

Biodiversität von Kuhdunginsekten und anderen Weidebewohnern nicht korreliert

Wolf Ulrich Blanckenhorn¹, Ralf Jochmann¹ und Thomas Walter²

¹Institut für Evolutionsbiologie & Umweltwissenschaften, Universität Zürich, 8057 Zürich, Schweiz

²Agroscope, 8046 Zürich, Schweiz

Auskünfte: Wolf Ulrich Blanckenhorn, E-Mail: wolf.blanckenhorn@ieu.uzh.ch



Abb. 1 | Häufige Vertreter der Dungvielfalt sind die gelbe Dungfliege (links, Mitte) und Arten der Gattung *Sepsis* (rechts).
(Fotos: Peter Jann (links, Mitte) und Rassim Kelifa (rechts))

Einleitung

Die Biodiversität einer Landschaft wird generell über sogenannte Indikatorarten erfasst (engl. *indicator* oder *surrogate taxa*; Favreau *et al.* 2006; Hunter *et al.* 2016). Dahinter steckt die Annahme, dass bestimmte Organismengruppen stellvertretend die gesamte Artenvielfalt an einem gegebenen Ort gut widerspiegeln, was letztlich den zeitlichen und finanziellen Aufwand der Erfassung stark reduziert (Lindenmeyer und Likens 2011). Obgleich diese Annahme bereits hie und da hinterfragt wurde (z. B. Duelli und Obrist 1998), hängt der Nutzen des Indikatoransatzes notwendigerweise vom Anwendungsort ab. Insbesondere erscheint die Auswahl der Indikatorarten etwas willkürlich und eher von praktischen oder auch

emotionalen Argumenten geleitet als wissenschaftlich begründet, z. B. anhand ihrer Häufigkeit oder Bedeutung. So werden typischerweise relativ grosse oder bekannte Organismengruppen wie Vögel oder Säuger, aber auch hübsche, leicht erkennbare Gefässpflanzen bevorzugt, Organismen zu denen der Mensch eher einen Bezug hat, auch wenn sie nicht besonders zahlreich oder bedeutend sind (das Flagship- oder Umbrella-Artenkonzept; Heywood 1995). Kleinere wirbellose Tiere, obgleich sehr häufig, sind eher unterrepräsentiert, und selbst unter diesen bevorzugt man eher die grösseren und hübscheren, wie etwa Schmetterlinge, Heuschrecken, Libellen oder Laufkäfer (z. B. Duelli und Obrist 1998). Ist die Vielfalt dieser

eher charismatischen Artengruppen an einem Ort tatsächlich ein gutes Mass für die biologische Vielfalt überhaupt und wirklich besser als die weniger prominenten Gruppen wie etwa Fliegen, Springschwänze oder eben beispielsweise die Dungfauna (Abb. 1), der als Dungabbauer eine wichtige Funktion in Ökosystemen zukommt? Diese Frage ist durchaus wichtig, werden doch derartige Biodiversitätsdaten regelmässig in der Praxis benutzt, um beispielsweise die ökologische Qualität landwirtschaftlich genutzter Flächen zu bewerten und um entsprechende Qualitätsbeiträge für Biodiversitätsförderflächen zu begründen (Walter *et al.* 2007; Klimek *et al.* 2008) oder die Entwicklung der Biodiversität in der Schweiz aufzuzeigen (BDM-Koordinationsstelle 2009, 2014).

Die den Kuhdung abbauenden Insekten (hauptsächlich Fliegen und Käfer) sind eine sehr spezielle, in der Schweiz sehr häufige und daher in ihrer Bedeutung für die Ökosystemleistungen nicht zu unterschätzende Lebensgemeinschaft, insbesondere auch im Zusammenhang mit der Anwendung von Nutztiermedikamenten, die diese Lebensgemeinschaft empfindlich behindern können (z. B. Floate *et al.* 2016). Aus diesem Grund untersuchten Jochmann und Blanckenhorn (2016) die Vielfalt der Dunginsekten auf 24 Weideflächen des Schweizer Mittellandes, die bereits für die Entwicklung von Qualitätsindikatoren für die Biodiversität auf extensiv genutzten Weiden untersucht worden waren (Walter *et al.* 2007). Dabei waren Heuschrecken, Tagfalter und Gefässpflanzen als Organismengruppen berücksichtigt worden. Ihre Vielfalt wird in diesem Artikel mit jener der auf denselben Weiden festgestellten Dungfauna verglichen. Zudem werden Daten zu Moosen und Schnecken auf nächstgelegenen Weideflächen des Biodiversitätsmonitorings Schweiz (BDM) für weitere Vergleiche beigezogen.

Material und Methoden

Dunginsektenstudie

Die Dunginsekten wurden auf 24 Weiden des Schweizer Mittellandes untersucht, jeweils zwölf in den Jahren 2007 und 2008. Die Distanzen zwischen den Weiden betragen 1 bis 170 km. Sie werden unterschiedlich bewirtschaftet und befinden sich in verschiedenen Höhenlagen (Tab. 1). Auf jeder Weide wurden je zwei experimentelle Dungfladenpaare ausgelegt, zwei Fladen mit dem häufig verwendeten Wurmmittel *Ivermectin* versetzt und zwei ohne (Kontrolle). Inwieweit das Wurmmittel die Dungfauna beeinflusst, wurde bereits publiziert (Jochmann und Blanckenhorn 2016). Dieser Ansatz wurde am selben Ort jeweils im Frühjahr (Mai, Juni), Sommer (Juli, August) und Herbst (September, Oktober) wiederholt, um die gesam-

Zusammenfassung Die Biodiversität landwirtschaftlicher Flächen wird üblicherweise durch Indikatorarten gemessen, die zeit- und kostengünstig erfassbar sind. Dahinter steckt die selten hinterfragte Annahme, dass diese Organismengruppen die gesamte Artenvielfalt eines Lebensraums gut widerspiegeln. Wir überprüften diese Annahme, indem wir auf 24 Weiden des Schweizer Mittellandes die Vielfalt von Kuhdunginsekten mit jener von Heuschrecken-, Tagfalter-, Gefässpflanzen- sowie nahe gelegenen Moos- und Schnecken-gemeinschaften verglichen. Die Vielfalt der Gefässpflanzen und Moose steigt mit jener der – oft pflanzenfressenden – Schmetterlingen, Heuschrecken und Schnecken, sowohl unmittelbar auf den Weiden wie auch auf den Weiden in der weiteren Umgebung. Dagegen korreliert die Vielfalt der Dunginsekten (Fliegen, Schlupfwespen) nicht mit anderen Organismengruppen. Folglich können Gefässpflanzen, Heuschrecken, Tagfalter, Moose und Schnecken sich gegenseitig gut repräsentieren. Dies ist jedoch bei den Dunginsekten nicht der Fall. Sie und damit wohl auch ihre Funktionen beim Dungabbau werden durch die üblicherweise verwendeten Indikatoren kaum repräsentiert.

Tab. 1 | Untersuchte Weiden des Schweizer Mittellandes mitsamt Distanz zur nächstgelegenen Weidefläche des Biodiversitätsmonitorings (BDM-Z9).

Gemeinde	Kanton	Jahr	Höhe ü. M. (m)	Längengrad	Breitengrad	Distanz BDM-Z9 (m)
3033 Wohlen	BE	2007	469,2	N 46.98	E 7.35	8504
3087 Niedermuhlern	BE	2007	928,3	N 46.83	E 7.44	3154
3172 Niederwangen	BE	2007	365,1	N 46.92	E 7.38	2521
5243 Mülligen	AG	2008	455,7	N 47.45	E 8.23	2917
5444 Künten	AG	2007	530,9	N 47.38	E 8.32	5503
5604 Othmarsingen	AG	2008	579,0	N 47.40	E 8.22	6480
6113 Romoos	LU	2008	411,9	N 47.01	E 8.03	1983
6354 Vitznau	LU	2007	837,4	N 47.01	E 8.50	1795
6404 Greppen	LU	2008	500,2	N 47.06	E 8.45	5698
7012 Felsberg	GR	2008	632,8	N 46.84	E 9.45	6893
8223 Beringen	SH	2007	605,0	N 47.69	E 8.57	5685
8708 Männedorf	ZH	2007	719,2	N 47.26	E 8.70	9396
8715 Bollingen	SG	2008	650,5	N 47.22	E 8.91	4769
8717 Benken	SG	2008	486,1	N 47.19	E 9.01	1773
8730 Uznach	SG	2008	970,6	N 47.23	E 9.01	2803
8737 Gommiswald	SG	2007	1073,0	N 47.22	E 9.03	5932
8766 Matt	GL	2007	964,0	N 46.94	E 9.17	3053
8840 Trachslau	SZ	2007	418,2	N 47.10	E 8.73	12578
8849 Alpthal	SZ	2008	858,2	N 47.07	E 8.71	2976
8914 Äugst am Albis	ZH	2007	1031,4	N 47.29	E 8.49	4108
9125 Brunnadern	SG	2008	736,8	N 47.31	E 9.13	3776
9463 Oberriet	SG	2008	684,1	N 47.34	E 9.58	4170
9656 Alt St. Johann	SG	2008	1033,5	N 47.20	E 9.27	2261
9656 Alt. St. Johann	SG	2007	980,0	N 47.19	E 9.28	2818

te Saison abzudecken. Ein experimenteller Dungfladen war etwa 600g schwer, mit einem Durchmesser von ca. 20cm. Dabei wurden die zwei Replikatpaare jeweils an entgegengesetzten Enden der Weide ausgelegt, mit ca. 5m zwischen den Fladen mit und ohne *Ivermectin*. Die Fladen verweilten zur Besiedelung (d. h. Eiablage) durch Dunginsekten eine Woche lang auf der Weide. Danach wurden sie eingesammelt und in eine Vorrichtung an der Universität Zürich gebracht, in der die Nachkommensgeneration schlüpfen und aufgefangen werden konnte (s. Zusatzmaterial in Floate *et al.* 2016).

Wir beschränkten uns auf die Auswertung der Fliegen- und Schlupfwespendaten, da die grösseren Dungkäfer typischerweise lange Generationszeiten aufweisen (> 1 Monat) und vor allem im Herbst in Winterruhe gehen (und somit nicht schlüpfen). Auch wurden hier nur die Kontrollfladen analysiert, welche die natürlich vorkom-

mende, ungestörte Lebensgemeinschaft am Ort repräsentieren. Die saisonalen Daten wurden aufsummiert. Für jede Weide berechneten wir die vorkommende Artenzahl (*species richness*) (Gotelli und Chao 2013).

Externe Daten

Für dieselben 24 Weiden (Tab. 1) hatte Agroscope im Jahr 2004 bereits die Artenzahlen der dort vorkommenden Gefässpflanzen, Schmetterlinge und Heuschrecken aufgenommen (letztere beiden sind hier zusammengefasst; Walter *et al.* 2007). Zusätzlich bezogen wir entsprechende Daten für Schnecken und Moose im selben Lebensraum für die unseren Weiden nächstgelegenen Rasterpunkte (Z9) des BDM (BDM-Koordinationsstelle 2009, 2014; Tab. 1). Diese Flächen liegen zwischen 1,7 und 12,6km von den oben erwähnten Aufnahmeflächen entfernt (Tab. 1). Nicht allorts waren Daten für alle Artengruppen verfüg-

bar, was einzelne Stichproben reduziert ($N < 24$; Tab. 2). Schliesslich berücksichtigten wir noch die Meereshöhe und die Pflanzendeckung (%), die zusätzlich von Agroscope aufgenommen worden war (Walter *et al.* 2007).

Resultate und Diskussion

Zwischen der Dungfauna (Fliegen und Schlupfwespen) und den anderen Organismengruppen liessen sich keine, nicht selten gar negative Korrelationen finden (Tab. 2). Starke positive Zusammenhänge (Korrelationskoeffizient $r > 0,4$) zeigten sich hauptsächlich zwischen Pflanzen und den Insekten, die sich davon ernähren (Fauna = Schmetterlinge und Heuschrecken; Tab. 2). Für die Moose war dieser Zusammenhang schwächer, aber auch positiv, und auch die Vielfalt der Schnecken korrelierte positiv mit jener von Gefässpflanzen und Moosen (nicht ganz signifikant; Tab. 2).

Mit einem moderaten, für die Praxis jedoch charakteristischen Datensatz zur Biodiversität der Kuhdunginsekten extensiv bewirtschafteter Weiden (Jochmann und Blankenhorn 2016) untersuchten wir hier, ob die Diversitäten verschiedenster Indikator- und Nicht-Indikatorarten in einer gegebenen Landschaft einen positiven Zusammenhang aufweisen. Dies ist eine zentrale, selten geprüfte Annahme der Biodiversitätsforschung mit hoher Praxisrelevanz (Favreau *et al.* 2006; Lindenmeyer und Likens 2011). Diese Annahme steckt auch als Grundidee hinter dem schweizerischen Biodiversitätsmonitoring (BDM-Koordinationsstelle 2009), das sich auf wenige, anerkannt repräsentative Indikatorarten beschränkt (Tab. 2), insbesondere auch um die Landwirtschaftspolitik abzustützen (Walter *et al.* 2007; Klimek *et al.* 2008; Koch *et al.* 2013). Selbst mit unserem relativ kleinen Datensatz von 24 über das gesamte Schweizer Mittelland verteilten extensiv bewirtschafteten Weiden ergab sich ein klarer Zusammen-

hang zwischen der Vielfalt der Pflanzen (und Moose) und jener der sich häufig davon ernährenden wirbellosen Tiere (Schmetterlinge, Heuschrecken, Schnecken). Dieses zeigte sich sowohl unmittelbar auf den 24 untersuchten Weiden (Agroscope-Daten), wie auch auf den Weiden im Abstand von wenigen Kilometern (BDM-Daten). Dies wurde bereits für andere Weiden in der Schweiz gezeigt (z. B. Koch *et al.* 2013) und bedeutet in der Tat, dass die Pflanzenvielfalt in einer von Land- und Viehwirtschaft geprägten Landschaft wie dem Mittelland ein guter Indikator der Vielfalt von bedeutenden Insektengruppen ist, was den BDM-Ansatz unterstützt (Pearman und Weber 2007). Auch vorher bereits bekannte positive Effekte von Umweltparametern wie der Meereshöhe konnte unsere Studie bestätigen (BDM-Koordinationsstelle 2009).

Obschon die Pflanzenvielfalt die Vielfalt von bedeutenden Wirbellosengruppen gut widerspiegelt, trifft dies für die Dunginsekten (Fliegen, Schlupfwespen) definitiv nicht zu. Wir gehen davon aus, dass dies für Dungkäfer, die hier ausgespart wurden, ebenso der Fall ist, wie andere Studien dokumentieren (z. B. Floate *et al.* 2016). Selbst wenn die Lebensgemeinschaft der Dunginsekten relativ speziell erscheint, sind diese Tiere doch ein integraler Bestandteil der schweizerischen Kulturlandschaft, insbesondere aufgrund der sehr hohen Viehdichten. Die Larven zahlreicher Arten mögen auf den Dung von diversen Nutztieren beschränkt sein, dennoch fungieren die adulten Fliegen, Schlupfwespen und Käfer häufig als unspezialisierte Räuber oder auch Blütenbestäuber (Skidmore 1991). Funktionelle Verknüpfungen dieser spezialisierten Fauna mit anderen Organismen der Umgebung sind daher zu erwarten. Andererseits können viele Tier- und Pflanzenarten derart spezialisiert sein, dass sie mit den meisten sie umgebenden Organismen kaum oder gar nicht interagieren, sodass solche Verknüpfungen auch durchaus fehlen können.

Tab. 2 | Paarweise Korrelationskoeffizienten (Pearson r über, Spearman Rangkorrelation ρ unter der Diagonalen) zwischen den verschiedenen Organismengruppen (grün = Weiden Agroscope; gelb = nächstgelegene BDM-Z9-Weide); signifikante Werte fett (* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$).

	Dunginsekten	Tagfalter, Heuschrecken	Gefässpflanzen	Pflanzendeckung in %	Meereshöhe	Schnecken Weiden (Z9)	Moose Weiden (Z9)
N =	24	24	24	22	24	14	23
Dunginsekten	1	-0,161	-0,189	-0,203	-0,014	-0,032	-0,054
Tagfalter, Heuschrecken	-0,116	1	0,539**	0,211	0,346	0,314	0,433*
Gefässpflanzen	-0,393	0,403	1	0,450*	0,497*	0,473	0,086
Pflanzendeckung in %	-0,295	0,044	0,534*	1	-0,311		
Meereshöhe	-0,037	0,440*	0,349	-0,276	1		
Schnecken Weiden (Z9)	-0,167	0,003	0,16			1	0,384
Moose Weiden (Z9)	0,033	0,368	0,107			0,262	1

Schlussfolgerungen

Insgesamt schliessen wir aus unserer Studie, dass der Nutzen jeder Indikatorart als genereller Anzeiger der Umweltqualität räumlich und zeitlich auf bestimmte Kontexte und Landschaften beschränkt ist. Gleichwohl gibt es Indikatorarten und -taxa, die ein breiteres Spektrum der Lebensgemeinschaft an einem Ort repräsentieren (wie die oben erwähnte Pflanzen-Insekten-Verbindung), was sich hier und andernorts deutlich gezeigt hat (Walter *et al.* 2007; BDM-Koordinationsstelle 2009; Hunter *et al.* 2016). Dies bekräftigt einerseits die im BDM gewählten Indikatoren, andererseits zeigt sich aber auch, dass wichtige funktionelle Gruppen wie beispielsweise die Dunginsekten kaum repräsentiert sind. ■

Zwei Filme dokumentieren die Insektenwelt auf Kuhfladen. Sie sind abrufbar unter: <http://www.ieu.uzh.ch/en/research/evolbiol/invertebrates.html>

Dank

Wir danken der Velux-Stiftung für die Finanzierung dieses Teilprojektes im Rahmen der Dissertation von Ralf Jochmann sowie Hintermann & Weber für den Zugang zu ihren BDM-Daten, die über die Jahre von zahlreichen Spezialisten zusammengetragen wurden.

Literatur

- BDM-Koordinationsstelle, 2009. Zustand der Biodiversität in der Schweiz. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- BDM-Koordinationsstelle, 2014. Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM: Beschreibung der Methoden und Indikatoren. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- Duelli P. & Obrist M.K., 1998. In search of the best correlates for local organismal biodiversity in cultivated areas. *Biodiversity & Conservation* **7**, 297–309.
- Favreau J.M., Drew C.A., Hess G.R., Rubino M.J., Koch F.H. & Eschelbach K.A., 2006. Recommendations for assessing the effectiveness of surrogate species approaches. *Biodiversity & Conservation* **15**, 3949–3969.
- Floate K., Düring R.-A., Hanafi J., Jud P., Lahr J., Lumaret J.-P., Scheffczyk A., Tixier T., Wohde M., Römbke J., Sautot L. & Blanckenhorn W. U., 2016. Validation of a standard test method in four countries to assess the toxicity of residues in dung of cattle treated with veterinary medical products. *Environmental Toxicology & Chemistry* **35**, 1934–1946.
- Gotelli N.J. & Chao A., 2013. Measuring and estimating species richness, species diversity, and biotic similarity from sampling data. *Encyclopedia of Biodiversity* **5**, 195–211.
- Heywood V.H., 1995. Global biodiversity assessment. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hunter M. Jr., Westgate M., Barton P., Calhoun A., Pierson J., Tulloch A., Beger M., Branquinho C., Caro T., Gross J., Heino J., Lane P., Longo C., Martin K., McDowell W.H., Mellin C., Salo H. & Lindenmayer D., 2016. Two roles for ecological surrogacy: Indicator surrogates and management surrogates. *Ecological Indicators* **63**, 121–125.
- Jochmann R. & Blanckenhorn W.U., 2016. Non-target effects of ivermectin on trophic groups of the cow dung insect community replicated across an agricultural landscape. *Basic & Applied Ecology* **17**, 291–299.
- Klimek S., Richter G., Kemmermann A., Steinmann H., Freese J. & Isselstein J., 2008. Rewarding farmers for delivering vascular plant diversity in managed grasslands: a transdisciplinary case-study approach. *Biological Conservation* **141**, 2888–2897.
- Lindenmayer D.B. & Likens G.E., 2011. Direct measurement versus surrogate indicator species for evaluating environmental change and biodiversity loss. *Ecosystems* **14**, 47–59.
- Koch B., Edwards P.J., Blanckenhorn W.U., Buholzer S., Walter T., Wüest R. O. & Hofer G., 2013. Vascular plants as surrogates of butterfly and grasshopper diversity on two Swiss subalpine summer pastures. *Biodiversity & Conservation* **22**, 1451–1465.
- Pearman P.B. & Weber D., 2007. Common species determine richness patterns in biodiversity indicator taxa. *Biological Conservation* **138**, 109–119.
- Skidmore P., 1991. Insects of the British Cow-dung Community. Field studies council Occasional Publication No 21, Shrewsbury UK.
- Walter T., Grünig A., Schlüpbach B. & Schmid W., 2007. Indicators to predict biodiversity quality of low intensity grazing areas in Switzerland. *Grassland Science in Europe* **12**, 271–274.

Riassunto**Non vi è correlazione tra la biodiversità degli insetti sul sterco dei bovini e altri abitanti del pascolo**

La biodiversità delle superfici agricole è generalmente misurata tramite indicatori che possono essere registrati in modo tempestivo ed economico. Ciò si basa sull'ipotesi, raramente messa in discussione, che questi gruppi di organismi riflettano bene l'intera biodiversità di un habitat. Abbiamo verificato tale ipotesi confrontando la diversità degli insetti del sterco bovino presenti in 24 pascoli della Svizzera centrale con quella di cavallette, farfalle e piante vascolari nonché in prossimità di muschio e lumache. La diversità delle piante vascolari e dei muschi aumenta in correlazione a quella di farfalle, cavallette e lumache – spesso erbivore – sia sui pascoli stessi che sui prati circostanti. La diversità degli insetti del sterco bovino (mosche, icneumonidi), invece, non è legata a quella di altri gruppi di organismi. Per questo piante vascolari, cavallette, farfalle, muschi e lumache sono rappresentativi gli uni degli altri. Questo non è tuttavia il caso per gli insetti del sterco bovino. La loro presenza e possibilmente anche le loro funzioni nella riduzione del letame sono poco rappresentate dagli indicatori usati generalmente.

Summary**Biodiversity of cow-dung insects and other pasture dwellers not correlated**

The biodiversity of agricultural land is usually measured via indicator species that can be recorded time- and cost-efficiently. Behind this approach lies the seldom-questioned assumption that these groups of organisms are good at reflecting the overall species diversity of a habitat. We tested this assumption by comparing the diversity of cow-dung insects with that of grasshopper, butterfly, vascular plant and nearby moss and snail communities on 24 pastures on the Swiss Central Plateau. The diversity of the vascular plants and mosses increased with that of the (often herbivorous) butterflies, grasshoppers and snails, both on the sites examined in our study and on those in the wider vicinity. By contrast, the diversity of the dung insects (flies and parasitic wasps) did not correlate with other groups of organisms. Consequently, vascular plants, grasshoppers, butterflies, mosses and snails can represent one another well. This is not, however, the case for dung insects: they, and hence most likely their functions in decomposing dung, are scarcely represented by the commonly used indicators.

Key words: arthropods, monitoring, biodiversity indicators, butterflies, dung insects, flagship species, molluscs, mosses, pastures, species richness, surrogate taxa, vascular plants.