</i> Linné 1761	2.5	3.1	1.9	2.2	2.2	acumer
<i>Agonum muelleri</i> Herbst 1784	12.8	294	36.4	14.6	14.6	agomue
<i>Agonum sexpunctatum</i> Linné 1758	1.1	5.3	1.2	0	0	agosex
<i>Agonum spp</i>	0	0.1*	0.1*	0	0	agospp
<i>Amara aenea</i> De Geer 1774	0.4	6.4	22.9	3.4	3.4	amaaen
<i>Amara convexior</i> Stephens 1828	0.4	3	21.5	5.7	5.7	amacon
<i>Amara familiaris</i> Duftschmid 1812	0.2	9.4	2.7	0.2	0.2	amafam
<i>Amara lunicollis</i> Schiödte 1837	0	8.4	31.5	19.1	19.1	amalun
<i>Amara ovata</i> Fabricius 1792	1	1.6	1.8	1	1	amava
<i>Amara plebea</i> Gyllenhal 1810	8.2	12.6	50.9	13	13	amaple
<i>Amara similata</i> Gyllenhal 1810	1.8	1.2	2.4	0.6	0.6	amasim
<i>Amara spp</i>	0	0	0.9	0	0	amaspp
<i>Anisodactylus binotatus</i> Fabricius 1787	4.5	8.6	64.0	24.7	24.7	anibin
<i>Asaphidion flavipes</i> Linné 1761	5	9.3	2.1	1.1	1.1	asafla
<i>Badister bipustulatus</i> (Fabricius, 1792)	0.1*	1.7	1.1	11.3	11.3	badbip
<i>Bembidion lampros</i> Herbst 1784	31	15.8	55.1	4	4	bemlam
<i>Bembidion quadrimaculata</i> Linné 1761	1.2	1.3	8.4	0.4	0.4	bemqua
<i>Bembidion tetricum</i> Say 1823	2.4	3.6	5.0	0.2	0.2	bemtet
<i>Bembidion spp</i>	1.3	2	1.9	0.2	0.2	bemspp
<i>Brachinus explodens</i> Duftschmid 1812	0	1.3	13.7	2.4	2.4	braexp
<i>Calathus fuscipes</i> Goeze 1777	0.2	0.1*	0.3	0.2	0.2	calfus
<i>Carabus cancellatus</i> Illiger 1798	3.4	6.7	1.5	0.5	0.5	carcan
<i>Carabus granulatus</i> Linné 1758	28.4	31.4	3.2	2.7	2.7	carga
<i>Carabus monilis</i> Fabricius 1792	42.4	67.4	21.1	11.4	11.4	carmom
<i>Carabus nemoralis</i> O.F. Müller 1764	10.6	2.3	1.3	1.2	1.2	carnem
<i>Carabus violaceus</i> Linné 1758	1.9	1.7	0.3	0.5	0.5	carvio
<i>Carabus spp</i>	60.9	33.5	7.9	0.6	0.6	carspp
<i>Clivina fossor</i> Linné 1758	17.1	15.3	7.1	5	5	clifos
<i>Demetrias atricapillus</i> Linné 1758	0.6	2.2	0.1	0.3	0.3	dematr
<i>Diachromus germanus</i> Linné 1758	0.1*	0.2	38.4	23.9	23.9	diager
<i>Dyschirius cf. globosus</i> Herbst 1784	0	0	0.3	0.1*	0	dysglo
<i>Harpalus affinis</i> Schrank 1781	3.1	6.7	17.2	13.5	13.5	haraff
<i>Harpalus latus</i> Linné 1758	5	1	3.1	4.8	4.8	harlat
<i>Harpalus rubripes</i> Duftschmid 1812	36.4	28.4	31.6	41.5	41.5	harruf
<i>Harpalus spp</i>	0.6	4.2	12.4	11.6	11.6	harspp
<i>Lasiotrechus discus</i> Fabricius 1792	0	0.1*	0.0	0	0	lasdia
<i>Loricera pilicornis</i> Fabricius 1775	64.5	35.1	8.9	4.3	4.3	lorpil
<i>Nebria brevicollis</i> Fabricius 1792	3.8	16.8	26.2	20.3	20.3	nebbre
<i>Notiophilus biguttatus</i> Fabricius 1779	0.8	0.7	1.3	0.5	0.5	notbig
<i>Platynus dorsalis</i> Pontoppidan 1763	636	617	110.4	43.7	43.7	plador
<i>Poecilus cupreus</i> Linné 1758	483	737	344.7	73.3	73.3	poecup
<i>Pterostichus anthracinus</i> Illiger 1798	94.4	41.5	6.3	6.5	6.5	pteant
<i>Pterostichus melanarius</i> Illiger 1798	350	763	146.3	24.9	24.9	ptemel
<i>Pterostichus niger</i> Schaller 1783	13	31.9	4.5	1.2	1.2	ptenig
<i>Pterostichus vernalis</i> Panzer 1796	16.2	130	18.8	10.8	10.8	ptever
<i>Pterostichus spp</i>	1.3	1.7	7.1	3.2	3.2	ptespp
<i>Stenolophus teutonus</i> Schrank 1781	0.5	2.2	3.5	4.4	4.4	steteu
<i>Stomis pumicatus</i> Panzer 1796	4.9	3.2	1.1	2.2	2.2	stopum
<i>Trechus quadristriatus</i> Schrank 1781	36.5	12.8	1.1	1.8	1.8	trequa
Rest	4.9	7.5	4.7	3.9	3.9	

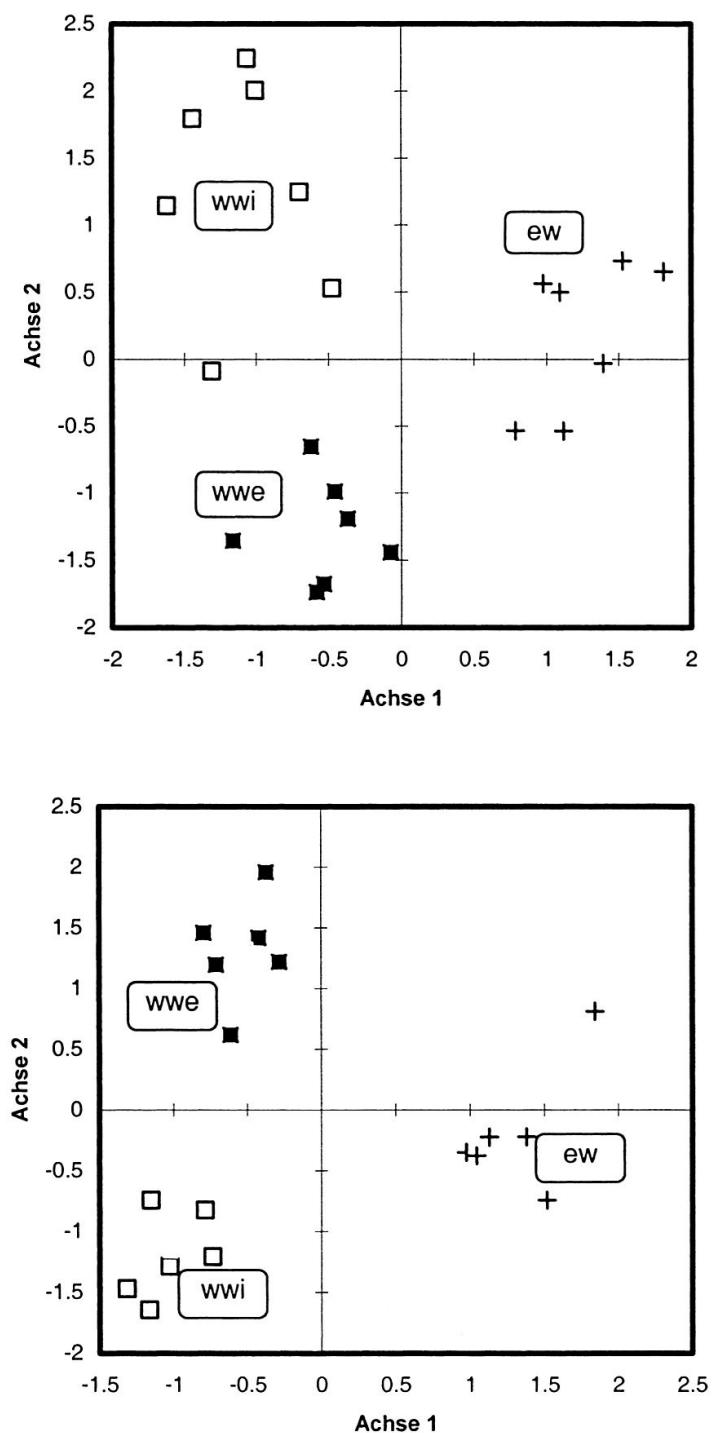


Abb. 2: Einfluss des Habitates auf die Laufkäfergemeinschaften. Weizen (wwi, wwe) und extensive Wiesen (ew) der Jahre 1994 (oben) und 1996 (unten). Diagramm der CCA-Ordination.

Als dominante Arten wurden gefunden (Tab. 4): *Poecilus cupreus*, *Platynus dorsalis* und *Pterostichus melanarius*. *P. cupreus* dominierte 1996 in allen Habitaten, 1995 in EW und BB; *P. dorsalis* dominierte 1994 in WWi und 1995 in HE; *P. melanarius* dominierte 1994 in WWe und EW. Der Anteil der dominanten Art lag in WW zwischen 28 % und 35 %, in öAF zwischen 15 % und 45 %. Mit 15 % und 24 % wurden die niedrigsten Werte in Hecken gefunden. Der Anteil der 3 dominan-

ten Arten, zu denen neben den oben genannten Arten auch *Amara plebeja*, *Anisodactylus binotatus*, *Bembidion lampros*, *Diachromus germanus* und *Harpalus rufipes* gehörten, lag in WW zwischen 69 % und 77 %, in öAF zwischen 37 % und 63 %. Wiederum lagen die tiefsten Werte mit 37 % und 41 % in Hecken.

Die Anteile der dominanten Arten an der Individuenzahl sowie die Anzahl der Hauptarten, und der subdominanten Arten erlaubten Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der Populationen. In WW wurden die Populationen von 3–4 Hauptarten dominiert. Ähnlich war die Situation in BB, während in EW und HE nur 1–2 Hauptarten auftraten. In öAF waren andererseits mehr subdominante Arten vertreten als in WW, was ein weiterer Hinweis auf eine ausgeglichene Artenzusammen-

Tab. 3: Vergleich durchschnittliche Anzahl Arten u. Individuen pro Habitat (one-way ANOVA). Die signifikanten Werte auf  $p < 0.1$  sind fett markiert.

	Jahr	Anzahl Arten pro Standort					Habitat			
		WWi	WWe	EW	BB	HE	df	MS	F	p
Carabiden	1994	17.9	20.9	24.9	-	-	2	86.33	12.28	<b>0.0004</b>
	1995	-	-	24.4	31.8	25	2	84.47	3.7	<b>0.056</b>
	1996	25	28.2	29.3	-	-	2	30.17	1.41	0.27
		Anzahl Individuen pro Standort					Habitat			
Carabiden	1994	705.1	1098.6	863.4	-	-	2	0.32	1.23	0.31
	1995	-	-	343	904.6	328.6	2	1.65	6.79	<b>0.011</b>
	1996	898	1335	832	-	-	2	0.14	0.75	0.49

setzung war. Bei der Anzahl sporadischer Arten ergaben sich keine wesentlichen Unterschiede zwischen WW, EW und BB; in HE dagegen kamen nur relativ wenige sporadische Arten vor.

Bei einzelnen Arten oder Gattungen liessen sich bestimmte bevorzugte Habitate erkennen (Tab. 2). Die meisten *Amara* spp. mieden WWi, ebenso *Diachromus germanus*, *Anisodactylus binotatus*, *Harpalus affinis* und *Brachinus explodens*. Letztere Art fehlte in WWi, kam dagegen in grösserer Zahl in EW vor. *Dyschirius* spp. fehlten in Weizen, wurden aber auch in den anderen Habitaten nur in geringer Zahl gefangen. Andererseits bevorzugten die meisten Arten der Gattung *Carabus* WW, *Loricera pilicornis* und *Trechus quadristriatus* hatte die grösste Dichte in WWi. Ebenso bevorzugten die meisten *Pterostichus* Arten Winterweizen. *Badister bipustulatus* bevorzugte deutlich BB und HE.

#### Einfluss des Habitats auf die Laufkäfergemeinschaften

Anhand der Laufkäferarten wurde der Einfluss von Habitat (Weizen, ökologische Ausgleichsflächen) und von Standort (geographische Lage) mit Hilfe einer kanonischen Korrespondenzanalyse (CCA) untersucht. Dabei zeigte sich, dass der

Standort einen signifikant grösseren Einfluss auf die Variabilität hatte als das Habitat (Tab. 5). Rund ein Drittel der Variabilität entfiel auf andere, unbekannte Faktoren.

Mit Hilfe der CCA liess sich zeigen, dass sich die Laufkäfergemeinschaften in den drei Habitaten WWi, WWe und EW sowohl 1994 wie 1996 signifikant unterschieden (Monte Carlo-Test  $p<0.01$ ) (Abb. 2). Sie stellten in beiden Jahren klar getrennte Gruppen im Ordinationsdiagramm dar.

Tab. 5: Einfluss von Habitat und Standort auf die Artenzusammensetzung basierend auf Berechnungen mittels kanonischer Korrespondenzanalyse (CCA).

Jahr	Anteil (%) an der Variabilität der Artenzusammensetzung		
	Habitat	Standort	unbekannt
1994	15	48	37
1995	14	46	39
1996	24	38	38

### *Einfluss des Standortes auf die Laufkäfergemeinschaften*

Der Standort (geographische Lage) hatte einen signifikanten Einfluss auf die Zusammensetzung der Laufkäferpopulationen (Monte Carlo-Test,  $p<0.01$ ), sowohl was Weizen wie auch öAF betraf. Dies wird durch die grossen Abstände in Abbildung 3 verdeutlicht.

1994 wiesen die Standorte 1 und 8 (Betriebspaare 1/2 und 15/16), 3 und 4 (Betriebspaare 5/6 und 7/8) sowie 6, 7 und 9 (Betriebspaare 11/12, 13/14 und 17/18) grosse Ähnlichkeiten auf. 1996 waren die Standorte 8 und 9 (Betriebspaare 15/16 und 17/18) ähnlich, sowie die Standorte 1, 3, und 4; Standort 7 unterschied sich deutlich von den anderen Standorten (Abb. 3). An den meisten Standorten lagen die Habitate nahe beisammen, das heisst, dass WWi, WWe und EW eine ähnliche Zusammensetzung der Laufkäferpopulationen aufwiesen.

### *Einfluss des Bedeckungsgrades und auf Laufkäferarten*

Um den Einfluss des Bedeckungsgrades zu untersuchen, wurden die Mitte Juni 1996 erhobenen Vegetationsdaten mit dem Vorkommen von Laufkäfern verglichen. Der Bedeckungsgrad, der in Wiesen wesentlich höher war als in Winterweizen, hatte einen signifikanten Einfluss auf die Laufkäfergemeinschaften (Monte Carlo-Test,  $p<0.01$ ). Arten, die in Abbildung 4 auf der negativen Seite aufgeführt sind, bevorzugen tiefe Bedeckungsgrade, jene auf der positiven Seite hohe. Ein geringer Bedeckungsgrad wird insbesondere von *Trechus quadristriatus* (trequa), *Asadiphion flavipes* (asafla) bevorzugt. Auch fällt auf, dass alle *Carabus*-Arten im eher deckungsarmen Teil anzutreffen waren. Demgegenüber bevorzugen insbesondere *Diachromus germanus* (diager), *Dyschirius cf. globosus* (dysglo), *Brachinus explodens* (braexp) sowie einige *Amara*- (amaspp) und *Agonum*-Arten (agospp) deckungsreiche Flächen (Abb. 4). Der Bedeckungsgrad ist einer von zahlreichen

Tab. 4: Übersicht über die Dominanzstrukturen der Carabiden-Populationen (nach Mühlenberg 1993).

Jahr	Merkmal	Kultur/Habitat				
		WWi	WWe	EW	BB	HE
1994	Anzahl Individuen	13639	18737	6044		
	Anzahl Arten	33	37	37		
	dominante Arten, Anteil					
	<i>Platynus dorsalis</i>	34,9%				
	<i>Pterostichus melanarius</i>		27,7%	30,9%		
	3 dominante Arten, Anteil	69,2%	71,8%	61,5%		
	Anzahl Hauptarten <sup>1</sup>	3	4	2		
	Anzahl subdomin. Arten <sup>2</sup>	7	4	8		
1995	Anzahl sporadische Arten <sup>3</sup>	17	20	16		
	Anzahl Individuen			5332	6445	1879
	Anzahl Arten			45	48	44
	dominante Arten, Anteil					
	<i>Poecilus cupreus</i>			44,9%	24,0%	
	<i>Platynus dorsalis</i>					15,0%
	3 dominante Arten, Anteil			62,6%	53,3%	36,6%
	Anzahl Hauptarten <sup>1</sup>			2	3	2
1996	Anzahl subdomin. Arten <sup>2</sup>			4	7	11
	Anzahl sporadische Arten <sup>3</sup>			20	19	12
	Anzahl Individuen	7605	10003	5684	9500	2350
	Anzahl Arten	43	45	49	45	42
	dominate Art, Anteil					
	<i>Poecilus cupreus</i>	30,3%	32,5%	26,7%	28,9%	23,8%
	3 dominante Arten, Anteil	68,9%	77,2%	44,2%	56,5%	40,5%
	Anzahl Hauptarten <sup>1</sup>	3	3	1	3	1
	Anzahl subdomin. Arten <sup>2</sup>	5	4	9	7	9
	Anzahl sporadische Arten <sup>3</sup>	26	23	25	22	13

<sup>1</sup>) Hauptarten: Arten mit einem Anteil von mehr als 10%

<sup>2</sup>) subdominante Arten: Arten mit einem Anteil von mehr als 3,2%

<sup>3</sup>) sporadische Arten: Arten mit einem Anteil von weniger als 0,32%

Habitateigenschaften und er erklärt zumindest einen Teil der zwischen den Habitaten gefundenen Unterschiede. Ein Einfluss der Düngung konnte nicht festgestellt werden.

## DISKUSSION

Der methodische Ansatz "Betriebsvergleich" (Keller 1994) wurde gewählt, um die Frage nach dem Nutzen von Ökologisierungsmassnahmen für die Arthropodenfauna auf Betriebsebene möglichst wirklichkeitstreu beantworten zu können.

In zahlreichen Parzellenversuchen konnte die Erhöhung der Biodiversität durch solche Massnahmen gezeigt werden. Umfangreiche Daten und Literaturangaben sind bei Nentwig (2000) zusammengefasst.

Ökologische Bereicherung umfasst einerseits jene kulturbezogenen Massnahmen, die auf eine Schonung der vorhandenen Lebewesen ausgerichtet ist, wie Ver-

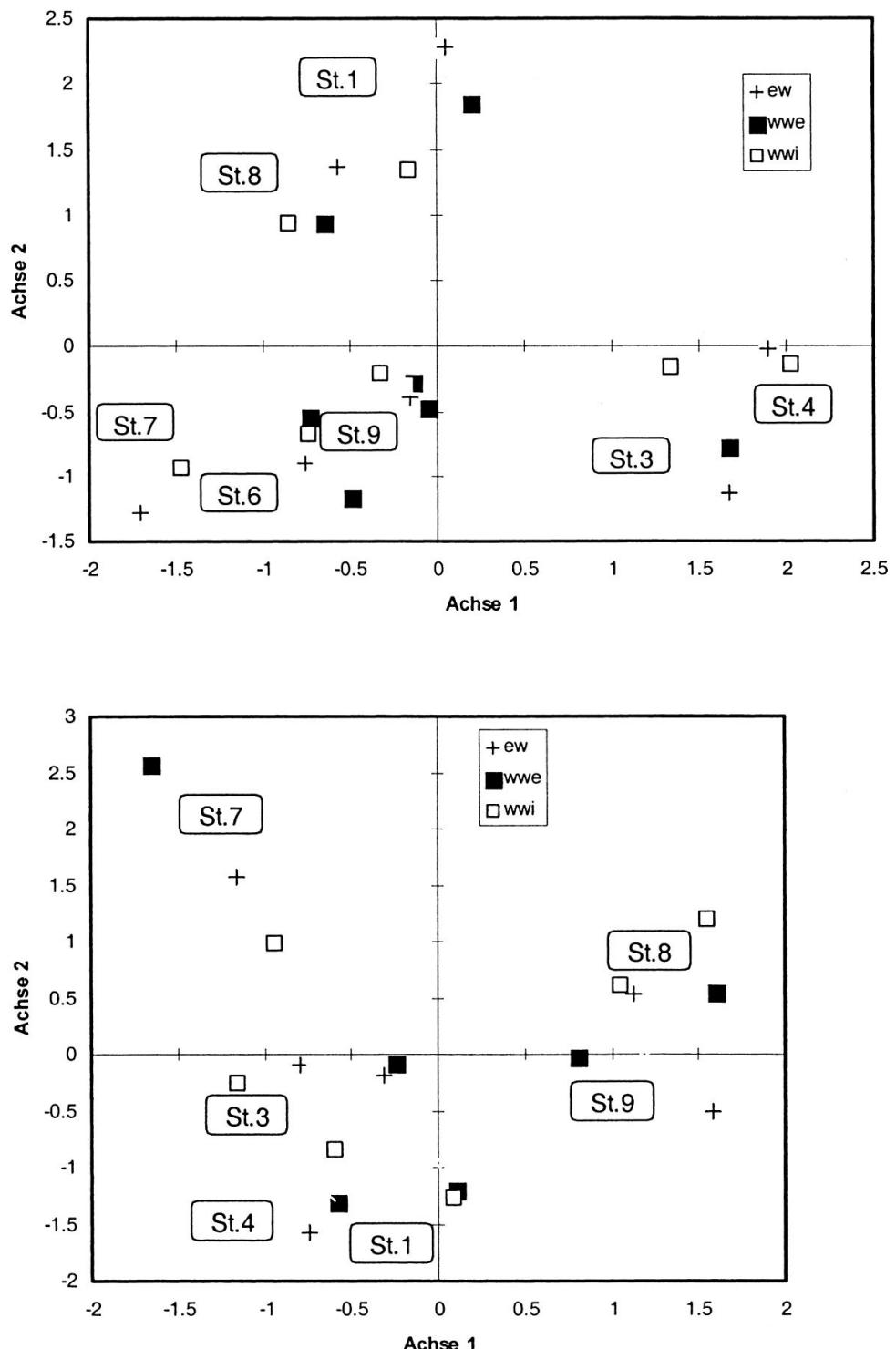


Abb. 3: Einfluss des Standortes (St) auf die Laufkäfergemeinschaften in Weizen (wwi, wwe) und extensiven Wiesen (ew) der Jahre 1994 (oben) und 1996 (unten). Diagramm der CCA-Ordination.

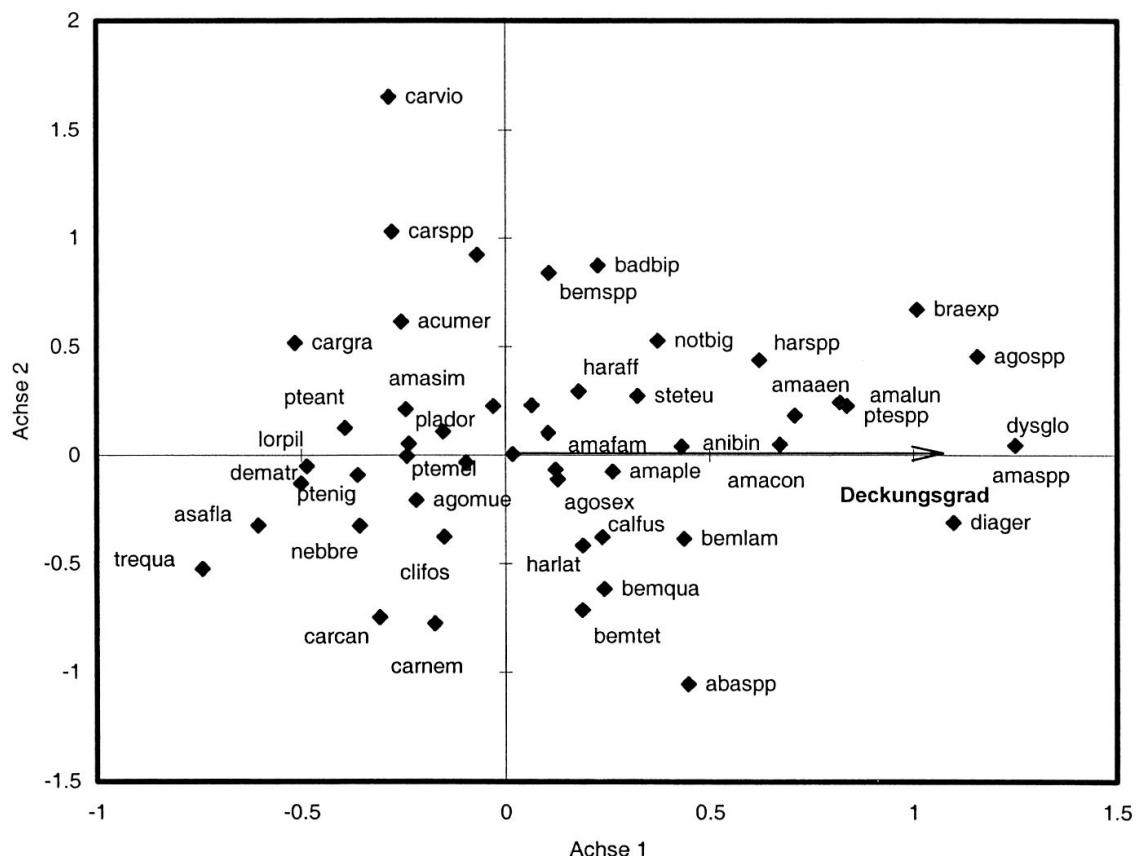


Abb. 4: Einfluss des Bedeckungsgrades auf die Laufkäferarten 1996. Diagramm der CCA-Ordination. Im linken Bereich sind die Arten zu finden, die deckungsarme Flächen bevorzugen, im rechten Bereich jene, die deckungsreiche Flächen bevorzugen. Die Abkürzungen der Carabidenarten setzen sich zusammen aus den drei ersten Buchstaben von Gattung und Art (spp = verschiedene Arten der Gattung).

zicht auf oder gezielter Einsatz von Pflanzenbehandlungsmittel, sparsamer Einsatz von Dünger und Bodenbearbeitungsgeräten, Untersaaten, Sorten- oder Artenmischungen. Andererseits gehört dazu das Anlegen von ökologischen Ausgleichsflächen. Sie stellen mittel- oder längerfristig stabile, vom Menschen wenig beeinflusste "Inseln" in einer sich stets ändernden Umgebung dar. Als solche bieten sie neue Lebensräume und sind geeignet, Lebewesen zu beherbergen, die auf bewirtschafteten Flächen keine Existenzmöglichkeiten finden (Nentwig 2000).

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen konnte nur ein kleiner Teil der Auswirkungen von öAF auf die Artenvielfalt erfasst werden. Einerseits waren politische Vorgaben zu erfüllen, wie der Einbezug der Ackerbaugebiete des ganzen schweizerischen Mittellandes, andererseits mussten aus logistischen Gründen Einschränkungen vorgenommen werden. So wurden die kulturbezogenen Massnahmen nur in Winterweizen erfasst. Der Faunenvergleich auf den extensiven Betrieben umfasste ebenfalls nur Weizen verglichen mit verschiedenen Typen von öAF. Mit der Wahl dieser Kultur war auch der zeitliche Rahmen der Untersuchungen gegeben, der sich vom Frühling bis zur Ernte erstreckte. Man kann sich leicht vorstellen, dass bei Untersuchungen nach der Ernte die Bedeutung von öAF als Refugien besonders deutlich zum Vorschein kommt (Wiedemeier & Duelli 1993). Ähnliches trifft auch bei Untersuchungen zur Überwinterung zu (z.B. Bürki & Hausammann 1993). Ferner handelt es sich bei diesen Untersuchungen um Momentaufnahmen während je

zwei verschiedenen Beobachtungsperioden in Weizen und in öAF und nicht um das längerfristige Verfolgen populationsdynamischer Prozesse. Dies würde die Kenntnisse über die faunistische Bedeutung ökologischer Bereicherungsmassnahmen wesentlich erweitern.

Beim Fangen von Arthropoden mit Bodenfallen ist das Problem des Raumwiderstandes bekannt (z.B. Luff 1975; Melbourne 1999; Thomas & Marshall 1999). Empfohlen wurde die Verwendung einer Methode, die die Aktivitätsdichte schätzt kombiniert mit einer Abschätzung der absoluten Dichte (Lang 2000). Dennoch werden die Bodenfallen häufig verwendet, da sie relativ günstig sind und mehr Informationen über die gesamte Artenzahl eines Habitats bringen als andere Methoden (Lang 2000; Spence & Niemelä 1994). Ferner ist zu beachten, dass in Habitaten mit relativ hohem Raumwiderstand (extensiv genutzte Wiese, Buntbrache) mehr Arten gefangen wurden als in Habitaten mit relativ geringem Raumwiderstand (Winterweizen) trotz einer geringeren Individuenzahl.

Die in verschiedenen geografischen Regionen erhobenen Daten beeinflussten die Variabilität stärker als Bewirtschaftungsart und Habitat. So lag der Anteil des Standortes an der Variabilität der Laufkäferzusammensetzung zwischen 38 und 48 %, jener des Habitats zwischen 14 und 24 %. Es bestätigt, dass die regionale Landschaftssituation sowie die Biogeographie eine wichtige Rolle spielen, was mit anderen Untersuchungen übereinstimmt (Jeanneret et al. 2003b; Burel & Baudry 1995).

Bemerkenswert war die grosse Ähnlichkeit der Arthropodenfauna zwischen intensiv und extensiv angebautem Weizen. Zwar konnten bei verschiedenen Gruppen Unterschiede nachgewiesen werden, die jedoch nur in wenigen Fällen als nennenswert zu bezeichnen waren. Dies war ohne Zweifel darauf zurückzuführen, dass auch die intensiv wirtschaftenden Landwirte zurückhaltend waren beim Einsatz von Insektiziden. So wurden Insektizide während den drei Jahren nur in vier von insgesamt 24 Weizenfeldern eingesetzt. Auch entsprachen ihre Fruchtfolgen, Parzellengrößen und Bodenbearbeitungsmassnahmen ungefähr jenen ihrer extensiv wirtschaftenden Kollegen, so dass auf regionaler Ebene eine Habitat- und Kulturenvielfalt besteht und ein Faunenaustausch gewährleistet ist. Ausdruck dieser grossen Ähnlichkeit ist die Artenzahl der Laufkäfer. Wohl wurden in extensivem Weizen durchschnittlich drei Arten mehr gefangen als in intensivem Weizen, doch sind beide Werte vergleichbar mit Artenzahlen, die auf biologisch wirtschaftenden Betrieben gefunden wurden (Pfiffner & Niggli 1996).

Wie aus Tab. 4 hervorgeht, bestanden in WW zwischen 1994 und 1996 grosse Unterschiede bei den Individuenzahlen und parallel dazu ergaben sich Änderungen bei der dominierenden Art. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass das Weizen-Ökosystem labiler ist als extensive Wiesen. In anderen Untersuchungen wurde gezeigt, dass permanente wie temporäre Habitate grosse jährliche Schwankungen aufweisen können (Luff 1990; French & Elliott 1999). In extensiven Wiesen wie auch in den anderen öAF waren die Individuenzahlen ziemlich ausgeglichen und die dominante Art in den meisten Fällen *P. cupreus*.

Anhand der Laufkäferarten in WW und EW konnte gezeigt werden, dass die Artenzahlen mit abnehmender Bearbeitungsintensität (Jeanneret 2004, mündl. Mitt.) steigen. Ebenso konnten signifikante Unterschiede in der Zusammensetzung der Laufkäfergemeinschaften von WWi und WWe und von EW gefunden werden. Ein Teil dieser Unterschiede lässt sich durch den Bedeckungsgrad erklären. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten auch Jossi et al. (2004), die in biologisch bewirtschafteten Parzellen höhere Aktivitätsdichten feststellten als in IP-Anbausystemen. Ein-

zelle Arten mieden WW vollständig (*Amara* sp., *Dyschirius* sp.) oder nur WWi (*Brachinus explodens*). Umgekehrt bevorzugten die grossen Arten der Gattung *Carabus* WW, ebenso *Platynus dorsalis*, eine der häufigsten Arten. Auch bei der Wahl bestimmter öAF liessen sich bei einzelnen Arten Unterschiede nachweisen, was einmal mehr darauf hinweist, dass die Arthropodendiversität auf regionaler Ebene eng mit der Diversität von Lebensräumen verknüpft ist.

#### FOLGERUNGEN

Zukünftige analoge Untersuchungen müssen sich auf ein einziges Areal beschränken, um den geografischen Einfluss auszuschalten. Zu empfehlen sind ferner eine Ausdehnung der Untersuchung über mehrere Glieder einer Fruchtfolge, um die kulturspezifischen Aspekte und den Einfluss der Pflegemassnahmen zu untersuchen, sowie eine saisonale Ausdehnung, die auch die Überwinterungssituation einschliesst. Aus diesen Daten könnte auf die Bedeutung der öAF als Refugium und als Überwinterungsstandort abgeschätzt werden. In dieser Periode wären auch besonders deutliche Unterschiede zwischen den jährlich wechselnden Ackerkulturen und den zumindest mittelfristig stabilen öAF zu erwarten. Da von Jahr zu Jahr grosse Änderungen in der Arthropodenzusammensetzung auftreten, sollten die Untersuchungen auf den gleichen Flächen mindestens drei Jahre dauern.

Um die Bedeutung ökologischer Ausgleichsflächen für die Biodiversität abzuschätzen, ist es notwendig, möglichst viele Gruppen bis zur Art zu bestimmen. Erst auf Artniveau zeigt sich die Präferenz für bestimmte Lebensräume.

ÖAF stellen eine wertvolle Bereicherung der Agrarlandschaft dar, in denen einzelne Insektenarten oder -gruppen ihnen zusagende, dauernde oder vorübergehende Lebensräume finden. Für verschiedene Nutzorganismen wie zum Beispiel Marienkäfer oder insektenpathogene Pilze scheinen öAF wichtige Reservoirs zu sein (Keller & Häni 2000). Eine gewisse Gefahr besteht darin, dass öAF durch die vorgegebenen Pflanzenmischungen vereinheitlicht werden. Nach bisherigen Praxiserfahrungen scheint jedoch dieses Problem nicht gross zu sein, da sich die Buntbrachen an verschiedenen Standorten hinsichtlich der Artenzusammensetzung unterschiedlich entwickeln (Günter 2000; Schaffner et al. 2000). Eine wichtige Voraussetzung für hohe Artenvielfalt ist eine Vielfalt an Lebensräumen. Der drohenden Vereinheitlichung kann durch individuelles Anlegen von Kleinlebensräumen begegnet werden. Dazu gehören das Anlegen von Brachflächen und offenen Drainagen, das Bereichern mit Steinhaufen, Schnittholz oder spezielle Förderungsmassnahmen für einzelne Arten (LBL 2001).

Aus den vorliegenden Daten lassen sich Schlüsse im Hinblick auf die Bioindikation ziehen. Von den epigäischen Arthropoden (Bodenfallenfänge) haben sich Laufkäfer mit ihrem beschränkten Ausbreitungsvermögen als Standardindikatoren für Vergleiche zwischen Bewirtschaftungsweisen und Lebensräumen bewährt und sollten auch in zukünftigen Untersuchungen nicht fehlen. Epigäische Spinnen sind in Bodenfallen ebenfalls repräsentativ vertreten und liessen sich ebenfalls für Diversitätsuntersuchungen verwenden. Prüfenswert für die Eignung als Bioindikatoren sind ferner ausgewählte Beute/Räuber-, Wirt/Parasitoid- oder Wirt/Pathogen-Beziehungen. Auch ist das Verwenden spezieller Nachweismethoden zu prüfen, die den spezifischen Anforderungen ausgewählter Arthropoden gerecht werden.

Vermehrte Berücksichtigung verdienen Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen öAF, Nützlingen und Schädlingen, um die Frage beantworten zu können, ob öAF tatsächlich zur Regulierung von Schädlingspopulationen beitragen

können. Dazu liegen erst wenige Untersuchungen vor (Gurr et al. 2003; Thies & Tscharntke 1999).

#### VERDANKUNGEN

Allen Landwirten, die für diese Untersuchungen ihre Betriebe zu Verfügung stellten, sei an dieser Stelle ganz herzlich gedankt. Sie haben zusätzliche Arbeiten und Erschwernisse in Kauf genommen. Ebenfalls bedanken wir uns bei den kantonalen Beratern, die uns bei der Suche und der Auswahl der Betriebe behilflich waren und bei all jenen, die uns beim aufwendige Auswerten der Fallen oder in anderer Weise behilflich waren. Besonderer Dank gilt dem Begutachter, der mit seinen Kommentaren der Arbeit zu einer präziseren und konzentrierteren Form verhalf.

#### LITERATUR

- Borcard, D., Legendre, P. & Drapeau, P. 1992. Partialling out the spatial component of ecological variation. — *Ecology* 73 (3): 1045–1055.
- Bosshard, A. & Kuster, D. 2001. Bedeutung neu angelegter Extensivwiesen für Tagfalter und Heuschrecken. — *Agrarforschung* 8 (7): 252–257.
- Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie*. Wien.
- Burel, F. & Baudry, J. 1995. Species biodiversity in changing agricultural landscape: A case study in the Pays d'Auge, France. — *Agriculture, Ecosystems and Environment* 55: 193–200.
- Bürki, H.-M. & Hausammann, A. 1993. Überwinterung von Arthropoden im Boden und an Ackerkräutern künstlich angelegter Ackerkrautstreifen. — *Agrarökologie* 7: 158 pp, Haupt Bern.
- Frank, Th. & Nentwig, W. 1995. Artenvielfalt von Laufkäfern (Carabidae), Schwebfliegen (Syrphidae) und Tagfaltern (Rhopalocera) in Ackerkrautstreifen und angrenzenden Feldern. — *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent.* 9: 685–691.
- French, B.W. & Elliott, N.C. 1999. Temporal and spatial distribution of ground beetle (Coleoptera : Carabidae) assemblages in grasslands and adjacent wheat fields. — *Pedobiologia* 43: 73–84.
- Freude, H., Harde, K.W. & Lohse, G. (eds) 1976. *Die Käfer Mitteleuropas. Adephaga*, 1. Bd. — Goecke & Everts, Krefeld. 302 pp.
- Günter, M. 2000. Anlage und Pflege von mehrjährigen Buntbrachen unter den Rahmenbedingungen des schweizerischen Ackerbaugebietes. — *Agrarökologie* 37. Agrarökologie, Bern. 154 pp.
- Gurr, G.M., Wratten, S.D. & Luna, J.M. 2003. Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. — *Basic Appl. Ecol.* 4: 107–116.
- Jeanneret, Ph., Schüpbach, B., Pfiffner, L., Herzog, F. & Walter, Th. 2003a. The Swiss agri-environmental programme and its effects on selected biodiversity indicators. — *Journal for Nature Conservation* 11: 213–220.
- Jeanneret, Ph., Schüpbach, B., Pfiffner, L. & Walter, Th. 2003b. Arthropod reaction to landscape and habitat features in agricultural landscapes. — *Landscape Ecology* 18: 253–263.
- Jeanneret, Ph., Schüpbach, B., Steiger, J., Waldburger, M. & Bigler, F. 2000. Evaluation der Ökomassnahmen : Biodiversität : Tagfalter und Spinnen. — *Agrarforschung* 7 (3): 112–116.
- Jossi, W., Bruderer, R., Valenta, A., Schweizer, C., Scherrer, C., Keller, S. & Dubois, D. 2004. Einfluss der Bewirtschaftung auf die Nützlingsfauna. — *Agrarforschung* 11: 80–85.
- Keller, S. 1994. Effizienzkontrolle bei Ökologisierungsmassnahmen in der schweizerischen Landwirtschaft aus Sicht der Schädlingsbekämpfung. — *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz Bonn-Bad Godesberg* 40: 69–83.
- Keller, S. & Häni, F. 2000. Einfluss des Ökosystems auf Nützlinge und Schädlinge. — In Nentwig W., Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft. Ackerkrautstreifen, Buntbrachen, Feldränder, pp. 199–217, Agrarökologie, Haupt, Bern.
- Lang, A. 2000. The pitfalls of pitfalls: a comparison of pitfall trap catches and absolute density estimates of epigaeal invertebrate predators in arable land. — *Journal of Pest Science* 73: 99–106.
- LBL 2001. Wegleitung für den ökologischen Ausgleich auf dem Landwirtschaftsbetrieb. — Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau, Merkblatt.
- Luff, M. L. 1975. Some features influencing the efficiency of pitfall traps. — *Oecologia* 19: 345–357.
- Luff, M. L. 1990. Spatial and temporal stability of carabid communities in a grass/arable mosaic. — In: Stork, N. E., *The role of the ground beetles in ecological and environmental studies*, pp. 191–200. Andover, Intercept Ltd, UK.
- Melbourne, B. A. 1999. Bias in the effect of habitat structure on pitfall traps: an experimental evaluation. — *Australian Journal of Ecology* 24: 228–239.
- Mühlenberg, M. 1993. *Freilandökologie*. 3. Aufl. UTB 595.
- Nentwig, W. 2000. Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft. Ackerkrautstreifen, Buntbrachen, Feldränder. — *Agrarökologie* Bern, 293 pp.

- Pfiffner, L. & Luka, H. 1996. Laufkäfer-Förderung durch Ausgleichsflächen: Auswirkungen neu angelegter Grünstreifen und einer Hecke im Ackerland. — *Naturschutz und Landschaftsplanung* 28: 145–151.
- Pfiffner, L., Luka, H., Jeanneret, Ph. & Schüpbach, B. 2000. Evaluation der Ökomassnahmen: Biodiversität, Effekte ökologischer Ausgleichsflächen auf die Laufkäferfauna. — *Agrarforschung* 7: 212–217.
- Pfiffner, L. & Niggli, U. 1996. Effects of bio-dynamic, organic and conventional farming on ground beetles (Col. Carabidae) and other epigaeic arthropods in winter wheat. — *Biological Agriculture and Horticulture* 12: 353–364.
- Schaffner, D., Günter, M., Häni, F. & Keller, M. 2000. Ökologische Ausgleichsflächen in der Landwirtschaft: Ergebnisse mehrjähriger Versuche zur Anlage und Pflege blütenreicher Buntbrachen. — *Schriftenreihe der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau*, Zürich 34, 84 pp.
- Spence, J. R & Niemelä, J. K. 1994. Sampling carabid assemblages with pitfall traps: the madness and the method. — *The Canadian Entomologist* 126: 881–894.
- Ter Braak, C.J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. — *Ecology* 67: 1167–1179.
- Ter Braak, C.J. F. 1992. CANOCO – a FORTRAN program for Canonical Community Ordination. Version 3.10. — Microcomputer Power, Ithaca, New York, USA.
- Thies, C. & Tscharntke, T. 1999. Landscape structure and biological control in agroecosystems. — *Science* 285: 893–895.
- Thomas, C. F. G. & Marshall, E. J. P. 1999. Arthropod abundance and diversity in differently vegetated margins of arable fields. — *Agriculture, Ecosystems and Environment* 72: 131–144.
- Wiedemeier P. & Duelli, P. 1993. Bedeutung ökologischer Ausgleichsflächen für die Überwinterung von Arthropoden im Intensivkulturland. — *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* 22: 263–267.
- Wiedemeier, P. & Duelli, P. 1999. Ökologische Ausgleichsflächen und Nützlingsförderung. — *Agrarforschung* 6: 265–268.

