

Bestandesaufnahme der Laufkäferfauna in den Waldgesellschaften des Nationalparkes Thayatal (Niederösterreich)

Wolfgang Waitzbauer, Andreas Vidic, Wolfgang Prunner

Zusammenfassung

Laufkäfer werden aufgrund ihrer hervorragenden Eignung als Bioindikatoren häufig zur ökologischen Charakterisierung ihrer Lebensräume herangezogen, wie das auch für die vorliegende entomologische Untersuchung von 8 unterschiedlichen Waldgesellschaften im Nationalpark Thayatal zutrifft. Auf insgesamt 18 Untersuchungsflächen wurden in den Jahren 2005 und 2006 mit Nachträgen bis 2009 insgesamt 45 Carabidenarten – vorwiegend mittels Barberfallen – aufgesammelt und den jeweiligen Waldgesellschaften zugeordnet. Die weitere Aufschlüsselung der Beziehung zum Lebensraum erfolgte durch Auswertung verschiedener ökologischer Parameter. Die Artenzahlen der einzelnen Aufsammlungsflächen wechselten zwischen 2 und 21. Die artenärmste Waldgesellschaft ist der trockene Kirchenwald, die höchste Biodiversität weist der Auwaldökoton entlang des Thayaufers auf. Die häufigste Art ist *Abax parallelelpedus*, die fast $\frac{3}{4}$ der untersuchten Waldgesellschaften besiedelt und dabei Dominanzen über 88 % erreicht, gefolgt von *Abax ovalis*, *Molops piceus*, *Notiophilus rufipes* und *Pterostichus burmeisteri*. Alle sind typische Indikatorarten alter Wälder. Bemerkenswert ist das auf wenige Standorte limitierte Auftreten von *Aptinus bombardae*, einer stenöken thermophilen südosteuropäischen Art, deren Dominanz lokal fast 100 % erreicht. Bemerkenswert sind *Carabus irregularis*, eine ausgesprochene Charakterart feuchter Naturwälder, sowie als weitere silvicole Arten *Carabus auronitens* und *Cychrus caraboides*. Die abschließende Auswertung der Daten mittels einer hierarchischen Cluster-Analyse auf der Basis von Präsenz-Absenz-Daten trennt die vier besonders dynamischen bach- und flusssnahen Waldgesellschaften mit hohem Störungseinfluss, jedoch einer reichen Carabidenfauna bis zu 21 Arten, von den übrigen ab, welche durch Stabilität gekennzeichnet sind, eine typische, oft populationsstarke „Langzeitfauna“, aufweisen, jedoch deutlich artenärmer ist.

Abstract

Carabid assemblages (Coleoptera) of various forest communities in the Thayatal National Park (Lower Austria)

Carabid beetles, known for their high bio-indication value, were investigated by using pitfall traps during March until October 2005 and in an additional investigation during 2006 in eight different forest types on 18 sampling sites of the Thayatal National Park. Their immediate reaction to disturbances and their well known ecological preferences make them generally suitable objects for ecological studies. Eighteen sites displaying various geology and forest communities were investigated. In total 45 carabid species were identified, of which the number of species varied between the sites from 2 to 21. Each sampling site was characterised by analysing different ecological valences. The most dominant species was *Abax parallelepipedus* on 13 sites, followed by *Abax ovalis* and *Molops piceus* on 8 sites, and *Aptinus bombardarda*, *Notiophilus rufipes* and *Pterostichus burmeisteri* each prevailing on 7 sites. They all are typical for natural old wood habitats. *Aptinus bombardarda*, which is a ste-noecic index species of old forest systems of Southeastern Middle Europe was limited to basswood forests and oak-hornbeam forest where it adopted eudominant position of nearly up to 100%. Most important indicator species for natural wood habitats are also *Carabus irregularis*, *C. auronitens* and *Cychrus caraboides*. With up to 21 species, floodplain forests – even as small ecotones – proved that such dynamic habitats provide best conditions for high diversity. As statistical measurements of diversity the Shannon Index and Evenness have been calculated. To point out similarity, a hierarchical cluster analysis using presence/absence data was applied. It displayed one cluster consisting of four sites, which represent the most dynamic habitat types like alluvial forests and water meadows. These four sites showed highest similarity within all compared aspects as well. As a final result it was once proven that next to the habitat type the grade of disturbance may be an important driving force for the structure of carabid assemblages.

Keywords: Carabids, ground beetles, bioindicators, pitfall traps, arthropod forest communities, biodiversity, Thayatal National Park

Einleitung

Der Nationalpark Thayatal zeichnet sich durch eine große Vielfalt unterschiedlichster Lebensräume auf engstem Raum aus. 93,77% des 1330 ha umfassenden österreichischen Nationalpark-Anteiles des grenzübergreifenden Nationalparkes sind bewaldet.

Bedingt durch die Lage an der Grenze zwischen atlantischem und pannonischem Klima, wie auch durch seine von der Thaya geprägte besondere Geländestruktur, treten hier auf relativ kleiner Fläche viele verschiedene Waldgesellschaften unterschiedlicher, standortbedingter Typen in enger Verzahnung auf.

Im Rahmen eines zweijährigen Projektes wurde die Carabidenfauna 18 repräsentativer Standorte in insgesamt 8 Waldgesellschaften zwischen 2005 und 2006 faunistisch bearbeitet und zwischen 2007 und 2009 durch gelegentliche Aufsammlungen ergänzt. Phytozönologisch wurden die Wälder bereits sehr ausführlich durch WRBKA (2006) charakterisiert, die vorliegenden zoologischen Erhebungen orientieren sich räumlich danach. Kleinflächig wechselnde Exposition, geologischer Untergrund, verschiedene Bodentypen und ihr pH-Wert, das Zusammentreffen des pannonischen und mitteleuropäischen Klimas und andere Faktoren wirken sich zwar stark modifizierend auf die Vegetationszusammensetzung aus, sind aber üblicherweise keine Kriterien für die Ausbildung einer speziellen Laufkäferfauna. Diese lässt sich – wenn überhaupt – nur großflächigen Waldgesellschaften zuordnen, wobei die steuernden Faktoren vorrangig durch Feuchtigkeit, Hangneigung und Raumwiderstand definiert sind.

Laufkäfer dienen in vielen Studien als ideale Modellorganismen für verschiedenste ökologische Untersuchungen, da viele Arten dank umfassender Kenntnis ihrer Biologie und ökologischen Ansprüche an den Lebensraum gut untersucht sind (MÜLLER-MOTZFELD 1989, MARGGI 1992, BUTTERFIELD et al. 1995, NIEMELÄ et al. 2006). Ihre überwiegend zoophage Ernährungsweise stellt sie als Räuber an die Spitze der Nahrungspyramide der epigäischen Kleintierfauna. Sie zeigen Zusammenhänge mit Umweltfaktoren, wie Bodentyp, -feuchte und Vegetationsart an und gelten als gute Indikatoren für Umweltveränderungen (THIELE 1977, ASSMANN 1996). Die meisten Arten zeichnen sich zudem durch hohe Mobilität aus und reagieren wesentlich rascher auf Veränderungen ihres Lebensraumes als die Vegetation (BUCK et al. 1992, TRAUTNER & ASSMANN 1998). Laufkäfer gelten somit als wichtige Indikatoren für vergleichende synökologische Studien, da ihr Artenreichtum, ihre hohe Aktivitätsdichte, sowie eine geeignete Aufsammlungstechnik gute und verlässliche Ergebnisse ermöglichen, wodurch sie sich auch zur Charakterisierung und Klassifizierung der Naturnähe bestimmter Waldgesellschaften sehr gut eignen. Die vorliegenden Befunde über deren ökologische Wertigkeit sind aus faunistischer Sicht von wesentlicher Bedeutung, da die bewaldeten Gebiete des Nationalparkes noch vor einigen Jahrzehnten einer z.T. intensiven Bewirtschaftung ausgesetzt waren. Zugleich leistet das Ergebnis der durchgeführten Untersuchungen einen Beitrag zur Erfassung der faunistischen Diversität des Nationalparkes.

Material und Methode

Die Untersuchungen mittels Barberfallen erfolgten hauptsächlich zwischen dem 21.4. und 24.10.2005 an jeweils 13 Terminen in 14-tägigem Intervall. Zum Fang wurden herkömmliche Joghurtbecher (250 ml) mit einem Durchmesser von 6,6 cm in den Boden eingegraben und zu zwei Drittel mit einer 50 %igen Ethylenglykol-Mischung befüllt. Ein Tropfen Flüssigseife diente zur Reduzierung der Oberflächenspannung. Zum Schutz gegen Regen und Verschmutzung wurden über der Fallenöffnung Metalldeckel in einer Höhe von ca. 3–4 cm installiert. Intensiv beprobt wurden 12 Standorte: Maxplateau (3-6), Hohe Sulz (7), Einsiedler (8), Untere Bärenmühle (9), Granitzsteig (10), Umlaufberg (11-12), Thaya- und Kajabach-Au (14-15).

Von Mitte Mai bis Ende Oktober 2005 wurden zusätzlich drei „Dauerstandorte“ besammelt, deren Ergebnisse nur zur Erweiterung der Artenliste dienten. Hier wurden Joghurtbecher (500 ml) mit einem Öffnungsdurchmesser von 8,5 cm mit einem Ethylenglykol-Formaldehydgemisch befüllt und alle 4 bis 6 Wochen kontrolliert. Standorte: Turmfelsen (1), Birkenwald am Fuß des Umlaufberges (13), Kirchenwald-Blockfeld (16).

Für ergänzende Informationen über die Carabiden von Waldgesellschaften wurden vom 21. 5. bis 28. 10. 2006 drei weitere „Dauerstandorte“ beprobt und in 2-wöchigen Intervallen geleert. Diese Aufsammlungsergebnisse wurden gleichfalls für die weitere Datenauswertung verwendet. Standorte: Langer Grund, Erlen-Bruchwald (2), Kirchenwald 1 (17), Kirchenwald 2 (18).

Zwischen 2007–2009 erfolgten weitere unspezifische Aufsammlungen.

An den zwölf regulären Standorten wurden die Temperaturverhältnisse während der Untersuchungsperiode mittels Minimum-Maximum Thermometer ermittelt. Diese wurden beschattet auf der Bodenoberfläche ausgelegt um möglichst unverfälschte Daten des standörtlichen Mikroklimas zu messen.

Nach Entleerung und Neubefüllung der Fallen wurden sämtliche Laufkäfer aussortiert, im 75%igen Alkohol konserviert und im Anschluss nach HÜRKA (1996) und MÜLLER-MOTZFELD (2004) bis zur Art bestimmt.

Für die nachfolgende Auswertung der Ergebnisse wurden die Carabidengesellschaften der einzelnen Standorte hinsichtlich verschiedener Parameter, wie dem Forstindikator (forest specialisation value F_i), der flugdynamischen Typen, Dominanzverhältnisse und ökologischen Valenzen charakterisiert.

Einen Überblick über die untersuchten Waldflächen zeigt Abb. 1, eine umfassenden Beschreibung aller Standorte Tab. 1.

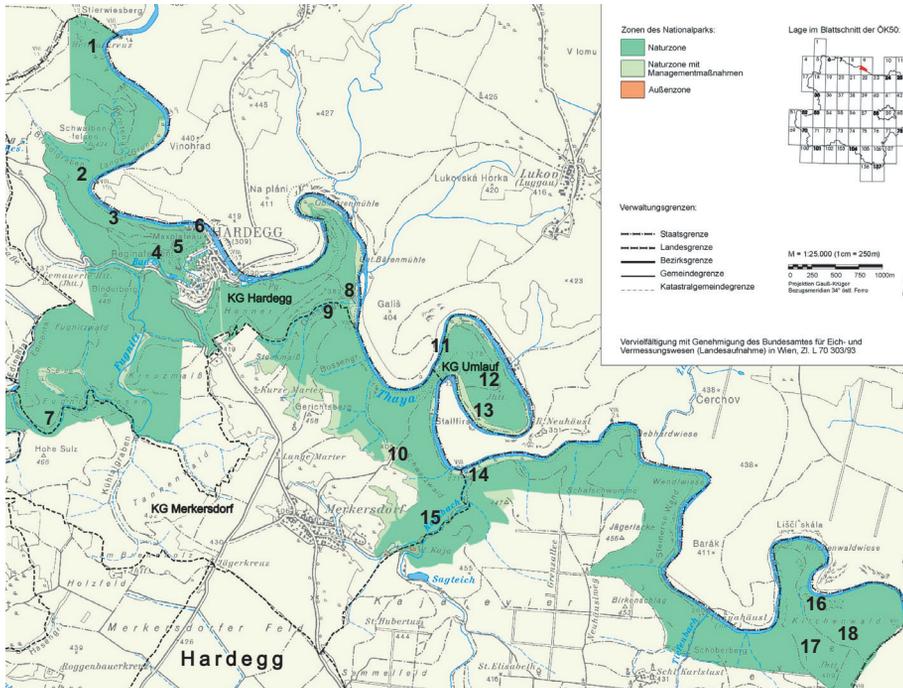


Abb. 1: Übersicht der untersuchten Standorte: 1 Turmfelsen, 2 Langer Grund, Erlen-Bruchwald, 3 Maxplateau, Profil, 4 Maxplateau 1, 5 Maxplateau 2, 6 Maxplateau 3, 7 Hohe Sulz, 8 Einsiedler, 9 untere Bärenmühle, 10 Granitzsteig, 11 Umlaufberg, Kuppe, 12 Umlaufberg, Birkenwald, 13 Umlaufberg, Profil, 14 Thaya-Au, 15 Kajabach-Au, 16 Kirchenwald, Blockhalde, 17 Kirchenwald 1, 18 Kirchenwald 2

Ergebnisse

Mikroklima

Wie die Temperatur-Messungen auf den verschiedenen Untersuchungsflächen zeigen, weist das bodennahe Mikroklima in vielen der untersuchten Waldgesellschaften einen jahreszeitlich ähnlichen Verlauf auf. Eindeutig wärmebegünstigt ist das Max-Plateau mit einer Höchsttemperatur Ende Juli 2005 von 24°C, die größten Schwankungen weist die windexponierte Untersuchungsfläche auf der Kuppe des Umlaufberges auf (Höchsttemperatur Ende Juni 2005 9°C, Ende Juli 21°C). Wie zu erwarten, liegen die Temperatur-Mittelwerte am Ufer der Thaya und in der schattigen, feucht-kühlen Bachschlucht des Kaja-Baches auf einem ähnlichen, niedrigeren Temperaturniveau (Höchsttemperatur Ende Juli 2005 16°C). Hier wurde Ende Oktober auch die tiefste Temperatur mit 5°C erreicht.

Tab. 1: Übersicht der verschiedenen Parameter an den untersuchten Standorten (siehe Abb. 1). Die phytözologische Charakterisierung der Waldgesellschaften erfolgte durch WRBKA (2006).

Standort	Waldgesellschaft	Geologie	Exposition	Inklination	GPS-Daten
1	Galio odorati-Fagetum	Bittescher Gneis		10° - 35°	48° 52' 26,8" 15° 50' 33,2"
2	Stellario nemorum-Alnetum	deluviale Ablagerungen in Kristallinnähe			48° 51' 46,2" 15° 50' 35,5"
3	Galio odorati-Fagetum	Bittescher Gneis	NO	25° - 60°	48° 51' 32,7" 15° 50' 22,6"
4	Galio sylvatici-Carpinetum typicum	Bittescher Gneis			48° 51' 29,3" 15° 50' 21,7"
5	Galio odorati-Fagetum	Kalksilikatgneis			48° 51' 23,5" 15° 50' 39,7"
6	Sorbo torminalis-Quercetum	Bittescher Gneis			48° 51' 19,3" 15° 51' 09,3"
7	Galio odorati-Fagetum	Kalksilikatgneis	N	20° - 30°	48° 50' 14,0" 15° 50' 14,0"
8	Galio sylvatici-Carpinetum typicum	Zweiglimmerschiefer	NW	0° - 10°	48° 51' 12,3" 15° 52' 30,2"
9	Galio sylvatici-Carpinetum	Zweiglimmerschiefer			48° 51' 01,9" 15° 52' 40,2"
10	Galio sylvatici-Carpinetum	Weitersfelder Stängelgneis		35° - 50°	48° 50' 27,0" 15° 53' 20,4"
11	Sorbo torminalis-Quercetum	Weitersfelder Stängelgneis	NW	25° - 55°	48° 50' 36,4" 15° 53' 32,8"
12	Sorbo torminalis-Quercetum	deluviale Ablagerungen	NO	0° - 15°	48° 50' 37,0" 15° 54' 03,0"
13	Galio sylvatici-Carpinetum	deluviale Ablagerungen Quarzit	SW	20° - 30°	48° 50' 36,3" 15° 50' 40,3"
14	Sorbo torminalis-Quercetum Stellario-Alnetum glutinosae	fluviatile und deluvio- fluviatile Ablagerungen			48° 50' 03,3" 15° 53' 43,5"
15	Aceri-Tilietum festucetosum altissimae	Zweiglimmerschiefer			48° 49' 44,5" 15° 53' 31,2"
16	Keine Bewaldung	pleistozäne – holozäne kristalline Blockhalde	N	45° - 60°	48° 49' 15,3" 15° 56' 53,1"
17	Luzulo-Quercetum typicum	Biotit bis Zweiglimmergranit			48° 48' 58,6" 15° 57' 06,6"
18	Luzulo-Quercetum typicum	Biotit bis Zweiglimmergranit			48° 48' 55,6" 15° 56' 56,4"

Faunistik und Struktur der Carabidengesellschaften

Im Verlauf der Untersuchungen (saisonale Bestandsaufnahmen 2005–2006 sowie späterer, unspezifischer Aufsammlungen 2007–2009) konnten insgesamt 45 Cara-

bidenarten nachgewiesen werden (Tab. 2), jedoch wären bei fortsetzenden Untersuchungen an anderen Standorten sicher noch weitere Arten zu erwarten. Der Umstand, dass bisher kein umfassendes Artenspektrum vorliegt, beruht nicht auf einer fehlerhaften Aufsammlungstechnik sondern ist z.B. etwa durch Schwankungen in der Populationsdichte einzelner Arten möglich, die sich über eine Saison hinaus erstrecken können und aus der Literatur bekannt sind.

Dominanz

Mittels Barberfallen wurden 2005 und 2006 insgesamt 863 Individuen gefangen, wovon der größte Anteil mit etwa 19 % oder 162 Individuen auf *Abax parallelepipedus* entfällt. Er war auf 13 von 18 besammelten Waldflächen vertreten und erreicht im feucht-kühlen Waldgebiet zwischen Merkersdorf und der Thaya (Granitzsteig) mit über 88 % den höchsten Dominanzwert (Standort 10).

Einige Arten konnten zwar nur für einzelnen Standorte nachgewiesen werden, treten dort aber z.T. eudominant auf, wie etwa *Carabus intricatus* (D = 99,8 %) als fast einzige Art auf dem eher trocken-warmen Standort im Kirchenwald oder *Pterostichus burmeisteri*, eine typische Art feuchter Laubwälder (D = 99,5 % auf Standort 12) als eine von lokal nur zwei vertretenen Arten.

Bemerkenswert ist das gehäufte Vorkommen von *Aptinus bombardae*, einer thermophilen Art mit südosteuropäischem Verbreitungsschwerpunkt, die im Osten Österreichs ihre NW Verbreitungsgrenze erreicht, mit insgesamt 274 Individuen (D = 84,5 % bzw. fast 70 % auf den Standorten 8 und 9). Wo die Art auftritt, besiedelt sie den Lebensraum stets mit starker Dominanz und hat dann in solchen Waldsystemen mehr oder weniger eine „Monopolstellung“.

Bei Fängen mit Barberfallen gilt es bei der Interpretation jedoch zu beachten, dass die Fangzahlen ausschließlich die Aktivität (Aktivitätsdominanz) und nicht die tatsächlichen Häufigkeiten und Populationsdichten reflektieren. Sie charakterisieren jedoch die ökologische Bedeutung innerhalb der lokalen Carabidenzönosen und damit auch in der Nahrungskette.

Insgesamt waren 9 Arten eudominant vertreten und 15 subdominant, der Rest deutlich darunter, oft nur mit Einzelindividuen, was aber durchaus für die Diversität der Carabidengesellschaft in den Wäldern des Nationalparks spricht. Innerhalb der aufgesammelten Arten entfielen etwa 40% auf silvicole Arten, 20% auf Arten offener Habitats und 40% waren hingegen unspezifische Generalisten.

Die höchste Artenzahl wurde im anmoorigen Bruch-Erlenwald am Langer Grund entlang der Thaya (21 Arten) registriert, gefolgt vom flussbegleitenden Auwald-Ökoton (13 Arten), die geringste an 3 Standorten im artenarmen Kirchenwald (2–4 Arten).

Insgesamt war die Zahl der silvicolen Arten in den Hainbuchen-, Buchenwald- und Auwaldgesellschaften deutlich höher als in den trockeneren Eichenwäldern. Ihrer höheren Populationsdichte wegen entfielen über 70 % aller Individuen auf Waldarten, hingegen weniger als 10 % auf Bewohner offener Habitate.

Flugdynamische Typen

Durch Vergleiche der Verteilung der flugdynamischen Typen (brachypter/ungeflügelt bzw. flugunfähig; makropter/geflügelt und flugfähig) sind Rückschlüsse auf Dynamik, Stabilität oder Alter eines Lebensraumes möglich.

Von 45 nachgewiesenen Arten waren 27 brachypter (60%), 3 dimorph (6,7%) und 15 makropter (33,3%). Man beachte, dass 81 % aller gefundenen Individuen brachypteren Formen angehören, woraus ein erhebliches Maß an eine langzeitige, standortgebundene Revierbesiedlung ersichtlich ist.

Die Au-Standorte entlang der Thaya bzw. des Kajabaches wiesen sowohl bei Betrachtung der Arten (bis 45 %), als auch unter Einbeziehung der Individuenzahl (bis 60 %) den höchsten Anteil an makropteren Formen auf, ein Ergebnis der starken Dynamik von Lebensräumen an einem Fließgewässer. An sechs Standorten – hauptsächlich durch Buchen (Standorte 5, 7) und Hainbuchen (Standorte 8, 10, 13), seltener Eichen (Standort 12) geprägte Waldgesellschaften – traten hingegen ausschließlich brachyptere Formen auf, woraus eine weitgehende Stabilität dieser Waldgesellschaften gefolgert werden kann. Sie werden bevorzugt von den großen und ökologisch z.T. anspruchsvolleren Vertretern der Gattung *Carabus* (6 Arten), *Cychnus* (1 Art) und den für alte Laubwälder typischen Arten der Gattung *Abax* (4 Arten), *Molops* (2 Arten), wie auch bestimmten *Pterostichus*-Arten (4 Arten) besiedelt.

Ökologische Valenz

Die ökologische Valenz kennzeichnet die Bindung der Laufkäferzönose an einen bestimmten Habitattyp. Stenotope Arten weisen ein enges ökologisches Optimum mit spezifischem Mikroklima und vielfältigen Habitat-Strukturen auf oder sind Nahrungsspezialisten und verfügen über einen meist hohen Indikatorwert, etwa als Leitarten naturnaher Wälder, wie *Abax ovalis*, *Carabus auronitens*, *C. irregularis*, *C. hortensis* oder *Cychnus caraboides*. Eurytope Generalisten hingegen finden ihre bevorzugten Lebensräume in einer Vielzahl von Habitattypen. Sie überwiegen an sämtlichen Standorten und stellen mit 35 Arten 78 % der Gesamtartenzahl dar, wel-

chen 10 stenotope Arten mit 22 % gegenüberstehen. Drei Standorte (2, 14, 15) wiesen überwiegend eurytopye Laufkäferarten auf. Diese Befunde decken sich weitgehend mit der vorangestellten Charakterisierung der Waldgesellschaften anhand der flugdynamischen Laufkäfertypen.

Diversität

Der Shannon Index H_s , in welchen sowohl Arten als auch Individuenzahlen einbezogen werden, hat sich als häufig verwendetes Maß der Diversität etabliert. Je höher der errechnete Wert ist, umso höher ist auch die Diversität im Lebensraum.

Um die Dominanzstruktur der einzelnen Arten – etwa als Darstellung der Beziehungsverhältnisse innerhalb einer trophischen Ebene räuberischer Lebensweise oder der ökologischen Rangstellung von Arten – näher zu charakterisieren, wird zusätzlich die Evenness E als Verteilung der Arten untereinander ermittelt. Je stärker sich ihr Wert der Zahl 1 nähert, desto gleichmäßiger sind die Individuen auf die einzelnen Arten verteilt.

Im Nationalpark Thayatal wurden durchwegs geringe Werte des Shannon Index (<2) festgestellt. Daraus kann gefolgert werden, dass manche Arten in individuenreichen Populationen auftreten, und andere nur mit wenigen oder vereinzelt Individuen, wie das einerseits für die sehr häufigen Arten *Abax parallelepipedus* und *Aptinus bombardaria* oder andererseits für den im Gebiet sehr seltenen *Abax carinatus* und *Carabus irregularis* zutrifft. Einheitlicher gestaltete sich die Verteilung der Individuen auf einzelne Arten, was durch geringe Schwankungen in den Werten der Evenness an den meisten Standorten dokumentiert wird, interessanterweise auch an den Feuchtstandorten mit zeitweise großer Dynamik (Tab. 3). Das niedrige Niveau der Evenness der Standorte 8-10 lässt sich weder anhand der jeweiligen Wald-, noch Carabiden-Gesellschaft erklären, dazu reichen die festgestellten Individuenzahlen nicht aus.

Der „forest affinity index“ FAI charakterisiert Waldstandorte anhand ihrer Fauna (Tab. 3). Höhere FAI-Werte kennzeichnen einen hohen Anteil silvicoles Arten und zugleich ausgeglichene ökologische Bedingungen, wie sie für alte, naturnahe Waldsysteme typisch sind. Höchste Werte erreichen die Waldgesellschaften 1, (3), 5, 8, 9, (10). Völlig gegensätzliche Verhältnisse herrschen hingegen in Wäldern mit deutlicher Dynamik, sei es im Überflutungsbereich entlang der Thaya (z.B. 2, 14) oder durch einen offenen Waldcharakter, der hygrophile Arten ausschließt (6, 13) und möglicherweise ehemalige Bewirtschaftung.

Abax parallelepipedus und *Abax parallelus*. Die beiden erstgenannten Arten erreichen hier höchste Dominanzwerte von 35,9% bzw. 54,3%.

2, Langer Grund, Erlen-Bruchwald

Der schütterere, kleinflächige, stark durchnässte Schwarzerlenbestand am Thayaufer unterscheidet sich von allen übrigen durch seine überaus hohe Carabiden-Diversität mit 21 Arten. Die Notwendigkeit, regelmäßigen Überschwemmungen rasch ausweichen zu können, erfordert entsprechende Anpassungen, weshalb 70% der Arten makropter sind. Neben typischen hygrophilen Bewohnern gewässernaher Auen, wie *Carabus granulatus*, *Limodromus assimilis* und *Patrobus atrorufus*, welche auch Überflutungen tolerieren, treten Arten auf, welche auf die Nähe offener, dichter Wiesenflächen und mäßig feuchter Wälder hinweisen, wie *Carabus convexus*, *C. scheidleri* oder *Nebria brevicollis*. Nur hier konnten *Carabus convexus*, sowie der seltene und stenöke *Abax carinatus* (Nominatform!) nachgewiesen werden.

3, Maxplateau Profil, Buchenwald

Die 7 hier vertretenen Carabiden-Arten kennzeichnen diese Waldgesellschaft auf bis zu 60 Grad steilem Gefälle mit rascher Wasserableitung als saisonal eher trockenen, relativ lichtreichen Lebensraum mit zahlreichen Mikrohabitaten durch Totholz und Steinauflagen. Das Arteninventar spricht für eine hohe Stabilität der Gesellschaft. Hier erreicht *Abax parallelepipedus* mit einer Dominanz von 53,8 % seine zweithöchsten Populationsdichte. Die subdominanten silvicolen Charakterarten *Molops elatus* (D = 19,2 %) und *Pterostichus burmeisteri* (D = 11,5 %), sowie der eher thermophile *Carabus intricatus* bestätigen diese Charakterisierung. Insgesamt aber ist die Steilheit des Standortes zweifellos ein Ausschließungsgrund für eine dichtere Besiedlung durch Großlaufkäfer.

4, Maxplateau, Hainbuchenwald

Wie die voran genannte Waldgesellschaft, entspricht auch der Hainbuchenwald auf dem Maxplateau einem alten, weitgehend naturnahen Waldsystem, wie die Begleitarten bestätigen. Unter den 6 nachgewiesenen Arten treten erneut die typischen Waldbewohner auf, z. T. in größerer Populationsdichte, wie *Abax parallelepipedus* (44,4% eudominant), *Molops elatus* (11,0% subdominant) und die Großlaufkäfer *Carabus hortensis* und *C. nemoralis* in gleicher Dominanzstärke. Bemerkenswert ist auch das subdominante Auftreten der silvicolen Art *Pogonophorus rufomarginatus* (D = 11,0%).

5, Maxplateau Buchenwald

Dieser Buchenwald-Standort entspricht Standort 3, jedoch ohne wesentliche Inklination. Dichter Kronenschluss fördert schattigeres und feuchteres Mikroklima als an den anderen Waldstandorten des Maxplateaus. Mit nur 5 nachgewiesenen Arten ist der Standort zwar wenig divers, jedoch belegen zwei Leitarten alter Wälder den naturnahen Charakter der Gesellschaft. *Abax ovalis*, tritt hier mit *Molops piceus austriacus* eudominant (jeweils $D=33,3\%$) auf. Ergänzung findet der Befund durch Einzelnachweise von *Carabus auronitens*, einer Charakterart kühltemperierter, submontaner und montaner Laubmischwälder (Abb. 3).



Abb. 3: Goldglänzender Laufkäfer, *Chrysocarabus auronitens*.
Foto & ©: P. Zabransky

6, Maxplateau Gipfel, Eichen-Mischwald

Mit 10 Carabiden-Arten weist diese lichte und trockene Waldgesellschaft eine unerwartet hohe Diversität auf. Einerseits treten hier zwar noch mesophile, silvicole Vertreter auf, wie *Abax parallelepipedus* und *Molops piceus austriacus* (wenn auch nur mehr in subdominanter Position mit jeweils $D = 20\%$), andererseits verweisen die thermophilen und euryöken Arten *Amara ovata* (subdominant, $D = 20\%$), *Notiophilus biguttatus* (subdominant, $D = 16,7\%$) und *Carabus intricatus* auf den eher offenen, warmen Charakter dieser Waldgesellschaft. Leitarten feuchter Wälder, wie *Abax ovalis* oder *Molops elatus*, treten entweder stark zurück oder fehlen hier.

7, Hohe Sulz, Buchenwald

Sieben, überwiegend typische Buchenwaldarten, besiedeln diese z.T. wenig geschlossene Waldgesellschaft, z.T. eudominant, wie *Abax parallelepipedus* ($D=46,2\%$) oder subdominant, wie *Aptinus bombardata* ($D= 15,4\%$), die eigentlich eine Leitform wärmeliebender Waldstandorte ist.

8, Einsiedler, Eichen-Hainbuchenwald

Die vielerorts häufigen Buchenwald-Arten treten deutlich zurück und besetzen in ihrer Dominanz nur mehr rezedente Positionen und darunter. Herausragend ist aber *Aptinus bombardata* in eudominanter Position mit $84,5\%$ und einer beachtlichen

Populationsstärke von 158 Individuen. Die im Nationalpark nur an wenigen Standorten angetroffene stenöke Art mit SO-europäischem Verbreitungsschwerpunkt besiedelt wärmeliebende Waldgesellschaften, wo sie dann oft eine Monopolstellung einnehmen kann. Die Art erreicht in Südmähren ihre NW Verbreitungsgrenze.

9, Untere Bärenmühle, Hainbuchenwald

Mit 10 Arten weist dieser Standort eine hohe Diversität an Arten alter, stabiler Waldsysteme auf. Bemerkenswert ist erneut die Eudominanz von *Aptinus bombardae* mit 69,6%, während alle anderen Carabiden nur rezedente Begleitarten mit jeweils wenigen Individuen sind, wie die Großlaufkäfer *Carabus hortensis*, *C. intricatus*, *C. scheidleri* und *Cychnus caraboides*.

10, Granitzsteig, Hainbuchenwald

Trotz gleicher Waldgesellschaft wie die vorangehend besprochene, besiedeln lediglich 4 Laufkäferarten diesen Standort. Mit 35–50° Inklination, zahlreichen Blockwurfflächen und z.T. dichtem Farnbewuchs hat er einen anderen Charakter. *Abax parallelepipedus* erreicht hier unter allen Untersuchungsflächen mit 88,6% seinen höchsten Dominanzgrad, die restlichen Arten treten nur rezedent auf. Die Artenarmut ist unzweifelhaft auf den steilen, steinigen Hang zurückzuführen.

11, Umlaufberg, Eichenwald

Der Kuppenbereich des Umlaufberges mit dem sog. „Überstieg“ weist ein sehr flaches Bodenprofil auf und zeichnet sich vor allem durch Trockenheit aus. Daraus resultiert auch eine auffällige Arten- und Individuenarmut. Typisch sind *Carabus intricatus*, *Notiophilus rufipes* und *Calathus melanocephalus*. Mit Barberfallen war dieser Standort aufgrund des hoch anstehenden Muttergesteins kaum zu besammeln.

12, Umlaufberg, Birkenwald

Der N-exponierte Standort entspricht einem monotonen und überalterten Birkenbestand – Ersatzgesellschaft auf einer jahrzehntealten, ehemaligen Schlagfläche – mit tiefgründiger Laubstreu und hohem Fallholz-Anteil. Die einzige nachgewiesene Art, *Pterostichus burmeisteri*, ist ein Vertreter einer silvicolen, hygrophilen Carabidenfauna. Hier wurde auch *Carabus auronitens* festgestellt. Dieser Waldbestand sollte zukünftig nochmals gründlich beprobt werden.

13, Umlaufberg-Profil, Hainbuchenwald

Die hier festgestellten 10 Arten spiegeln die stark wechselnden Feuchtigkeitsver-

hältnisse zwischen dem oberen und unteren Hangbereich des Profils wider, sowohl durch thermophile Arten, wie *Metophonus puncticollis* und *Notiophilus rufipes*, als auch Vertreter der Gattungen *Amara* und *Harpalus* bzw. durch die eudominanten hygrophilen Leitformen *Abax ovalis* und *A. parallelepipedus*.

14, Thayaufener Auwald

Im Auwald wurden 12 Arten festgestellt, einerseits typische Aubewohner, wie *Limodromus assimilis* mit einer Dominanz von 22%, andererseits mesophile Wiesen- und Gebüsch-Arten, z.B. *Carabus coriaceus*, *Poecilus cupreus* oder *Pterostichus melanarius*, aber auch Vertreter der silvicolen Fauna, wie die bereits mehrfach genannten drei *Abax*-Arten und vor allem der im Gebiet seltene *Pterostichus oblongopunctatus* (D = 28,8%).

15, Kajabach-Au, Schluchtwald

Die 12, mittels Barberfallen und durch Handaufsammlungen bisher nachgewiesenen Arten sind entweder silvicole Leitformen (*Abax parallus* u.a.) oder Arten feuchter Auen (eudominant *Limodromus assimilis*, D = 46,5% und *Loricera pilicornis*) bzw. der Uferländer (*Bembidion femoratum*, *B. tibiale*). Bemerkenswert ist *Carabus irregularis* als Leitform naturbelassener, feucht-kühler Schluchtwälder.

16, Kirchenwald-Blockfelsen

An diesem Sonderstandort, einem nordseitigen, großflächigen eiszeitlichen Felssturz mit 45–60° Inklination, wurden lediglich *Carabus intricatus* und *Bembidion lampros* in Einzelexemplaren festgestellt. Die topographische Beschaffenheit, sowie nackte Felsflächen, erschwerten die Aufsammlungen erheblich.

17, 18, Kirchenwald, Eichenwald

Beide, einander nahe gelegene Sammelflächen weisen einen trockenen Standortcharakter mit gering mächtigem Bodenprofil auf und sind daher entsprechend arten- und individuenarm. Die Leitarten feuchter Wälder (*Abax*, *Molops*) fehlen hier, es treten mesophile Arten auf, wie *Carabus hortensis* (D = 12,5%) oder *C. nemoralis* (D = 12–20%), sowie thermophile Vertreter, wie *C. intricatus* (D = 20–25%) und *Notiophilus rufipes* in eudominanter Position (D = 50–60%).

Bemerkenswerte und gefährdete Arten

Einige Waldarten sind in unterschiedlicher Form gefährdet und nachfolgend genannt.

Da die Rote Liste der Carabiden für Österreich derzeit noch in Ausarbeitung steht, wurde die Rote Liste Bayerns (LORENZ 2000) herangezogen. Demnach gelten *Agonum lugens* und *Aptinus bombardaria* als stark gefährdet (Gefährdungsgrad 2), *Abax carinatus*, *Amara nitida*, *Carabus intricatus* und *C. irregularis* als gefährdet (Gefährdungsgrad 3) und *Carabus convexus*, *C. scheidleri*, *Harpalus atratus*, *Notiophilus rufipes* stehen auf der Vorwarnstufe (V).

Diskussion

Die Carabiden-Fauna der Waldgesellschaften des Nationalparks Thayatal umfasst in dieser ersten Studie 45 Arten und scheint damit nur durchschnittlich artenreich. Es gilt jedoch zu beachten, dass überwiegend geschlossene Waldflächen beprobt wurden die im Allgemeinen weniger Arten aufweisen als offene Lebensräume (MAGURA et al. 2001, WAITZBAUER 2001, MAGURA et al. 2003), auch wenn es Ausnahmen gibt, wie die Untersuchungen von WARNAFFE & LEBRUN (2004) und SROKA & FINCH (2006) zeigen. Vergleichsweise sei festgehalten, dass etwa die im Urwald Rothwald (Wildnisgebiet Dürrenstein, südl. Niederösterreich), dem ältesten und größten Naturwaldsystem Mitteleuropas, in 3 jähriger Sammeltätigkeit sogar nur 26 Carabidenarten (alle brachypter) nachgewiesen wurden (WAITZBAUER 2001).

Die Problematik der Erfassung einer Artengesellschaft mittels Barberfallen, insbesondere von Arten, die in geringerer Dichte auftreten oder weniger aktiv sind, wurde bereits in zahlreichen Arbeiten diskutiert (z.B. GREENSLADE 1964, SOUTHWOOD 1978, MÜLLER 1984). Ein Diskussionspunkt ist auch die für repräsentative, statistisch auswertbare Ergebnisse notwendige Zahl der Fallen (RÜMER & MÜHLENBERG 1988, HANDKE 1996, ZULKA 1996) sowie die Tatsache, dass das in älteren Untersuchungen als Fang- und Fixierungsmittel verwendete Formaldehyd eine deutliche Lockattraktivität auf Laufkäfer gegenüber dem heute vielfach üblichen Ethylen-Glycol aufweist (BUCHSBERGER & GERSTMEIER 1993). Dadurch werden Sammelergebnisse kaum vergleichbar. Auch in der vorliegenden Untersuchung zeigten sich Probleme mit dieser Methode, weil einige Arten bisher nur mittels Handfang nachgewiesen werden konnten. Es kann also nicht ausgeschlossen werden, dass in einigen Waldflächen (siehe z.B. Fläche 12) noch weitere Arten auftreten. Ergänzende, punktuelle Aufsammlungen der Carabidenfauna sind deshalb auch künftig vorgesehen, zumal einige entlegene und schwer zugängliche Waldflächen bisher entweder noch ungenügend oder nicht besammelt werden konnten.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung liefern erneut eine Bestätigung der Tatsache, dass Flussauen und Auwaldgesellschaften zu den artenreichsten Lebensräumen in Mitteleuropa zählen (HANDKE 1996, LUDEWIG 1996, ANTVOGEL & BONN 2001,

DRAPELA 2004, KRAUSGRUBER 2006). Die starke Dynamik dieser Lebensräume, ideales Standortklima, ein reiches Angebot von Raumstrukturen, sowie ein hoher Störungsgrad ("intermediate disturbance hypothesis", CONELL 1978) fördern durch ein reiches Angebot ökologischer Nischen (MEIBNER 1998, BELAOUSSOFF et al. 2003, TRAUTNER 2006) eine ripocole Carabiden-Zönose mit 50%igen Anteil kleiner, makropterer Arten, vielfach mit Pioniercharakter, welche ungünstigen Umweltbedingungen rasch entkommen können (NEUMANN 1971, ZULKA 1994, MATALIN 2003). Die flussnahen Standorte 2 und 14 entsprechen diesem Habitattypus und weisen eine dementsprechend hohe Artenzahl auf. Die Werte des Shannon Index belegen deutlich ihren höheren Diversitätsgrad.

Die Auswertung der Evenness weist bis auf die Standorte 8, 10 und 16 alle Untersuchungsflächen als Standorte mit einer ausgeglichenen Verteilung der Artengemeinschaften aus. Im Vergleich mit den Ergebnissen früherer Arbeiten (z.B. ROFF 1991) zeigt die Zusammensetzung der flugdynamischen Typen an den Standorten die typischen Strukturen für die jeweiligen Gesellschaftsformen an. Je höher der Anteil brachypterer Formen ist, umso stabiler bzw. ausgeglichener ist die ökologische Situation der untersuchten Waldfläche (DEN BOER 1970, RIECKEN & SCHRÖDER 2002). Oft steigt der Anteil brachypterer Formen mit zunehmendem Reifegrad eines Waldes und erreicht in Naturwäldern ein Maximum (DEN BROER 1971, WAITZBAUER 2001). Die untersuchten Waldgesellschaften des Nationalparks stellen meist großflächige Waldareale in einem späten Sukzessionsstadium dar, welche weitgehend einen hohen Grad an Stabilität erreicht haben und deshalb eine andere Carabidenfauna beherbergen als kleine Waldbereiche oder solche in einem Stadium dynamischer Einflüsse. Der „forrest affinity index FAI“ (Tab. 3) kennzeichnet den Stabilitätsgrad der silvicolen Fauna sehr gut (MAGURA et al. 2006). Weitere markante Merkmale sind der weitgehende Verlust der Makropterie, der in solchen Fällen nicht von Bedeutung ist (PIHLAJA et al. 2006), gepaart mit der Zunahme der Körpergröße. Eine Vielzahl von Spezialisten, wie der Schneckenfresser *Cychrus caraboides* und eine Zunahme von *Carabus*-Arten ist dann die Regel. Insgesamt wurden in den Buchen- und Hainbuchenwäldern des Nationalparks 7 Vertreter dieser Gattung nachgewiesen (*C. auronitens*, *C. convexus*, *C. coriaceus*, *C. hortensis*, *C. intricatus*, *C. irregularis*, *C. nemoralis*). Zugleich steigt auch der Anteil stenotoper Arten (*Abax carinatus*, *A. parallelus*, *Agonum lugens*, *Pogonophorus rufomarginatus*).

An den Standorten 7–9 dürfte die Stabilität des jeweiligen Lebensraumes der ausschlaggebende Punkt für die Ansiedlung durch typische Buchenwald-Arten, wie *Abax ovalis*, *Abax parallelus*, (beide Arten sind nach KÖHLER 1996 echte Primärwaldbesiedler), *Aptinus bombardata*, (*Carabus auronitens* partim), *C. hortensis*, *Molops elatus* und *Molops piceus austriacus* sein. Als Beispiel soll der Standort

Einsiedler (8) dienen, welcher durch seine üppige Laub- und Streuschicht sowohl den Anforderungen der hygrophilen Art *Molops piceus*, als auch von *Aptinus bombardarda* gerecht wird, welche eigentlich ein Bewohner wärmerer Wälder ist. Im übrigen widersprechen die zahlreichen Funde von *Abax ovalis* der Feststellung von FRANZ (1970), wonach kristalliner, saurer Gesteinsuntergrund das Vorkommen dieser Art ausschließt.

Der flussnahe, N-exponierte Standort 1 und die feucht-kühle Bachschlucht 15 bieten mit unendlich vielen Mikrohabitaten geeignete Lebensräume auch für ökologisch sehr anspruchsvolle, stenöke Arten, wie *Carabus irregularis*, einer seltenen Leitart von Schluchtwäldern.

Bei der Interpretation der Dominanzverhältnisse muss noch einmal betont werden, dass die Besammlungsmethode eine wesentliche Rolle spielt. Frühere Bodenfallen-Aufsammlungen mittels Formaldehydlösung haben gezeigt, dass für die ermittelte Aktivitätsdichte von Carabiden jene zu differenzieren wäre, welche der tatsächlichen Verhaltensaktivität entspricht und jene, die durch Zufall oder anlockende Wirkung der Fangflüssigkeit ermittelt wird. Mit Ethylenglykol als – soweit bekannt – olfaktorisch neutraler Fangflüssigkeit (STAMMER 1949) egalisieren sich diese Unterschiede zwar, doch werden dadurch Vergleiche mit den Populationsdichten älterer Literaturangaben weitgehend ausgeschlossen.

Die hohe Dichte von *Abax parallelepipedus*, der häufigsten eudominanten Waldart im Nationalpark, lässt sich damit erklären, dass es sich um eine eurytope Art handelt, die feuchte und schattige Laubwälder präferiert, welche im Nationalpark den häufigsten ökologischen Typ der untersuchten Waldflächen umfassen. Bei *Aptinus bombardarda* sollte erwähnt werden, dass dessen eudominante Stellung vor allem auf das arttypische, explosionsartige Auftreten in den Sommermonaten zurückzuführen ist.

Ein statistischer Vergleich der Untersuchungsflächen auf Ähnlichkeiten zwischen den Standorten anhand der Präsenz/Absenzdaten mittels Dendrogramm (Abb. 2) ergibt einen eindeutigen Cluster aus vier Waldstandorten (1, 5, 13, 15). Diese fallen bereits in den vorherigen Vergleichen immer wieder wegen ihrer spezifischen mikroklimatischen Charakteristik durch Feuchtigkeit, reichlichen Schatten und den Reichtum an Mikrohabitaten auf. Die Standorte 2 und 14 sind mit ihrer Arten- und Individuenreichhaltigkeit als typische Auwald-Ökotope zu betrachten, während die standörtlichen Gemeinsamkeiten von 6, 17 und 18 als Eichenwälder in der Lichtfülle und zeitweiligen Trockenheit liegen, auch wenn sich Arten- und Individuenzahlen in den dominanten Leitformen wenig decken. Große Übereinstimmung findet sich beim Vergleich der Hainbuchengesellschaften der Standorte 8, 9, 10, während die restlichen keine erwähnenswerten Gruppierungen zeigen.

Conclusio

Unter Bezug auf die durchgeführten Vergleiche der besammelten Standorte und ihrer Carabiden-Fauna kann festgestellt werden, dass die Laufkäfergesellschaften im Nationalpark Thayatal durchaus vielgestaltig sind. Ihre lokale Arten-Zusammensetzung wird sowohl vom Vegetationstypus (z.B. Eichenwald 17, 18) als auch durch die Dynamik der Lebensräume bestimmt (Austandorte 2, 14, 15). Wie es vor allem für silvicole Laufkäfer typisch ist, spielen abiotische Faktoren wie Beschattung, Feuchtigkeit, Gefälle und niedrigere Temperatur bei der Besiedlung eine große Rolle, insbesondere für die langzeitige Einnischung stenotoper Spezialisten. In dieser Hinsicht bietet der Nationalpark eine Vielzahl unterschiedlicher Waldhabitat-Typen, welche die ökologischen Ansprüche der einzelnen Arten erfüllen (z.B. Standort 8).

Das Auftreten von insgesamt 8 Carabusarten, darunter *C. granulatus* und *C. irregularis* als wichtige Leitarten, zeigt den hohen Wert der Lebensräume an. Es dokumentiert zugleich deren weitgehende Stabilität, wie das auch anhand vergleichender Untersuchungen des Einflusses unterschiedlicher Störungsgradienten auf die Besiedlungsdichte großer und kleiner Carabidenarten festgestellt werden konnte (RAINIO & NIEMELÄ 2003).

Zwei Arten, *Aptinus bombarda* und *Agnonum lugens*, sind als stark gefährdet eingestuft und *Abax carinatus*, *Amara nitida*, sowie *Carabus intricatus* und *C. irregularis* als gefährdet. Einige weitere Arten stehen auf der Vorwarnliste. Der Nationalpark ist somit auch ein wichtiger Refugialraum für solche Arten.

Danksagung

An dieser Stelle möchten wir Hr. Dr. Norbert Milasowszky herzlich für die Übernahme der statistischen Berechnungen danken.

Literatur

- ANTVOGEL, H., & BONN, A. (2001): Environmental parameters and micro spatial distribution of insects. A case study of carabids in an alluvial forest. – *Ecography* 24: 470-482
- ASSMANN, T. (1996): The ground beetle fauna of ancient and recent woodlands in the lowlands of north-west Germany (Coleoptera, Carabidae). – *Biodiversity and Conservation* 8: 1499-1517
- BELAOUSSOFF, S., KEVAN, P.G., MURPHY, S., SWANTON, C. (2003): Assessing tillage disturbance on assemblages of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) by using a range of ecological indices. – *Biodiversity and Conservation* 12: 851-882
- BUCHSBERGER, P., GERSTMEIER, R. (1993): Vergleich von Formol und Ethylenglykol als Fangflüssigkeit in Barberfallen, unter besonderer Berücksichtigung der Carabidae. – Bericht der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Augsburg 54: 77-93
- BUCK, H., KONZELMANN, E., ALF, A. (1992): Käfer als Bioindikatoren zur Habitatcharakterisierung und -entwicklung. – Hohenheimer Umwelttagung 24: 192-142
- BUTTERFIELD, J., LUFF, M. L., BAINES, M., EYRE, M. D. (1995): Carabid beetle communities as indicators of conservation potential in upland forests. – *Forest Ecology and Management* 79: 63-77

- CONNELL, J. H. (1978): Diversity in tropical rain forests and coral reefs. – *Science* 199: 1302-1310
- DEN BOER, P. J. (1970): On the significance of dispersal power for populations of carabid-beetles (Coleoptera, Carabidae). – *Oecologica* 4: 1-28
- DEN BOER, P. J. (1971): On the dispersal power of carabides and its possible significance. – *Miscellaneous Papers Landbouwhogeschool Wageningen* 8: 105-110
- DRAPELA, T. (2004): Laufkäfer (Coleoptera, Carabidae) als Indikatoren für die Naturnähe der Auwälder Beugenau (Donau, Niederösterreich) und Müllerboden (Leitha, Burgenland). – Diplomarbeit Universität Wien, 69 pp.
- ENGELMANN, H. D. (1978): Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden. – *Pedobiologia* 18: 378-380
- FRANZ, H. (1970): Die Nordostalpen im Spiegel ihrer Landtierwelt III. – Wagner: Innsbruck, 496 pp.
- GREENSLADE, P. J. M. (1964): Pitfall Trapping as a method for studying populations of Carabidae (Coleoptera). – *Journal of Animal Ecology* 33: 301-310
- HANDKE, K. (1996): Die Laufkäferfauna des Naturschutzgebietes „Lampertheimer Altrhein“ in der südhessischen Oberrheinebene (Kreis Bergstraße). – *Decheniana* 149: 139-160
- HÜRKA, K. (1996): Carabidae of the Czech and Slovak Republics. – Kabourek: Zlín, 565 pp.
- KÖHLER, F. (1996): Käferfauna in Naturwaldzellen und Wirtschaftswald. – Landesamt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten NRW, LÖBF-Schriftenreihe 6: 1-283
- KRAUSGRUBER, M. (2006): The Effect of Flood Regimes on the Carabid Beetle Assemblage (Coleoptera, Carabidae) of the Donau Auen National Park in Austria. – Diplomarbeit Universität Wien, 27 pp.
- LOHSE, G. A. (1981): Bodenfallenfänge im Naturpark Wilseder Berg mit einer kritischen Beurteilung ihrer Aussagekraft. – *Jahresberichte des Naturwissenschaftlichen Vereins Wuppertal* 34: 43-47
- LORENZ, W. (2000): Rote Liste gefährdeter Lauf- und Sandlaufkäfer Bayerns (nach ICZN 1999). – Fachtagung des Bayerischen Umweltministeriums
- LUDEWIG, H. H. (1996): Die Laufkäferfauna (Coleoptera, Carabidae) der Auengebiete bei Guntersblum am Rhein I: Das Naturschutzgebiet „Fischsee“. – *Fauna Flora Rheinland-Pfalz* 8: 421-438
- MAGURA, T., TOTHMERESZ, B., MOLNAR, T. (2001): Forest edge and diversity: carabids along forest-grassland transect. – *Biodiversity and Conservation* 10: 287-300
- MAGURA, T., TOTHMERESZ, B., ELEK, Z. (2003): Diversity and composition of carabids during a forestry cycle. – *Biodiversity and Conservation* 12: 73-85
- MAGURA, T., TOTHMERESZ, B., ELEK, Z. (2006): Changes in carabid beetle assemblages as Norway spruce plantations age. – *Community Ecology* 7: 1-12
- MARGGI, W. A. (1992): Faunistik der Sandlaufkäfer und Laufkäfer der Schweiz Teil 1. – *Documenta Faunistica Helvetiae, Neuchatel* 13: 1-477
- MATALIN, A. V. (2003): Variations in flight ability with sex and age in ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of south western Moldova. – *Pedobiologia* 47: 311-319
- MEIBNER, A. (1998): Die Bedeutung der Raumstruktur für die Habitatwahl von Lauf- und Kurzflügelkäfern (Coleoptera: Carabidae, Staphylinidae), freilandökologische und experimentelle Untersuchung einer Niedermoorzönose. – Dissertation TU-Berlin, 184 pp.
- MÜLLER, J. K. (1984): Die Bedeutung der Fallenfang-Methode für die Lösung ökologischer Fragestellungen. – *Zoologische Jahrbücher, Systematik* 11: 218-305
- MÜLLER-MOTZFELD, G. (1989): Coleoptera (Carabidae) als pedobiologische Indikatoren. – *Pedobiologia* 33: 145-153
- MÜLLER-MOTZFELD, G. (2004): Die Käfer Mitteleuropas Bd. 2 Adepaga, Carabidae (Laufkäfer). – Spektrum: München, 521 pp.
- NEUMANN, U. (1971): Die Sukzession der Bodenfauna (Carabidae - Coleoptera, Diplopoda u. Isopoda) in den forstlich rekultivierten Gebieten des Rheinischen Braunkohlereviere. – *Pedobiologia* 11: 193-226
- NIEMELÄ, J., KOIVULA, M., KOTZE, D. (2006): The effects of forestry on carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) in boreal forests. *Beetle conservation*. – *Journal of Insect Conservation* 11: 5-18
- PIHLAJA, M., KOIVULA, M., NIEMELÄ, J. (2006): Responses of boreal carabid beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) to clear-cutting and top-soil preparation. – *Forest Ecology and Management* 222: 182-190

- RAINIO, J. & NIEMELÄ J. (2003): Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. – *Biodiversity and Conservation* 12: 487-506
- RIECKEN, U. & SCHRÖDER, E. (2002): Monitoring und Erfolgskontrollen im Naturschutz. Eine Einführung unter besonderer Berücksichtigung der Laufkäfer. – *Angewandte Carabidologie* 4/5: 49-61
- ROFF, D. (1991): Wing Dimorphism and the Evolution of Migratory Polymorphisms among the Insecta. – *American Zoologist* 31: 243-251
- RÜMER, H. & MÜHLENBERG, M. (1988): Kritische Überprüfung von „Minimalprogrammen“ zur zoologischen Bestandserfassung. – *Schriftenreihe Bayerisches Landesamt für Umweltschutz* 83: 151-157
- SOUTHWOOD, T.R.E. (1978): *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations*. 2nd edition. – Chapman & Hall: London, 357 pp.
- SROKA, K., FINCH, O. (2006): Ground beetle diversity in ancient woodland remnants in north-western Germany (Coleoptera, Carabidae). – *Journal of Insect Conservation* 10: 335-350
- STAMMER, H.J. (1949): Die Bedeutung der Aethylenglykolfallen für tierökologische und -phänologische Untersuchungen. *Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft* 1949: 387-391
- THIELE, U. (1977): *Carabid beetles in their environments. A study on habitat selection by adaption in physiology and behaviour*. – Springer: Berlin, 369 pp
- TRAUTNER, J. (2006): Zur Laufkäferfauna von Suhlen und Wühlstellen des Wildschweins (*Sus scrofa*) in den Naturräumen Schönbuch und Glemswald (Süddeutschland). – *Angewandte Carabidologie* 7: 51-54
- TRAUTNER, J. & ASSMANN, T. (1998): Bioindikation durch Laufkäfer. Beispiele und Möglichkeiten. – *Laufener Seminararbeitsreihe* 8: 169-182
- WAITZBAUER, W. (2001): Bodenlebende Arthropoden (Laufkäfer, Carabidae) als Indikatoren für die Biodiversität naturnaher Waldgesellschaften. – unveröff. Projektbericht „Beitrag von Naturwäldern zur Bewahrung der Biodiversität. Schwerpunkt Bodenökologie“ Bundesministerium f. Land u. Forstwirtschaft: Wien, 74 pp.
- WARNAFFE, G. & LEBRUN, P. (2004): Effects of forest management on carabid beetles in Belgium: implications for biodiversity conservation. – *Biological Conservation* 118: 219-234
- WRBKA, T. (2006): Biodiversitätsforschung im Nationalpark Thayatal. Teilbereich Waldvegetation. – unveröffentlichter Forschungs-Endbericht, 132 pp.
- ZULKA, K. P. (1996): Methodisches Design für die Erfassung und Bewertung von Arthropodenbeständen und Arthropodenlebensräumen am Beispiel der Laufkäferfauna (Coleoptera, Carabidae). – *Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Niederösterreichischen Landesmuseum* 9: 311-363
- ZULKA, K. P. (1994): Carabids in a Central European floodplain: species distribution and survival during inundations. – In: K. Desender et al. (eds.), *Carabid Beetles: Ecology and Evolution*, 399-405, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht

Anschrift der Verfasser:

Wolfgang Waitzbauer, Dep. Naturschutzbiologie, Vegetations- u. Landschaftsschutz,
Univ. Wien, Althanstrasse 14, A 1090 Wien
wolfgang_waitzbauer@univie.ac.at

Andreas Vidic, Dep. Naturschutzbiologie, Vegetations- u. Landschaftsschutz,
Univ. Wien, Althanstrasse 14, A 1090 Wien
andreas.vidic@univie.ac.at

Wolfgang Prunner, In der Wögling 8, A 2353 Guntramsdorf
wolfgang_prunner@hotmail.com