

Entwicklung von Artenzusammensetzung und Aktivitätsdichte in Carabidenzoosen forstlich rekultivierter Tagebauflächen

Karl-Hinrich Kielhorn, Beate Keplin und Reinhard F. Hüttl

Synopsis

Development of species composition and abundance in carabid beetle communities of afforested open-cast mining sites

The immigration of ground beetles on recently afforested open-cast mining sites and the development of carabid communities with increasing age of pine stands are investigated in the Lower Lusatian lignite mining area. Pitfall catches reveal high numbers of species and individuals directly after afforestation. While numbers of individuals decrease with progressing age of the sites, species numbers decline only in 18 and 32 year old forests. Xerophilic beetles dominate the fauna in all stands. Five groups of characteristic species of different colonizing stages are discriminated. From computations of similarity indices of carabid communities a prevalence of the effect of vegetation cover and -structure on the composition of the fauna over possible influences of different melioration or contents of coal in the substrate seems very likely. Compared to data from other open-cast mining areas in Germany the fauna shows regional peculiarities in respect to species composition and dominating species. In aerial electors dominant species from pitfall traps were recorded with few individuals or not at all, while other species with low numbers in pitfall catches showed a higher flight activity.

carabid beetles, open-cast mining, afforestation, immigration, flight activity

Laufkäfer, Tagebau, Aufforstung, Immigration, Flugaktivität

1 Einleitung

Die Auswirkungen der Rekultivierung und großflächigen Aufforstung im Niederlausitzer Braunkohletagebauegebiet werden im Rahmen des Innovationskollegs »Ökologisches Entwicklungspotential der Bergbaufolgelandschaft« der BTU Cottbus an der endo- und epigäischen Bodenfauna untersucht. Die Eignung von Laufkäfern als Indikatororganismen in der Rekultivierung ist durch Erhebungen aus anderen deutschen

Tagebauegebieten bereits bekannt (VOGEL & DUNGER 1991, TOPP & al. 1992, SKAMBRACKS & al. 1997). Der Untersuchung der Tiergruppe in unterschiedlich alten Aufforstungen in der Niederlausitz liegen folgende Hypothesen zugrunde: Die Entwicklung der Fauna entspricht derjenigen in Aufforstungen anderer deutscher Tagebauegebiete; gegenüber vergleichbaren Standorten auf natürlich gewachsenen Böden verzögert sich die Etablierung charakteristischer Zönosen; regionale Besonderheiten der Rekultivierung (arme Sandböden, Aufforstung mit Kiefern-Monokulturen) wirken sich negativ auf Artenreichtum und Aktivitätsdichten der Carabidenzönosen aus.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungsstandorte liegen auf mit Asche oder Kalk meliorierten, mit Kiefern aufgeforsteten Flächen der Niederlausitzer Tagebauegebiete Jänschwalde (Standort Weißagker Berg, Kürzel WB und Außenkippe Bärenbrück, Kürzel BB), Cottbus-Nord (CO), Gräbendorf (Außenkippe Greifenhain, GR), Meuro (MR) und Domsdorf/Tröbitz (DD). Das Altersspektrum umfaßt Neuaufforstungen, ein- und fünfjährige Aufforstungen und jeweils einen 14, 18 und 32 Jahre alten Bestand (Bestandesalter 1996). Die Altersangabe ist im Folgenden der Standortbezeichnung nachgestellt (z. B. DD 32). Die Bestände stocken auf Kipp-Sanden mit hohem oder geringem Kohlegehalt (s. Abb. 2). In der Krautschicht der Bestände dominieren Wald-Staudenroggen (WB 0), kanadisches Berufskraut und Nachtkerze (CO 0, GR 1), Silbergras (CO 5), Schwingel-Arten (GR 5), Strauß-Gras (MR 18) und Land-Reitgras (BB 14, DD 32) in mittlerer bis spärlicher Deckung (Ausnahme mit hoher Deckung: GR 5). In der Bestockung weichen GR 1 (jede fünfte Reihe mit Schwarz-Erle aufgeforstet) und BB 14 (Schwarz-Kiefer) von der sonst einheitlichen Aufforstung mit Wald-Kiefer ab. Der Kronenschluß ist ab BB 14 vorhanden.

Laufaktive Carabiden wurden pro Standort durch fünf Bodenfallen erfaßt (Trichterfallen, Ø 12 cm, Fangflüssigkeit 3,5 % Formol mit Tensidzusatz). Die Fallenreihen wurden bis Anfang Juli 1996 im 14-Tages-Rhythmus, danach monatlich geleert, die Fänge werden bis 1998 fortgesetzt. Auf vier Jungstandorten

(CO 0, GR 1, CO 5, GR 5) wurde je ein Luftklektor (s. BEHRE 1989; Fangfläche 0,5 m², Fangflüssigkeit 3,5 % Formol) zum Fang flugaktiver Tiere installiert. Die Eklektoren waren 1996 von Mai bis Oktober und ab Mai 1997 in Betrieb und wurden monatlich geleert, ihr Einsatz wird bis Oktober 1997 weitergeführt. Die Immigration auf neu aufgeforstete Flächen wurde 1997 auf CO 0 (Bestandesalter 1 Jahr) mit Fallenfängen an Barrieren in Zickzackform aus Plastikmaterial (2 m Länge, Tiefe 50 cm, Höhe 25 cm, im Boden 10 cm) untersucht, wie sie in ähnlicher Form von MEBES & FILSER (1997) verwendet wurden. Eine Barriere wurde in der Mitte des Bestands eingerichtet, eine weitere in 20 m Entfernung zur ersten Barriere an der Grenze zu einer Sandfläche mit spärlichem Aufwuchs und eine dritte an der Grenze zu einer vierjährigen Aufforstung mit artenreicher Ruderalvegetation (s. Abb. 3).

Die Aktivitätsbiomasse wurde auf der Basis mittlerer Größenangaben zu den Arten (FREUDE 1976) und einer von RINK (1991) angegebenen Größe-Gewicht-Korrelation errechnet ($\text{mg TG} = 0,03 \cdot \text{mm}^{2,69}$). Als Grundlage für Auswertungen zur Feuchte- und Habitatpräferenz und zur Flügelausprägung der Arten wurden Angaben zur Autökologie der Carabiden in BARNDT & al. (1991) herangezogen. Die Clusterung der Identitätswerte (s. Abb. 2) wurde mit dem von ALTENKIRCH (1977) dargestellten einfachen Verfahren unter Berechnung mittlerer Ähnlichkeiten ohne Verwendung euklidischer Distanzen vorgenommen. Einbezogen wurden nur Arten mit einer Gesamtfangzahl von mindestens 10 Tieren (57 % der Arten und 99 % der Individuen).

3 Ergebnisse

3.1 Entwicklung der Carabidengemeinschaften

Schon auf neu aufgeforsteten Tagebauflächen sind nicht nur die Aktivitätsdichten der Laufkäfer, sondern auch die Artenzahlen sehr hoch (Tab. 1). Eine Initialphase mit geringen Artenzahlen konnte nicht festgestellt werden. Die Aktivitätsdichte erreicht im Maxi-

mum über 5000 Tiere und nimmt mit dem Bestandesalter extrem ab auf 400 Tiere im ältesten Bestand. Die Artenzahlen bewegen sich in den Jungbeständen bis 14 Jahre zwischen 48 und 61 Arten und zeigen erst im 18- und 32jährigen Bestand einen deutlichen Rückgang. Die Aktivitätsbiomasse der Fänge als Maß für die Größenverteilung in den Zönosen erreicht ihr Minimum im 18jährigen Bestand und steigt danach wieder an.

Nach den Feuchtigkeitspräferenzen läßt sich die Fauna als überwiegend xerophil kennzeichnen, mäßig hygrophile Carabiden sind erst in den ältesten Beständen in größerem Umfang vertreten. Die Charakterisierung der Arten nach Hauptlebensräumen zeigt bei den Jungaufforstungen bis zum 14jährigen Bestand eine Mischfauna aus Arten der Äcker, Trockenrasen und offenen Sandflächen, danach bilden Waldlaufkäfer die größte Artengruppe (Abb. 1). Auf Individuenebene läßt sich ein deutlicher Rückgang der Laufkäfer offener Sandflächen bereits bei den fünfjährigen Standorten erkennen. Die Waldfauna dominiert die Zönose erst im 32jährigen Bestand.

Gegenüber der Fauna ähnlicher Habitate auf natürlich gewachsenen Böden wie Binnendünen und Sandflächen in der Region (z. B. GLAUCHE 1990, WINKELMANN-KLÖCK 1983, unveröff. Gutachten) fällt an der Fauna der neu aufgeforsteten Standorte ein erhöhter Anteil durch die Bodenbearbeitung geförderter Arten und Individuen der Äcker auf. Ein Vergleich der Fauna des ältesten Standorts (DD 32) mit Kiefernauaufforstungen auf gewachsenen Böden in Brandenburg (U. RINK, pers. Mitt.) ergibt eine weitgehende Übereinstimmung in Artenspektrum und Dominanzstruktur.

Die Berechnung von Identitätswerten der Fauna auf Arten- und Individuenebene führt im Cluster zu einer Anordnung nach dem Alter bzw. der Struktur der Bestände (Abb. 2). Unterschiede in der Melioration mit Kalk oder Asche oder im Kohlegehalt des Substrats sind hier offenbar von untergeordneter Bedeutung. Die Fauna der Forsten läßt sich auf Artebene ab dem 18jährigen Bestand abgrenzen, auf der Individuenebene bereits ab dem 14jährigen Bestand. Hier entsteht eine Untergruppe des 14- und 18jährigen Be-

Tab. 1
Individuen- und Artenzahlen sowie Aktivitätsbiomasse der Laufkäfer aus Bodenfallen in unterschiedlich alten, aufgeforsteten Tagebauflächen des Niederlausitzer Braunkohlereviers (Summen aus Jahresfang 1996/97).

Standorte	WB 0	CO 0	GR 1	CO 5	GR 5	BB 14	MR 18	DD 32
Individuen	2493	5150	5176	1662	1205	2010	720	397
Arten	51	48	61	52	47	58	30	24
Trockenmasse (g)	32,65	87,78	57,18	23,43	17,04	24,55	9,38	44,35

Table 1
Numbers of individuals and species and total biomass of ground beetles from pitfall catches in differently aged afforested open-cast mining sites in the lignite mining area of Lower Lusatia (year catch 1996/97).

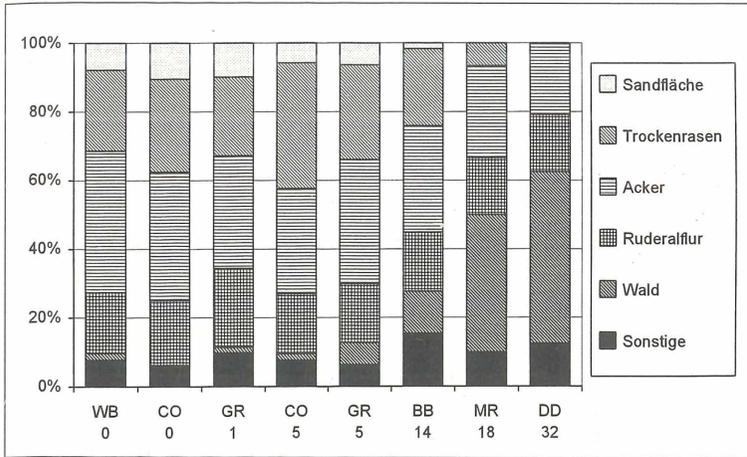


Abb. 1
Verteilung der Laufkäferindividuen aufgeforsteter Tagebauflächen nach Habitatpräferenzen der Arten (Prozentanteile von Jahresfängen mit Bodenfallen).

Fig. 1
Distribution of carabid individuals of afforested open-cast mining sites by habitat preferences (in percentage of total year catches with pitfall traps).

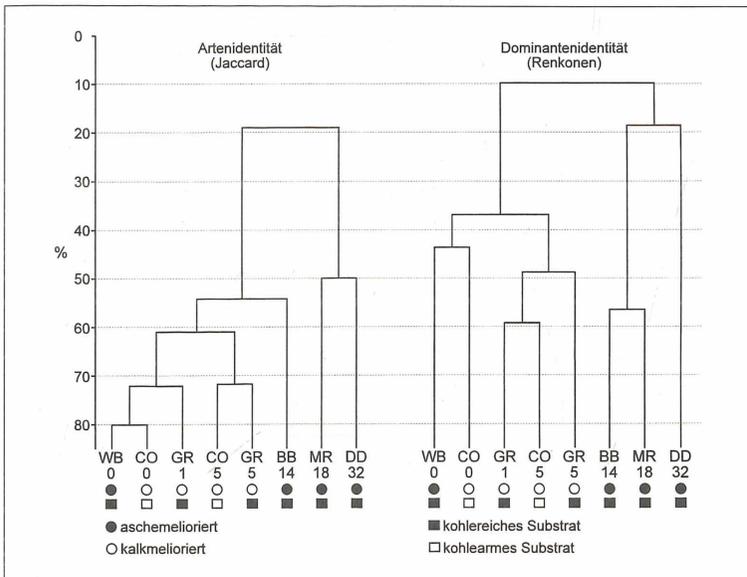


Abb. 2
Cluster der Arten- und Dominantenidentitäten der Laufkäfergemeinschaften aufgeforsteter Tagebauflächen in der Niederlausitz (nur Arten mit mehr als 10 Individuen berücksichtigt).

Fig. 2
Cluster analysis of species and dominance identity values of ground beetle communities of afforested open-cast mining sites in Lower Lusatia (only species with more than 10 individuals taken into account).

stands, die gegen den 32jährigen Bestand mit seiner charakteristischen Waldfauna deutlich abgesetzt ist.

Aus der Gruppierung der Arten nach Aktivitätsdichten und Vorkommen in den verschiedenen Altersklassen der Bestände lassen sich Kennarten der einzelnen Besiedlungsphasen ablesen, die dort einen Schwerpunkt der Fangzahlen aufweisen (Tab. 2). Es ergibt sich eine Einteilung in fünf zum Teil überlappende Gruppen: 1. Pionierbesiedler neu angelegter Aufforstungen, hauptsächlich Arten der offenen Sandflächen und Äcker; 2. Anfangsbesiedler, die sowohl in den Neuaufforstungen wie in den fünfjährigen Beständen auftreten, vorwiegend Arten der Trockenrasen und Äcker; 3. Übergangsarten der fünfjährigen Bestände mit Laufkäfern der Trockenrasen und Ruderalfluren; 4. Jungforst- und Forstbesiedler mit

Schwerpunkt in den 14- bis 32jährigen Beständen, hier überwiegen bereits waldbewohnende Carabiden; 5. Besiedler älterer Forsten.

Zum Vergleich mit Ergebnissen aus anderen Tagebauen wurden folgende Untersuchungsgebiete herangezogen: eine Sukzessionsfläche im rheinischen Braunkohlentagebau auf einem Gemisch quartärer Sande und Kiese mit tertiären Sanden, Altersstadien 3–17 Jahre, vorläufiges Endstadium der Sukzession ist ein Birkenhain (MADER 1985); nicht aufgeforstete Kippen und verschiedene Laubholzaufforstungen (überwiegend Pappel und Buche) auf einer Mischung von quartären grobsandigen Kiesen und Löß, Altersspektrum 0–28 Jahre, ebenfalls rheinischer Braunkohlentagebau (NEUMANN 1971); Erlen-Pappelaufforstungen in der Lausitz auf einem Gemisch fluviati-

Tab. 2

Kennarten einzelner Phasen der Besiedlung aufgeforsteter Tagebauflächen der Niederlausitz durch Laufkäfer im Vergleich zu Daten aus anderen deutschen Tagebaugebieten (Arten mit über 2 % Individuenanteil an einem Standort und deutlichem Vorkommensschwerpunkt in einer der Altersklassen; schattiert: Vorkommensschwerpunkt; unterstrichen: dominante Arten, die in den Vergleichsuntersuchungen fehlten oder selten auftraten; Vergleichsliteratur: (A) = NEUMANN 1971, (B) = MADER 1985, (C) = VOGEL & DUNGER 1991).

Table 2

Characteristic ground beetle species of different colonization phases of afforested open-cast mining sites in Lower Lusatia, compared with data from other open-cast mining areas in Germany (species with more than 2 % of the total catch of one site and high catch numbers in one of the age classes; shaded: sites with mainly high catch numbers; underlined: abundant in Lower Lusatia, lacking or rare in other open-cast mining areas; literature data: (A) = NEUMANN 1971, (B) = MADER 1985, (C) = VOGEL & DUNGER 1991).

Arten	Standorte Alter (a)	WB 0	CO 0	GR 1	CO 5	GR 5	BB 14	MR 18	DD 32	(A)	(B)	(C)
		0	0	1	5	5	14	18	32			
0 - 1 Jahr												
<i>Harpalus flavescens</i> (Pill. & Mitt.)	OS	555	530	7	2	2						
<i>Harpalus hirtipes</i> (Panzer)	OS	60	76	7	11	1	1					
<i>Amara quenseli</i> (Schönherr)	TR	14	126		1						P	
<i>Bembidion femoratum</i> Sturm	OS	158	32	143	6					P	P	P
<i>Amara fulva</i> (O. F. Müller)	OS	267	293	126	14	15	1			P	P	P
<i>Harpalus distinguendus</i> (Dft.)	AC	64	806	61	4	1	4	1	1	P	P	
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> (L.)	AC	374	8	647	5	7				P	P	P
0 - 5 Jahre												
<i>Calathus ambiguus</i> (Payk.)	TR	291	1017	1148	351	333	11			P	K	+
<i>Calathus cinctus</i> Mot.	TR	43	9	50	8	26	1					
<i>Harpalus smaragdinus</i> (Dft.)	TR	11	648	136	218	3	2				+	
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank)	AC	125	953	127	127	17	35			P	P	P
<i>Poecilus punctulatus</i> (Schaller)	AC	8	310	23	16	71	7					
<i>Microlestes minutulus</i> (Goeze)	RU	192	3	382	80	5						
1 - 18 Jahre												
<i>Calathus erratus</i> Sahlb.	TR			513	246	31	870	268		P	K	
5 Jahre												
<i>Harpalus anxius</i> (Dft.)	TR	8	35	14	81	92	6					
<i>Harpalus rubripes</i> (Dft.)	RU	4	10	27	78	280	23					+
14 - 32 Jahre												
<i>Calathus melanocephalus</i> (L.)	RU	1		3	9	16	181	91		K	+	K
<i>Trechus obtusus</i> Er.	RU						10	116	10		K	
<i>Leistus ferrugineus</i> (L.)	W					1	62	23	22			+
<i>Notiophilus biguttatus</i> (F.)	W						4	15	7		+	+
<i>Pterostichus niger</i> (Schaller)	W						6	14	14	+	+	K
<i>Calathus micropterus</i> (Dft.)	W							119	101			
32 Jahre												
<i>Carabus hortensis</i> L.	W								34			K
<i>Carabus nemoralis</i> Müller	W			1		2	1		26	K	+	K
<i>Carabus problematicus</i> Herbst	W								18	+	+	
<i>Carabus violaceus</i> L.	W					1		3	113			
<i>Pt. oblongopunctatus</i> (F.)	W						1	3	28	K		K

OS = offene Sandböden RU = Ruderalflur P = Pionierart
 TR = Trockenrasen W = Wald K = dominant in anderen Altersstadien
 AC = Acker + = Nachweis ohne Schwerpunkt

ler Sande mit Lößlehm, Bestandesalter 1–33 Jahre (VOGEL & DUNGER 1991).

Übereinstimmungen ergeben sich bei Pionierarten wie *Amara fulva*, *Bembidion femoratum* oder *Harpalus distinguendus*, aber auch bei Arten späterer Besiedlungsphasen. Abweichungen zeigen sich bei einer Anzahl von Arten, die auf Jungflächen in der Niederlausitz zum Teil in dominanter Position auftreten, in

anderen Untersuchungen überhaupt nicht oder in sehr geringen Zahlen. Die meisten dieser Arten sind xerophil und bevorzugen sandige Böden.

3.2 Immigration in Jungaufforstungen

Auf einer einjährigen Aufforstung (CO 0) wurden für sechs Wochen Barrieren installiert, um die Wände-

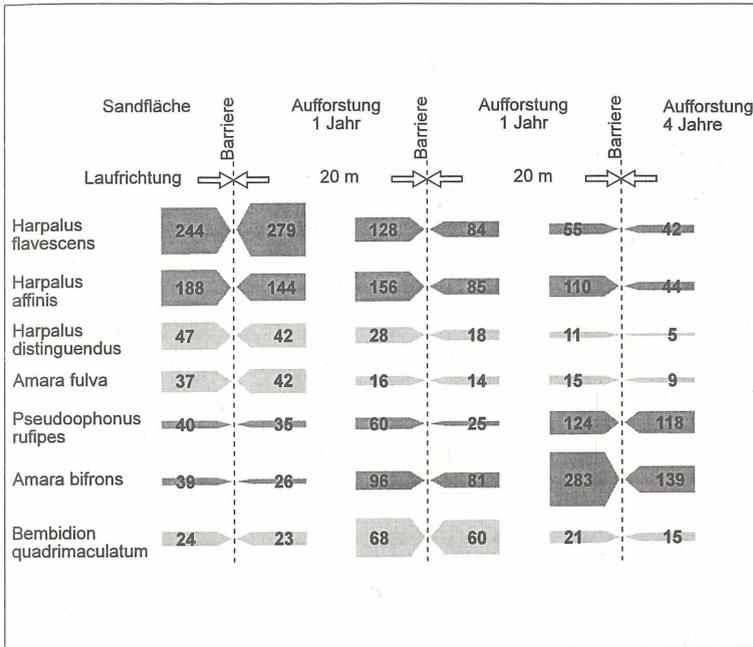


Abb. 3
Fangzahlen häufiger Laufkäferarten an Barrieren in einer einjährigen Jungaufforstung (Mitte) und an den Grenzen zu einer offenen Sandfläche (links) und einer vierjährigen, durch Ruderalvegetation dominierten Aufforstung (Summen aus 6 Fangwochen im Juni/Juli 1997).

Fig. 3
Barrier catches of abundant ground beetle species on a one-year-old afforested open-cast mining site (middle) and at the borders to an adjacent open sandy site (left) and a four-year-old afforestation (right), characterized by ruderal vegetation (sums from 6 catch-weeks June to July 1997).

rungsbewegung der Laufkäfer zu erfassen. Die Fangzahlen von sieben der 10 häufigsten Arten (zusammen 71 % der Individuen) zeigt Abb. 3.

Die Fänge auf den Seiten der Grenzbarrieren lassen im Vergleich mit den Daten der Barriere im Bestand keine deutlichen Unterschiede zwischen Innen- und Außenseite der Barriere als Ausdruck von Aus- oder Einwanderungsbewegungen erkennen. Auffallend sind jedoch hohe Fangzahlen an den Grenzbarrieren in Übereinstimmung mit den Habitatpräferenzen der Arten: Laufkäfer der offenen Sandflächen und der Äcker wurden mit maximalen Zahlen an der Grenze zur offenen Sandfläche nachgewiesen, Arten der Ruderalfluren an der Grenze zur älteren Aufforstung mit reicher Ruderalvegetation.

Luftklektorfänge in vier Jungaufforstungen über 6 Monate 1996 und 4 Monate 1997 erbrachten Flugnachweise für 24 überwiegend makroptere Arten mit insgesamt 81 Individuen. Die Flugaktivität der meisten Arten ist bekannt (VAN HUIZEN 1980). Auf den Neuaufforstungen CO 0 und GR 1 wurden mehr Individuen und Arten nachgewiesen als in fünfjährigen Beständen. Acht Arten wurden ausschließlich in Luftklektoren und nicht in Bodenfallen der Standorte gefangen. Eine Reihe makropterer, in Bodenfallen dominanter Arten wurde in Luftklektoren überhaupt nicht oder nur als Einzelfunde erfaßt. Die flugaktive Art *Harpalus froelichii* wurde auf CO 0 mit 15 Tieren aus Luftklektorfängen belegt, während sie hier in Bodenfallen im Fangjahr 1996/97 mit einem Individuum auftrat. Demgegenüber wurden *H. affinis* und

H. distinguendus auf derselben Fläche mit jeweils nur einem Tier im Luftklektor gefangen (dominant in Bodenfallen, Fangzahlen: 953 bzw. 806).

4 Diskussion

Die regionale Carabidenfauna ist an die extremen Feuchte- und Substratbedingungen der Tagebauflächen angepaßt, xerophile und psammophile Laufkäfer besiedeln neu aufgeforstete Standorte mit hohen Arten- und Individuenzahlen. Mit fortschreitendem Bestandesalter schränkt die zunehmende Beschattung bei gleichzeitiger Trockenheit die Besiedlungsmöglichkeiten für die meisten Carabidenarten stark ein. In der Artenzusammensetzung ist im 18jährigen Stangenholz ein Umschlagpunkt von einer Offenlandzönose zu einer Forstzönose erreicht. Dieser Befund stimmt mit Ergebnissen von VOGEL & DUNGER (1991) aus aufgeforsteten Tagebauflächen der Oberlausitz überein. Dieses Altersstadium ist zugleich durch ein Minimum in der Biomasseentwicklung der Jahresfänge charakterisiert. Unterschiede in der Melioration und die Kohlehaltigkeit des Substrats beeinflussen die Besiedlung der Standorte durch Laufkäfer wahrscheinlich kaum, wesentlich für die Zönosenzusammensetzung sind Vegetationsstruktur und Bodenfeuchte (s. auch SKAMBRACKS & al. 1997). Die Fauna ist regional geprägt, Kennarten einzelner Besiedlungsphasen fehlen in Untersuchungen aus anderen deutschen Tagebaugebieten.

Mit Barrierenfängen konnte kein Beleg einer Immigration der Laufkäfer angrenzender Flächen in eine einjährige Aufforstung geführt werden. Dies ist vermutlich auf methodische Probleme zurückzuführen (fehlende scharfe Grenze zwischen dem Untersuchungsstandort und angrenzenden Flächen wie etwa im Vergleich Acker/Wald, Umlaufen der ungenügend langen Barrieren). In Bodenfallenfängen desselben Standorts dominante Arten erreichten maximale Barrieren-Fangzahlen an den Grenzen zu Flächen, die der jeweiligen Habitatpräferenz entsprechen. Luftklektorfänge deuten auf eine geringe Flugaktivität dominanter makropterer Arten hin, eine Folgerung, die auch KEGEL (1991) aus dem Vergleich von Fängen in Bodenfallen und Fensterfallen auf einem Getreidefeld zog. Die Rekultivierung führt zu einem Flächenmosaik unterschiedlicher Habitattypen, in der die Ausbreitung auch flugfähiger dominanter Arten wahrscheinlich vorwiegend durch Laufaktivität erfolgt. Demgegenüber führen HAAG & DEPENBUSCH (1995) abnehmende Populationsdichten in Carabidenzoosen von 0- bis 10jährigen Tagebauaufforstungen auf einen erschwerten Anflug der Arten durch zunehmenden Kronenschluß zurück.

Danksagung

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Unterstützung und der Deutschen Bundesstiftung Umwelt für die Gewährung eines Stipendiums.

Literatur

- ALTENKIRCH, W. (1977): Ökologie. – Sauerländer, Aarau: 234 S.
- BARNDT, D., S. BRASE, M. GLAUCHE, H. GRUTTKER, B. KEGEL, R. PLATEN & H. WINKELMANN (1991): Die Laufkäferfauna von Berlin (West) – mit Kennzeichnung und Auswertung der verschollenen und gefährdeten Arten (Rote Liste, 3. Fassung). – In: A. AUHAGEN, R. PLATEN & H. SUKOPP (eds) Rote Listen der gefährdeten Pflanzen und Tiere in Berlin. – Landschaftsentwicklung und Umweltforschung, Sonderheft S 6, Berlin: 243–275.
- BEHRE, G. F. (1989): Freilandökologische Methoden zur Erfassung der Entomofauna (Weiter- und Neuentwicklung von Geräten). – Jber. naturwiss. Ver. Wuppertal 42: 238–242.
- FREUDE, H. (1976): Adephega (1), 1. Fam. Carabidae. – In: H. Freude, K. W. Harde & G. A. Lohse (eds) Die Käfer Mitteleuropas Bd. 2. – Goecke & Evers, Krefeld: 302 S.
- HAAG, C. & M. DEPENBUSCH (1995): Carabiden auf forstlichen Rekultivierungsflächen des rheinischen Braunkohlentagebaus: Besiedlung, Reproduktion und Sukzession. – Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 9: 727–731.
- KEGEL, B. (1991): Freiland- und Laboruntersuchungen zur Wirkung von Herbiziden auf epigäische Arthropoden, insbesondere der Laufkäfer (Col.: Carabidae). – Dissertation TU Berlin: 227 S.
- MADER, H.-J. (1985): Sukzession der Laufkäfer- und Spinnengemeinschaften auf Rohböden des Braunkohlereviere. – Schr.-R. Vegetationskunde 16: 167–194.
- MEBES, K.-H. & J. FILSER (1997): A method for estimating the significance of surface dispersal for population fluctuations of *Collembola* in arable land. – *Pedobiologia* 41: 115–122.
- NEUMANN, U. (1971): Die Sukzession der Bodenfauna (Carabidae (Coleoptera), Diplopoda und Isopoda) in den forstlich rekultivierten Gebieten des Rheinischen Braunkohlenreviers. – *Pedobiologia* 11: 193–226.
- RINK, U. (1991): Struktur und Phänologie der Fauna von Laufkäfern (Coleoptera: Carabidae) und Kurzflügelkäfern (Coleoptera: Staphylinidae) in immissionsbeeinflussten Kiefernbeständen des Berliner Grunewalds und deren Belastung. – Dissertation FU Berlin: 187 S.
- SKAMBRACKS, D., U. STENGELE & W. TOPP (1997): Verteilungsmuster von Laufkäfern (Carabidae) auf der Außenkippe Sophienhöhe. – Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 83: 211–213.
- TOPP, W., O. GEMESI, CH. GRÜNING, P. TASCH & H.-Z. ZHOU (1992): Forstliche Rekultivierung mit Altwaldboden im Rheinischen Braunkohlenrevier – Die Sukzession der Bodenfauna. – *Zool. Jb. Syst.* 119: 505–533.
- VAN HUIZEN, T. H. P. (1980): Species of Carabidae (Coleoptera) in which the occurrence of dispersal by flight of individuals has been shown. – *Entom. Berichten* 40: 166–168.
- VOGEL, J. & W. DUNGER (1991): Carabiden und Staphyliniden als Besiedler rekultivierter Tagebau-Halden in Ostdeutschland. – *Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz* 65 (3): 1–31.

Adressen

Dipl.-Biol. K.-H. Kielhorn
 Dr. B. Keplin
 Prof. Dr. R. F. Hüttl
 Brandenburgische Technische Universität Cottbus
 Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung
 Innovationskolleg Bergbaufolgelandschaften
 Postfach 10 13 44
 03013 Cottbus

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: [28_1997](#)

Autor(en)/Author(s): Kielhorn Karl-Hinrich, Keplin Beate, Hüttl Reinhard F.

Artikel/Article: [Entwicklung von Artenzusammensetzung und Aktivitätsdichte in Carabidenzoosen forstlich rekultivierter Tagebauflächen 301-306](#)