

## Zur Eignung von Käfern als Bioindikatoren in Wäldern \*

WOLFGANG KOLBE

Mit 10 Abbildungen und 1 Tabelle

### Abstract

The coleoptera populations of two forests were examined to what extent exhibit indications of actual alterations of the soil environment. Most of the highly toxic substances certainly have an indirect influence on the soil fauna. In this case Na-PCP was distributed in two concentrations on the soil surface.

Several examples of the Staphylinidae, Carabidae, Curculionidae and Scolytidae are recommended to be used as biological indicators although there are some deficiencies in our still limited knowledge of indicator organisms.

Within the coleoptera fauna there is certainly a difference within the influence of the biocid distributed which is caused by the fact, that there are species who live within the ground for the whole life and others who are in the soil only for one stage of their development. Finally there are several species in the soil just for hibernation.

### Einführung

Die Ökosystemforschung in mitteleuropäischen Wäldern hat in den letzten Jahrzehnten umfangreiche Informationen über die Entomofauna erbracht. Dies betrifft sowohl das Artenspektrum als auch aut-, dem- und synökologische Untersuchungen (ELLENBERG, MAYER & SCHAUERMANN 1986, FUNKE 1971). Dabei lieferten die Käfer aus der Bodenstreu bodensaurer Buchenwälder und Fichtenforsten im insgesamt stets ein hohes Artenpotential.

Daher ist es verständlich, daß auch Vertreter dieser Insektenordnung immer wieder auf ihre Eignung als Bioindikatoren geprüft werden. Dies gilt sowohl für den Bereich der Zeigerorganismen (Indikatoren im engeren Sinne; POSPISCHIL & THIELE 1979) als auch bei der Suche nach Monitorarten (ROTH 1986) und Testorganismen.

Zu den aufwendigen und oft schwer interpretierbaren Bereichen der Indikatorforschung gehören Freilanduntersuchungen in Wäldern, die zum Ziel haben, die Kontaminationswirkung ausgewählter Biozide zu prüfen, die auf die Bodenstreu in unterschiedlichen Dosen appliziert werden.

Die Methode des Erfassens der Arthropodenfaunen von Waldbiotopen mit Hilfe von Boden- und Baum-Photoelektoren nach FUNKE (1971) wurde ab 1978 auch im Staatswald Burgholz in Solingen in einem Luzulo-Fagetum (90- bis 100jährig) und einem Fichtenforst (42- bis 52jährig) durchgeführt. Sie erbrachte innerhalb eines Zeitraumes von 10 Jahren ein Artenspektrum von 787 Arthropoden, davon 602 im Buchen- und 518 im Fichtenbestand (Tab. 1). Dabei konnten die verschiedenen Taxa in unterschiedlich großem Umfang bearbeitet werden. Bislang noch ohne publizierte Ergebnisse sind die Acarina (Bearbeiter: Fouly), Hymenoptera (Bearbeiter: Mohr), Rhynchota, Psocoptera, Planipennia und Isopoda.

\* Kurzfassung von 2 Vorträgen, die am 28. 9. 1988 auf der Tagung der GfÖ in Essen und am 8. 10. 1988 auf der Tagung der Rheinischen Coleopterologen im Fuhrrott-Museum in Wuppertal gehalten wurden.

Taxon	Bearbeiter	Buche	Fichte	Gesamt
Araneida	Platen	79	53	87
Brachycera	Dorn	38	31	43
Coleoptera	Kolbe	308	287	422
Collembola	Schleuter, Kampmann, Ahrens	27	34	45
Dermaptera	Janke	1	1	1
Lepidoptera	Nippel	23	17	34
Myriopoda	Reinecke	15	9	17
Nematocera	Dorn, Caspers	75	57	97
Opilionida	Platen	4	4	7
Pseudoscorpionida	Janke, Kothen	1	1	1
Thysanoptera	Patzsch	31	24	33
Summe der Species		602	518	787

**Tab. 1:** Gesamtartenzahl der bis IV/88 determinierten Arthropoden aus dem Buchen- und Fichtenbestand des Staatswaldes Burgholz. Die Tiere wurden ab IV/78 mit Boden- und/oder Baum-Photoektoren erfaßt. Die Collembolen wurden zusätzlich mit Hilfe eines modifizierten MAC-FADYEN-Extraktors gefangen. Es fehlen noch folgende Taxa vollständig: Acarina (Bearbeiter: Fouly), Hymenoptera (Bearbeiter: Mohr), Rhynchota, Psocoptera, Planipennia und Isopoda.

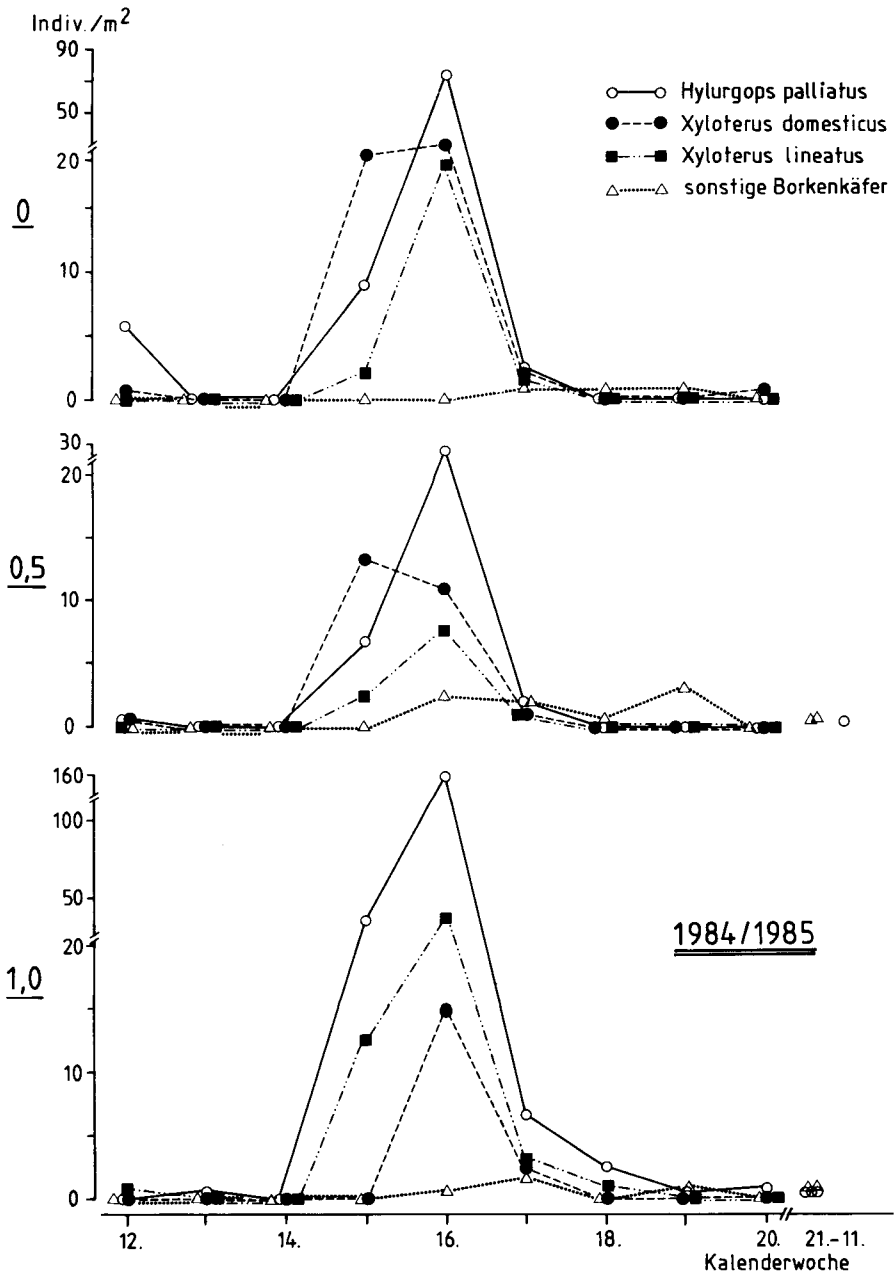
Innerhalb der Brachycera wurde nur eine Aufschlüsselung der Fänge in Familien und eine intensive Bearbeitung der Empididae durchgeführt. — Trotz der genannten Unvollständigkeiten kann davon ausgegangen werden, daß die Coleoptera den höchsten Artenanteil aus den Eklektorfängen liefern.

Bei der Bestimmung der Käferspecies haben die Herren Dr. K. KOCH (Neuss), J. VOGEL (Görlitz) und Dr. G. A. LOHSE Hilfestellung gegeben, für die auch an dieser Stelle herzlicher Dank ausgesprochen wird.

### Freilanduntersuchungen

In den Jahren 1983/84, 1984/85 und 1986/87 wurden die ökosystemaren Untersuchungen im Staatswald Burgholz durch ein ökotoxikologisches Projekt erweitert, um mit Hilfe des Biozids PCP Insektentaxa auf ihre Indikatoreignung zu prüfen. Es wurden neben den Kontrollen einmalige Dosen von 0,5 g und 1,0 g Na-PCP/l aqua demin. auf einer Grundfläche von 1 m<sup>2</sup> gleichmäßig verteilt, bevor die Boden-Photoektoren für den Zeitraum eines Jahres aufgestellt wurden. Dieses Teilprojekt wurde vom BMFT finanziert (KOLBE, DORN & SCHLEUTER 1984 & 1987).

Auch wenn mit Hilfe der Boden-Photoektoren von Waldböden ein hoher Prozentsatz der anwesenden Coleopteren erfaßt werden kann, muß dennoch davon ausgegangen werden, daß sowohl das Arten- als auch besonders das Abundanzspektrum dieser Insektenordnung nur ± unvollständig mit Hilfe dieses Fangautomatentyps ermittelt werden. Dabei ist nur ein Teil der gefangenen Käfer solchen Familien zuzuordnen, die überwiegend bodenbewohnend sind. In



**Abb. 1:** Nachweis der Borkenkäfer pro m<sup>2</sup> — verteilt auf die einzelnen Kalenderwochen — mit Hilfe von Boden-Photoelektoren im Fichtenforst des Staatswaldes Burgholz; Fangjahr 1984/85.

0 = Kontrolle, 0,5 = 0,5 g Na-PCP/m<sup>2</sup>, 1,0 = 1,0 g Na-PCP/m<sup>2</sup>.

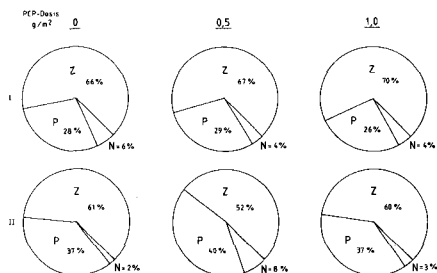
diesem Fall kann davon ausgegangen werden, daß alle Entwicklungsstadien im Boden oder auf der Bodenoberfläche anzutreffen sind. Zu dieser Gruppe gehören zahlreiche Carabiden und Stahyliniden. — Andere Käferarten durchlaufen jedoch nur als Larven ihre Jugendentwicklung im Boden, während die Imagines als Blatt- oder Nadelfresser auf den Baumkronen oder an der Krautschicht anzutreffen sind. Als Beispiel seien diverse Vertreter der Gattungen *Phyllobius*, *Polydrusus* und *Strophosoma* (Familie Curculionidae) genannt, deren Larven rhi-zophag sind. Die Käfer verlassen nach der Metamorphose die Bodenstreu und klettern an den Baumstämmen empor, um in die Kronen zu gelangen.

Schließlich sei noch eine Gruppe angeführt, die den Boden nur zur Überwinterung der Käfer nutzt. Hier können neben verschiedenen Coccinelliden einzelne Scolytiden als Beispiel genannt werden. Während ihrer aktiven Phasen sind die Larven und Imagines der Borkenkäfer in der Rinde oder im Holzteil der Bäume anzutreffen. Zu den Überwinterern in der Bodenstreu gehört *Xyloterus (Trypodendron) lineatus*, der Gestreifte Nutzholzborkenkäfer. Die 3 mm großen Käfer suchen ihr Winterquartier in der nächsten Umgebung des Brutplatzes auf (bis 30 m vom Brutbaum entfernt). Daher ist es also möglich, mit Hilfe der Boden-Photoektoren die im April schwärmenden Käfer abzufangen und den Umfang der zu erwartenden Beeinflussung des Bestandes abzuschätzen (Abb. 1). Ähnliche Gegebenheiten lassen sich auch aus den Eklektor-fängen bei *Hylurgops palliatus* und *Xyloterus domesticus* ableiten, obgleich sicher auch immer bestimmte Anteile der Imagines andernorts überwintern (Abb. 1).

Die Abb. 1 zeigt außerdem, daß bei PCP-Einfluß von 1,0 g/m<sup>2</sup> beispielsweise der Borkenkäfer *Hylurgops palliatus* in einem Fichtenbestand des Staatswaldes Burgholz gegenüber der Kontrolle und 0,5 g PCP/m<sup>2</sup> im Fangjahr 1984/85 die größte Fangzahl lieferte. Dieses Phänomen ist als verstärkter Austreibungseffekt zu verstehen, da nachweislich diverse Coleopteren-species durch subletale Dosen von PCP zu erhöhter Laufaktivität angeregt werden.

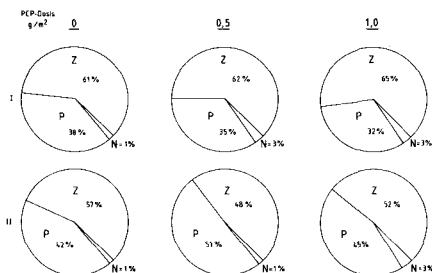
### Trophische Aspekte

Prüft man unter den ökotoxikologischen Gegebenheiten im Staatswald Burgholz die unterschiedlichen Anteile von Käferspecies am Gesamtfang aus trophischer Sicht, so zeigt sich, daß die Prädatoren generell überwiegen. In terrestrischen Ökosystemen haben die Prädatoren aufgrund ihrer Stellung im oberen Teil der Nahrungspyramide zwar eine geringere Siedlungsdichte als ihr Beutespektrum, andererseits ist jedoch der Artenanteil der zoophagen Arthropoden in Wäldern hoch. So können im Fichtenforst des Burgholz 61 bzw. 57% aller Coleopterenimagines aus den Kontrollektoren als Prädatoren eingeordnet werden, im Buchenbestand liefer-



**Abb. 2:** Nahrungsspektren der Käferarten (Imagines) im Buchenbestand; Fangjahre 1983/84 (I) und 1984/85 (II); Boden-Photoektaktor.

Z = zoophag, P = phytophag, N = nekrophag.



**Abb. 3:** Nahrungsspektren der Käferarten (Imagines) im Fichtenbestand; Fangjahre 1983/84 (I) und 1984/85 (II); Boden-Photoektaktor.

Z = zoophag, P = phytophag, N = nekrophag.

ten die beiden ersten Fangjahre 66 bzw. 61% zoophage Käfer. Der Phytophagenanteil liegt zwischen 28 und 42%. Der Prozentsatz der Nekrophagen erreicht nur ein bis wenige Prozent vom jeweiligen Gesamtfang. Vergleicht man die Kontrollwerte mit den Ergebnissen aus den kontaminierten Flächen des Buchen- und Fichtenbestandes, so sind verschiedene Trends angedeutet (Abb. 2 & 3).

### Staphylinidae

Unter den zoophagen Käfern sind die Staphyliniden mit einem besonders hohen Artenanteil vertreten. Immerhin konnten in 2 Fangjahren 125 Staphylinidenspecies mit Boden-Photoelektronen erfaßt werden (1983/84, 1984/85). Im Gegensatz dazu ist die Individuenzahl der einzelnen Arten meist auffallend niedrig; nur wenige Arten mit höheren Abundanzwerten sind zu nennen. Dies sind *Phloeocharis subtilissima*, *Oxytelus tetracariniatus*, *Philonthus decorus*, *Philonthus fuscipennis*, *Leptusa ruficollis*, *Amischa analis* und *Liogluta wüsthoffi* im Buchenbestand sowie *Mycetoporus brunneus*, *Geostiba circellaris*, *Atheta fungi*, *Alaunota egregia* und *Mniusa incrassata* im Fichtenforst. Bei einem Vergleich der Individuenzahlen unter dem Einfluß der PCP-Gaben zeigen sich unterschiedliche Trends innerhalb der verschiedenen Species. Im insgesamt ist allerdings eine Abnahme der Individuenzahlen in der Konzentration von 1,0 g Na-PCP/m<sup>2</sup> zu erkennen; dies gilt besonders für den Fichtenbestand (KOLBE 1987 & 1988). — Die Kontrollergebnisse der beiden Fangjahre zeigen teilweise von Art zu Art starke Fluktuationen.

Auch für einen Nichtentomologen ist es leicht, einen Staphyliniden an seinen stark verkürzten Elytren zu erkennen. Aber die Zuordnung eines Tieres zur jeweiligen Gattung oder Species ist im allgemeinen nur dem Spezialisten möglich — und die sind selten! Schon aus diesem Grunde sollte im Normalfall nicht der Versuch unternommen werden, im Rahmen der Auffindung von Bioindikatoren von einzelnen Staphylinidenspecies auszugehen. Möglicherweise könnten ggf. vom Aussehen her charakteristische, häufig auftretende Gattungen wie *Oxytelus* oder *Philonthus*, vielleicht aber auch die Gesamtheit der Familie im Rahmen von Freilanduntersuchungen als Indikatoren Verwendung finden.

### Carabidae

Die Familie der Laufkäfer, von denen der größte Artenanteil zoophag lebt, ist in den 3 Untersuchungsjahren im Burgholz mit 14 Species erfaßt worden. Das höchste Fangergebnis lieferte der als euryökes Waldtier bekannte *Pterostichus oblongopunctatus*. Trotz seiner Euryökie ist dieser Carabide m. E. sowohl als Monitorart als auch als Testorganismus geeignet.

*Pterostichus oblongopunctatus* hat neben seiner für Zoophage relativ hohen Repräsentanz in den Boden-Zoozönosen von Buchen- und Fichtenbeständen eine beachtliche bodenbiologische Bedeutung als Prädator (ELLENBERG, MAYER & SCHAUERMANN 1986).

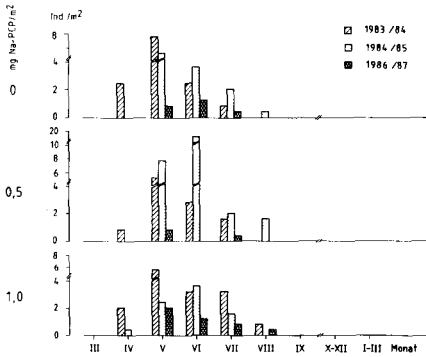
Anhand der Darminhaltsanalysen von Käfern aus dem Solling konnte KOEHLER (1977, 1984) nachweisen, daß diese Carabidenart nahezu alles frißt, was sie überwältigen kann: Collembolen, Spinnen, Staphyliniden, Dipterenlarven, Fliegen, Mücken und Curculioniden; hier sind es besonders *Phyllobius argentatus*, *Polydrusus undatus* und *Strophosoma melanogrammum*. Diese 3 Species werden in hohem Maße dann eine Beute von *Pterostichus*, wenn sie nach dem Schlüpfen aus der Puppenwiege in die obere Bodenstreu gelangen, um anschließend aufzubauen; dies trifft für *Polydrusus* im Mai, für *Phyllobius* im Juli und für die frisch geschlüpften Imagines von *Strophosoma* im September zu.

Die Laboratoriumszucht von *Pterostichus oblongopunctatus* ist schon 1968 von THIELE beschrieben worden. Ein Problem ist dabei die Neigung der Larven zum Kannibalismus, wodurch deren Einzelaufzucht erforderlich ist. Im Freiland fällt die Zeit der Larvenentwicklung dieser univoltinen Carabidenspecies in die Sommermonate. Die Käfer schlüpfen im Spätsommer, überwintern als Imagines und pflanzen sich im Frühling fort. THIELE (1968) konnte durch experimentelle Überwindung der Imaginaldiapause pro Jahr maximal 3 Generationen züchten.

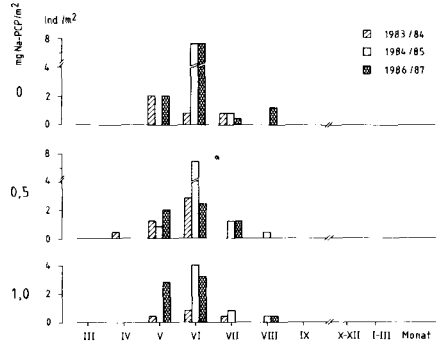
Untersuchungen über das Beutetierspektrum der Larven von *Pterostichus oblongopunctatus*, die von SCHELVIS & SIEPEL (1988) durchgeführt wurden, zeigen, daß kleine weichhäutige Wirbellose bevorzugt werden. Neben Käferlarven (besonders Elateriden und Carabiden) konnten auch Dipterenlarven, Springschwänze, Milben, Tausendfüßler und Oligochaeten als Nahrung für die Larven dieser Carabidenspecies nachgewiesen werden.

**Curculionidae**

Die Rüsselkäfer stellen unter den Phytophagen in Buchen- und Fichtenbeständen eine wichtige Käferfamilie. Die Abb. 4 bis 10 zeigen die am häufigsten ermittelten Curculioniden in den Untersuchungsbiotopen des Staatswaldes Burgholz und ihre Beeinflussung durch PCP. Dabei zeigen sich innerhalb der 3 Fangjahre pro Biotop keine einheitlichen Grundrichtungen. — Auffallend ist auch hier die hohe Fluktuationsrate einzelner Species bei einem Vergleich der Kontrollfänge. Damit bestätigt sich die Erfahrung der Experten, daß bei den einzelnen Arthropodenarten jedes Jahr von anderen Siedlungsdichten auszugehen ist, da nicht vorhersehbare endogene und exogene Einflüsse die Populationsentwicklung jeweils unterschiedlich beeinflussen.

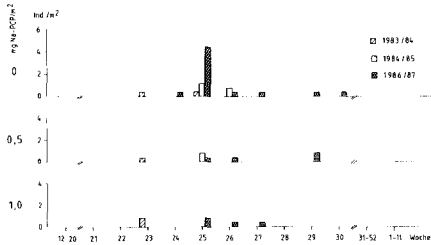


**Abb. 4:** Monatliche Aufteilung der mit Boden-Photoelektoren erfaßten *Barypeithes araneiformis* (Curculionidae) pro m<sup>2</sup> in einem **Buchenbestand** des Staatswaldes Burgholz in Solingen. Fangjahre 1983/84, 1984/85 und 1986/87. Pro Versuchsglied waren 5 Eklektoren à 0,5 m<sup>2</sup> im Einsatz.

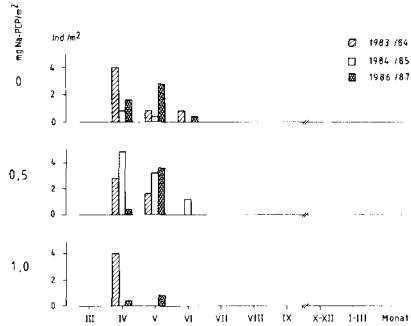


**Abb. 5:** Monatliche Aufteilung der mit Boden-Photoelektoren erfaßten *Barypeithes araneiformis* (Curculionidae) pro m<sup>2</sup> in einem **Fichtenforst** des Staatswaldes Burgholz in Solingen. Fangjahre 1983/84, 1984/85 und 1986/87. Pro Versuchsglied waren 5 Eklektoren à 0,5 m<sup>2</sup> im Einsatz.

Die Vertreter der hier vorgestellten Gattungen *Phyllobius*, *Polydrusus* und *Strophosoma* sind als Larven rhizophag und leben folglich in tieferen Bodenschichten. Nach der Metamorphose durchbrechen die Jungkäfer die Bodenoberfläche, um in die Kronenschicht der Buchen zu klettern. In dieser Phase sind sie im Normal-Ökosystem eine leichte Beute der Laufkäfer. Der zu erwartende Biozideinfluß auf die genannten 3 Rüsselkäfergattungen ist bei der im Burgholz angewandten Applikationsmethode von PCP mit Sicherheit niedriger als bei solchen Coleopteren-species, die sich vorwiegend auf oder nahe der Bodenoberfläche aufhalten (Carabiden, Staphyliniden u. a.).

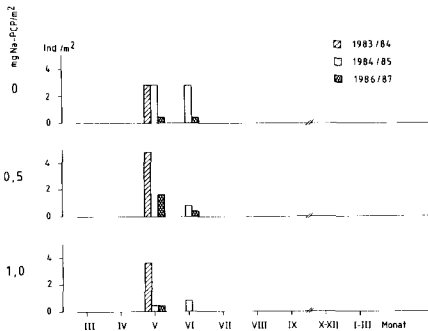


**Abb. 6:** Wöchentliche Aufteilung der mit Boden-Photoelektoren erfaßten *Polydrusus impar* (Curculionidae) pro m<sup>2</sup> in einem **Fichtenforst** des Staatswaldes Burgholz in Solingen. Fangjahre 1983/84, 1984/85 und 1986/87. Pro Versuchsglied waren 5 Eklektoren à 0,5 m<sup>2</sup> im Einsatz.

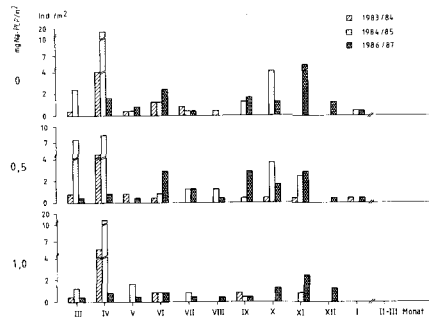


**Abb. 7:** Monatliche Aufteilung der mit Boden-Photoelektoren erfaßten *Polydrusus undatus* (Curculionidae) pro m<sup>2</sup> in einem **Buchenbestand** des Staatswaldes Burgholz in Solingen. Fangjahre 1983/84, 1984/85 und 1986/87. Pro Versuchsglied waren 5 Eklektoren à 0,5 m<sup>2</sup> im Einsatz.

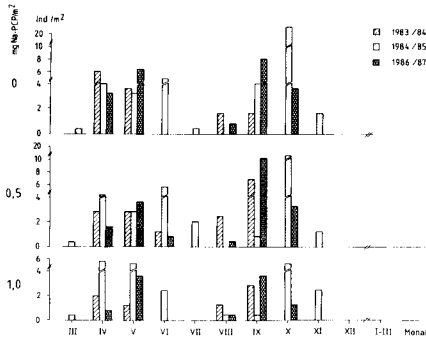
Von ROTH (1986) sind u. a. Imagines von *Strophosoma melanogrammum* aus Fichtenforsten eingesetzt worden, um Fragen der Akkumulation von Schwermetallen in Käfern zu prüfen. — Auch *Polydrusus undatus* ist neben *Strophosoma melanogrammum* u. a. wegen des hohen Individuenaufkommens vom April bis Juni im Buchenbestand als Monitorart zu empfehlen. Die Adulten von *Phyllobius argentatus* leben nur wenige Wochen und sind von daher weniger als Indikatoren geeignet.



**Abb. 8:** Monatliche Aufteilung der mit Boden-Photoelektoren erfaßten *Phyllobius argentatus* (Curculionidae) pro m<sup>2</sup> in einem **Buchenbestand** des Staatswaldes Burgholz in Solingen. Fangjahre 1983/84, 1984/85 und 1986/87. Pro Versuchsglied waren 5 Eklektoren à 0,5 m<sup>2</sup> im Einsatz.



**Abb. 9:** Monatliche Aufteilung der mit Boden-Photoelektoren erfaßten *Rhynchaenus fagi* (Curculionidae) pro m<sup>2</sup> in einem **Buchenbestand** des Staatswaldes Burgholz in Solingen. Fangjahre 1983/84, 1984/85 und 1986/87. Pro Versuchsglied waren 5 Eklektoren à 0,5 m<sup>2</sup> im Einsatz.



**Abb. 10:** Monatliche Aufteilung der mit Boden-Photoelektoren erfaßten *Strophosoma melanogramm* (Curculionidae) pro m<sup>2</sup> in einem **Buchenbestand** des Staatswaldes Burgholz in Solingen. Fangjahre 1983/84, 1984/85 und 1986/87. Pro Versuchsglied waren 5 Elektoren à 0,5 m<sup>2</sup> im Einsatz.

### Zusammenfassung

Es wäre ideal, wenn die Möglichkeit bestände, repräsentative Vertreter aller wichtigen Kompartimente der Waldökosysteme als Bioindikatoren zur Verfügung zu haben. Damit ergäbe sich eine optimale Ausgangsbasis für die Praxis der Umweltüberwachung.

Die Coleopteren stellen eine wichtige Arthropodengruppe im Gesamtinventar der Waldökosysteme. Ihre Prüfung für den Einsatz als Bioindikatoren erbringt differenzierte Grundlagen zur Eignung einzelner Species, Gattungen oder ggf. Familien. Der Einsatz von Boden-Photoelektoren liefert für diverse Coleopteren-species verwertbare Ansätze ihrer Nutzung als Indikatoren. Die im Staatswald Burgholz durchgeführte Prüfung von PCP im Freilandexperiment zeigt darüber hinaus, daß Kenntnisse zur Aut-, Dem- und Synökologie notwendig sind, um potentielle Indikatorarten zu ermitteln.

Die Freilandversuche im Staatswald Burgholz lieferten aus der Sicht der angewandten Methode und des eingesetzten Biozids unterschiedliche Resultate bei den verschiedenen Coleopteren-species. Dabei muß davon ausgegangen werden, daß die Intensität der Einwirkung von PCP u. a. vom Auftreten der Tiere auf der Bodenoberfläche, in der Bodenstreu oder aber im anstehenden Boden selbst abhängig ist. Auch entziehen sich zahlreiche Arten der kontinuierlichen Kontaminationseinwirkung durch das nur vorübergehende Aufsuchen des Bodens etwa zur Überwinterung der Imagines oder für die Larvalentwicklung. Es ist ferner zu erwarten, daß die im Burgholz praktizierte Methode der Applikation von PCP auf die Bodenoberfläche — bedingt durch die unterschiedlichen Gegebenheiten bei der Laub- und Nadelstreu in den beiden Untersuchungsbiotopen — vor allem im Buchenbestand kein gleichmäßiges Eindringen des Biozids in den Boden bewirkt. Folglich ist gerade auch hier das Auffinden biozidfreier Refugien durch kleine Käfer zu vermuten (vgl. FUNKE 1987).

Am Beispiel ausgewählter Vertreter der Scolytiden, Staphyliniden, Carabiden und Curculioniden werden diese auf ihre Indikatoreignung geprüft und unter Einbeziehung ökologischer Parameter diskutiert. Es sei abschließend angemerkt, daß mit Hilfe von Boden-Photoelektoren ein breites Artenspektrum an Käfern erfaßt werden kann; davon ist nur ein begrenzter Teil zur Indikation von Waldschäden geeignet.



## Literatur

- ELLENBERG, H., MAYER, R. & SCHAUERMANN, J. (1986): Ökosystemforschung — Ergebnisse des Sollingprojets: 1966—1986. — Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- FUNKE, W. (1971): Food and energy turnover of leaf-eating insects and their influence on primary production. — *Ecol. Studies* **2**, 81—93.
- (1986): Indikation von Waldschäden durch Bodentiere. — IMA — Querschnittsseminar zur Waldschädenforschung „Bioindikation“. Umweltbundesamt, 46—55; Berlin.
- (1987): Wirbellose Tiere als Bioindikatoren in Wäldern. — VDI Berichte Nr. 609, 133—176.
- KOEHLER, H. (1977): Nahrungsspektrum und Nahrungskonnex von *Pterostichus oblongopunctatus* (F.) und *Pterostichus metallicus* (F.), (Coleoptera, Carabidae). — *Verh. Ges. Ökol. Göttingen* 1976: 103—111.
- (1984): Zum Nahrungsspektrum und Nahrungsumsatz von *Pterostichus oblongopunctatus* (F.) und *Pterostichus metallicus* (F.) (Coleopt., Carabidae) im „Ökosystem“ Buchenwald. — *Pedobiologia* **27**, 171—183.
- KOLBE, W. (1987): Die Staphyliniden (Coleoptera) der Bodenstreu im Rotbuchen- und Fichtenforst — ökotoxikologische Aspekte. — *Jber. naturwiss. Ver. Wuppertal* **40**, 69—76; Wuppertal.
- (1988): Die Staphyliniden (Coleoptera) der Waldböden und ihre Beeinflussung durch NACP. — *Jber. naturwiss. Ver. Wuppertal* **41**, 64—69; Wuppertal.
- (1988): Ökotoxikologische Aspekte — aufgezeigt am Beispiel der Coleopteren-Fauna von Waldböden. — *Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent.* **6**, 458—463; Gießen.
- KOLBE, W., DORN, K. & SCHLEUTER, M. (1984): Prüfung ausgewählter Insektentaxa aus 2 Forstbiotopen auf ihre Indikatoreignung — ein neuer Aspekt des Burgholz-Projektes. — *Jber. naturwiss. Ver. Wuppertal* **37**, 91—103; Wuppertal.
- , — & — (1988): Prüfung ausgewählter Insektentaxa aus 2 Forstbiotopen auf ihre Indikatoreignung. — In: SCHEELE, B., & VERFONDERN, M. (Hrsg.): Auffindung von Indikatoren zur prospektiven Bewertung der Belastbarkeit von Ökosystemen **9**; Endberichte der geförderten Vorhaben, Teil 1. Jül-Spez — 439: 369—547; Jülich.
- POSPISCHIL, R., & THIELE, H.-U. (1979): Bodenbewohnende Käfer als Bioindikatoren für menschliche Eingriffe in den Wasserhaushalt eines Waldes. — *Verh. Ges. Ökol. Münster* 1978: 453—463.
- ROTH, M. (1986): Die Coleopteren im Ökosystem „Fichtenforst“ — II. Chemisch-analytische Untersuchungen. — *Zool. Beitr. N. F.* **29**, 307—348.
- SCHELVIS, J. & SIEPEL, H. (1988): Larval Food Spectra of *Pterostichus oblongopunctatus* and *P. rhaeticus* in the Field (Coleoptera: Carabidae). — *Entomol. Gener.* **13**, 61—66; Stuttgart.
- THIELE, H.-U. (1968): Zur Methode der Laboratoriumszucht von Carabiden. — *Decheniana* **120**, 335—341; Bonn.

## Anschrift des Verfassers:

Dr. WOLFGANG KOLBE, Fuhrrott-Museum, Auer Schulstr. 20, D-5600 Wuppertal 1

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahresberichte des Naturwissenschaftlichen Vereins Wuppertal](#)

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: [42](#)

Autor(en)/Author(s): Kolbe Wolfgang

Artikel/Article: [Zur Eignung von Käfern als Bioindikatoren in Wäldern 77-86](#)