FID Biodiversitätsforschung

Decheniana

Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und Westfalens

Die Populationsdynamik von Laufkäferzönosen auf unterschiedlich rekultivierten Bergehalden - mit 15 Abbildungen und 1 Tabelle

Schwerk, Axel

1995

Decheniana (Bonn) 148, 124—137 (1995)

Die Populationsdynamik von Laufkäferzönosen auf unterschiedlich rekultivierten Bergehalden

Axel Schwerk und Michael Abs

Mit 15 Abbildungen und 1 Tabelle

(Manuskripteingang: 30. August 1994)

Kurzfassung

Über die Vegetationsperiode der Jahre 1991 und 1992 wurde die Carabidenfauna auf der Versuchshalde Waltrop, welche aus einem konventionell mit Gehölzpflanzen bestockten Teil und alternativ begrünten Probeflächen besteht, erfaßt. Die Bestandsaufnahme erfolgte auf den verschiedenen Flächen und dem Haldenumfeld.

Als Vergleich wurde die Carabidenfauna auf der konventionell begrünten Halde Zollverein 1,2 in Essen-Katernberg über die Vegetationsperiode des Jahres 1992 untersucht.

Die Ergebnisse zeigen, daß eine konventionelle Bestockung mit Gehölzpflanzen nicht zur Ausbildung einer waldtypischen Carabidenzönose führt. Alternative Begrünungsformen durch Einsaat verschiedener Saatmischungen führen zu einer Carabidenzönose aus vorwiegend Offenlandarten, wobei zusätzlich die Gestaltung der Flächen von Bedeutung ist.

Abstract

During the vegetation period of the years 1991 and 1992 carabidfauna of the colliery waste stone heap Waltrop was recorded. One part of this waste heap was conventionally recultivated by planting woods, other parts are planted in alternative ways.

Comperative studies were carried out in the year 1992 at the conventionally cultivated waste stone heap Zollverein 1,2 in Essen-Katernberg.

The results show that the conventionally planting of wood does not result in a forest-like carabid-coenosis. Alternative ways of recultivation by sowing different kinds of seed result in a coenosis with typical carabids of open areas, with success depending additionally on the design of the areas.

1. Einleitung

Bergehalden als anthropogene Fremdkörper stellen extrem schwierig zu besiedelnde Standorte dar. Ursache für diesen Sachverhalt ist in ungünstigen Bodenparametern wie extrem grober Körnung des Substrats, geringem Wasserhaltevermögen, Armut an Pflanzennährstoffen und Versauerung des Bodens zu sehen (CAMPINO & ZENTGRAF 1991). Außerdem stellen die Bergehalden aus geobotanischer Sicht einen Rohboden dar, vergleichbar mit einem Gebirgsboden (JOCHIMSEN 1991a). Biotope mit zur Besiedelung geeigneten Samen und Früchten sind in einem derart überformten Raum wie dem Ruhrgebiet nur unzulänglich vorhanden (JOCHIMSEN 1991a).

Eine sinnvolle Rekultivierung von Bergehalden sollte zu der Entwicklung einer Vegetation führen, welche strukturell derer natürlicher Biotope entspricht.

Laufkäfer besitzen eine hohe indikatorische Eignung für die Bewertung von Vegetationsstrukturen (SPANG 1992). Anhand der auftretenden Arten und ihrer ökologischen Ansprüche lassen sich Aussagen über den „Reifegrad" des Untersuchungsgebietes treffen (RIECKEN 1992) und somit die Begrünungsstrategien bewerten. Außerdem zeigen Laufkäfer ein feines Reaktionsvermögen auf geringste Unterschiede in Umweltfaktoren und sind somit speziell für die Beschreibung einer Sukzession ganz besonders geeignet (NEUMANN 1971).

2. Untersuchungsgebiete

Als Untersuchungsobjekte dienten zwei unterschiedlich rekultivierte Bergehalden.

Die Halde Zollverein 1,2 in Essen-Katernberg wurde bis etwa 1890-95 aus Lesebergen aufgeschüttet (MELLINGHOFF, KNABE, MEYER & SCHMIDT-LORENZ 1968). Sie wurde in zwei Schritten künstlich mit Birken und Robinien bestockt. Der größere, nordöstliche Bereich ist mit Robinien bestockt, welche um die Jahrhundertwende gepflanzt wurden. Auf dem kleineren, südwestlichen Teil befinden sich zwischen etwa 1930 und 1950 begründete Robinien-Birken-Stangenhölzer. Im Anschluß an die Bepflanzungen wurde die Halde weitestgehend sich selbst überlassen (MELLINGHOFF, KNABE, MEYER & SCHMIDT-LORENZ 1968).

Eine Krautschicht ist über weite Bereiche der Halde nur schwach ausgebildet.

Die Versuchshalde Waltrop läßt sich in drei Teilbereiche untergliedern. Der westliche Teil, die sogenannte Althalde, existiert schon seit geraumer Zeit. Sie ist mit 20–30 Jahre alten Birken bestanden, unter welchen praktisch jeglicher Unterwuchs fehlt (GALHOFF 1992).

Der mittlere Teil umfaßt drei verschieden gestaltete, 1987 fertiggestellte Versuchsflächen der Ruhrkohle-AG. Auf diesen Flächen wurde Bergematerial der Zechen Minister Achenbach und Monopol mit verschiedenen Anteilen von Flugaschen, Dolomitsand und Klärschlamm gemischt. Anschließend erfolgte die Einsaat einer Klee-Grasmischung (NEUMANN-MAHLKAU 1989).

Bei dem östlichen Teil handelt es sich um Versuchsflächen des Kommunalverband Ruhrgebiet. Dieser Bereich wurde in 70 Parzellen aufgeteilt, welche sich hinsichtlich verschiedener Parameter (Bergematerial, Übererdung, Einmischung von Sand, Zugabe von Speichergel) unterscheiden. In die Parzellen wurde teilweise ein Saatgemisch aus Arten des Dauco-Melilotion eingesät, andere Flächen wurden für den Anflug von Samen freigehalten (JOCHIMSEN 1988, 1989, 1991b; SCHNEIDER 1989). Diese Flächen wurden im Herbst 1986 fertiggestellt.

3. Material und Methoden

Der Fang der Carabiden erfolgte mittels Bodenfallen (BARBER 1931). Als Fangflüssigkeit diente konzentrierte Kochsalzlösung, der ein Tropfen Detergenz beigefügt wurde.

Auf verschiedenen Teilflächen der Versuchshalde Waltrop und des Haldenumfeldes wurden 8 Fallenstrecken (FS1 bis FS8) zu je 3 Fallen installiert.

Fallenstrecke 1: Nordhang der Halde im Bereich der Versuchsflächen des Kommunalverband Ruhrgebiet.

Fallenstrecke 2: Plateau der Halde im Bereich der Versuchsflächen des Kommunalverband Ruhrgebiet.

Fallenstrecke 3: Südhang der Halde im Bereich der Versuchsflächen des Kommunalverband Ruhrgebiet.

Fallenstrecke 4: Versuchsflächen der Ruhrkohle AG.

Fallenstrecke 5: Plateau der Althalde.

Fallenstrecke 6: Parallel zum Südhang der Halde verlaufender Brachestreifen.

Fallenstrecke 7: Östlich der Halde gelegene Brachfläche, bewachsen mit einer Pioniervegetation aus Birken und Salweiden, welche sich teilweise zu vorwaldähnlichen Beständen zusammenschließen. An lichteren Standorten treten kleine Gras- oder Hochstaudenfluren auf (OLDENBURG 1992). Die Fläche wurde früher mit Kokereiabfällen beschickt, wird daher auch als Altlastenfläche bezeichnet.

Fallenstrecke 8: Nördlich der Halde angrenzendes Gelände der ehemaligen Zeche Waltrop, in erster Linie versiegelte Flächen sowie mit spärlicher Vegetation bewachsene Brachflächen.

Auf der Halde Zollverein 1,2 wurden 9 Bodenfallen auf dem Haldenplateau aufgestellt (FS9).

Im Untersuchungsgebiet der Versuchshalde Waltrop wurde der Laufkäferbestand über die Vegetationsperiode der Jahre 1991 und 1992 erfaßt. Auf der Halde Zollverein 1,2 erfolgte eine Bestandsaufnahme über die Vegetationsperiode des Jahres 1992.

Die Carabidenzönosen der einzelnen Untersuchungsflächen wurden hinsichtlich der Autökologie der Arten und deren Häufigkeitsverteilungen untersucht. Zur Analyse der Häufigkeitsverteilungen wurden Rang-Häufigkeits-Diagramme erstellt und die Kurvenverläufe mit ideal-typischen Arten-Häufigkeitsmodellen (geometrische Verteilung, logarithmische Verteilung, lognormale Verteilung, „broken stick"-Verteilung) verglichen (MAGURRAN 1988).

Unter Verwendung der Ähnlichkeitsindices nach JACCARD und WAINSTEIN wurden Konkordanzanalysen durchgeführt. Für die Untersuchungsflächen FS1, FS2 und FS3 wurden hierbei Bestandsaufnahmen der Jahre 1989 (GALHOFF 1992) und 1990 (SCHULTE 1991) herangezogen, um den Sukzessionsaspekt auf diesen Flächen zu untersuchen.

Zur Darstellung der Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den einzelnen Untersuchungsflächen wurden Dendrogramme nach dem Minimalbaumverfahren (single linkage) erstellt. Die Verknüpfung erfolgte agglomerativ, wobei als Distanz zwischen zwei Gruppen die des nächsten Nachbarn (nearest neighbour) gewählt wurde (DEICHSEL & TRAMPISCH 1985). Um den Maßstab zur besseren graphischen Darstellung zu komprimieren wurde als Verschmelzungsindex der Kehrwert des Ähnlichkeitsindex gebildet (GALHOFF 1992).

4. Ergebnisse

4.1 Autökologische Aspekte

Anhand der Gesamtbilder der autökologischen Merkmale der Carabidengemeinschaften werden alle Untersuchungsflächen als frühe Sukzessionsstadien gekennzeichnet. Ausgedrückt wird dies durch die geringen Anteile an Waldarten (Abb. 1) (RANTA & ÅS 1982, RIEKEN 1992, GALHOFF 1992), die hohen Anteile euryöker Arten (Abb. 2) und die geringen Dominanzen brachypterer Carabiden (Abb. 3) (NEUMANN 1971, RANTA & ÅS 1982).

Im Untersuchungsgebiet der Halde Waltrop weisen der Nordhang (FS1), das Plateau (FS2), der Südhang (FS3) und die RAG-Fläche (FS4) deutliche Übereinstimmungen in Bezug auf die Autökologie der Artengemeinschaften auf, während die Althalde (FS5) von den anderen Teilflächen abweicht (Abb. 1 bis Abb. 6).

Die Artengemeinschaft auf der Halde Zollverein 1,2 (FS9) weist in bezug auf einige autökologische Merkmalsgruppen (diurnale Aktivitätsrhythmik [Abb. 4.b], Fortpflanzungstyp [Abb. 5.b]) ähnliche Verteilungen wie die alternativ begrünten Flächen der Halde Waltrop (FS1, FS2, FS3, FS4) auf. In bezug auf die Biotoppräferenzen (Abb. 1.b) und die Habitatpräferenzen (Abb. 6.b) der Arten bestehen jedoch Übereinstimmungen mit der Althalde (FS5). Es ist zu vermuten, daß auf diesen beiden Untersuchungsflächen ähnliche Umweltfaktoren vorherrschen und die vorkommenden Arten eine gewisse Austauschbarkeit untereinander besitzen.

4.2 Rang-Häufigkeits-Diagramme

Die Rang-Häufigkeits-Verteilung auf den RAG-Flächen (FS4) zeigt im Jahr 1991 (Abb. 7.d) einen praktisch geradengleichen Verlauf (geometrische Verteilung). Dieser Kurvenverlauf ist Ausdruck artenarmer, karger Habitate sowie früher Sukzessionsstadien (MAGURRAN 1988). Im Jahr 1992 (Abb. 8.d) nähert er sich einer logarithmischen Verteilung. Eine solche Übergangsform weisen auch die Rang-Häufigkeits-Verteilungen auf der Althalde (FS5) auf (Abb. 7.e, Abb. 8.e). Diese Verteilungsform kennzeichnet im Vergleich zum Modell der geometrischen Verteilung fortgeschrittene Sukzessionsstadien (MAGURRAN 1988).

Einen Kurvenverlauf entsprechend einer logarithmischen Verteilung weisen das Haldenplateau (FS2) in beiden Untersuchungsjahren (Abb. 7.b, Abb. 8.b) und der Nordhang (FS1) sowie der Südhang (FS3) im Jahr 1991 (Abb. 7.a, Abb. 7.c) auf. Im Jahr 1992 zeigen die letzteren beiden Untersuchungsflächen eine lognormale Verteilung (Abb. 8.a, Abb. 8.c). Diese Verteilungsform drückt den Einfluß einer größeren Zahl von Faktoren auf die Zönose aus, spricht also für eine höhere Strukturvielfalt. Sie kann auch durch hohe Artenzahlen verursacht werden (MAGURRAN 1988).

Die Rang-Häufigkeits-Verteilung auf der Halde Zollverein 1,2 (FS9) entspricht dem Modell der geometrischen Verteilung (Abb. 8.f).

4.3 Konkordanzanalysen

Sowohl bei Verwendung der Artenidentität nach JACCARD (Abb. 9) als auch bei Verwendung des WAINSTEIN-Index (Abb. 10) als Ähnlichkeitsmaß werden die alternativ begrünten Flächen der Versuchshalde Waltrop (FS1, FS2, FS3, FS4) mit dem Zechengelände (FS8) gruppiert. Die geringste Konkordanz zu den anderen Untersuchungsflächen weist die Althalde (FS5) auf.

Ein Vergleich der Fangergebnisse auf der Halde Zollverein 1,2 (FS9) mit den Fangergebnissen auf den Untersuchungsflächen der Versuchshalde Waltrop ergibt nur sehr geringe Konkordanzen. Die höchste Verwandtschaft besteht zur Althalde (FS5) (Tab. 1).

Tabelle 1: Artenidentitäten nach JACCARD (in %) und WAINSTEIN-Indices (in %) für den Vergleich der Fangergebnisse auf den acht Teilflächen (FS1 bis FS8) im Untersuchungsgebiet der Versuchshalde Waltrop mit den Fangergebnissen auf der Halde Zollverein 1,2 (FS9).

	FS1	FS2	FS3	FS4	FS5	FS6	FS7	FS8
JACCARD	11.1	11.4	5.3	6.7	20.0	12.0	8.8	13.9
WAINSTEIN	0.8	0.8	0.3	0.3	2.5	0.3	0.7	1.4

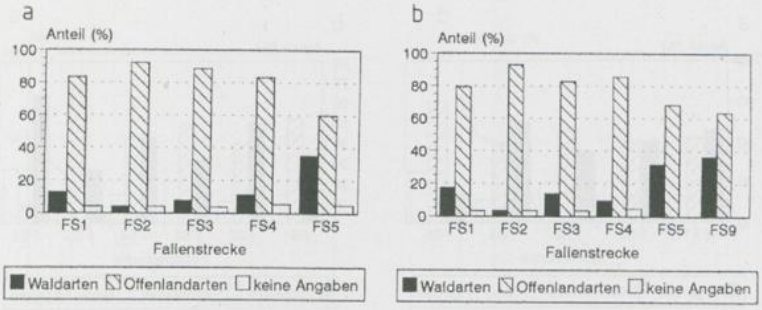

Abbildung 1. Relative Häufigkeiten der Waldarten und Arten offener Lebensräume an der Gesamtartenzahl der Fangergebnisse auf den Untersuchungsflächen der Versuchshalde Waltrop (FS1 bis FS5) und auf der Halde Zollverein 1,2 (FS9).
a) Relative Häufigkeiten im Jahr 1991
b) Relative Häufigkeiten im Jahr 1992

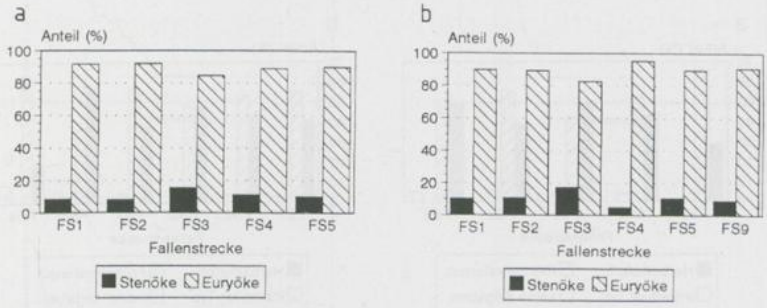

Abbildung 2. Relative Häufigkeiten stenöker und euryöker Arten an der Gesamtartenzahl der Fangergebnisse auf den Untersuchungsflächen der Versuchshalde Waltrop (FS1 bis FS5) und auf der Halde Zollverein 1,2 (FS9).
a) Relative Häufigkeiten im Jahr 1991
b) Relative Häufigkeiten im Jahr 1992

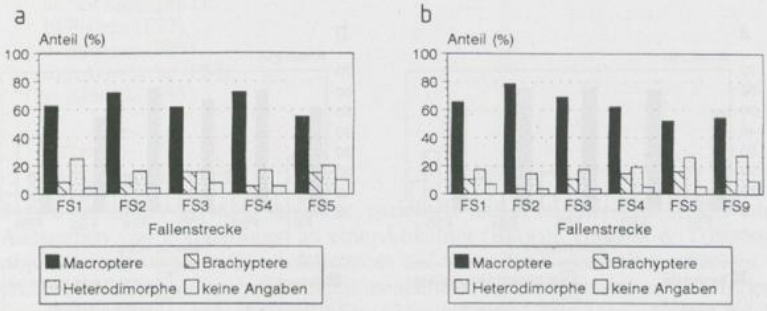

Abbildung 3. Relative Häufigkeiten der Arten verschiedener Flügelmorphen an der Gesamtartenzahl der Fangergebnisse auf den Untersuchungsflächen der Versuchshalde Waltrop (FS1 bis FS5) und auf der Halde Zollverein 1,2 (FS9).
a) Relative Häufigkeiten im Jahr 1991
b) Relative Häufigkeiten im Jahr 1992

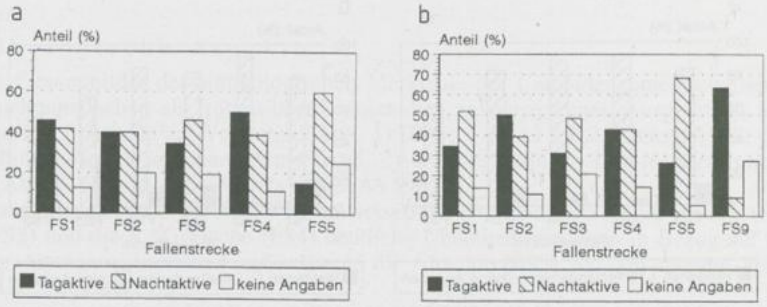

Abbildung 4. Relative Häufigkeiten tagaktiver und nachtaktiver Arten an der Gesamtartenzahl der Fangergebnisse auf den Untersuchungsflächen der Versuchshalde Waltrop (FS1 bis FS5) und auf der Halde Zollverein 1,2 (FS9).
a) Relative Häufigkeiten im Jahr 1991
b) Relative Häufigkeiten im Jahr 1992

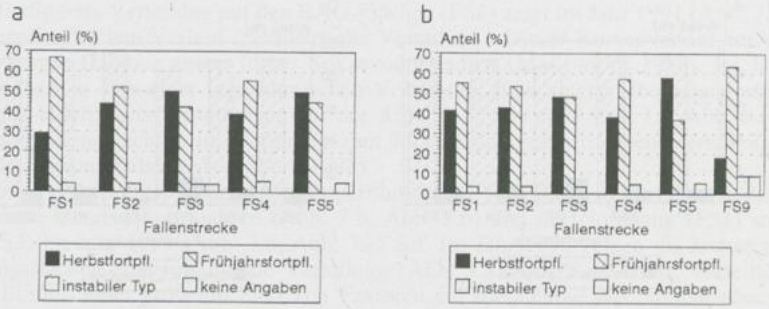

Abbildung 5. Relative Häufigkeiten der Arten verschiedenen Fortpflanzungstyps an der Gesamtartenzahl der Fangergebnisse auf den Untersuchungsflächen der Versuchshalde Waltrop (FS1 bis FS5) und auf der Halde Zollverein 1,2 (FS9).
a) Relative Häufigkeiten im Jahr 1991
b) Relative Häufigkeiten im Jahr 1992

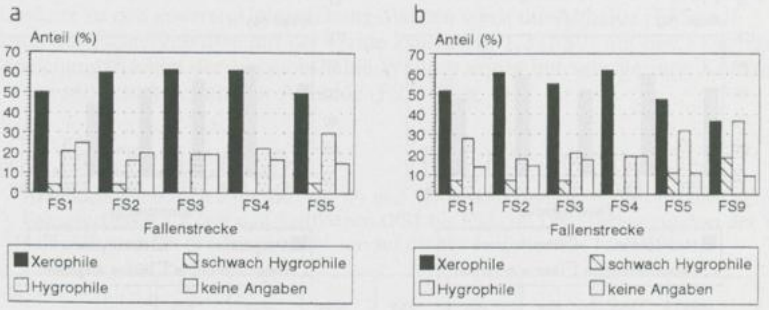

Abbildung 6. Relative Häufigkeiten der Arten verschiedener Feuchtigkeitspräferenz an der Gesamtartenzahl der Fangergebnisse auf den Untersuchungsflächen der Versuchshalde Waltrop (FS1 bis FS5) und auf der Halde Zollverein 1,2 (FS9).
a) Relative Häufigkeiten im Jahr 1991
b) Relative Häufigkeiten im Jahr 1992

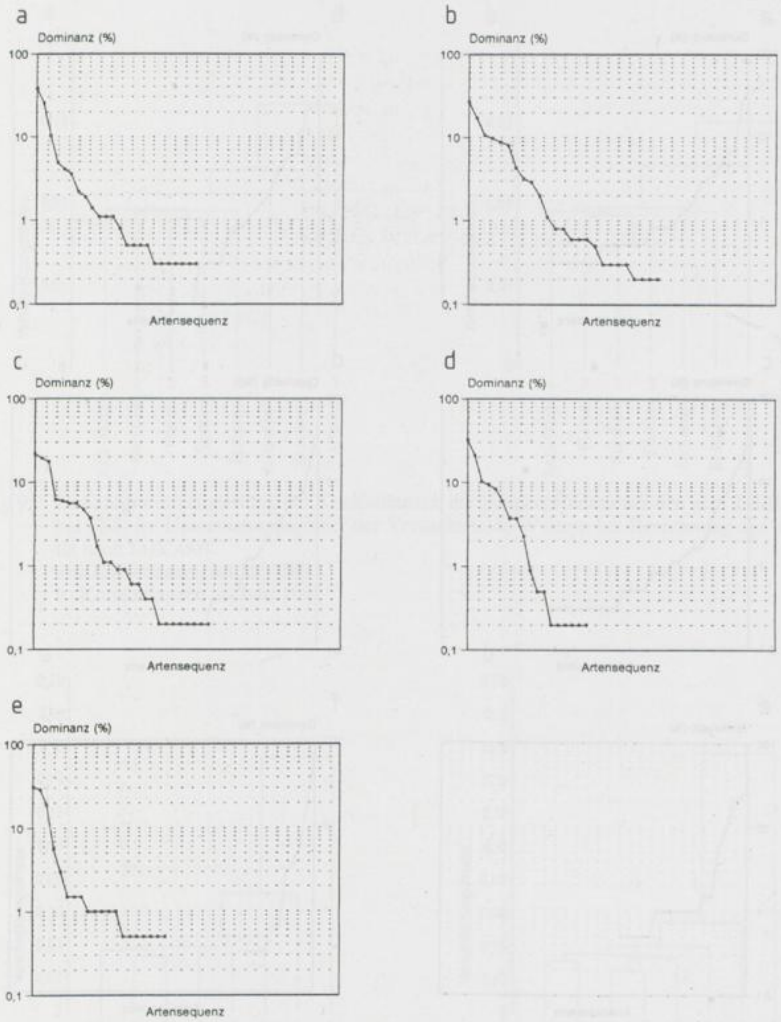

Abbildung 7. Rang-Häufigkeits-Diagramme der Fangergebnisse auf den Untersuchungsflächen der Versuchshalde Waltrop (FS1 bis FS5) im Jahr 1991.
a) Nordhang (FS1)
b) Plateau (FS2)
c) Südhang (FS3)
d) RAG-Fläche (FS4)
e) Althalde (FS5)

4.4 Sukzessionsaspekt

Eine Sukzession beinhaltet das nicht saisonale, gerichtete und kontinuierliche Muster von Besiedelung und Aussterben von Populationen an einer Lokalität (BEGON, HARPER & TOWNSEND 1991). Eine derartige Veränderung der Carabidenzönose auf einer der Untersuchungsflächen würde zur Folge haben, daß die Konkordanzen mit zunehmendem zeitlichen Abstand zwischen den Untersuchungsjahren abnehmen. In Abb. 11 und Abb. 12 sollte dann eine Abnahme der Konkordanzen von der Mitteldiagonalen der Matrix zu den Eckpunkten zu verzeichnen sein, da in Richtung der Eckpunkte der zeitliche Abstand zwischen den verglichenen Stichproben zunimmt. Bei Betrachtung der Artenidentität nach JACCARD zeigt sich eine derartige Beziehung für den Südhang (FS3) (Abb. 11.c), bei Betrachtung des WAINSTEIN-Index zeigt sich eine solche Beziehung auf allen drei Teilflächen (FS1, FS2, FS3) (Abb. 12.a, Abb. 12.b, Abb. 12.c).

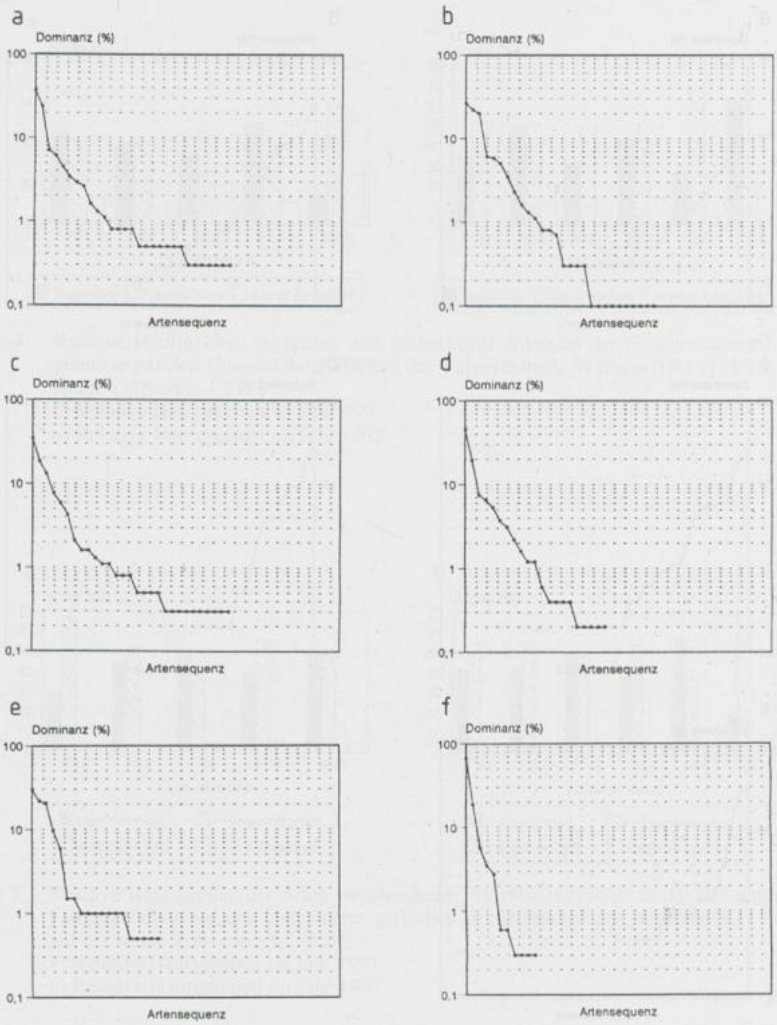

Abbildung 8. Rang-Häufigkeits-Diagramme der Fangergebnisse auf den Untersuchungsflächen der Versuchshalde Waltrop (FS1 bis FS5) und auf der Halde Zollverein 1,2 (FS9) im Jahr 1992.
a) Nordhang (FS1)
b) Plateau (FS2)
c) Südhang (FS3)
d) RAG-Fläche (FS4)
e) Althalde (FS5)
f) Zollverein 1,2 (FS9)

Die Entwicklung der relativen Häufigkeiten der auf den Untersuchungsflächen dominant (> 10 %) oder eudominant (> 32 %) (ENGELMANN 1978) auftretenden Arten zeigen Abb. 13 bis Abb. 15. Mit Ausnahme von *Poecilus versicolor* und *Amara bifrons*, welche als mesophil in Bezug auf den Faktor Feuchtigkeit einzustufen sind, handelt es sich ausschließlich um xerophile Arten (KOCH 1989).

Die Veränderungen in den Dominanzwerten auf den Flächen betreffen in erster Linie die xerophilen Arten. Im weiteren Verlauf der Entwicklung ist ein stärkerer Einfluß der Waldarten zu erwarten.

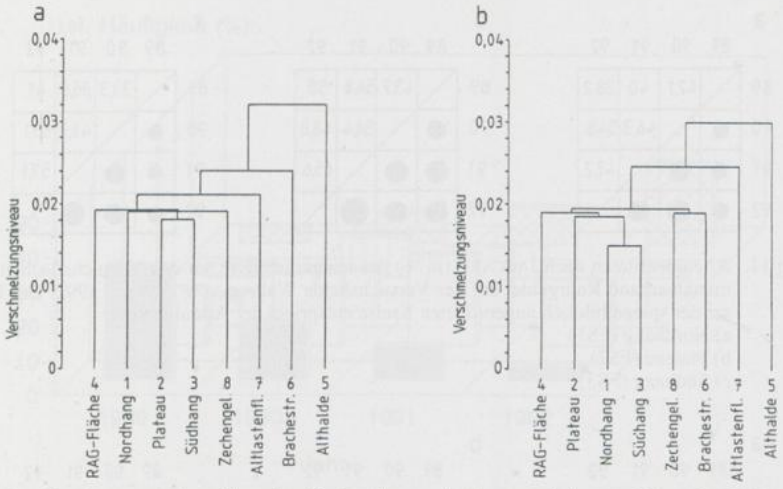

Abbildung 9. Dendrogrammdarstellung der Konkordanzen der Fangergebnisse auf den acht Teilflächen (FS1 bis FS8) im Untersuchungsgebiet der Versuchshalde Waltrop bei Berechnung der Artenidentität nach JACCARD.
a) Konkordanzen im Jahr 1991
b) Konkordanzen im Jahr 1992

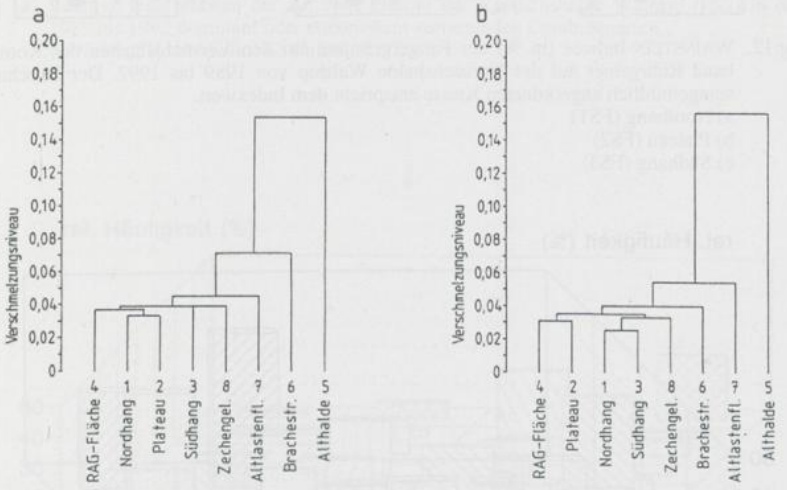

Abbildung 10. Dendrogrammdarstellung der Konkordanzen der Fangergebnisse auf den acht Teilflächen (FS1 bis FS8) im Untersuchungsgebiet der Versuchshalde Waltrop bei Berechnung des WAINSTEIN-Index.
a) Konkordanzen im Jahr 1991
b) Konkordanzen im Jahr 1992

5. Diskussion

Die konventionell mit Gehölzpflanzen bestockten Untersuchungsflächen, die Althalde (FS5) und die Halde Zollverein 1,2 (FS9), weisen auf deutliche Mängel dieser Begrünungsform hin. Obwohl sie schon seit längerer Zeit einer Sukzession unterworfen sind, spiegeln die Laufkäferzönosen noch immer das Bild früher Sukzessionsstadien wider (s. Kap. 4.1, Kap. 4.2). Zusätzlich zeichnen sich diese Flächen durch Artenarmut und Individuenarmut aus. Dies läßt auf Strukturarmut, mangelnde Heterogenität des Habitats und fehlende Nischenpositionen schließen (MAGURRAN 1988; BEGON, HARPER & TOWNSEND 1991). Hierfür ist in erster Linie der fehlende Unterwuchs unter den aufgestockten Gehölzen verantwortlich zu machen.

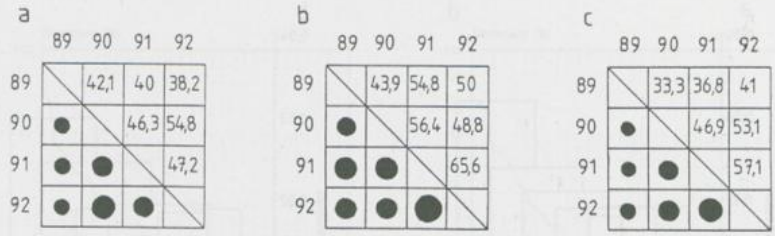

Abbildung 11. Artenidentitäten nach JACCARD (in %) der Fangergebnisse auf den Versuchsflächen des Kommunalverband Ruhrgebiet auf der Versuchshalde Waltrop von 1989 bis 1992. Der Durchmesser der spiegelbildlich angeordneten Kreise entspricht der Artenidentität.
a) Nordhang (FS1)
b) Plateau (FS2)
c) Südhang (FS3)

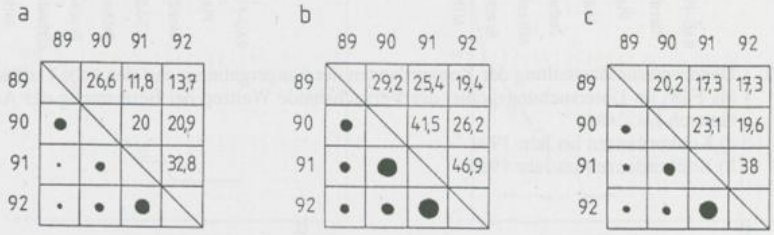

Abbildung 12. WAINSTEIN-Indices (in %) der Fangergebnisse auf den Versuchsflächen des Kommunalverband Ruhrgebiet auf der Versuchshalde Waltrop von 1989 bis 1992. Der Durchmesser der spiegelbildlich angeordneten Kreise entspricht dem Indexwert.
a) Nordhang (FS1)
b) Plateau (FS2)
c) Südhang (FS3)

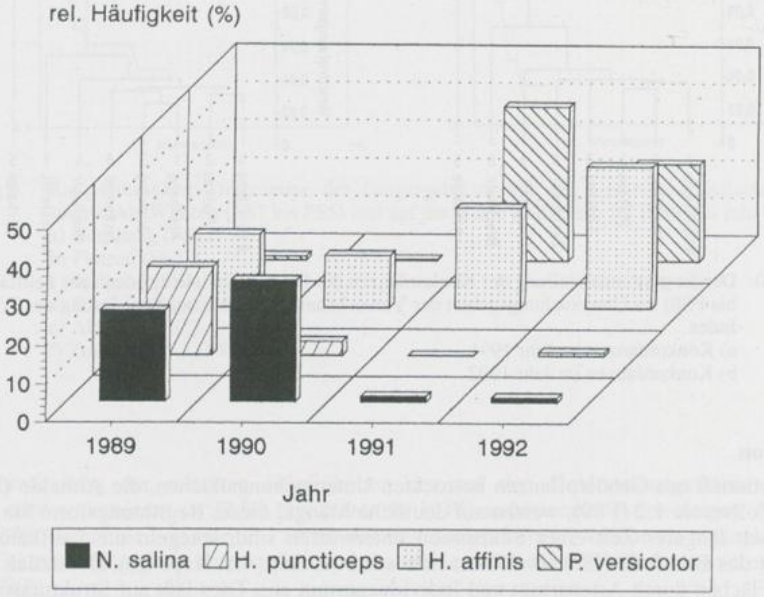

Abbildung 13. Relative Häufigkeiten der auf dem Nordhang der Versuchshalde Waltrop (FS1) in den Jahren 1989 bis 1992 dominant oder eudominant auftretenden Carabidenarten.
N, *Nebria*; H, *Harpalus*; P, *Poecilus*

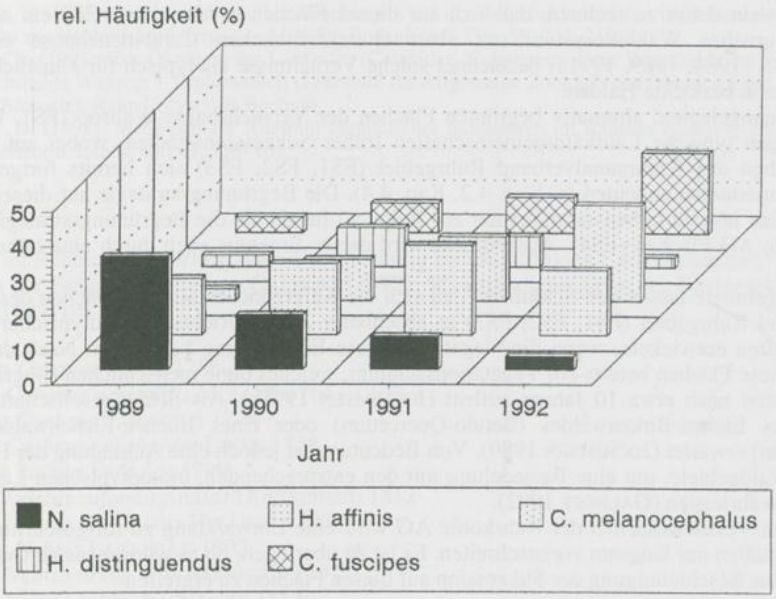

Abbildung 14. Relative Häufigkeiten der auf dem Plateau der Versuchshalde Waltrop (FS2) in den Jahren 1989 bis 1992 dominant oder eudominant auftretenden Carabidenarten.
N, *Nebria*; H, *Harpalus*; C, *Calathus*

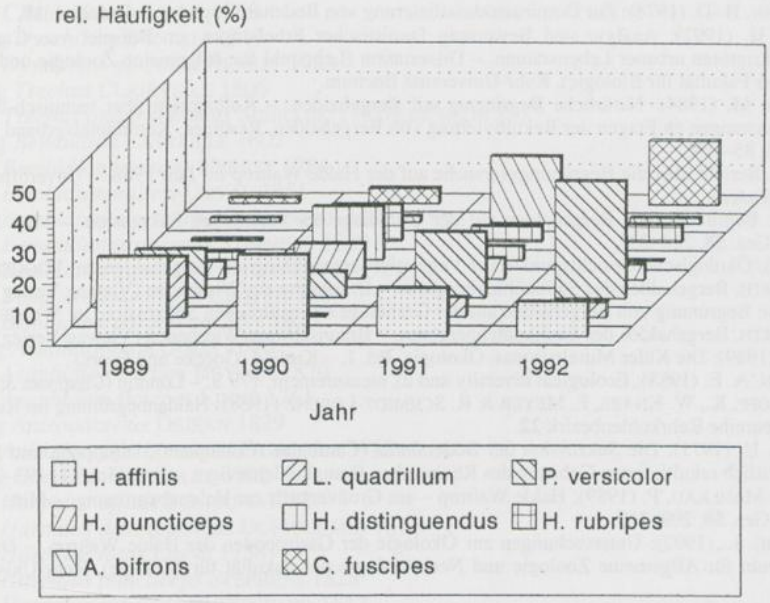

Abbildung 15. Relative Häufigkeiten der auf dem Südhang der Versuchshalde Waltrop (FS3) in den Jahren 1989 bis 1992 dominant oder eudominant auftretenden Carabidenarten.
H, *Harpalus*; L, *Lionychus*; P, *Poecilus*; A, *Amara*; C, *Calathus*

Es ist nicht damit zu rechnen, daß sich auf diesen Flächen in absehbarer Zeit ein natürliches oder naturnahes Waldökosystem mit einer charakteristischen Carabidenzönose entwickelt. JOCHIMSEN (1984, 1989, 1991a) bezeichnet solche Verhältnisse als typisch für künstlich mit Gehölzpflanzen bestockte Halden.

Die neuangelegten, alternativ begrünten Flächen der Versuchshalde Waltrop (FS1, FS2, FS3, FS4) zeigen typische Laufkäfergemeinschaften früher Sukzessionsstadien, wobei auf den Versuchsflächen des Kommunalverband Ruhrgebiet (FS1, FS2, FS3) sich bereits fortgeschrittene Sukzessionsstadien andeuten (s. Kap. 4.2, Kap. 4.4). Die Begrünungsstrategie auf diesen Flächen scheint eine höhere Lebensraumqualität zur Folge zu haben als die Begrünungsstrategie auf den Ruhrkohle AG-Flächen (FS4). Ausgedrückt wird dieses Ergebnis auch durch eine höhere Artenzahl.

Die Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß sich die Käferzönosen auf den Flächen des Kommunalverband Ruhrgebiet (FS1, FS2, FS3) in absehbarer Zeit in Richtung waldtypischer Artengemeinschaften entwickeln, wenn die Vegetation diese Entwicklung beschreibt. Nach drei Jahren zeigten diese Flächen bereits ein Vegetationsstadium, welches ohne menschlichen Eingriff normalerweise erst nach etwa 10 Jahren auftritt (JOCHIMSEN 1991b). Als Schlußgesellschaft wird der Typ eines Eichen-Birkenwaldes (Betulo-Quercetum) oder eines Buchen-Eichenwaldes (Fago-Quercetum) erwartet (JOCHIMSEN 1989). Von Bedeutung ist jedoch eine Anbindung der Flächen an andere Waldgebiete, um eine Besiedelung mit den entsprechenden, biotoptypischen Laufkäferarten zu gewährleisten (GALHOFF 1992).

Auf den Versuchsflächen der Ruhrkohle AG wird eine Entwicklung zu fortgeschrittenen Sukzessionsstadien nur langsam voranschreiten. Es ist zu überlegen, ob es wünschenswert wäre, Maßnahmen zur Beschleunigung der Sukzession auf diesen Flächen zu ergreifen.

6. Literatur

BARBER, H. S. (1931): Traps for cave inhabiting insects. – J. Mitchel. Soc. **46**, 259–266.

BEGON, M., J. L. HARPER & C. R. TOWNSEND (1991): Ökologie. Individuen, Populationen, Lebensgemeinschaften. 1024 S. – Basel (Birkhäuser).

CAMPINO, J. & J. ZENTGRAF (1991): Derzeitige Vorgehensweise bei der Begrünung von Bergehalden, in: WIGGERING, H. & M. KERTH, Bergehalden des Steinkohlenbergbaus. – Braunschweig/Wiesbaden (Vieweg Verlag).

DEICHSEL, G. & H. J. TRAMPISCH (1985): Clusteranalyse und Diskriminanzanalyse. 135 S. — Stuttgart (G. Fischer).

ENGELMANN, H.-D. (1978): Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden. – Pedobiol. **18**, 378–380.

GALHOFF, H. (1992): Analyse und Bewertung faunistischer Erhebungen am Beispiel von Carabiden als Biodeskriptoren urbaner Lebensräume. – Dissertation (Lehrstuhl für Allgemeine Zoologie und Neurobiologie der Fakultät für Biologie), Ruhr-Universität Bochum.

JOCHIMSEN, M. (1984): Natürliche Begrünung auf Bergehalden. – Kolloquium über technisch-ökologische Untersuchungen zu Fragen der Rekultivierung von Bergehalden. Resümee. Kommunalverband Ruhrgebiet (Essen), 85–109.

– (1988): Bericht über die Begrünungsversuche auf der Halde Waltrop im Jahr 1988. – Unveröffentl. Manuskript (Essen).

– (1989): Begrünung von Bergehalden auf der Grundlage der natürlichen Sukzession. – Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges. **58**, 226–232.

– (1991a): Ökologische Gesichtspunkte zur Vegetationsentwicklung auf Bergehalden, in: WIGGERING, H. & M. KERTH, Bergehalden des Steinkohlenbergbaus. – Braunschweig/Wiesbaden (Vieweg Verlag).

– (1991b): Begrünung von Bergehalden auf der Grundlage der natürlichen Sukzession, in: WIGGERING, H. & M. KERTH, Bergehalden des Steinkohlenbergbaus. – Braunschweig/Wiesbaden (Vieweg Verlag).

KOCH, K. (1989): Die Käfer Mitteleuropas. Ökologie, Bd. 1. – Krefeld (Goecke und Evers).

MAGURRAN, A. E. (1988): Ecological diversity and its measurement. 179 S. – London (Chapman & Hall).

MELLINGHOFF, K., W. KNABE, F. MEYER & R. SCHMIDT-LORENZ (1968): Haldenbegrünung im Ruhrgebiet. – Schriftenreihe Ruhrkohlenbezirk **22**.

NEUMANN, U. (1971): Die Sukzession der Bodenfauna (Carabidae (Coleoptera), Diplopoda und Isopoda) in den forstlich rekultivierten Gebieten des Rheinischen Braunkohlenreviers. – Pedobiol. **11**, 193–226.

NEUMANN-MAHLKAU, P. (1989): Halde Waltrop – ein Großversuch zur Haldenbegrünung. – Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges. **58**, 208–210.

OLDENBURG, L. (1992): Untersuchungen zur Ökologie der Gastropoden der Halde Waltrop. – Diplomarbeit (Lehrstuhl für Allgemeine Zoologie und Neurobiologie der Fakultät für Biologie), Ruhr-Universität Bochum.

RANTA, E. & S. ÅS (1982): Nonrandom colonisation of habitat islands by carabid beetles. – Ann. Zool. Fennici **19**, 175–181.

RIECKEN, U. (1992): Planungsbezogene Bioindikation durch Tierarten und Tiergruppen – Grundlagen und Anwendung. – Schr.-R. f. Landschaftspflege und Naturschutz, Heft **32**.

SCHNEIDER, S. (1989): Bodenkundliche Untersuchungen auf der Bergehalde Waltrop im Rahmen eines Großversuchs zur Haldenrekultivierung. – Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges. **58**, 211–218.

SCHULTE, Ch. (1991): Zur Ökologie der Laufkäfer (Carabidae, Coleoptera) einer Bergehalde am Beispiel der Versuchshalde Waltrop. – Diplomarbeit (Lehrstuhl für Allgemeine Zoologie und Neurobiologie der Fakultät für Biologie), Ruhr-Universität Bochum.

SPANG, W. D. (1992): Methoden zur Auswahl faunistischer Indikatoren im Rahmen raumrelevanter Planungen. – Natur u. Landschaft **67**, 158–161.

Anhang

Liste der im Rahmen der vorliegenden Untersuchung berücksichtigten Carabidenarten (*, zusätzliche Arten der Fangergebnisse von GALHOFF [1992]; **, zusätzliche Arten der Fangergebnisse von SCHULTE [1991]):

Gattung *Carabus* LINNE 1758
- *Carabus nemoralis* MÜLLER 1764

Gattung *Cychrus* FABRICIUS 1774
- *Cychrus caraboides* LINNE 1758

Gattung *Leistus* FRÖLICH 1799
- *Leistus rufomarginatus* DUFTSCHMID 1812
- *Leistus terminatus* HELLWIG 1793

Gattung *Nebria* LATREILLE 1802
- *Nebria brevicollis* FABRICIUS 1792
- *Nebria salina* FAIRMAIRE 1854

Gattung *Notiophilus* DUMERIL 1806
- *Notiophilus biguttatus* FABRICIUS 1779
- *Notiophilus palustris* DUFTSCHMIDT 1812
- *Notiophilus rufipes* CURTIS 1829
- *Notiophilus substriatus* WATERHOUSE 1833

Gattung *Loricera* LATREILLE 1802
- *Loricera pilicornis* FABRICIUS 1775

Gattung *Clivina* LATREILLE 1802
- *Clivina collaris* HERBST 1786
- *Clivina fossor* LINNE 1758

Gattung *Dyschirius* BONELLI 1813
- *Dyschirius globosus* HERBST 1783

Gattung *Trechus* CLAIRVILLE 1806
- *Trechus quadr./obtusus* SCHRANK 1781/ERICHSON 1837

Gattung *Bembidion* LATREILLE 1802
- *Bembidion lampros* HERBST 1784
- *Bembidion milleri* DUVAL 1851
- *Bembidion nigricorne* GYLLENHAL 1827 *, **
- *Bembidion properans* STEPHENS 1829 *
- *Bembidion quadrimaculatum* LINNE 1761
- *Bembidion stephensi* CROTCH 1866
- *Bembidion tetracolum* SAY 1823

Gattung *Asaphidion* DE GOZIS 1886
- *Asaphidion curtum* HEYDEN 1870
- *Asaphidion flavipes* LINNE 1761

Gattung *Anisodactylus* DEJEAN 1829
- *Anisodactylus binotatus* FABRICIUS 1787

Gattung *Harpalus* LATREILLE 1802
- *Harpalus affinis* SCHRANK 1781
- *Harpalus distinguendus* DUFTSCHMID 1812
- *Harpalus latus* LINNE 1758
- *Harpalus puncticeps* STEPHENS 1828
- *Harpalus rubripes* DUFTSCHMID 1812
- *Harpalus rufipes* DE GEER 1774
- *Harpalus smaragdinus* DUFTSCHMID 1812 *
- *Harpalus tardus* PANZER 1797

Gattung *Stenolophus* LATREILLE 1829
Stenolophus mixtus HERBST 1784–85
Stenolophus teutonus SCHRANK 1781 **
Gattung *Trichocellus* GANGLBAUER 1892
Trichocellus placidus GYLLENHAL 1827
Gattung *Bradycellus* ERICHSON 1837
Bradycellus caucasicus CHAUDOIR 1846 **
Bradycellus csikii LACZO 1912
Bradycellus harpalinus SERVILLE 1821
Bradycellus verbasci DUFTSCHMID 1812
Gattung *Acupalpus* LATREILLE 1829
Acupalpus meridianus LINNE 1767
Gattung *Poecilus* BONELLI 1809
Poecilus cupreus LINNE 1758
Poecilus versicolor STURM 1824
Gattung *Pterostichus* BONELLI 1810
Pterostichus melanarius ILLIGER 1798
Pterostichus niger SCHALLER 1783
Pterostichus oblongopunctatus FABRICIUS 1787
Pterostichus strenuus PANZER 1797
Pterostichus vernalis PANZER 1796
Gattung *Abax* BONELLI 1810
Abax parallelepipedus PILLER et MITTERPACHER 1783
Gattung *Synuchus* GYLLENHAL 1810
Synuchus nivalis ILLIGER 1798
Gattung *Calathus* BONELLI 1809
Calathus erratus SAHLBERG 1827
Calathus fuscipes GOEZE 1777
Calathus melanocephalus LINNE 1758
Calathus rotundicollis DEJEAN 1828
Gattung *Agonum* BONELLI 1809
Agonum mülleri HERBST 1785
Agonum sexpunctatum LINNE 1758
Gattung *Platynus* BONELLI 1810
Platynus dorsalis PONTOPPIDAN 1763
Gattung *Amara* BONELLI 1809
Amara aenea DE GEER 1774
Amara apricaria PAYCULL 1790
Amara aulica PANZER 1797
Amara bifrons GYLLENHAL 1810
Amara brunnea GYLLENHAL 1810
Amara communis PANZER 1797
Amara convexior STEPHENS 1828 **
Amara cursitans ZIMMERMANN 1831 **
Amara eyrinota PANZER 1797
Amara familiaris DUFTSCHMID 1812
Amara lunicollis SCHIÖDTE 1837
Amara nitida STURM 1825 *
Amara plebeja GYLLENHAL 1810
Amara praetermissa SAHLBERG 1827
Amara similata GYLLENHAL 1810
Amara spreta DEJEAN 1831
Gattung *Badister* CLAIRVILLE 1806
Badister lacertosus STURM 1815 **
Badister meridionalis PUEL 1925
Badister sodalis DUFTSCHMID 1812
Gattung *Panagaeus* LATREILLE 1804
Panagaeus bipustulatus FABRICIUS 1775

Gattung *Demetrias* BONELLI 1810
Demetrias atricapillus LINNE 1758
Gattung *Dromius* BONELLI 1809
Dromius melanocephalus DEJEAN 1825
Dromius spilotus ILLIGER 1798 **
Gattung *Syntomus* HOPE 1838
Syntomus foveatus FOURCROY 1785
Gattung *Lionychus* WISSMANN 1846
Lionychus quadrillum DUFTSCHMID 1812

Anschrift der Verfasser: Axel Schwerk & Michael Abs, Lehrstuhl für Allgemeine Zoologie und Neurobiologie, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum.