

Erste Ergebnisse zum Einfluss der Gärrestdüngung auf die Laufkäferfauna auf vier bayerischen Versuchsfeldern

Johannes BURMEISTER

Abstract: First results of the influence of digested residues on the carabid fauna on four Bavarian experimental plots. - The use of waste from biogas plants (digested residues) as fertilizers with a high load of nutrients (N, P) has rapidly gained importance in agricultural practice in recent years. It is hypothesized that the differences in composition from cattle slurry will affect the biocoenosis of soil organisms in arable soils. The current study shows first results of pitfall trapping carabid beetles from four sites in Bavaria. The study from 2011 investigated the activity and species composition of carabid beetles in maize fields which had been treated with different fertilization regimes over a period of three years. In the repeated field plot experiments digested residues of different doses, cattle slurry and mere mineral fertilization were compared. Until now no negative effects of fertilization with digested residues on the diversity and richness of carabid fauna have been detected. Only at one site was a tendency to higher activity of the eudominant *Pterostichus melanarius* on the highest-dose fertilized plots compared to merely mineral-fertilized plots. The role of site location, long-term effects and production of bioenergy crops is discussed.

Zusammenfassung

Die Ausbringung von Gärresten aus der Biogasproduktion als Düngemittel mit hohen Nährstoffgehalten (N, P) hat in der landwirtschaftlichen Praxis stark an Bedeutung gewonnen. Es wird angenommen, dass die im Vergleich zum bedeutendsten Wirtschaftsdünger, der Rindergülle, unterschiedliche Zusammensetzung die Biozönose der Bodentiere der Äcker beeinflusst. In der vorliegenden Studie aus dem Jahre 2011 wurde die Aktivität und Artenzusammensetzung von Carabidae in Maisfeldern untersucht, die seit drei Jahren unterschiedlich gedüngt wurden. In einem Feldversuch wurden Gärreste in unterschiedlicher Ausbringungsmenge, Rindergülle und rein mineralische Düngung verglichen. Bisher wurden keine negativen Effekte der Gärrestdüngung auf die Diversität und Reichhaltigkeit der Carabidae festgestellt. Nur an einem Versuchsstandort war eine tendenziell höhere Aktivität des eudominanten *Pterostichus melanarius* in den am stärksten gedüngten Parzellen gegenüber den rein mineralisch gedüngten festzustellen. Die Bedeutung der Lage des Standorts, von Langzeiteffekten und der Produktion von Energiepflanzen für die Laufkäferfauna wird diskutiert.

1 Einleitung

Die Produktion von Biogas bringt eine vermehrte Erzeugung von Gärresten mit sich. Diese werden in der landwirtschaftlichen Praxis als nährstoffreiche Düngemittel im Sinne einer Kreislaufwirtschaft wieder auf die Produktionsflächen ausgebracht. Im Vergleich zu herkömmlicher Rindergülle weist die Gülle aus der Biogasanlage allerdings meist geringere Gehalte an Trockensubstanz, organischer Substanz, organischem Stickstoff und Nitratstickstoff sowie höhere Ammoniumgehalte und pH-Werte, eine homogenere Struktur und bessere Fließfähigkeit auf (REINHOLD et al. 2004; BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2009, LANDWIRTSCHAFTLICHES TECHNOLOGIEZENTRUM AUGUSTENBERG 2008). Die Zusammensetzung im Einzelnen schwankt jedoch beträchtlich. Durch die Vergärung wird leicht verfügbarer Kohlenstoff in Methan überführt und somit fehlt dem Gärrest dieser für das Bodenleben bedeutsame Bestandteil. Gleichzeitig sind die Nährstoffgehalte hoch und der Anteil an rückgeführtem organischem Material bleibt geringer. Zudem zeichnet es sich ab, dass in der Praxis die Zwänge der Ertragsoptimierung und Einhal-

Tab. 1: Charakteristika der untersuchten Standorte.

	Niederbayern		Mittelfranken	
	Aholting	Straubing	Reuth	Röckingen
Lage	Donauaue	Gäuboden	Nordbayerisches Hügelland	Fränkisches Gäu
Bodenart	Stark lehmiger Sand (Sl4)	Stark toniger Schluff (Ut4)	schluffiger Ton (Tu3)	schluffiger Ton (Tu3)
Meereshöhe	325 ü. NN	355 ü. NN	434 ü. NN	465 ü. NN
Ackerzahl	49	76	31	60
Jahresdurchschnittstemperatur	8,3 °C	8,3 °C	7,5 °C	7,5 °C
Jahresniederschlag	658 mm	783 mm	639 mm	722 mm

zung der gesetzlichen Regelungen zur Düngung die Anwendung der Gärreste beschränken. Eine zunehmende Bedeutung und damit verbundener Diskurs wird auch in Zukunft erwartet. Die Erforschung der Wirkung der Gärreste und ihrer abweichenden Beschaffenheit auf die Bodenfauna steht noch am Anfang. Bislang wurde vorwiegend der Einfluss auf Regenwürmer untersucht (vgl. ELSTE et al. 2010, WALTER in Vorbereitung). Untersuchungen zum Einfluss der Gärreste auf die Laufkäferfauna sind bereits aus der Slowakei bekannt, konnten aber keinen Effekt belegen (PORHAJASOVA et al. 2008). Im Rahmen zweier vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten finanzierten Forschungsprojekte wurde ein zehnjähriges Monitoring der Effekte der Gärrestdüngung auf verschiedene Bodeneigenschaften, insbesondere den Humushaushalt und der Bodenfauna eingerichtet. Als Teilbeitrag zu diesen Studien wurde auch die Laufkäferfauna an vier Standorten in Bayern untersucht und erste Ergebnisse dieses Versuches werden hier vorgestellt. Laufkäfer gelten auf Grund vieler Untersuchungen zu Biotopbindung, Phänologie und Ernährung als Indikatoren der Stabilität und Belastbarkeit agrarischer Ökosysteme. Da die Vertreter der Familie sich sowohl räuberisch als auch vegetarisch ernähren, zusätzlich aber auch sehr eng an die physikalisch, chemischen Eigenschaften des Bodens angepasst sind, sollten sie sich gut eignen, um durch Berücksichtigung einer höheren Trophieebene, Aussagen zum Bodenleben und zu Bodeneigenschaften abzuleiten.

2 Material und Methoden

Die Untersuchung der Laufkäferfauna wurde auf den im Rahmen des Forschungsvorhabens „Gärrestver-

such Bayern – Prüfung der langfristigen Nachhaltigkeit der Nutzungspfade Biogas und BtL (K/08/22)“ des Kompetenzzentrums für nachwachsende Rohstoffe (TFZ) und des AELF Ansbach angelegten Versuchsflächen in Aholting, Straubing (Niederbayern, Lkr. Straubing), Reuth und Röckingen (Mittelfranken, Lkr. Ansbach) durchgeführt. Bodenkundliche und klimatische Kennwerte finden sich in Tabelle 1.

Der Versuch wurde 2009 angelegt und ab diesem Jahr entsprechend des Versuchsdesigns gedüngt. Aufnahmen zur Laufkäferfauna fanden im Jahr 2009 und 2011 statt. Die Aufnahme 2009 stellt die Erfassung des Ausgangszustandes dar, da hier noch nicht von einem Einfluss der Gärrestdüngung auf die epigäische Bodenfauna ausgegangen werden kann.

In dem einfaktoriellen Feldversuch werden 6 Düngungsvarianten getestet. Es werden zwei ausschließlich mineralisch, eine mit Rindergülle und drei mit Gärresten gedüngte Varianten verglichen (Tabelle 2). Für jeden Standort sind vier Wiederholungen in einem lateinischen Rechteck angelegt. Es wird eine zweigliedrige Fruchtfolge, bestehend aus Silomais und Winterweizen ohne Zwischenfrüchte, angebaut. Bei je nach Standort unterschiedlichem Ertrag ergeben sich auch unterschiedliche Düngegaben und Stickstoffmengen. Sowohl bei der Voruntersuchung 2009 als auch 2011 war die angebaute Frucht Mais. Die Fruchtfolge besteht aus Mais und Winterweizen.

Die Parzellen sind 15 m lang und 9 m breit (135 m²). Zwischen den Wiederholungen wurden Wege offengelassen. Die Parzellen untereinander sind durch 6 m Abstand getrennt. Die Parzellen teilen sich in einen Bereich für die Untersuchungen zum Erntegut und eine Probenahmeparzelle für die übrigen zu untersuchenden Parameter.

Die epigäische Bodenfauna wurde mit Hilfe von

Tab. 2: Düngungsvarianten auf den Parzellen des „Gärrestversuchs Bayern“.

V.Nr.	Abkürzung	Beschreibung
V 1	miner. – Stroh	Strohabfuhr, ausschließlich mineralische Düngung
V 2	miner. + Stroh	Stroh verbleibt auf Parzellen, ausschließlich mineralische Düngung
V 3	Gärrest – Stroh	Strohabfuhr, Silomaisdüngung mit Gärrest proportional zu Silomaisabfuhr (plus mineralische Unterfußdüngung), Weizen Gärrest- und mineralische Düngung
V 4	Gärrest + Stroh	Stroh verbleibt auf Parzellen, Silomaisdüngung mit Gärrest proportional zu Silomaisabfuhr (plus mineralische Unterfußdüngung), Weizen Gärrest- und mineralische Düngung
V 5	Max. Gärrest – Stroh	Strohabfuhr, Simulation 20 % Gärrestüberhang, und mineralische Unterfußdüngung im Mais, Weizen Gärrest und evtl. mineralische Spätdüngung im Weizen
V 6	Rindergülle + Stroh	Stroh verbleibt auf Parzellen, Silomaisdüngung mit Gülle proportional zu Silomaisabfuhr (plus mineralische Unterfußdüngung), Weizen Gülle- und mineralische Düngung

Bodenfallen erfasst. Hierbei wurden Trinkgläser mit einer Öffnungsweite von 6,5 cm und einer Tiefe von 12,5 cm in einem Rohr, zum leichteren Entleeren, ebenerdig eingegraben. Dächer aus Plexiglas dienten als Schutz vor Regen. Als Fangflüssigkeit diente 75 %iges Ethylenglycol versetzt mit einigen Tropfen Spülmittel als Detergens. Pro Parzelle wurde jeweils eine Bodenfalle aufgestellt. Im ersten Untersuchungsjahr 2009 waren jeweils 9 Fallen netzartig über die Untersuchungsfläche verteilt, um einen Eindruck von der Heterogenität der Laufkäferzönose des Standortes zu erhalten. 2011 wurden alle Parzellen mit Ausnahme der Variante 2 beprobt (V1, V3, V4, V5, V6). Die Bodenfallen wurden in der Mitte der Parzellen eingegraben. Dies entspricht einem Abstand von ca. 8 m zum Weg und ca. 7 m zur nächsten Düngungsvariante.

2009 fand die Beprobung von Ende Juli bis Anfang September statt (48 Tage). 2011 standen die Fallen von Anfang Juni bis Anfang August fängig (56 Tage). Die Leerungen wurden in einem etwa zweiwöchigen Turnus durchgeführt (Tabelle 3). Die Fangzeiträume sind in Bezug zu ihrer Länge und dem erfassten phänologischen Zeitfenster etwa miteinander vergleichbar. Der Frühjahrsaspekt ist in beiden Untersuchungs Jahren nur unzureichend erfasst worden.

Die Bestimmung der adulten Laufkäfer erfolgte mit FREUDE et al. (2006), Larven wurden mit KLAUSNITZER (1991) bestimmt.

Die statistische Auswertung erfolgte getrennt für die Versuchstandorte mit einer Varianzanalyse (ANOVA) in deren Modell die Variante und Wiederholung des Versuchs eingingen. Zur Tren-

nung der Mittelwerte wurde Tukey's HSD Test verwendet. Bei der statistischen Prüfung der Einzelarten auf Unterschiede wurde im Sinne einer Hypothesensuche die Kumulation des α -Fehlers vernachlässigt, es werden sich abzeichnende Tendenzen beschrieben. Da Ziel der Untersuchung die Identifikation von Effekten und deren weitere Beobachtung war, sind falsch positive Ergebnisse eher zu tolerieren (vgl. ROBACK & ASKINS 2005) Unterschiede zwischen den Standorten wurden ebenfalls mittels einer Varianzanalyse erfasst. Als Signifikanzniveau gilt jeweils $p \leq 0,05$. Die Berechnungen wurden mit der Statistiksoftware R durchgeführt (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2011).

3 Ergebnisse

3.1 Vergleich der untersuchten Standorte und Jahre

2009 wurden mit 36 Fallen 1787 Laufkäfer aus 28 Arten und 2011 mit 80 Fallen 7344 Laufkäfer aus 40 Arten gefangen. Die Untersuchung 2011 erbrachte 17 neue Arten, 5 Arten wurden nur 2009 nachge-

Tab. 3: Aufstellungs- und Leerungstermine der Bodenfallen.

	Fangzeit- raum 1	Fangzeit- raum 2	Fangzeit- raum 3	Fangzeit- raum 4
2009				
Aholting u. Straubing	23.07.-06.08.	06.08.-08.09.		
Reuth u. Röckingen	22.07.-05.08.	05.08.-19.08.	19.08.-07.09.	
2011				
Aholting u. Straubing	09.06.-22.06.	22.06.-08.07.	08.07.-21.07.	21.07.-03.08.
Reuth u. Röckingen	08.06.-21.06.	21.06.-07.07.	07.07.-20.07.	20.07.-02.08.

Standort	Aholfing		Straubing		Reuth		Röckingen	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011
Jahr	2009	2011	2009	2011	2009	2011	2009	2011
Individuen	31	140	43	108	34	36	90	83
<i>Pt. melanarius</i>	22	121	32	89	24	25	72	68
Arten gesamt	16	25	10	19	15	20	16	22
Arten Mittelwert	6,0	7,9	5,3	7,9	6,0	7,7	7,9	8,0
Larven	4,8	4,0	5,7	4,5	10,4	0,5	3,5	0,5
♂ / ♀ <i>Pt. melanarius</i>	4,6	1,8	1,4	2,2	3,0	2,5	1,2	1,6

Tab. 4: Vergleich der Ergebnisse der Laufkäferuntersuchungen der beiden Untersuchungsjahre 2009 und 2011 auf den vier Versuchsflächen (angegeben: Mittelwerte aus 9 (2009) bzw. 20 (2011) Stichproben).

wiesen, damit umfasste das ermittelte Artenspektrum 45 Arten. Die häufigste Art der Untersuchung war der in Maisäckern in Bayern dominierende *Pterostichus melanarius* (ILLIG., 1798). Im Schnitt über alle Fallen waren 81 % der Individuen dieser Art zuzuordnen. Auffällig ist, dass diese eurytope Feldart in Mittelfranken in beiden Untersuchungsjahren in ähnlichen Dichten festgestellt wurde (Tabelle 4), in Niederbayern im Jahr 2011 jedoch deutlich häufiger war. Dies gilt auch für Tagesfangsummen. Die vier Standorte waren 2011 hinsichtlich der insgesamt nachgewiesenen Laufkäferindividuen und der diese Zahl maßgeblich bestimmenden Anzahl an *Pterostichus melanarius* alle signifikant verschieden. Die durchschnittlichen Artenzahlen unterschieden sich in beiden Jahren kaum, signifikante Unterschiede bestanden nicht. Die Gesamtartenzahlen zeigten hingegen in beiden Jahren die gleiche Rangfolge der Standorte und waren in Aholfing am höchsten, gefolgt von Röckingen, Reuth und Straubing. 2009 wurden auf allen Standorten mehr Laufkäferlarven gefangen als 2011. In Mittelfranken traten 2011 nahezu keine Larven auf. Besonders viele Larven wurden 2009 in Reuth gefangen (94). 2009 konnte die Larve von *Carabus granulatus* (L., 1758) in Röckingen auf der Versuchsfläche nachgewiesen werden. Der Anteil an Männchen von *Pterostichus melanarius* war in Reuth in beiden Jahren höher als in Röckingen und Straubing. Außergewöhnlich groß war der Anteil an Männchen dieser Art in Aholfing 2009, in diesem Jahr ist er deutlich höher als in Straubing und

Röckingen.

Die nachgewiesenen Arten sind mehr oder weniger euryöke Feldarten und typisch für Äcker in Bayern. Besonders stetig traten *Anchomenus dorsalis* (PONTOPPIDAN, 1763), *Harpalus rufipes* (DE GEER, 1774), *Loricera pilicornis* (FABRICIUS, 1775) und *Trechus quadristriatus* (SCHRANK, 1781) auf. Die Laufkäferzönosen der beiden mittelfränkischen Standorte unterschieden sich bei einer Entfernung von etwas über 31 km bereits deutlich voneinander. Besonders auffällig ist das Vorkommen von großen *Carabus*-Arten in Röckingen (*C. auratus* (L., 1761), *C. cancellatus* (ILLIG., 1798), *C. granulatus*), die in den anderen untersuchten Maisfeldern fehlten oder nur in Einzelexemplaren (*C. granulatus* in Reuth) gefunden wurden. In Aholfing, das durch seine Lage in der ehemaligen Donauaue gekennzeichnet ist, wurden insgesamt die meisten Arten gefangen, und einige bemerkenswerte Arten kamen ausschließlich hier vor (Tabelle 5). An erster Stelle ist hier die in Bayern seltene Art *Dolichus halensis* (SCHALLER, 1783) (RL By „G“, LORENZ 2003) zu erwähnen. In Bayern hat die Art ihren Verbreitungsschwerpunkt vermutlich im Dunggau (LORENZ, mündl. Mitteilung), was gut mit dem aktuellen Nachweis in Aholfing zusammenpasst. Die drei nachgewiesenen Exemplare der Art wurden sowohl auf rein mineralisch, wie auch in stark mit Gärrest gedüngten Parzellen gefangen. Weiterhin von Bedeutung ist *Anisodactylus signatus* (PANZER, 1796), der in der Bayerischen Roten Liste (LORENZ 2003) als gefährdet geführt wird. Beide Arten sind typisch

Aholfing	Straubing	Reuth	Röckingen
<i>Amara eurynota</i>	<i>Asaphidion flavipes</i>	<i>Nebria brevicollis</i>	<i>Bembidion guttula</i>
<i>Anisodactylus signatus</i>		<i>Oxypsephalus obscurus</i>	<i>Carabus cancellatus</i>
<i>Dolichus halensis</i>			<i>Carabus auratus</i>
<i>Pterostichus melas</i>			
<i>Stomis pumicatus</i>			

Tab. 5: Laufkäferarten die ausschließlich auf einen Untersuchungsstandort und dort mit mehr als einem Individuum nachgewiesen wurden.

für die Agrarlandschaft und kommen eher selten in Mitteleuropa und deutlich häufiger in Osteuropa vor (THIELE 1977). *Pterostichus melas* (CREUTZER, 1799), die „Schwesterart“ von *Pterostichus melanarius*, konnte nur 2009 in Aholting nachgewiesen werden.

3.2 Einfluss der Düngung auf die Laufkäferfauna

Im Jahr 2009 wurde kein deutlicher Effekt der unterschiedlichen Düngung auf die Laufkäferfauna festgestellt. 2011 hatte die Wiederholung der Varianten, also die Lage der Parzelle, einen tendenziellen Einfluss auf das Vorkommen von *Amara aulica* (PANZER, 1706) in Aholting, von *Pterostichus melanarius* in Reuth und von *Carabus granulatus* und *Bembidion obtusum* (AUDINET-SERVILLE, 1821) in Röckingen.

Für die Individuenzahlen insgesamt und die damit eng korrelierte Zahl der gefangenen *Pterostichus melanarius* konnten nur in Reuth Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten beobachtet werden (Abbildung 1, Tabelle 6). So waren dort auf der mit Gärrestüberhang gedüngten Variante (V5) tendenziell mehr *Pterostichus melanarius* aktiv als in der

rein mineralisch gedüngten (V1). Die engkorrelierte Individuenzahl war mit durchschnittlich 60 Individuen/Parzelle in der Variante V5 ebenfalls um den Faktor 2,5 tendenziell höher als in der Variante V1. Auf den übrigen Standorten war dieser Effekt nicht nachzuweisen (Tabelle 6). Für die Artenzahl (Abbildung 2), das Geschlechterverhältnis von *Pterostichus melanarius* und die nachgewiesenen Larven (Tabelle 6) ergaben sich auf keinem Standort signifikante Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten. Der Anteil während der Fortpflanzungszeit stärker aktiver Männchen war in Reuth in der Variante (V5) und in der mit Rindergülle behandelten Variante (V6) deutlich höher. Laufkäferlarven waren in Aholting in der nur mineralisch gedüngten Variante deutlich häufiger als in der mit Rindergülle gedüngten. Allerdings war die Variation zwischen den für einen statistischen Vergleich geringen vier Wiederholungen sehr hoch und es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

Synuchus vivalis (ILLIG., 1798) wurde in Reuth auf der stark mit Gärrest gedüngten Variante (V5) mit mindestens einem Tier pro Parzelle tendenziell häufiger nachgewiesen als auf der mineralisch gedüngten Variante (V1), auf der sie ganz fehlte. Die Art ist eurytop, kommt auf sandigen oder kie-

Tab. 6: Ergebnisse der Laufkäferuntersuchungen im Jahr 2011 für die unterschiedlichen Standorte und Düngungsvarianten (angegeben: Mittelwert und Standardabweichung aus 4 Wiederholungen, Gruppenunterschiede nach Tukey's HSD, Signifikanzniveau = 0.05).

Variante	V 1 Miner. -Stroh	V 3 Gärrest -Stroh	V 4 Gärrest +Stroh	V 5 Max. Gärrest -Stroh	V 6 Rinder- gülle +Stroh
<i>Pterostichus melanarius</i>					
Aholting	144 ± 42	114 ± 25	103 ± 15	110 ± 32	132 ± 44
Straubing	60 ± 8	90 ± 21	104 ± 16	90 ± 31	103 ± 37
Reuth	15 ± 4 a	20 ± 11 ab	21 ± 7 ab	41 ± 16 b	28 ± 22 ab
Röckingen	68 ± 10	71 ± 20	58 ± 15	71 ± 13	74 ± 24
♂♀ <i>Pterostichus melanarius</i>					
Aholting	1,6 ± 0,2	2,0 ± 0,6	2,0 ± 0,4	1,7 ± 0,4	1,9 ± 0,8
Straubing	2,2 ± 1,1	2,0 ± 0,4	2,1 ± 0,5	2,4 ± 0,6	2,6 ± 0,2
Reuth	1,7 ± 1,4	1,4 ± 0,4	1,4 ± 0,9	4,4 ± 3,4	3,8 ± 2,8
Röckingen	1,8 ± 0,4	1,8 ± 0,3	1,6 ± 0,6	1,4 ± 0,4	1,4 ± 0,5
Larven					
Aholting	7,0 ± 2,8	4,3 ± 3,3	2,8 ± 2,1	4,5 ± 0,6	1,5 ± 1,7
Straubing	5,0 ± 1,4	4,3 ± 2,5	3,5 ± 3,0	5,3 ± 4,3	4,3 ± 2,2
Reuth	0,5 ± 0,6	0,5 ± 1,0	0,3 ± 0,5	0,5 ± 1,0	0,8 ± 1,0
Röckingen	0,8 ± 1,0	0,5 ± 0,6	0,3 ± 0,5	0,3 ± 0,5	0,5 ± 0,6

sigen Boden vor (MARGGI 1992) und ist in Bayern weitverbreitet. Auch in Röckingen war *Synuchus vivalis* in der Variante 5 (Max. Gärrest –Stroh) am häufigsten zu finden. Die als hygrophile Zeigerart anzusprechende *Loricera pilicornis* fehlte auf beiden mittelfränkischen Standorten in den rein mineralisch gedüngten Parzellen (V 1). In Reuth war sie in der Variante 5 am häufigsten, in Röckingen in der Variante 6 (Rindergülle + Stroh). Auf den niederbayerischen Standorten war die Art insgesamt und auch auf den mineralisch gedüngten Parzellen stärker vertreten. In Straubing war ihre Aktivitätsdichte in der mit Rindergülle gedüngten Variante am höchsten. Die meisten Larven von *Loricera pilicornis* wurden auf den niederbayerischen Standorten in der Variante 4 (Gärrest +

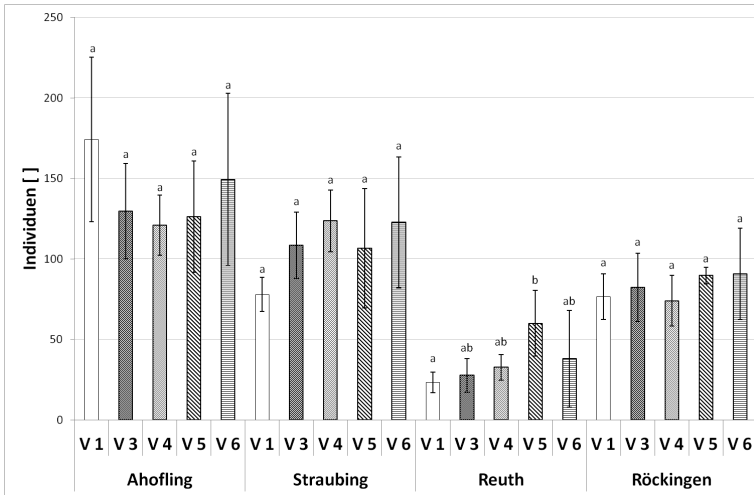


Abb. 1: Mittelwert und Standardabweichung der Individuenzahlen der vier Versuchsflächen und Düngevarianten 2011 (n= 4, Gruppenunterschiede für den einzelnen Standort nach ANOVA und post-hoc Tukey's HSD Test, Signifikanzniveau = 0,05).

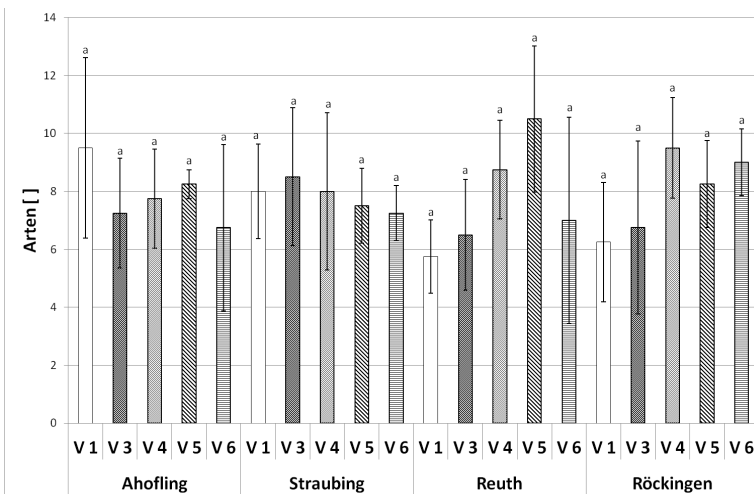


Abb. 2: Mittelwert und Standardabweichung der Artenzahlen der vier Versuchsflächen und Düngevarianten 2011 (n= 4, Gruppenunterschiede für den einzelnen Standort nach ANOVA und post-hoc Tukey's HSD Test, Signifikanzniveau = 0,05).

Stroh) gefunden, statistisch signifikante Unterschiede bestanden jedoch keine.

4 Diskussion

Die Diversität und Abundanz von Laufkäfern auf Ackerflächen wird stark von der Strukturierung der Landschaft bestimmt (vgl. DIEKÖTTER et al. 2010, MAISONHAUTE et al. 2010). Die Bewirtschaftung stellt einen Teil dieser Landschaftsstruktur dar, die

Düngung einen noch kleineren Teilaspekt. Die Untersuchungen legen nahe, dass die Gärrestdüngung vor dem Hintergrund konstanter übriger Einflussfaktoren (Lage, Kultur, Untersuchungs-jahr) zumindest kurzfristig keinen nachweisbaren negativen Effekt auf die Habitataignung der behandelten Felder für die Laufkäfer hat.

Zunächst soll allerdings die angewandte Methode kritisch betrachtet werden. So ist die geringe Größe der Parzellen (135 m²) für die Untersuchung von Laufkäfern eher ungeeignet. KUBACH (1995) konnte für *Carabus cancellatus* (ILLIG., 1798) maximale tägliche Laufleistungen von 90 m und für kleinere weniger laufaktive *Harpalina* bis 20 m nachweisen. BROLL et al. (2008) beobachteten bei *Carabus auratus* mittels telemetrischer Verfahren zurückgelegte Distanzen von durchschnittlich 0,27 bei Weibchen und 0,71 Meter pro Stunde bei Männchen. Der ständige Wechsel zwischen den Düngungsvarianten ist demnach für die meisten Arten sehr wahrscheinlich. Zudem sind mehrere Arten flugaktiv und besitzen ein hohes Ausbreitungspotential. Das große Wiederbesiedlungspotential der in der Agrarlandschaft lebenden Laufkäfer erschwert die Beurteilung kleinräumiger Bewirtschaftungsunterschiede auf dem gleichen Feld.

Für die Indikation (Arten und Individuen) der durch die Düngung veränderten Bodenbedingungen kommt eine Änderung des Fortpflanzungserfolges oder eine Änderung der Aktivität auf der untersuchten Parzelle in Frage. Die Aktivitätsdichte ist besonders abhängig von Witterung, Jahreszeit, Nahrungsangebot, Lichtverhältnissen, Raumwiderstand und dem Geschlecht der Tiere. Ein räumlich unterschiedliches Nahrungsangebot, wie es durch die organische Düngung und die damit erhöhte Anzahl an

Destruenten, insbesondere Collembolen, verursacht wird, könnte zu einer Erhöhung der Aktivitätsdichte bei bestimmten Arten führen. Besonders auffällig sollte dies für auf die Jagd nach Springschwänzen spezialisierte Arten wie *Loricera pilicornis* sein. CHIVERTON (1984) weist allerdings auf eine Erhöhung der Aktivität von *Pterostichus melanarius* (ILLIG., 1798) bei einem durch Insektizide vermindertem Nahrungsangebot hin. Der Zusammenhang zwischen Aktivitäts- und Siedlungsdichte ist dementsprechend genau zu hinterfragen. Besonders auf Maisäckern ist das Auftreten verschiedener Laufkäferarten auch abhängig vom Auflaufen der Kultur bzw. der Deckung die diese bietet. Die hohen Gaben an organischem Dünger führten bei den Maispflanzen zu einem schnelleren Wachstum im Mai und Juni besonders in der Variante 5. Dadurch könnten eventuell bessere Lebensbedingungen für verschiedene Arten geschaffen worden sein. Organische Düngung hat zudem meist auch einen Effekt auf die Bodenfeuchtigkeit und kann somit die Zusammensetzung der Laufkäferzönose indirekt beeinflussen. Neben dem Nährstoffgehalt (C, N, P) des Düngers kann auch die ausgebrachte Menge (Volumen), das Verhältnis zur Trockensubstanz und der Zeitpunkt der Düngung über eine Veränderung der Umweltbedingungen eine Bedeutung für die epigäische Fauna haben.

Der Einfluss von organischem Dünger auf die Laufkäferfauna ist bereits untersucht worden. RAWORTH et al. (2004) konnten eine Zunahme der Aktivität von *Pterostichus melanarius* durch langzeitliche Gülle-Düngung gegenüber rein mineralischer und ungedüngter Kontrolle in Grasland-Streifen beobachten, die auch zwei Jahre nach Ende der Düngung noch anhielt. Auch die Menge der ausgebrachten Rindergülle wirkte sich förderlich für diese Art aus. HUMPHREYS & MOWAT (1994) wiesen in mit organischem Material gedüngten Rosenkohl-Parzellen *Bembidion lampros* (HERBST, 1784) in höherer Anzahl nach, wobei die Erhöhung des Bestandes, die teilweise auch auf eine verbesserte Reproduktion zurückgeführt wird, in mit Gülle gedüngten Parzellen schneller verlief als in mit Mist gedüngten. PORHAJASOVA et al. (2008) konnten keinen Unterschied der Zusammensetzung der Laufkäferzönose zwischen Gärrest („biosludge“ 50 bzw. 100 t/ha), Stallmist (25 bzw. 50 t/ha) und ungedüngten Varianten nachweisen. So zeigte sich, dass auf dem slowakischen Versuchsfeld (Acker mit Fruchtfolge aus Mais, Zuckerrübe und Sonnenblume) die Schwankungen zwischen den sechs Jahren deutlich höher waren als die Unterschiede der einzelnen

Düngevarianten. Ähnliches gilt in der vorliegenden Untersuchung für die untersuchten Standorte. Allerdings wurden in einigen Jahren auf den stark mit Gärrest gedüngten Flächen (die hier vorgestellten Standorte erhielten nur eine Gärrestgabe von maximal 67 m³) eine Erhöhung der Aktivitätsdichte festgestellt (PORHAJASOVA et al. 2008).

Als Ergebnis des bisher durchgeführten Feldversuchs mit nur dreijähriger Gärrestausrückführung muss konstatiert werden, dass bisher kein negativer Effekt der Gärrest-Düngung auf die Laufkäfer in ihrer Vielfalt und Anzahl nachgewiesen werden konnte. Ein signifikanter Unterschied zur Düngung mit Rindergülle ist bei keinem der untersuchten Parameter festzustellen. Eine Verringerung der Artenvielfalt ist ebenso nicht nachzuweisen und auch das in Maiskulturen ohnehin sehr einseitige Dominanzspektrum mit dem eudominanten *Pterostichus melanarius* zeigt keine Verschiebung auf. Zumindest an einem Standort wurden leicht positive Effekte starker organischer Düngung auf die Aktivitätsdichte gegenüber der mineralisch gedüngten Kontrolle gefunden. Äcker mit hoher Biomasseproduktion fördern hingegen wahrscheinlich eher feuchtigkeitsliebende Laufkäferarten, während trockenheits- und wärmeliebende Spezies, die charakteristisch für Offenlandbiotope wie Äcker sind, zurückgedrängt werden. Hervorzuheben ist hierbei, dass die Vielfalt der Laufkäfer auf einem Schlag von der Wechselwirkung zwischen der kulturspezifischen Bewirtschaftung und der Zusammensetzung der Umgebung abhängt (vgl. DIEKÖTTER et al. 2010). Pflugverzicht fördert beispielsweise große Raubarthropoden (KREUTER & NITSCHKE 2005). Da nicht bekannt ist, wie viele und welche Laufkäfer sich auf der betroffenen Ackerfläche entwickeln, kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Gärrestdüngung auf landschaftlichem Skalenniveau die Lebensgrundlage der Laufkäfer und ihre Vielfalt beeinflusst. So können langfristige Veränderungen der Bodeneigenschaften (Bsp. Humuszusammensetzung, N-Gehalte, pH-Werte) ausgehend von den niedrigeren Trophieebenen letztendlich auch die Laufkäfer beeinflussen. In diesem Zusammenhang stellt der Ausbau der erneuerbaren Energien über die damit im Zusammenhang stehende Änderung der Landnutzung (Fruchtarten, Fruchtfolgen, Düngung, Pflanzenschutz, u.a.) eine für die Zusammensetzung der Laufkäferfauna auf bayerischen Äckern besonders bedeutsame Entwicklung dar. Auf die Notwendigkeit der Berücksichtigung größerer räumlicher Zusammenhänge deutet auch das Vorkommen der in der Vorwarnstufe der Ba-

erischen Roten Liste (LORENZ, 2003) geführten „Großcarabiden“ *Carabus auratus* und *Carabus cancellatus* auf nur einem der untersuchten Standorte hin. Der Rückgang dieser Arten wird vermehrt auf eine Intensivierung der Landwirtschaft zurückgeführt (HEYDEMANN & MEYER 1983, BASEDOW 1987, VOLKMAR & KREUTER 2006). Der Nachweis in einem Maisacker bei Röckingen hebt die regionale landschaftliche Nutzung und Nutzungsgeschichte als zentrale Elemente einer nachhaltigen Entwicklung der nützlichen Laufkäfer hervor. Der Fund von *Dolichus halensis* in Aholtinger zeigt, dass auch auf intensiv bewirtschafteten Maisäckern seltene Arten vorkommen können. Als typischer Vertreter der Agrarfauna (THIELE 1977) ist dieser Fund vermutlich nicht auf einen Irrgast zurückzuführen, sondern *Dolichus halensis* besitzt in Äckern der Straubinger Gegend, am Rande seines großen östlichen Verbreitungsgebietes, eine mehr oder weniger stabile Population. Auch bei Prenzlau in Brandenburg wurde ein besonders individuenreicher Bestand dieser Art in einem Maisfeld entdeckt und im gesamten Bundesland Brandenburg eine Zunahme von *Dolichus halensis* in der jüngeren Vergangenheit beobachtet (KIELHORN et al., 2011).

Die Effekte der Düngung mit Gärresten, aber auch der allgemeinen Stickstoffanreicherung in der Landschaft sind vermutlich erst langfristig zu bemerken. Andererseits sind Bewirtschaftungsweise, Verbreitung der Laufkäfer und Landschaftsgeschichte besonders im Offenland nicht voneinander zu trennen. Um sichere Informationen zur Bedeutung der unterschiedlich gedüngten Äcker für die Laufkäfer Populationen zu erhalten, wären flächenbezogene Aufnahmemethoden empfehlenswert. Um den Einfluss der Bewirtschaftung und insbesondere der Düngung für die Laufkäferfauna weiter zu beleuchten sollen im Rahmen der Untersuchung zum Langzeiteffekt der Gärrestdüngung auch Wiederholungsaufnahmen zur Laufkäferfauna folgen.

Danksagung

Besonderer Dank gilt Herrn Dr. Thomas Kreuter für die Initiierung und Planung dieses Projektes, sowie allen weiteren aktuellen und ehemaligen Mitarbeitern der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft die durch Arbeit, Zeit und Ideen das Vorhaben unterstützen. Auch den Versuchsleitern und Betreuern des Technologie und Förderzentrums für Nachwachsende Rohstoffe in Straubing und des Amtes für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Ansbach sei gedankt. Dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten sei an dieser Stelle ausdrücklich für die Finanzierung der Untersuchung gedankt.

Literatur

- BASEDOW, T. (1987): Der Einfluss gesteigerter Bewirtschaftungsintensität im Getreidebau auf die Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae). - Mitteilungen aus der biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft 235: 1–123.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2009): LfL Information Biogasgärreste - Einsatz von Gärresten aus der Biogasproduktion als Düngemittel - S. 7.
- BROLL, A., REIKE, H. & MAU, M. (2008): Aktivitätsmuster von *Carabus auratus* (Coleoptera, Carabidae) im Grünland – eine Harmonic-Radar-Studie. - Faunistische Abhandlungen (Dresden) 26: 21–25.
- CHIVERTON, C. A. (1984): Pitfall-trap catches of the carabid beetle *Pterostichus melanarius* in relation to gut contents and prey densities, in insecticide treated and untreated spring barley. - *Entomologia Experimentalis et Applicata* 36 (1): 23–30.
- DIEKÖTTER, T., WAMSER, S., WOLTERS, V. & BIRKHOFFER, K. (2010): Landscape and management effects on structure and function of soil arthropod communities in winter wheat. - *Agriculture, Ecosystem and Environment* 137: 108–112.
- ELSTE, B., TISCHER, S. & CHRISTEN, O. (2010): Einfluss von Biogasgärrückständen auf Abundanz und Biomasse von Lumbriciden. - 4 S.; Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation), <http://www.dbges.de>.
- FREUDE, H., HARDE, K., LOHSE, G. & KLAUSNITZER, B. (2006): Die Käfer Mitteleuropas - Band 2 Adephaga 1 Carabidae. - 521 S.; Spektrum Verlag, Heidelberg/Berlin.

- HEYDEMANN, B. & MEYER, H. (1983): Auswirkungen der Intensivkultur auf die Fauna in den Agrarbiotopen. Landespflege und Landwirtschaft: 174–191; Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landschaftspflege 42.
- HUMPHREYS, I. C. & MOWAT, D. J. (1994): Effects of some organic treatments on predators (Coleoptera: Carabidae) of Cabbage Root Fly, *Delia radicum* (L.) (Diptera: Anthomyiidae) and on alternative prey species. - *Pedobiologia* 38: 513–518.
- KIELHORN, K., KONRAD, J. & PLATEN, R. (2011): Zum Vorkommen von *Dolichus halensis* (SCHALLER, 1783) in Brandenburg und Berlin. - *Märkische Ent. Nachr.* 13 (1): 75–84.
- KLAUSNITZER, B. (1991): Die Larven der Käfer Mitteleuropas - 1. Band Adephega.- 273 S.; Goecke & Evers Verlag, Krefeld.
- KREUTER, T. UND NITZSCHE, O. (2005): Entwicklung der Biodiversität von Ackerflächen bei umweltgerechtem Anbau. Sächs. LfL, Schriftenreihe, Heft 9, S.97
- KUBACH, G. (1995): Verbreitung und Ökologie von Laufkäfern (Coleoptera, Carabidae) auf neu angelegten Saumstrukturen in einer süddeutschen Agrarlandschaft (Kraichgau). Diss. Universität Hohenheim S. 240.
- LEROY, B., BOMMELE, L., REHEUL, D., MOENS, M. & DE NEVE, S. (2007): The application of vegetable, fruit and garden waste (VFG) compost in addition to cattle slurry in a silage maize monoculture: Effects on soil fauna and yield. - *European Journal of Soil Biology* 43: 91–100.
- LORENZ, W. (2003): Rote Liste gefährdeter Lauf- und Sandlaufkäfer (Coleoptera Carabidae s.l.) Bayerns. In: Landesamt für Umweltschutz Bayern (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere Bayerns: 102-111; Schriftenreihe des Bayer. Landesamtes für Umweltschutz.
- MAISONHAUTE, J., PERES-NETO, P. & LUCAS, É. (2010): Influence of agronomic practices, local environment and landscape structure on predatory beetle assemblage. - *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139: 500–507.
- MARGGI, W. (1992): Faunistik der Sandlaufkäfer und Laufkäfer der Schweiz (Cicindelidae & Carabidae Coleoptera).- 477 S.; Centre suisse de cartographie de la faune, Neuchâtel.
- PERETZKI, F., MÜLLER, C. & DITTMANN, T. (2005): Düngerfabrik Biogasanlage. - Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 7 (19.02.2005): 42–44.
- PORHAJASOVÁ, J., PETRVALSKÝ, V., SUSTEK, Z., URMINSKÁ, J., ONDRISÍK, P. & NOSKOVIC J. (2008): Long-termed changes in ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages in a field treated by organic fertilizers. - *Biologia* 6 (6): 1184–1195.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2011): R: A Language and Environment for Statistical Computing.
- RAWORTH, D. A., ROBERTSON, M. C. & BITTMAN, S. (2004): Effects of dairy slurry application on carabid beetles in tall fescue, British Columbia. - *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103: 527–534.
- REINHOLD, G., KÖNIG, V. & HEROLD, L. (2004): Auswirkungen der Biogaserzeugung auf die Eigenschaften der Gärsubstrate. In: N. u. U. Thüringer Ministerium für Landwirtschaft (Hrsg.): 116. VDLUFA-Konferenz.
- ROBACK, P. & ASKINS, R. (2005): Judicious use of multiple hypothesis tests. - *Conservation Biology* 19 (1): 261–267.
- THIELE, H. (1977): Carabid Beetles in Their Environments.- 369 S. ; Springer-Verlag, Berlin / Heidelberg / New York.
- VOLKMAR, C. & KREUTER, T. (2006): Zur Biodiversität von Spinnen (Araneae) und Laufkäfern (Carabidae) auf sächsischen Ackerflächen. - *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent.* 15: 97–102.

Manuskripteingang: 14. 5. 2012

Anschrift des Verfassers

Johannes Burmeister
Agrarfauna, Bodentiere (IAB 4b)
LfL, Institut für Agrarökologie
Lange Point 6, 85354 Freising
johannes.burmeister@lfl.bayern.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Angewandte Carabidologie](#)

Jahr/Year: 2014

Band/Volume: [10](#)

Autor(en)/Author(s): Burmeister Johannes

Artikel/Article: [Erste Ergebnisse zum Einfluss der Gärrestdüngung auf die Laufkäferfauna auf vier bayerischen Versuchsflächen 3-11](#)