

Die Laufkäfer kleiner Wälder in Schleswig-Holstein

Ulrich IRMLER

Abstract: Ground beetles of small wood areas in Schleswig-Holstein. – The aim of the investigation was to analyse the effect of small wood islands on the inhabitation by ground beetles in a mainly agricultural landscape in northern Germany (Schleswig-Holstein). Overall, 11 wood sites were selected, providing areas between 0.9 and 191 ha. Ground beetles were caught in 4 replicate pitfall traps at each site between May and October 2006. Wood area and distance to the next wood as a measure of isolation were derived from maps. Canopy cover was determined from 5 replicate photographs of canopy and a computed analysis of pixels differentiating between shadow, middle and light tones. A relatively homogeneous region, with respect to soil conditions, was selected to avoid an influence of soils on ground beetle occurrence and to focus on the three environmental factors mentioned. Whereas species richness of typical wood carabids showed no relation to wood area or to wood isolation, canopy cover was closely correlated with the richness of silvicolous species. For *Abax parallelepipedus* and *Calathus rotundicollis* a positive and negative correlation, respectively, was found with wood area. *Harpalus quadripunctatus*, *Pterostichus niger* and *Poecilus versicolor* demonstrated a negative correlation with the degree of canopy cover. The results show that small wood areas also contribute to the existence of silvicolous carabid species, in particular open-canopy specialists, e.g. *Harpalus quadripunctatus*, *Amara brunnea*, and *Carabus convexus*.

1 Einleitung

Obwohl Wälder zu den primären Ökosystemen in Deutschland zählen, ist außerhalb der für den Forstbestand schädlichen Insekten, wenig über die Auswirkungen von forstlichen Maßnahmen auf die Insektenfauna bekannt. Selbst bei so häufig untersuchten Käfern, wie den Laufkäfern beschäftigen sich nur wenige Arbeiten mit den Beziehungen zwischen der Waldstruktur und dem Vorkommen der Arten. Obwohl Bodenparameter und Klima als wichtige Faktoren für die Zusammensetzung der Laufkäfergemeinschaften und einzelner Arten erkannt wurden (MLETZKO 1972, IRMLER 1999/2000), haben auch das Alter (SPENCE et al. 1996, ASSMANN 1999, SROKA & FINCH 2006) und die Flächengröße von Wäldern (GRUTTKE 2001) einen erheblichen Einfluss auf das Vorkommen von Laufkäfern.

In einer vorwiegend agrarisch genutzten Landschaft, wie Schleswig-Holstein, sollte ähnlich wie in Bördelandschaften (GRUTTKE 2001) die Flächengröße und die Isolation bei der Besiedlung von Wäldern durch Laufkäfer eine Rolle spielen. Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich daher mit den Einflüssen dieser Faktoren, sowie als zusätzlichen Parameter die Beschattung, die aus forstlichen Eingriffen durch veränderte Baumstruk-

tur und –zusammensetzung resultiert. Es ergeben sich daher folgende Fragen:

- 1) Welche Arten lassen Beziehungen zwischen der Flächengröße bzw. Isolation der Wälder und der Aktivitätsdichte erkennen?
- 2) Welchen Einfluss hat die Beschattung auf die Laufkäfer?
- 3) Welcher dieser Faktoren ist hauptsächlich für das Vorkommen von walddtypischen Arten verantwortlich?

2 Standorte und Methoden

Das Untersuchungsgebiet liegt ca. 30 km südlich von Kiel am Rande des Ostholsteinischen Jungmoränengebietes im Bereich der Trappenkamper Sander, in dem durch die Lage am ehemaligen Eisrand große Sandflächen aufgeschwemmt wurden. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 8,1 °C, die mittlere Julitemperatur 16,3 °C und die mittlere Januartemperatur –0,1 °C. Im Durchschnitt fallen 697 mm Niederschlag im Jahr. Die Landschaft ist vorwiegend agrarisch genutzt und beherbergt nur wenige kleine Waldinseln. Im Norden liegen etwas größere Wälder im Bereich von Wankendorf. Im Süden grenzt das Gebiet an die nördlichen bzw. östlichen Ausläufer des ebenfalls großflächigen Se-

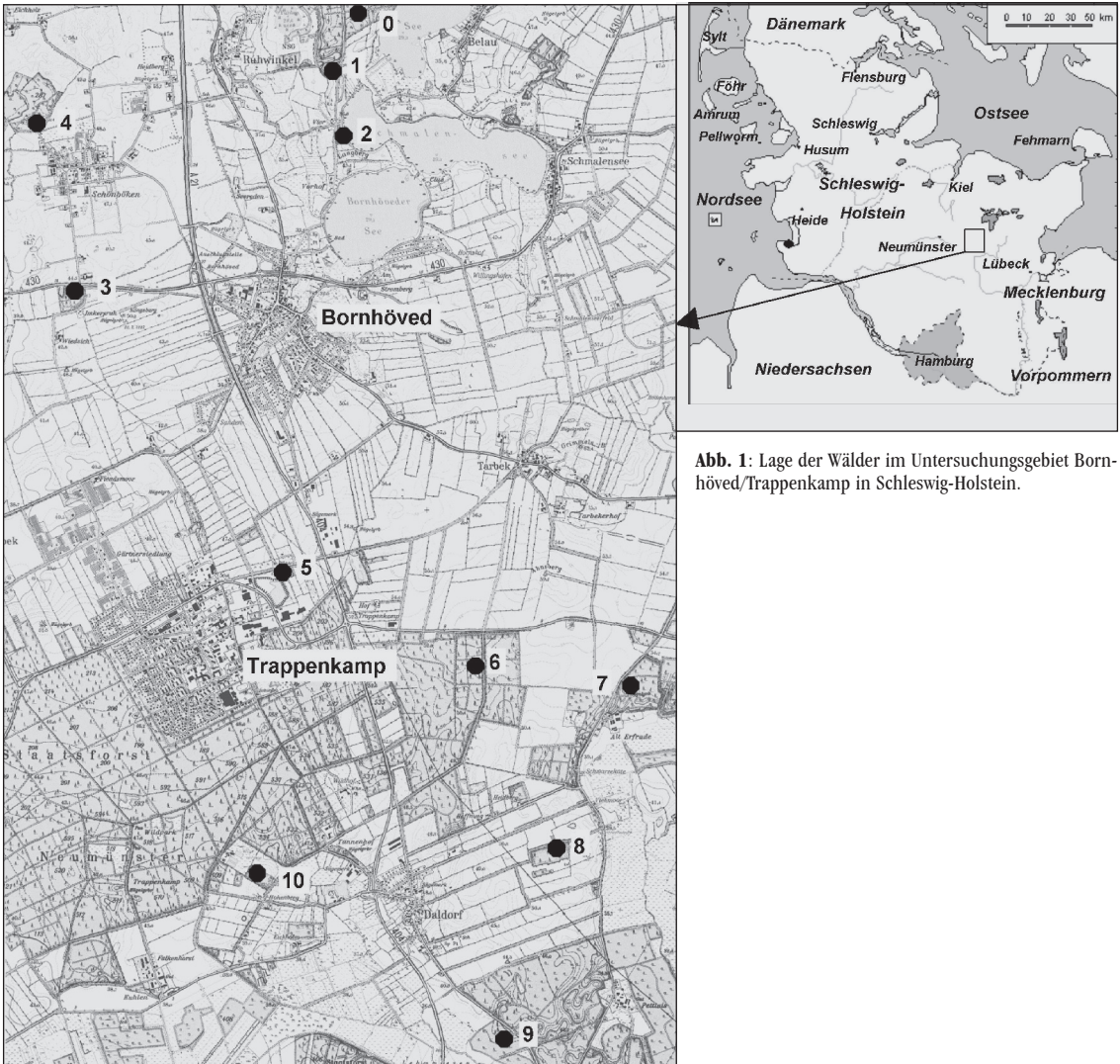


Abb. 1: Lage der Wälder im Untersuchungsgebiet Bornhöved/Trappenkamp in Schleswig-Holstein.

geberger-Forstes bzw. des Staatsforstes Neumünster (Abb. 1). Insgesamt wurden 11 Wälder beprobt.

Die Laufkäfer wurden mit Bodenfallen, die mit 10 %igem Essig als Fixiermittel und einem Entspannungsmittel versehen waren, erfasst. Als Bodenfallen wurden handelsübliche Marmeladengläser mit einem Öffnungsdurchmesser von 5,6 cm eingesetzt, die durch ein Plexiglasdach vor Niederschlag geschützt waren. In jedem Wald standen 4 Parallelfallen vom 5.5. bis 25.10. 2006 bei monatlichem Wechsel.

Die Flächengröße der Wälder wurde aus einer 1:25000 Karte mit Hilfe des Programms FUGAWI Vers. 3.1 (NORTHPORT SYSTEMS INC. 2004) be-

stimmt. Als Maß der Isolation wurde die Entfernung zum nächsten Wald ebenfalls mit dem Programm FUGAWI gemessen. Alte Wälder wurden mit Hilfe der Varendorfschen Karte von 1797 ermittelt. Wälder, die dort als Wald eingezeichnet sind, können älter als 200 Jahre angesehen werden. Da aber nur 2 Wälder älter als 200 Jahre waren, wurde keine weitere Untersuchung zwischen Alter der Wälder und Vorkommen von Laufkäfern durchgeführt.

Um die Beschattung zu bestimmen, wurden in jedem Wald im August an einem Tag mit diffuser Beleuchtung 5 Fotos senkrecht zum Kronendach gemacht. Von diesen Fotos wurden mit dem Programm Picture Publisher Vers. 6 (MICROGRAFX INC.

Standort	Älter als 200 Jahre	Fläche (ha)	Abstand (km)	Laubde- ckung (%)	Wasserge- halt (%)	Org. Sub- stanz (%)	pH-Wert
Wald 0		22,50	0,02	78,2 ± 4,5	36 ± 15	3,40	4,10
Wald 1		32,00	0,02	78,0 ± 4,3	17 ± 7	5,80	3,50
Wald 2		0,90	0,49	72,2 ± 4,7	13 ± 4	6,10	3,80
Wald 3		5,10	1,50	60,5 ± 3,2	28 ± 14	14,70	2,70
Wald 4	x	46,00	1,50	76,6 ± 10,1	30 ± 9	13,90	3,50
Wald 5		3,40	0,60	74,8 ± 2,6	16 ± 11	5,20	3,70
Wald 6		191,00	0,30	74,8 ± 2,7	14 ± 7	4,90	4,70
Wald 7	x	52,20	0,30	73,8 ± 3,0	35 ± 27	10,40	2,70
Wald 8		6,40	0,60	74,8 ± 4,4	33 ± 12	14,10	2,70
Wald 9		22,80	0,60	80,8 ± 4,0	21 ± 16	10,00	4,10
Wald 10		4,00	0,15	71,9 ± 14,0	15 ± 6	14,80	2,80
Mittel		35,10	0,55	74,20	23,50	9,80	3,50
Mittel S-H		27,00		120,00	34,00	9,00	3,40

Tab. 1: Struktur- und Bodenparameter der 11 untersuchten Wälder im Vergleich zu den durchschnittlichen Werten (Mittel S-H) an Standorten der Laufkäfergemeinschaft „trockene Laub- und Nadelwälder“ aus Schleswig-Holstein (Abstand: Abstand zum nächsten Wald, org. Substanz: organische Substanz, Wassergehalt des Bodens und Laubdeckung mit Standardabweichung).

1995) ein Histogramm erstellt, das aus der Gesamtzahl der Pixel zwischen Schatten, Mitteltönen und Licht unterscheidet. Die Prozentangabe für Schatten wurde als Maß der Beschattung für die weitere Berechnung genommen.

Außerdem wurden einmalig aus einer Bodenprobe der pH-Wert des Bodens elektrometrisch in CaCl_2 und der Gehalt an organischer Substanz aus der Differenz zwischen Trocken- und Aschegewicht bestimmt. Die Bodenproben wurden dem obersten mineralischen Horizont bis zu einer Tiefe von 5 cm entnommen. Der Wassergehalt des Bodens wurde 5 mal während der Untersuchungszeit als Differenz zwischen dem Feuchtgewicht und dem Trockengewicht ermittelt. Der Mittelwert aller 5 Proben ergibt den durchschnittlichen Wassergehalt des Bodens für jeden Wald.

Die statistischen Analysen wurden mit dem Programm Statistika (STATSOFT 1998) durchgeführt. Da das Ziel der Arbeit darin bestand, den Einfluss der Strukturparameter auf das Vorkommen von Laufkäfer zu untersuchen, sollte der Einfluss der Bodenfaktoren möglichst ausgeschlossen und die Wälder möglichst einer einzigen Laufkäfer-Gemeinschaft zugeordnet werden. Daher wurden die Laufkäferbestände der untersuchten Wäldern mit den 8 bekannten Gemeinschaften für Wälder in Schleswig-Holstein (IRMLER & GÜRLICH 2004) durch eine Clusteranalyse verglichen. Als Fusionsregel wurde „Unweighted Pair-Group Average“ und als Distanzmaß „Prozent Übereinstimmung“ gewählt. Für die Korrelationen zwischen den Aktivitätsdichten und den Umweltvariablen wurde die Spearman Rangkorrelation gewählt.

Neben den Korrelationsberechnungen zwischen den Aktivitätsdichten der einzelnen Arten und den Umweltparametern wurden auch die Artenzahlen der Wälder bezogen auf die 4 Parallelfallen und die Rarefaction Artenzahl bezogen auf 100 Individuen sowie die Zahl spezifischer Waldarten mit den Umweltparametern korreliert. Als spezifische Waldarten wurden die Arten gewertet, die nach IRMLER & GÜRLICH (2004) positiv mit der Kronendeckung korrelieren. Nur *Pterostichus niger* wurde nicht mit einbezogen, da er ausdrücklich als euryök bezeichnet wurde.

3 Ergebnisse

3.1 Standortfaktoren

Das Untersuchungsgebiet wurde wegen seiner einheitlichen Bodenverhältnisse ausgesucht, da dies Voraussetzung für einen geringen Einfluss der Bodenparameter auf die Vorkommen der Laufkäfer ist. Die Bodenparameter sind daher einheitlich (Tabelle 1). Der Wassergehalt schwankt zwischen 13 und 36 % und zeigt damit trockene bis frische Verhältnisse an. Die pH-Werte sind zum Teil mit 2,7 sehr niedrig, was auf die schwach gepufferten sandigen Böden zurückzuführen ist. Insgesamt geben sie äußerst saure bis stark saure Verhältnisse an (ARBEITSGEMEINSCHAFT BODEN 1994). Die Gehalte an organischer Substanz liegen im mittel humosen bis sehr stark humosen Bereich. Die Flächengröße der Wälder umfasst eine große Spanne zwischen 0,9 ha und 191 ha. Der Abstand zum nächsten Wald und die Laubdeckung sind dagegen wenig variabel. Insbesondere die Laubdeckung hat

Tab. 2: Dominanzen der Arten, die mit mindestens 0,1 % in einem Wald vorkamen, gefährdete Arten der Roten Liste (RL) Schleswig-Holstein (ZIEGLER & SUIKAT 1994) sowie die als typisch für Wälder ausgewählten Arten (S).

Arten	RL	S	4	0	1	2	3	5	6	7	8	9	10
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	X		7,30	43,20	11,90	6,30	4,80	6,30	4,10	19,20	10,60	7,50	14,50
<i>Abax parallelepipedus</i>	X		13,70	13,30	7,00	4,20			16,80	4,10	1,50	8,60	
<i>Carabus coriaceus</i>	X		4,30	1,40	1,40	1,50	4,40		2,10	4,20	2,70	2,30	4,40
<i>Carabus violaceus</i>	X		3,40										
<i>Leistus rufomarginatus</i>	X		0,20	4,60	+	0,10		0,30		0,10		0,30	
<i>Carabus hortensis</i>	X		23,00	16,20	71,10	26,70	68,10	26,50	65,30	48,00	63,70	49,20	52,70
<i>Notiophilus biguttatus</i>	X		4,80	7,80	0,80	4,60	4,90	6,60	5,50	5,70	4,90	7,00	4,50
<i>Calathus rotundicollis</i>	X		0,20		2,40	32,60		29,50	1,60	0,80	3,20	12,70	14,40
<i>Pterostichus niger</i>			0,30	2,50	1,80	10,20	11,70	5,90	2,20	12,00	2,40	4,70	3,50
<i>Nebria brevicollis</i>			20,50	0,90	0,30	0,30		1,40	0,10	2,10		2,60	2,20
<i>Carabus nemoralis</i>			3,50	4,30	1,90	4,80	0,30	1,50	0,90	0,30	5,50	3,00	0,30
<i>Pterostichus melanarius</i>			12,70		0,30	6,20	2,90	1,80	0,10	0,20	0,60	0,20	0,30
<i>Amara brunnea</i>	X	X						14,00			0,20		
<i>Loricera pilicornis</i>			0,40		0,10	0,10	0,70	3,10	0,10	0,30	0,20	0,20	
<i>Pterostichus strenuus</i>					0,10	0,10	0,40	0,10	0,20	1,60	1,20	0,50	0,20
<i>Platynus assimilis</i>			3,70			0,20	0,10	0,10				0,10	0,10
<i>Carabus convexus</i>	X	X			0,10	0,30		1,30	0,10	0,30	1,80	0,20	0,20
<i>Harpalus latus</i>			0,20	3,40	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10		0,10		
<i>Harpalus quadripunctatus</i>	X	X	0,10	1,10	0,10	0,60		0,50	0,30	0,20	0,30	0,10	
<i>Carabus granulatus</i>			1,50		0,40	0,10					0,20		
<i>Stomis pumicatus</i>			0,10				1,20	0,10		0,40	0,10		0,10
<i>Calathus micropterus</i>	X	X						0,20	0,10				1,50
<i>Calathus fuscipes</i>				0,20	0,20	0,30	0,10				0,20		0,50
<i>Trechus obtusus</i>				0,20					0,50			0,10	0,10
<i>Badister lacertosus</i>		X			+	0,10	0,10	0,10		0,10		0,40	
<i>Synuchus vivalis</i>				0,20		0,10		0,10		0,10		0,30	
<i>Harpalus rufipes</i>					+	0,30		0,10					0,10
<i>Amara similata</i>				0,20		0,10				0,10			
<i>Poecilus versicolor</i>						0,10	0,10			0,10			0,10
<i>Pterostichus nigrita</i>			0,10	0,20									
<i>Cychrus caraboides</i>		X			+			0,10				0,10	
<i>Asaphidion curtum</i>		X										0,10	
<i>Laemostenus terricola</i>		X								0,10			
<i>Carabus cancellatus</i>		X							0,10			0,10	

nur eine geringe Schwankungsbreite von 60,5 % in einem reinen Nadelwald und 80,8 % in einem Laub-Nadel-Mischwald.

3.2 Zusammensetzung der Laufkäferfauna

In den 11 Wäldern wurden insgesamt 49 Arten mit über 18.000 Individuen erfasst. Von diesen 49 Arten stehen 6 Arten auf der Roten Liste Schleswig-Holsteins (ZIEGLER & SUIKAT 1994). Die häufigste Art war *Carabus hortensis*, die in den Wäldern 1,

3, 6 und 8 schon über 60 % aller Individuen ausmachte (Tabelle 2). Weitere häufige und in allen Wäldern vorkommende Arten waren *Pterostichus oblongopunctatus*, *Notiophilus biguttatus*, *Pterostichus niger* und *Carabus nemoralis*. Die häufigsten Arten waren auch gleichzeitig die für Wälder in Schleswig-Holstein charakteristischen Arten, die als ubiquitäre Waldarten oder als Arten großer Wälder bezeichnet werden können (IRMLER & GÜRLICH 2004). Typische Arten sandiger Wälder sind *Carabus convexus* und *Carabus violaceus*, wobei insbesondere *C. convexus* die trocken-sandigen

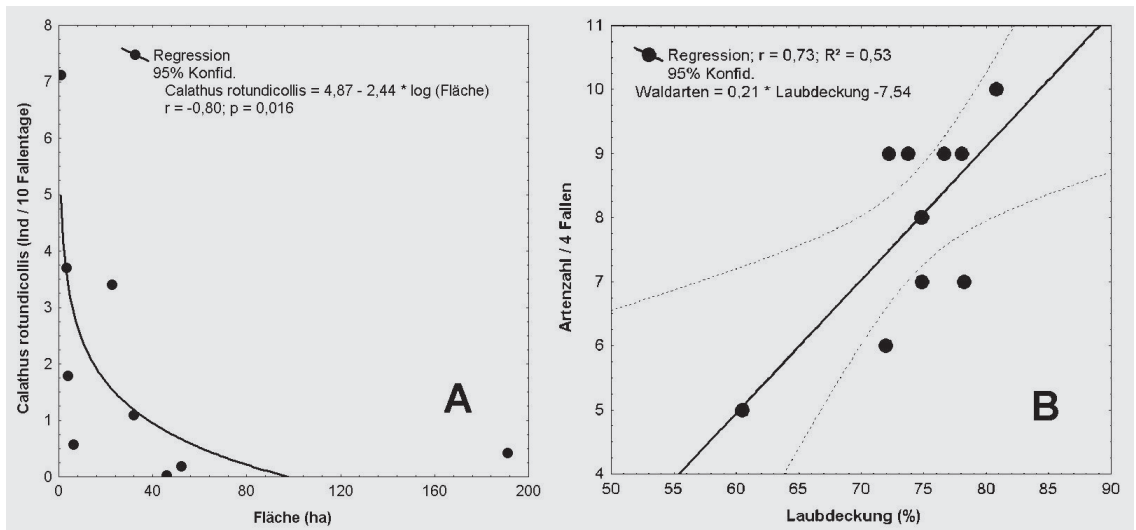


Abb. 2: Beziehung zwischen Waldfläche und Aktivitätsdichte von *Calathus rotundicollis* (A) sowie Laubdeckung und der Anzahl charakteristischer Waldarten (B).

Wälder bevorzugt.

Mit der Clusteranalyse wurden fast alle Wälder der von IRMLER & GÜRLICH (2004) als Gemeinschaft Nr. 6 bezeichneten Gruppe der „trockenen Laub- oder Nadelwälder“ zugeordnet. Nur der Wald Nr. 4 war mit den „frischen Laub- oder Nadelwäldern“ ähnlicher als mit den übrigen hier untersuchten Wäldern.

3.3 Beziehungen zu den Umweltparametern

Die Spearman Rangkorrelationsanalyse ergab für 8 Arten signifikante Ergebnisse (Tabelle 3). Drei Arten wiesen nur signifikante Beziehungen zu dem Gehalt an organischer Substanz bzw. zum Wassergehalt auf. Für zwei Arten ergab sich eine signifikante Korrelation mit der Fläche, wobei eine Art, *Abax parallelepipedus*, positiv mit der Fläche korreliert war. Dagegen waren drei Arten mit der Laubdeckung negativ korreliert, obwohl dieser Parameter nur eine geringe Streuung zwischen den Wäldern aufwies. Keine Art war signifikant mit der Isolation korreliert. *Abax parallelepipedus* war zwar in großen Wäldern häufiger als in kleinen, aber unabhängig von der Entfernung zum nächsten Wald.

Die Regressionsanalyse ergab für *Abax parallelepipedus* eine positive lineare Beziehung zwischen Waldfläche und Aktivitätsdichte (AD) nach der Formel $AD = 0,98 + 0,02 * \text{Fläche (ha)}$. Für die Art er-

gab sich bei 1 ha Fläche maximal etwa 1 Ind./10 Fallentage. Die Aktivitätsdichte stieg über ca. 2 Ind./10 Fallentage bei 50 ha auf 4 Ind./10 Fallentage bei ca. 180 ha an. Bei *Calathus rotundicollis* war dagegen eine logarithmische Abnahme mit der Fläche festzustellen (Abb. 2). Die Regressionsformel war: $AD = 4,87 - 2,44 * \log(\text{Fläche, ha})$. Bereits bei 40 ha sinkt die Dichte von 7 Ind./10 Fallentage auf unter 1 Ind./10 Fallentage. Bei 100 ha Waldfläche ist die Art im Durchschnitt nicht mehr anzutreffen.

Für alle Arten, die mit der Laubdeckung (LD) ein negative signifikante Korrelation aufwiesen, war die Regression linear. Danach verschwinden die Arten *Pterostichus niger* und *Harpalus quadripunctatus* bei einer Laubdeckung über 85 % aus den Wäldern, *Poecilus versicolor*, der als typisch für Grünland in Schleswig-Holstein gelten kann (IRMLER & GÜRLICH 2004), schon bei über 75 %. Für *Pterostichus niger* lautet die Formel: $AD = 7,54$

Tab. 3: Ergebnisse der Spearman Rangkorrelation mit den gemessenen Boden- und Strukturparametern.

Art	Fläche	Laub- deckung	Gehalt org. Substanz	Wasser gehalt
<i>Abax parallelepipedus</i>	0,76			
<i>Calathus rotundicollis</i>	-0,80			
<i>Harpalus quadripunctatus</i>		-0,68		
<i>Pterostichus niger</i>		-0,83		
<i>Poecilus versicolor</i>		-0,85		
<i>Carabus coriaceus</i>			0,65	0,67
<i>Stomis pumicatus</i>				0,67
<i>Harpalus rufipes</i>				-0,64

– 0,09 * LD, für *Harpalus quadripunctatus*: AD = 0,72 – 0,04 LD und für *Poecilus versicolor*: AD = 0,08 – 0,001 LD.

Keiner der untersuchten Parameter war mit der Artenzahl / 4 Fällen oder der Rarefaction Artenzahl korreliert. Dagegen war eine deutliche Beziehung zwischen der Anzahl typischer Waldarten und der Laubdeckung vorhanden (Abb. 2). Die Korrelation war im untersuchten Bereich linear. Danach verschwinden im Mittel bei einer Laubdeckung unter 55 % die typischen Waldarten.

4 Diskussion

Um den Einfluss der Strukturparameter, Flächengröße, Isolation und Laubdeckung, auf die Laufkäferfauna zu untersuchen, muß vorausgesetzt werden, dass der Einfluß der Bodenparameter auf die Vorkommen der Laufkäfer gering gehalten wird. Hinsichtlich der Artenzusammensetzung kann diese Voraussetzung als erfüllt gelten, da bis auf den Wald Nr. 4 die Wälder dem Typ „trocken-sandige Laub- und Nadelwälder“ in Schleswig-Holstein zugeordnet werden (IRMLER & GÜRLICH 2004). Für diesen Typ der Laufkäfergemeinschaft ist die starke Dominanz von *Carabus hortensis* charakteristisch. Im Mittel erreicht die Art in diesem Waldtyp über 60 % Dominanz. Dies trifft auch für 4 der 11 Wälder zu. Demgegenüber erreichen Arten, wie *Abax parallelepipedus* und *Carabus violaceus*, im Typ „frische Laub- und Nadelwälder“ höhere Dominanzen, die durchschnittlich bei 20 % bzw. 9,8 % liegen. Diese Verhältnisse führen dazu, dass sich der Wald Nr. 4 von den übrigen Wäldern unterscheidet und in die Laufkäfergemeinschaft der „frischen Laub- und Nadelwälder“ fällt. Im Wald Nr. 4 ist aber die Dominanz von *Abax parallelepipedus* und *Carabus violaceus* etwas geringer als sie im Mittel für diesen Typ zu erwarten wäre, so dass er als Übergang zwischen den beiden Gemeinschaften angesehen werden kann.

Vergleicht man die Mittel der Standortfaktoren der untersuchten Wälder mit den von IRMLER & GÜRLICH (2004) angegebenen Werte für die Laufkäfergemeinschaft der trocken-sandigen Wälder, ergibt sich ebenfalls eine große Übereinstimmung. Der Gehalt an organischer Substanz und der pH-Wert liegen, wie im Mittel dieses Typs in Schleswig-Holstein, bei 9 % bzw. bei 3,4 %. Der Wassergehalt

ist allerdings mit durchschnittlich 24 % deutlich niedriger als der Durchschnitt in diesem Waldtyp, der bei 34 % liegt. Dies kann mit dem sehr trockenen Sommer des Jahres 2006 zusammenhängen. Als wichtigster Unterschied zwischen den Typen „trocken-sandiger Laub- und Nadelwald“ und „frischer Laub- und Nadelwald“ wird bei IRMLER & GÜRLICH (2004) die Bodenfeuchte angegeben, die im ersten Typ durchschnittlich 34 % und im zweiten 47 % betragen soll. Da sich der Bodenwassergehalt in Wald Nr. 4 nicht von den übrigen Wäldern unterschied, lässt sich auch aufgrund der Bodenverhältnisse der Wald Nr. 4 als Übergangstyp ansehen. Aus diesem Grund wurde er trotz der Unterschiede zu den übrigen Wäldern mit in die Analyse der Strukturparameter einbezogen. Die Werte für die Laubdeckung lassen sich nicht mit den bei IRMLER & GÜRLICH (2004) angegebenen Werten vergleichen, da bei der vorliegenden Arbeit eine genauere Messmethode angewandt wurde.

Eine ähnliche Untersuchung zum Einfluss der Flächengröße und –isolation führte GRUTTKE (2001) in einer Bördellandschaft in Nordrhein-Westfalen durch. Er findet für die Gesamtartenzahl der Laufkäfer ebenfalls keine Beziehung zur Flächengröße der Wälder, wohl aber für die Anzahl spezifischer Waldarten, die in Wäldern über 6,5 ha fast viermal so hoch war wie in Gehölzen unter 0,4 ha. Diese Beziehung war auch bei ihm stärker als die Isolation, gemessen an der Entfernung zum nächsten Wald. Auch DÜLGE (1989, 1994) findet einen Zusammenhang zwischen der Artenzahl von Waldcarabiden und der Fläche der Wälder, betont aber, dass das Alter der Wälder einen stärkeren Einfluss ausübt. In Schleswig-Holstein wurde außerdem eine Korrelation zwischen der Waldfläche und der Anzahl gefährdeter Arten gefunden (IRMLER 2001). In der vorliegenden Untersuchung ließ sich diese Beziehung allerdings nicht bestätigen. Auch in einem kleinen Wald von 3,4 ha wurden ebenso wie in dem großen Wald von 191 ha 4 gefährdete Arten nachgewiesen.

Demgegenüber stieg in der vorliegenden Untersuchung die Anzahl der Waldarten mit der Laubdeckung an, obwohl einige walddtypische Arten, wie *Harpalus quadripunctatus*, negativ mit der Laubdeckung korreliert waren. Da keine vergleichbaren Untersuchungen zum Einfluss der Laubdeckung vorliegen, ist diese Beziehung schwer zu interpretieren. Sie kann einerseits spezifisch für Schleswig-Holstein sein, wo wenige walddtypische Laufkäferar-

ten vorhanden sind. Andererseits kann die positive Beziehung zwischen Waldfläche und Artenzahl, wie sie GRUTTKE (2001) und DÜLGE (1989, 1994) nachweisen, auch mit der Laubdeckung zusammenhängen, da große Wälder häufig im Zentrum dichtere Baumbestände haben. JUNKER & ROTH (2000) fanden bei schwacher Schirmhiebsintensität die höchsten Artenzahlen der Laufkäfer. Da dieser Effekt für die Artenzahl silvicolier Laufkäfer nicht untersucht wurde, könnte dieses Ergebnis nur den bereits von GRUTTKE (2001) und DÜLGE (1989, 1994) beschriebenen Anstieg der Gesamtartenzahl der Laufkäfer mit abnehmender Fläche widerspiegeln. KOIVULA et al. (2002) führen nach ihren Untersuchungen verschieden alter Wälder die Zunahme von charakteristischen Waldarten ebenfalls auf den zunehmenden Kronenschluss zurück.

Für vier Arten findet GRUTTKE (2001) eine höhere Aktivitätsdichte in großen Wäldern als in kleinen. Von diesen kommt aber nur die Art *Abax parallelepipedus* in Schleswig-Holstein vor. Mit der vorliegenden Untersuchung kann die Korrelation zwischen Aktivitätsdichte der Art und der Waldfläche bestätigt werden. Allerdings zeigen die Untersuchungen in Schleswig-Holstein, dass weitere Umweltparameter das Vorkommen von *Abax parallelepipedus* stark beeinflussen. So war in dem kleinsten Wald mit 0,9 ha Fläche die Art vertreten, fehlte aber in drei größeren Gehölzen. Zwei von diesen waren stark isoliert mit über 600 m zum nächsten Wald. Der dritte Wald war jedoch weder stark isoliert noch sehr klein. Hier muss als Ursache für das Fehlen der Art die intensive Forstwirtschaft angesehen werden. Vor der Aufforstung hatte anscheinend ein Umbruch stattgefunden, da noch deutliche Spuren der Bodenbearbeitung zu erkennen waren. Der kleinste Wald war dagegen, trotz weiter Entfernung zum nächsten Wald, durch eine Allee mit altem Baumbestand (an der alten Kirchallee zwischen dem Gut Perdoel und Bornhöved stehen zum Teil mehrere hundert Jahre alte Eichen) mit dem nächsten Wald verbunden. Nach SUSTEK (1992) ist die Länge von geeigneten Korridoren von nachrangiger Bedeutung für die Ausbreitung von Waldcarabiden. Wichtiger ist die Ausstattung mit heimischen Bäumen oder Sträuchern und mit Laubstreu.

Für andere typische Arten der Wälder, wie *Pterostichus oblongopunctatus*, findet auch GRUTTKE (2001) nur eine schwache Beziehungen zur Waldfläche. *Calathus rotundicollis* ist in der nieder-

rheinischen Börde ebenfalls in kleinen Waldflächen häufiger als in großen. GRUTTKE (2001) führt das Vorkommen von *Calathus rotundicollis* in den kleinen Gehölzen auch auf sein starkes Ausbreitungspotenzial zurück. Die vorliegende Arbeit läßt aber eher den Schluss zu, dass er auf Waldränder spezialisiert ist, da er zwar eindeutig zu den silvicolen Arten geordnet wird (IRMLER & GÜRLICH 2004), aber die Aktivitätsdichte mit Zunahme der Waldfläche logarithmisch sinkt. Bei anderen Arten ist die Abhängigkeit von Waldstrukturen schwieriger zu interpretieren. Bei *Harpalus quadripunctatus* findet auch GRUTTKE (2001) keine Beziehung zur Waldfläche oder -isolation. Er vermutet, dass das Alter der Wälder eine Rolle spielt, da er sie ausschließlich in Waldreliktflächen fand. Leider gibt es keine vergleichbaren Untersuchungen zum Einfluss der Kronendeckung. Nach den vorliegenden Daten ist *Harpalus quadripunctatus* eine Art lichter Wälder unabhängig von Alter, Fläche und Isolation. Dafür sprechen auch die Untersuchungen von BORTMANN (1996). Sie fand auf einer Windbruchfläche signifikant höhere Aktivitätsdichten als im umgebenden Wald. Ebenso betonen KOIVULA et al. (2002), dass *H. quadripunctatus* hauptsächlich die jungen Wälder mit geringer Beschattung bevorzugt. Zu dieser ökologischen Gruppe gehören auch euryöke Arten, wie *Pterostichus niger*, der in fast allen schleswig-holsteinischen Laufkäfergemeinschaften anzutreffen ist. *Poecilus versicolor*, der ebenfalls negativ mit der Beschattung korreliert, ist als typische Art des Grünlandes eingestuft worden (IRMLER & GÜRLICH 2004) und daher in Wäldern nicht als autochthon anzusehen.

Bereits POLLARD (1968) betont, dass sich kleine Waldinseln in ihrer Artenzusammensetzung der Carabiden kaum von Hecken unterscheiden und somit wenig zum Refugialpotential für silvicolie Laufkäfer beitragen. Diese Ergebnisse wurden in jüngster Zeit vielfach bestätigt, z.B. von FOURNIER & LOREAU (2001). Nach der vorliegenden Untersuchung ist allerdings festzustellen, dass diese Schlussfolgerung nicht verallgemeinert werden kann. Möglicherweise hängt, wie dies auch KOIVULA et al. (2002) darstellen, das Refugialpotential für silvicolie Laufkäfer wesentlich mehr vom Kronenschluss ab, als von der Fläche des Waldreliktes. Auch wenn mit abnehmendem Kronenschluss die Anzahl silvicolier Laufkäferarten sinkt, können lichte Wälder noch gefährdete Arten enthalten, die gerade solche lichten Waldverhältnisse bevorzugen,

wie *Harpalus quadripunctatus*. Auch andere gefährdete Arten, wie *Amara brunnea* und *Carabus convexus*, scheinen an lichte Waldverhältnisse gebunden zu sein, so dass auch kleine Waldinseln ein Refugium für diese Arten bilden können (IRMLER & GÜRLICH 2004).

Literatur

- ARBEITSGEMEINSCHAFT BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Auflage. – Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 392 S.
- ASSMANN, T. (1999): The ground beetle fauna of ancient and recent woodlands in the lowlands of north-west Germany (Coleoptera, Carabidae). – Biodiversity and Conservation 8: 1499–1517.
- BORTMANN, I. (1996): Heterogenitäten der Besiedlung durch Laufkäfer (Col.: Carabidae) in einem Buchenwald. – Faun. Ökol. Mitt. Suppl. 22: 87–126.
- DÜLGE, R. (1989): Einflüsse verschiedener Standortparameter auf die Besiedlung von Habitatinseln durch Carabidae. – Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent. 7: 190–198.
- DÜLGE, R. (1994): Zum Einfluß von Flächengröße und Isolation auf die Besiedlung nordwestdeutscher Nadelforsten durch Carabiden (Coleoptera: Carabidae). – Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent. 9: 305–312.
- FOURNIER, E. & M. LOREAU (2001): Respective roles of recent hedges and forest patch remnants in the maintenance of ground-beetle (Coleoptera: Carabidae) diversity in an agricultural landscape. – Landscape Ecology 16: 17–32.
- GRUTTKE, H. (2001): Welche Bedeutung haben Habitatgröße und -isolation für das Vorkommen walddtypischer Laufkäfer in Waldrelikten und Kleingehözen einer Agrarlandschaft? – Angewandte Carabidologie Supplement 2: 81–98.
- IRMLER, U. (1999/2000): Environmental characteristics of ground beetle assemblages in northern German forests as basis for an expert system. – Zeitschrift Ökologie u. Naturschutz 8: 227–237.
- IRMLER, U. (2001): Charakterisierung der Laufkäfergemeinschaften schleswig-holsteinischer Wälder und Möglichkeiten ihrer ökologischen Bewertung. – Angewandte Carabidologie Supplement 2: 21–32.
- IRMLER, U. & S. GÜRLICH (2004): Die ökologische Einordnung der Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae) in Schleswig-Holstein. – Faun.-Ökol. Mitt. Suppl. 32: 117 S.
- JUNKER, E. A. & M. ROTH (2000): Auswirkungen waldbaulicher Eingriffe in die Überschirmung auf ausgewählte Gruppen epigäischer Regulatoren im Bergmischwald (Araneae; Coleoptera: Carabidae). – Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent. 12: 61–66.
- KOIVULA, M., KUKKONEN, J. & J. NIEMELÄ (2002): Boreal carabid-beetle (Coleoptera, Carabidae) assemblages along the clear-cut originated succession gradient. – Biodiversity and Conservation 11: 1269–1288.
- MICROGRAFX INC. (1995): Micrografx Picture Publisher Version 6 für Windows 95, Tualatin, USA.
- MLETZKO, G. (1972): Ökologische Valenzen von Carabidenpopulationen im Fraxino-Ulmetum (Tx52, Oberst 53). – Beiträge zur Entomologie 22: 471–485
- NORTHPORT SYSTEMS INC. (2004): FUGAWI Version 3.1.4.746. Toronto, Canada.
- POLLARD, E. (1968): Hedges. IV. A comparison between the Carabidae of a hedge and field site and those of a woodland glade. – Journal applied Ecology 5: 649–657.
- SPENCE, J. R., LANGOR, D. W., NIEMELÄ, J., CARCAMO, H. A. & C. R. CURRIE (1996): Northern forestry and carabids: the case for concern about old-growth species. – Ann. Zoo. Fennici 33: 173–184.
- SROKA, K. & O.-D. FINCH (2006): Ground beetle diversity in ancient woodland remnants in north-west Germany (Coleoptera, Carabidae). – Journal Insect Conservation 10: 335–350.
- STATSOFT 1998: Statistica für Windows (Computer-Programm-Handbuch). – StatSoft Inc., Tulsa.
- SUSTEK, Z. (1992): Windbreaks and line communities as migration corridors for carabids (Col. Carabidae) in agricultural landscape of South Moravia. – Ekologia 11: 259–271.
- ZIEGLER, W. & R. SUIKAT (1994): Rote Liste der in Schleswig-Holstein gefährdeten Käferarten. Kiel. – Landesamt für Naturschutz u. Landschaftspflege.

Anschrift des Verfassers

Ulrich IRMLER
Ökologie-Zentrum, Christian-Albrechts Universität
Olshausenstrasse 40
D-24098 Kiel
E-mail: uirmler@ecology.uni-kiel.de