

Die Hecke als Lebensraum, Refugium und Vernetzungsstruktur und ihre Bedeutung für die Dispersion von Waldcarabidenarten

Erich Glück und Astrid Kreisel

Inhaltsübersicht

1. Einleitung	00
2. Untersuchungsstandort und Beschreibung der Hecken	00
3. Material und Methoden	00
3.1 Erfassungsmethoden	
3.2 Markierung der Carabiden	
3.3 Vögel	
3.4 Auswertung	
4. Ergebnisse	00
4.1 Die Hecke als Lebensraum	
4.1.1 Gehölze als prägende Elemente	
4.1.2 Das Klima in Hecken	
4.2 Einfluß des Windes auf die Verteilung von Tieren in der Strauchschicht	
4.3 Brüten von Vögeln in Hecken und Abhängigkeiten von Strukturunterschieden	
4.4 Die Hecke als Lebensraum für Nützlinge	
4.5 Die Hecke als Refugialraum	
4.6 Die Hecke als Vernetzungselement	
4.7 Bedeutung der Hecke für die Dispersion von <i>Abax parallelepipedus</i> und <i>Carabus problematicus</i>	
4.7.1 Kleinräumige Verteilung im Heckeninnern	
4.7.2 Lokale Vorzugs-Laufrichtungen	
4.7.3 Laufentfernung und potentielle Ausbreitungsaktivität	
5. Schlussfolgerungen	00
5.1 Lebensraum Hecke: Struktureigenschaften und Besiedlung	
5.2 Refugialraum Hecke: Wechselwirkung mit dem Umland	
5.3 Vernetzungselement Hecke: Besiedlung und Austausch von Waldarten	
5.4 Kriterienkatalog zur funktionalen Hecken-gestaltung	
6. Zusammenfassung	00
7. Literaturverzeichnis	00

1. Einleitung

Aus ökologischer Sicht ist Raum oder Landschaft zugleich auch ein Gefüge oder Muster von Ökosystemen. Die Hecke als Bestandteil der Landschaft kann als ein Ökosystem betrachtet werden. Unter einem Ökosystem verstehen wir das Beziehungsgefüge der Lebewesen untereinander und mit ihren Lebensraum. Diese Beziehungsgefüge sind oft sehr sensibel gegenüber anthropogener Beeinflussung.

Hecken sind ökosystematisch betrachtet Saumbiotop, wie Bach- und Flußufer oder Waldränder. Es sind linienartig angeordnete, vorwiegend aus Sträuchern mit eingestreuten Bäumen bestehende Pflanzengesellschaften meist anthropogenen Ursprungs mit einer maximalen Breite von 12–15 m (ROTTER & KNEITZ 1977, POHLE 1978).

Hecken können in verschiedene Heckentypen eingeteilt werden nach den an ihrer Ausbildung beteiligten Gehölzarten oder der morphologischen Ausgestaltung (Struktur) in verschiedenen Höhenstufen (Wuchshöhe):

Kastenhecken: sie werden jährlich zurückgeschnitten und haben eine Höhe von 80–120 cm. Sie dienen hauptsächlich der Begrenzung von Viehweiden als sogenannte lebende Weidezäune.

Niederhecken: sie bestehen aus niederen Sträuchern, die eine Höhe von ca. 2–3 m erreichen. Damit die Hecken diese Maße behalten, werden sie regelmäßig beschnitten.

Hochhecken: sie setzen sich aus niederen Sträuchern und höheren Büschen zusammen. Die Hochhecken erreichen eine Höhe von 6–8 m.

Baumhecken: neben den niederen Sträuchern und höheren Büschen sind an ihrer Ausgestaltung noch einzelne Bäume beteiligt.

Natürlich finden sich auch alle Übergänge zwischen den Heckentypen je nach Pflegeintensität und Gehölzartenzusammensetzung.

Im Vergleich zu dem infolge der Intensivierung der Landwirtschaft faunenmäßig verarmten Umland (Dauergrünland oder Feldkultur) bieten Hecken das Potential eines hochwertigen Lebensraumes für eine Vielzahl von Tier- und Pflanzenarten (TISCHLER 1948, 58). 10.000 Tierarten, darunter die Hälfte der einheimischen Säugetiere, sämtliche Reptilien und 20% der einheimischen Vogelarten sowie mehr als 1000 Pflanzenarten bevölkern diesen Lebensraum (STREETER et al. 1985). Hecken und Feldgehölze haben große Bedeutung für die Arterhaltung von Tieren und Pflanzen (ROTTER & KNEITZ 1977) und als Reservoir tierischer Nützlinge für das landwirtschaftliche Umland (ZWÖLFER et al. 1981).

Bislang wurden Hecken unter relativ einseitigen Aspekten und in der Regel ohne umfassende Berücksichtigung der Wechselbeziehungen zum Umland bearbeitet oder nur die Biologie/Ökologie einzelner Tierarten (Tiergruppen) abgehandelt (Übersicht ROTTER & KNEITZ 1977). Neuerdings wurden in Oberfranken (ZWÖLFER et al. 1984) umfangreiche vergleichende Freilanduntersuchungen an Hecken unterschiedlichen Alters ausgeführt. Die Untersuchungen zielten hauptsächlich auf die produktionsbiologische Bedeutung des Systems Hecke unter besonderer Berücksichtigung der Phytophagen ab. Floristisch wurden verschiedene Heckenstandorte unter ganz spezifischen Bodenbedingungen (WEBER 1967, EIGNER 1978, REIF et al. 1982) untersucht. Unter landschaftsgestalterischen und Flurbereinigungs-Aspekten fanden Untersuchungen von LUDWIG (1981), SPREIER (1982), MADER & MÜLLER (1984), MADER et al. (1986) statt.

Ziel unserer Untersuchungen ist es, in einer Einbeziehung des Umlandes und einer ansatzweisen ganzheitlichen Betrachtung des »Systems Hecke« unter Berücksichtigung der Boden-, Kraut- und Strauchschicht bewohnenden und die das Umland besiedelnden Tiere, die Wechselbeziehungen ausgesuchter Tiergruppen zwischen Hecke und Umland unter Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Beeinflussung dieses Systems und die vielschichtige Abhängigkeit von Bewirtschaftung,



a



b



c



d



e



f

Abbildung 1

Die untersuchten Hecken zu unterschiedlichen Jahreszeiten

- a Hecke 1, Hohlweghecke breit (HWb) Gesamtansicht mit Waldanschluß
- b Hecke 1, Hohlweghecke breit (HWb) Blick ins Innere »Hohlweg«
- c Hecke 2, Hohlweghecke schmal (HWs) Gesamtansicht
- d Hecke 3, Heckennetz (HN) Gesamtansicht
- e Hecke 4, Hecke am Trockenhang Etzlenberg (TrH) Gesamtansicht
- f Hecke 5, Hecke in Seffent, (SE) Längsansicht
- g Hecke 7, Königsmühle (Km)



g

Struktur und Besiedlung der Hecke und des sie umgebenden Agrarlandes zu erfassen.

In der vorliegenden Arbeit sollen die Aspekte Hecke als Lebensraum, als Refugium und als ein mögliches Vernetzungselement betrachtet werden. Die Nutzung unterschiedlich strukturierter Hecken durch verschiedene Tierarten steht dabei im Vordergrund. Zunächst werden die Beziehungen zwischen verschiedenen Heckentypen, dem Mikroklima und der Gehölzartenzusammensetzung aufgezeigt.

Die Bedeutung von Struktureigenschaften der Hecke für Vögel wird herausgearbeitet. Das Nutzungspotential einer Hecke wird exemplarisch aufgezeigt an entomophagen Heteropteren (Wanzen). Der Lebensraum Hecke als Refugium und seine Bedeutung bei Bewirtschaftungsmaßnahmen im Umland, wird am Beispiel der Dipteren dargestellt. Die Ausdehnung (Länge, Breite, Fläche) von Hecken und der Isolationsgrad (Entfernung zur nächsten Gehölzstruktur) wird in Relation zur Carabidenbesiedlung beschrieben und bewertet.

Die Hecke als Element des Biotopverbundes wird am Beispiel des Wanderverhaltens und des Individuenaustausches zwischen benachbarten Carabidenpopulationen herausgestellt.

2. Untersuchungsstandorte und Beschreibung der Hecken

Die sieben untersuchten Hecken (Abb. 1) befinden sich im Vorland des »Hohen Venns« (Eifel) südöstlich von Aachen (Hecke 1–4, 6 und 7, ca. NN +250 m; 6° 10'E, 50° 43'N) und im Aachener Hügelland (Hecke 5, ca. NN + 200 m; 6° 3'E, 50° 48'N).

Die Hecken dieses Gebietes gehören zum »maritimen Heckengürtel« (TROLL 1951). Die nördliche Eifel bietet auf kleiner Fläche eine ungewöhnliche Vielfalt von geologischen Formationen und tektonischen Strukturen. Das Gebiet ist durch den Venn-Sattel geprägt, als beherrschendes Element des im Karbon entstandenen Faltengebirges. Das Klima der Voreifel ist subatlantisch, aufgrund seiner relativ kühlen Sommer, milden Winter, einer

relativ hohen Luftfeuchtigkeit und reichhaltiger Niederschläge (800–900 mm bei Aachen, DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT 1979). In Zusammenhang mit der vorherrschenden intensiven Grünlandwirtschaft sind besonders in Hanglagen viele Hecken als Eingrenzung von Weideflächen und als Witterungsschutz für das Vieh erhalten geblieben.

Pflanzensoziologisch sind die Nord-Süd-orientierten, gehölzartenreichen Böschungshecken 1 und 2 der Assoziation Carpino-Prunetum (Tx. 1952) zuzuordnen, wobei im Unterwuchs typische Elemente der Buchenwälder (*Fagetalia*) hinzukommen. Die ebenfalls gehölzartenreiche Hecke 6, die im Frühjahr durch Waldunterwuchs (*Melico-Fagetum*) charakterisiert ist, kann stellenweise wegen des Vorkommens wärmeliebender Sträucher (*Berberis vulgaris*, *Ligustrum vulgaris*) als Ligustro-Prunetum angesprochen werden. Weniger gehölzartenreich ist die auf einem südexponierten Trockenhang liegende Böschungshecke 4. Die übrigen Hecken (3, 5 und 7) sind arm an Gehölzarten (lediglich *Crataegus* [2 sp.], *Prunus* [1 sp.], *Sambucus* [2 sp.], *Rosa* [div. spec.]).

Alle Hecken begrenzen als Grünlandhecken Weiden bzw. Wiesen. Das Umland der Hecken 4 und 6 wird extensiv genutzt, das der übrigen Hecken intensiv (vgl. Tab. 1).

Die Hecken unterscheiden sich voneinander durch ihre Breite und durch ihre Entfernung vom nächstgelegenen Wald (vgl. Abb. 2). Die »schmalen« (S) Hecken (3, 4 und 7) haben eine Breite von 1–2 m, die Hecken mit ausgedehnter Grundfläche (FL) (1, 2, 5 und 6) eine Breite zwischen 4 und 10 m. Hecke 1 unterscheidet sich von allen anderen Hecken durch direkte Vernetzung mit einem Wald (4 ha, ca. 50jähriger Fichtenforst, nach Südwesten in Laubmischwald übergehend). Hecke 2 ist in linearer Verlängerung ca. 25 m von Hecke 1 getrennt. Dieser Einschnitt ist vergrast und mit einzelnen Bäumen und Büschen bewachsen. Hecke 3 ist direkt mit Hecke 2 vernetzt. Die Hecken 4 und 5 sind 30–50 m vom nächstgelegenen Wald entfernt gelegen und nicht mit anderen Hecken vernetzt, die Hecken 6 und 7 sind völlig isoliert (vgl. Abb. 2).

Tabelle 1

Übersicht über die Untersuchungsstandorte 1984 und 1985. Angaben zur Ausdehnung der Hecken, Isolationsgrad, Exposition und Art des Umlandes

Standorte	Länge	Breite	Fläche	Exposition	Isolation	Umland	Orientierung der Hecken
1 Hohlweghecke HWB (breiter Teil) Wald	120 m	8-10 m	0,1 ha 4,0 ha	N-S	Waldanschluß	Wiese/ Weide	in einer Linie mit Hecke 2, quer zum Wald
2 Hohlweghecke HWS (schmalere Teil)	150 m	4-5 m	0,07 ha	N-S	180 m vom Wald	intensive Weide	quer zum Heckennetz
3 Heckennetz HN	225 m	1 m	0,02 ha	N-S	Anschluß an schmale Hecke	intensive Weide	
4 Trockenhanghecke TrH Etzlenberg	60 m	2 m	0,01 ha	NW-SO	50 m vom Wald	extensive Weide	parallel zur Weißdornhecke, quer zum Wald
Weißdornhecke	25 m	1 m	0,002 ha		15 m vom Wald	extensive Weide	
Wald			0,08 ha				
5 Seffenter Hecke SE Wald 1 Wald 2	160 m	6-8 m	0,35 ha 0,18 ha 0,40 ha	SW-NO	30 m vom Wald	intensive Weide	parallel zu weiteren Hecken
6 Trockenhanghecke Mb Mausbach	50 m	6-8 m	0,04 ha	N-S		extensive Weide	
7 Königsmühlenhecke Km	125 m	1,5-2 m	0,02 ha	O-W	150 m vom Wald	intensive Weide	längs zum Wald

		l=120 m b=8-10 m A=0,1 ha
2		l=150 m b=4-5 m A=0,08 ha
3		l=225 m b=1 m A=0,02 ha
4		l=60 m b=2 m A=0,01 ha
5		l=160 m b=6-8 m A=0,1 ha
6		l=50 m b=6-8 m A=0,04 ha
		l=125 m b=1,5-2 m A=0,03 ha

Abbildung 2

Schematische Übersicht zur Ausdehnung und Isolation der 7 untersuchten Hecken, die sich durch ihre Länge (l), Breite (b) und Fläche (A) sowie ihre Entfernung vom nächstgelegenen Wald unterscheiden.

Eine achte, bereits 1982 faunistisch bearbeitete schmale Feldhecke (Breite ca. 1-1,5 m, Länge 15 m) liegt nordöstlich von Aachen-Haaren (ca. NN + 240 m; 6° 08'E, 50° 48'N) ca. 100 m von einem Birkenwäldchen entfernt auf der Grenzlinie zwischen einem Acker und einer als Wiese bzw. Weide genutzten Grünlandfläche. Zu beiden Schmalseiten hin löst sich die Hecke in Einzelbüsche auf (Abb. 1).

3. Material und Methoden

3.1 Erfassungsmethoden

In den einzelnen Standorten wurden Tiere (insbesondere Arthropoden) in den Hecken und im Umland im wöchentlichen bzw. 14tägigen Rhythmus mit 10 verschiedenen Erfassungsmethoden gefangen (Tab. 2). Die Bodenfallen wurden wöchentlich, in den Hauptaktivitätsperioden von *Carabus problematicus* und *Abax parallelepipedus* täglich bei Sonnenauf- und Sonnenuntergang kontrolliert.

Die Insekten der Strauchschicht wurden mittels Luftklektoren und durch Klopfproben erfaßt. Luftklektoren (Abb. 3) sind nach dem Reusenprinzip arbeitende Fallen zum Fang flugaktiver oder vom Wind verdrifteter Insekten. Die Tiere fliegen gegen ein aus Gaze bestehendes Fangtuch, bewegen sich nach oben unter das Eklektordach und gelangen in ein Fangglas. Dieser Behälter be-

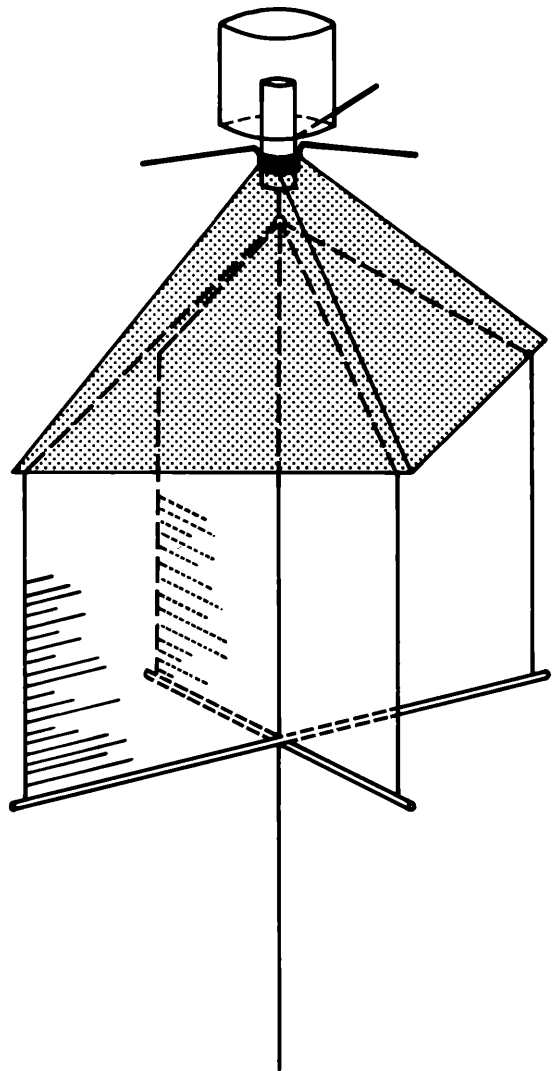


Abbildung 3

Luftklektor zum Fang flugaktiver oder vom Wind verdrifteter Insekten.

steht aus lichtdurchlässigem Kunststoff (Plexiglas) und ist mit Fangflüssigkeit (Formalin, 5%) gefüllt. Die Luftklektoren (n = 48, Tab. 2) waren am Heckenrand und im Umland in ca. 1,5 m Höhe aufgestellt und wurden wöchentlich kontrolliert. Klopfproben (n = 674, Tab. 2) wurden von 8 verschiedenen Straucharten der Gattungen *Crataegus*, *Prunus*, *Sambucus*, *Corylus*, *Rosa*, *Berberis* und *Viburnum* in ca. 1,5-2 m Höhe genommen. Mit

Tabelle 2

Methoden zur Erfassung der Fauna von Hecken und Umland

Methoden	Fallen- bzw. Probenzahl		Innenraum	Hecke			Umland		
	1984	1985		Saum	Wiese	Weide	Feld	Wald	
BODENSCHICHT									
Einzelfallen	253	97	+	+	+	+	+	+	
Kreuzfallen	42 (X4)	35 (X4)	+	+	+	+	+	+	
Fallenrinnen	7 (X2)	19 (X2)	+	+	+	+	+	+	
Fangquadrat			+	+	+	+	+	+	
Bodenextraktion		400	+	+	+	+	+	+	
Bodenphotoelektoren	24	24	+		+	+		+	
KRAUT- und STRAUCHSCHICHT									
Käscherfang	24	6	+	+	+	+	+		
Luftklektor	25	23	+	+	+	+	+	+	
Klopfprobe	37	15		+				+	
Handfang bzw. Beobachtung zu Intensivzeiten			+	+	+	+	+	+	

einem Stock wurden pro Gehölzart 5 Schläge auf einen Ast ausgeführt. Die herunterfallenden Tiere fingen sich in einem konischen Klopfschirm (Durchmesser 50 cm, Tiefe 70 cm), an dessen Spitze ein Fangglas befestigt war. Die Proben wurden an regenfreien Tagen in ca. 14-tägigen Intervallen jeweils vormittags zwischen 9 und 10 Uhr MEZ genommen.

Tiere der Krautschicht wurden durch Käscherränge (n = 306, Tab. 2, je 50 Schläge, Schrittweite 1 m) erfaßt. Gekäschert wurde am Heckenrand und im Umland jeweils vormittags in ca. 14-tägigen Intervallen (je nach Witterung).

Zum Fang der Bodenarthropoden, insbesondere der Carabiden wurden nach der BARBER-Fallenmethode Einzelfallen, »Kreuzfallen« (Abb. 4) und »Fallenrinnen« (Abb. 5) verwendet.

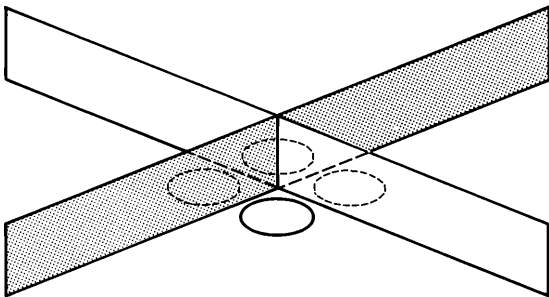


Abbildung 4

Schematische Ansicht einer Kreuzfalle, in deren innere Quadrantenecken je eine BARBER-Falle eingelassen ist.

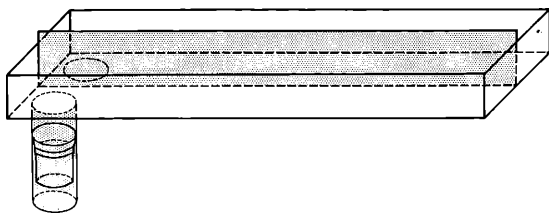


Abbildung 5

Schematische Ansicht einer Fallenrinne. An einem Ende jeder Fallenrinnen-Hälfte befindet sich eine BARBER-Falle.

Eine »Kreuzfalle« besteht aus zwei überkreuzten, ca. 3 cm tief in den Boden versenkten Kunststoffstegen (Trovidur, 10 cm hoch, 71 cm lang, Fläche eines Quadranten = $\frac{1}{4} \text{ m}^2$), in deren innere Quadrantenecke je eine Barberfalle eingelassen ist (Abb. 4).

Eine »Fallenrinne« wird aus einer Kunststoffrinne (Länge 1 m, Breite 20 cm, Höhe 5 cm) gebildet, die der Länge nach durch einen Steg (Höhe 10 cm) in zwei Hälften getrennt wird. An einem Ende jeder Fallenrinnen-Hälfte ist eine Barberfalle eingelassen (Abb. 5).

Einzelfallen waren im Innern der Hecken jeweils in Abständen von 10 m und je nach Länge der Hecke in unterschiedlicher Anzahl linear aufgestellt; bei den breiten Hecken (2, 5 und 6) zusätzlich auch am Heckenrand.

In der Hecke 1 sowie im anschließenden Wald war je ein Fallenfeld aus 3x3 Kreuzfallen installiert. Darüber hinaus befanden sich in dieser Hek-

ke sechs weitere Kreuzfallen (vgl. Abb. 23). Alle Kreuze wurden so orientiert, daß die Quadranten längs und quer zum Verlauf der Hecke ausgerichtet waren. Sieben Fallenrinnen, im Verbund mit dazwischen in den Boden eingelassenen Kunststoffstegen, waren als Barrieren an den Enden der Hecke 1 sowie am Rand des angeschlossenen Waldes aufgestellt. Alle Bodenfallen wurden als Lebendfallen verwendet und in täglichen bis einwöchigen Abständen kontrolliert.

3.2 Markierung der Carabiden

Alle größeren (ab 10 mm) gefangenen Carabiden wurden individuell markiert und am Fundort wieder freigelassen. Zur Markierung wurden Lackfarbstifte (Fa. Faber-Castell) in 15 verschiedenen Farben verwendet. Vorversuche mit markierten, im Labor gehälterten Käfern zeigten, daß die Farbe licht- und wasserbeständig ist.

Jeder Käfer erhielt durch Aufbringen eines oder mehrerer Farbpunkte (Durchmesser ca. 2–4 mm) auf festgelegte Positionen von Prothorax und/oder Elytren eine codierte Nummer und war somit individuell kenntlich (Abb. 6). Mit einer Farbe und

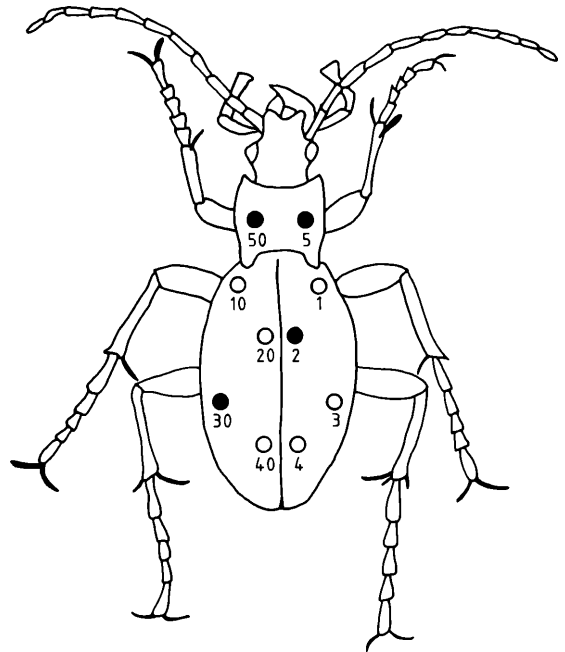


Abbildung 6

Codierungsschema zur Markierung eines Carabiden. Aufbringen von Farbpunkten auf festgelegte Positionen (o) von Prothorax und/oder Elytren. Das Beispiel zeigt die Codierung der Nummer 87 mit 4 Farbpunkten (●).

maximal 4 Markierungspunkten können die Zahlen 1–99 codiert werden. Höhere Nummern lassen sich durch Farbkombinationen erreichen.

Diese Lackstift-Methode bietet sich insbesondere im Freiland an, da eine Markierung mit Lackfarben leicht zu handhaben ist und einen Transport der Tiere ins Labor überflüssig macht. Zudem sind die Markierungen auch bei ungünstigem Licht leicht anzubringen und beim Wiederfang eines markierten Tieres schnell und eindeutig zu erkennen.

3.3 Kartierung und Erfassung der Vögel und Nester

In den Jahren 1984–1985 wurden während der Brutzeit an allen Heckenstandorten die singenden Männchen wöchentlich kartiert und ihre Gesangsreviere in Flurkarten 1:2500 eingetragen. Zusätzlich wurden die Nester aller in den oben beschriebenen Hecken brütender Vögel erfaßt und Nestkarten geführt. Insgesamt werden pro Neststandort 18 verschiedene Parameter erfaßt (vgl. GLÜCK 1983).

3.4 Auswertung

Die Kreuzfallen dienen der Analyse von Vorzugsrichtungen der rein lauffaktiven, flugunfähigen Käferarten. Vorzugsrichtungen wurden aus den Fangquoten (FQ) sowie ihrer Frequenz (F) in einzelnen Quadranten (k = N, S, O, W) einer Kreuzfalle (KF) ermittelt. Die Frequenz (F) gibt an, wie oft innerhalb eines Fangzeitraumes in gleich orientierten Richtungsquadranten aller Kreuzfallen einer Untersuchungsfläche eine höhere Fangquote als in den entgegengesetzt (+ 180°) ausgerichteten Quadranten erreicht wurde. Als Frequenz wird hier bezeichnet wie stetig (räumlich/zeitlich) ein Ereignis (quantitativ/qualitativ) innerhalb eines Probenumfanges auftritt.

Die Fallenrinnen ermöglichen darüber hinaus für die einzelnen Käferarten die Erfassung von Wanderungsbewegungen zwischen Wald und Hecke (einwandernde/auswandernde Tiere), indem der zurückgelegte Weg markierter Individuen von Falle zu Falle rekonstruiert werden konnte. Austauschraten der Käferarten zwischen Wald und Hecke wurden als prozentualer Anteil der Wiederfänge markierter Tiere an der Gesamtzahl aller registrierten Wiederfangereignisse errechnet. Fangquoten für Einzelfangzeiträume FQ_i und Gesamtfangzeiträume FQ_g werden berechnet, um Fangergebnisse aus unterschiedlicher Anzahl funktionstüchtiger Fallen und/oder aus unterschiedlich langen Fangzeiträumen zu vergleichen. Fangquoten von verschiedenen Untersuchungsflächen, die über gleich lange Zeitabschnitte (Jahreszeit) berechnet wurden, sind somit direkt miteinander vergleichbar. In die Berechnung der Gesamtfangquote geht die Anzahl fängiger Fallen (F_g) als zeitlich gewichtetes Mittel ein.

In den Formeln bedeuten:

- N_i — Individuenzahl der Fangperiode i.
- F_i — Zahl der repräsentativen Fallen der Fangperiode i.
- T_i — Zahl der Fangtage der Fangperiode i.
- FQ_i — Fangquote des i-ten Fangzeitraumes
- F_g — Summe fängiger Fallen
- FQ_g — Gesamtfangquote

$$FQ_i = \frac{N_i}{F_i T_i}$$

$$FQ_g = \frac{\sum_1^n N_i}{F_g \sum_1^n T_i} \quad \text{mit } F_g = \frac{\sum_1^n F_i T_i}{\sum_1^n T_i}$$

3.5 Klimamessungen

Die Temperatur- und Feuchtwerte der bodennahen Luftschicht der Untersuchungsflächen wurden mit Thermohygrographen (Fa. Lambrecht, Göttingen) kontinuierlich aufgezeichnet. Klimadaten zu Temperatur, Feuchte und Windrichtung der Luftschicht in 2 m Höhe lieferte die Klimaökologische Meßstation der RWTH Aachen und der Wetterdienst der Deutschen Wetterstation (Aachen).

4. Ergebnisse

4.1 Die Hecke als Lebensraum

4.1.1 Gehölze als prägende Elemente

An den Heckenbildungen sind insgesamt 23 verschiedene Gehölzarten beteiligt (Tab. 3). Die

Tabelle 3

Anzahl der Holz- und Krautpflanzen in 7 verschiedenen Hecken

X = Art kommt vor H = Art ist strukturprägend und häufig K = Keimlinge

Holzpflanzen	HWB	HWS	SE	MB	HN	KM	TR
Fraxinus excelsior	X						
Rubus idaeus	X						
Rubus caesius	X						
Humulus lupulus	X		X				
Salix div. spec.	X			X			
Quercus robur	X	(K)	(K)				
Ribes uva-crispa	X			X			
Euonymus europaeus		X					
Lonicera xylosteum		X					
Rosa dumetosa		X					
Ilex aquifolium					X		
Berberis vulgaris					H		
Ligustrum vulgare		X		X			
Rosa nitida							X
Clematis vitalba	X	X	X	H			
Viburnum opulus	X	X		X			
Corylus avellana	H	H		X			
Cornus sanguinea		X	(K)			X	
Rosa canina	X		H	X		X	
Rubus fruticosus	X			X	X	X	X
Sambucus nigra	H	X	H	X	X	X	
Crataegus monogyna	H	H	H	H	H	H	H
Prunus spinosa	H	H	X	H	H	X	X
Anzahl Holzpflanzen	15	12	8	13	4	6	4
Anzahl Krautpflanzen	39	38	30	50	23	26	46

»breiten« Hecken sind jeweils mit mehr Gehölzarten bestanden als die »schmalen« Hecken (4–5). *Crataegus monogyna* und *Prunus spinosa* sind am Aufbau aller Hecken beteiligt.

Am Standort HWB wurden insgesamt 15 Gehölzarten vorgefunden, die häufigsten sind *Corylus avellana*, *Sambucus nigra*, *Crataegus monogyna* und *Prunus spinosa*; am Standort HWS 12 Arten; die bestimmenden sind: *C. avellana*, *C. monogyna*, *P. spinosa*; am Standort SE 8 Arten, wobei hier *Rosa canina*, *Sambucus nigra* und *C. monogyna* die häufigsten Arten darstellen; am Standort MB 13 Arten, die prägenden Gehölzarten sind hier *Berberis vulgaris*, *Clematis vitalba*, *C. monogyna*, *P. spinosa*; am Standort HN 4 Arten, die häufigsten sind *C. monogyna* und *P. spinosa*; am Standort KM 6 Gehölzarten; am Standort TRh 4 Gehölzarten, in beiden Hecken ist allein *C. monogyna* die prägende Heckenpflanze. Auffallend ist, daß in allen breiten Hecken *Clematis vitalba*, eine typische Waldart, vorkommt, was schon auf waldähnliche Bedingungen im Innern dieser Hecken hinweist.

4.1.2 Das Klima in Hecken

Hecken bewirken eine Dämpfung der Temperatur. Das bedeutet, im Heckeninnern ist je nach Ausprägung der Hecke (breit – schmal) eine niedrigere Tagesmaximaltemperatur festzustellen als sie durch das globale Makroklima angezeigt ist (Abb. 7). Breite Hecken dämpfen dabei stärker als schmale. Bei der relativen Luftfeuchte zeigt sich ein ähnlicher Effekt (Abb. 8). Die niedrigste Feuchte zeichnete die Meßstation auf (s. Material

und Methoden); eine um durchschnittlich ca. 10% höhere Luftfeuchte war zur gleichen Zeit in schmalen Hecken gemessen worden, wohingegen in breiten Hecken durchwegs die höchste Feuchte registriert werden konnte. Das Heckenklima ist also von der Ausprägung der Hecke abhängig: je breiter die Hecke ist, desto »waldähnlicher« wird das Klima und damit einhergehend sind offensichtlich breitere Hecken als Lebensraum für Arten, die an Schirmvegetation (Waldarten) gebunden sind, besser geeignet.

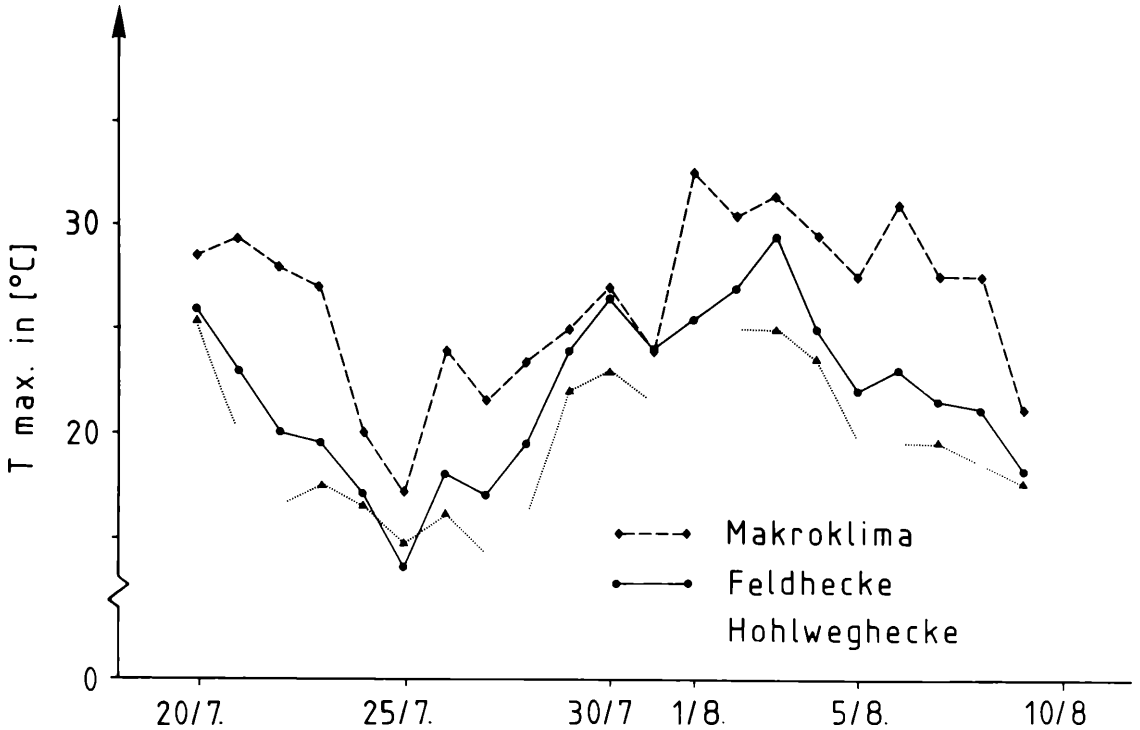


Abbildung 7

Verlauf der täglichen Temperaturmaxima $T_{max.}$ (°C) im Heckeninnern einer breiten Hecke (Hecke 1) und einer schmalen Hecke (Hecke 8) im Vergleich zum Makroklima des Umlandes. (20. 7.–9. 8. 1982)

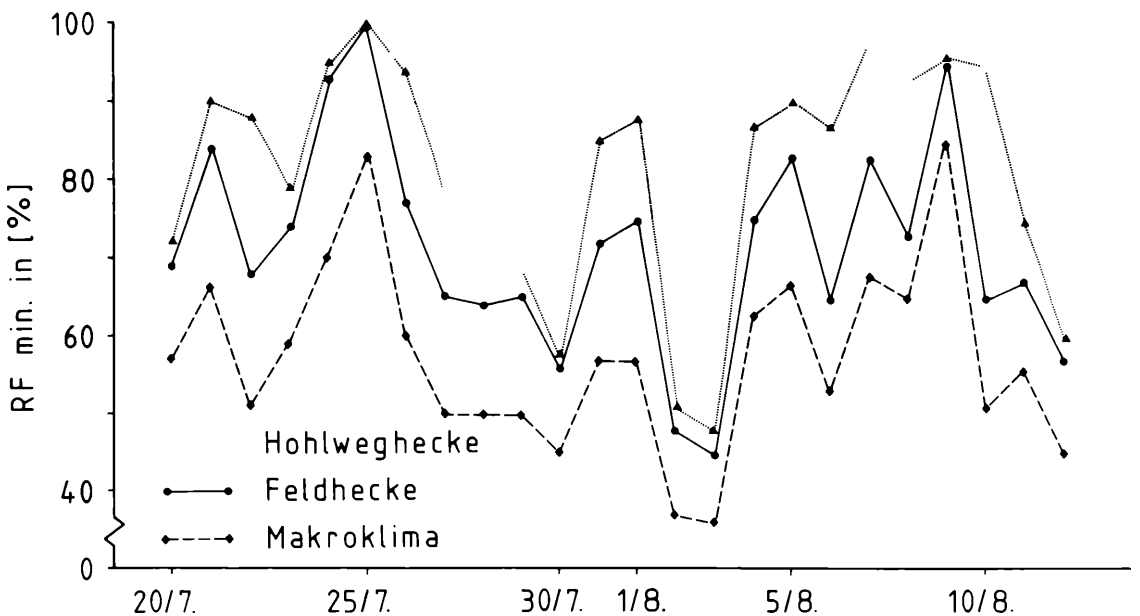
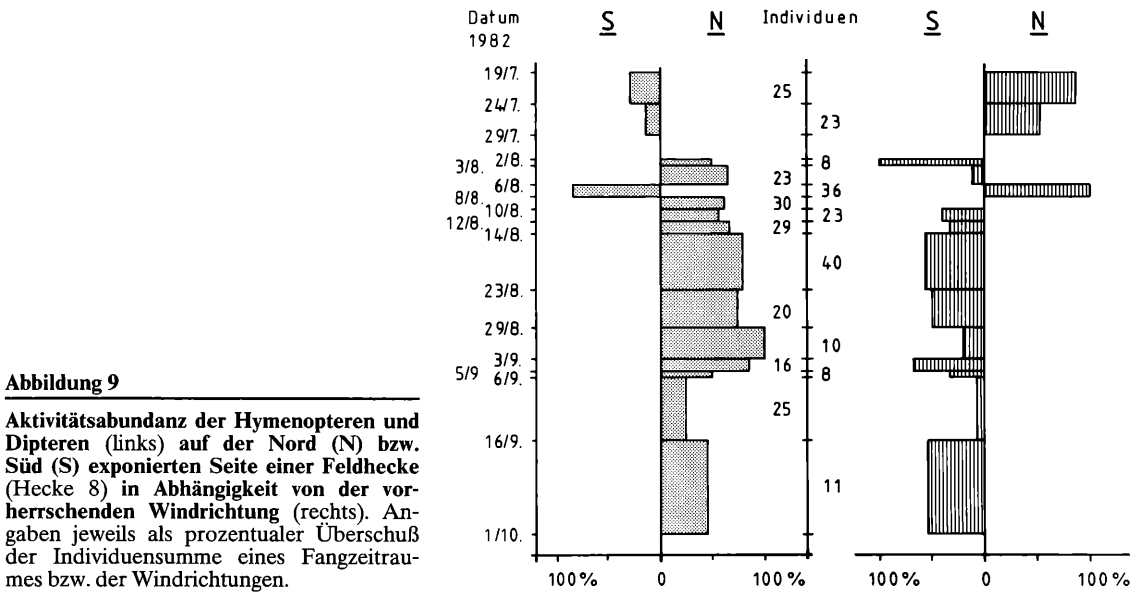


Abbildung 8

Verlauf der minimalen Relativen-Feuchte RF_{min} (%) einer breiten Hecke (Hecke 1) und einer schmalen Hecke (Hecke 8) im Vergleich zum Makroklima des Umlandes (20. 7.–9. 8. 1982).



4.2 Einfluß des Windes auf die Verteilung von Tieren in der Strauchschicht

An einer schmalen Hecke, die quer zur Hauptwindrichtung ausgerichtet war, wurden zwei Luftelektoren an beiden Längsseiten installiert. Alle dort gefangenen Hymenopteren und Dipteren wurden pro Zeiteinheit ausgezählt und zur vorherrschenden Windrichtung in Relation gesetzt (Abb. 9). Die Tiere waren in den einzelnen Fangzeiträumen so verteilt, daß jeweils auf der windabgewandten Heckenseite relativ mehr Tiere gefangen wurden, als auf der jeweils direkt windexponierten Seite. Für dieses Verhalten der Tiere gibt es folgende Erklärungsmöglichkeiten:

1. Die Tiere werden durch den Windeinfluß auf die windabgewandte Seite transportiert. Durch die Hecke wird der Wind soweit abgebremst, daß sich die Tiere auf der Leeseite halten können und dort damit zahlenmäßig häufiger anzutreffen sind als auf der Luvseite.
2. Die Tiere suchen aktiv die vom Wind geschützten Stellen auf und verhindern so, daß sie abgedriftet werden.

Windverhältnisse beeinflussen also einerseits die Verteilung von »arboricolen« Insekten, andererseits dämpft die Struktur Hecke durch ihre windbremsende Funktion den makroklimatischen Einfluß und erlaubt Tieren in relativ günstigen Mikrohabitaten Witterungsunbilden zu überdauern.

4.3 Brüten von Vögeln in Hecken und Abhängigkeiten von Strukturunterschieden

Natürlich bedingen nicht nur klimatische Faktoren die Nutzung des Lebensraumes Hecke durch Tiere, sondern auch Strukturfaktoren. Als Beispiel sollen hier stellvertretend für die strukturell oder überwiegend strukturell bedingte Besiedlung der Hecke die Vögel angeführt werden.

In den untersuchten Hecken konnten in den Jahren 1984–1985 insgesamt 60 verschiedene Vogelarten beobachtet werden. Ein allgemeines Schema verdeutlicht die mögliche Ressourcennutzung durch Vögel in der Hecke (Abb. 10). Wir untersuchten vorrangig die Nutzung der Hecke als Reproduktionsraum. Hierbei wurden 18 nestplatzspezifische Parameter erfaßt (GLÜCK 1983). Beispielfhaft sind die Nestplatzansprüche der sechs

Bedeutung der Hecken für die Vogelwelt

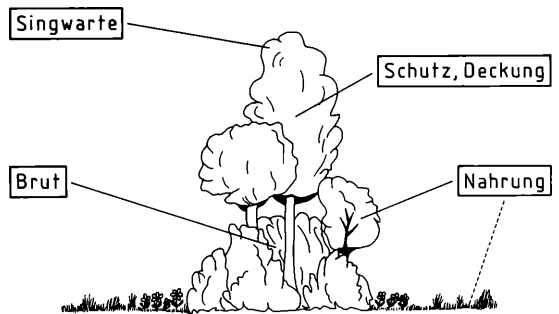


Abbildung 10

Von Vögeln genutzte Ressourcen in Hecken.

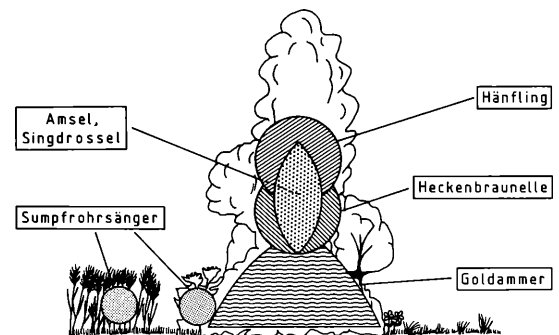


Abbildung 11

Nistökologische Sonderung der häufigsten Brutvogelarten in den untersuchten Hecken.

häufigsten Arten aufgezeigt (Abb. 11). Augenfällig ist die Einnischung bzw. Benutzung verschiedener Bereiche der Hecke zur Nestanlage. Die einzelnen Arten stellen an den Nestplatz artspezifische Ansprüche (GLÜCK 1983). Die Einnischung basiert im Wesentlichen auf strukturbedingten Unterschieden in verschiedenen Bereichen der Hecke. Ob Vögel Strukturen erkennen und unterscheiden können ist experimentell an Hänflingen (*Acanthis cannabina* L.), die typische Bewohner von Hecken, Büschen und jungen Fichtenkulturen sind, untersucht worden. Junge, gerade selbständige Hänflinge wurden gefangen und in 3 Gruppen in

Käfigen (100×60×50 cm) gehalten. Der Käfig der Gruppe 1 (n = 7) erhielt immergrüne Laubzweige (*Prunus laurocerasus*), der von Gruppe 2 (n = 4) Fichtenzweige und der von Gruppe 3 (n = 6) strukturlose weiße Plastikstangen. Unter diesen Bedingungen blieben die Vögel bis zum Test in speziellen Habitatwahlkäfigen (Einzelheiten: GLÜCK 1984). Die Vögel wählten in 3tägigen Einzelversuchen entsprechend ihren Haltungsbedingungen (Abb. 12): die auf Laub gehaltenen Tie-

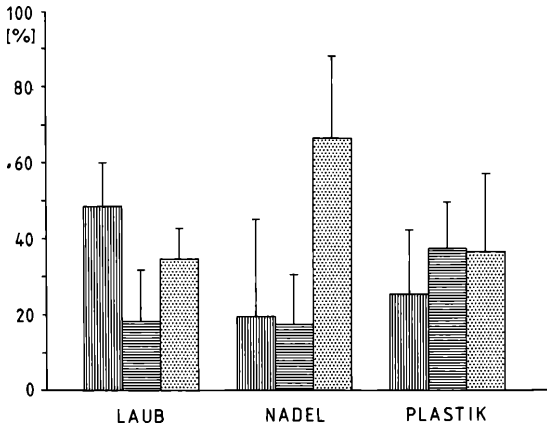


Abbildung 12

Bevorzugte Aufenthalte von Hänflingen im Habitatwahlkäfig (x+SA). Drei Gruppen wurden getestet: auf Laub-, Nadel- und Plastikstangen geprägte Vögel.

||||| Laubwahlen, Nadelwahlen, ≡ Plastikwahlen.

re bevorzugten eindeutig das Laubhabitat, die auf Nadel das Nadelhabitat. Nur die Gruppe der auf strukturlosen Plastikstangen gehaltenen Vögel wählte indifferent und zeigte damit keine Bevorzugung einer bestimmten Struktur. In Brutversuchen in einer Freivoliere errichteten die Weibchen der Laub- und Nadelgruppe, entsprechend ihren Trainingsbedingungen, Nester in Laubbüschen bzw. Nadelbäumen. Das Ergebnis verdeutlicht, daß Hänflinge als heckenbewohnende Vögel auf bestimmte Feinstrukturen geprägt werden und sie später wieder erkennen und entsprechend nutzen.

4.4 Die Hecke als Lebensraum für Nützlinge

Hecken bieten, wie eingangs erwähnt, einer Vielzahl von Tieren und Pflanzen Lebensraum. Für die Landwirtschaft scheinen insbesondere die Arten von Bedeutung, die sich räuberisch von Schadinsekten ernähren. Als ein Beispiel sollen hier die *Heteropteren* (Wanzen) angesprochen werden. In den Klopf- und Käscheproben wurden insgesamt 1513 Individuen aus 55 Arten gefunden. Der Anteil der entomophagen Arten ist dabei in der Strauchschicht mit 83% relativ hoch (Abb. 13). In der Krautschicht sinkt er auf ungefähr 30% und im Umland auf 25%. Auffällig ist, daß die Streuung der relativen Häufigkeit von der Strauch- über die Krautschicht zum Umland hin zunimmt. Besonders im Umland sind natürlich die Ressourcen durch die landwirtschaftliche Nutzung weniger einheitlich als in den anderen Lebensräumen.

Das Dominanzgefüge (vgl. Tab. 4) wird allerdings beherrscht von der räuberischen *Anthocoris nemoralis*, die in der Strauchschicht allein schon 62% der Individuen stellt und im Saum noch fast 13% ausmacht. Im Saum ist eine zweite räuberische Art, nämlich *Anthocoris nemorum* als häufigste (28,2%) anzutreffen. Beide Arten ernähren sich vornehmlich von Milben, Thripsen, Blattläu-

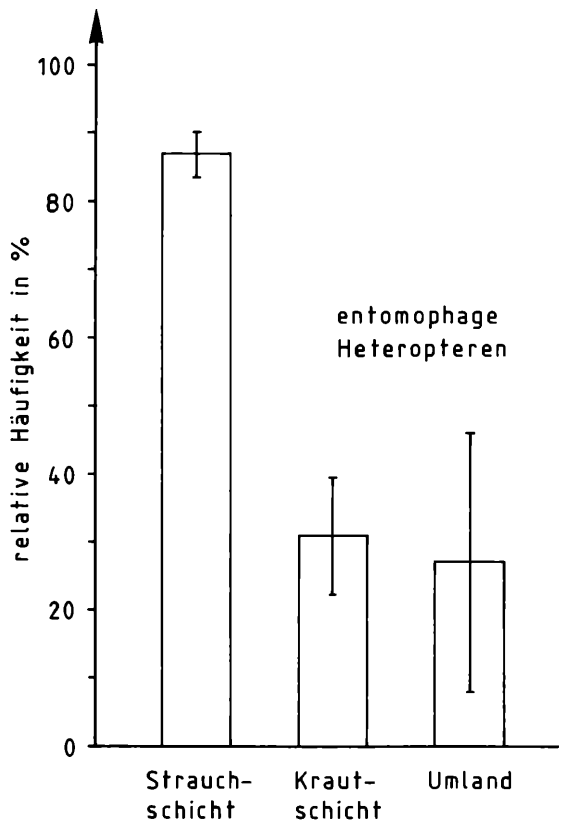


Abbildung 13

Relative Häufigkeiten entomophager Wanzenarten am Standort HWS (2).

Tabelle 4

Dominanzgefüge von Wanzen in der Kraut- und Strauchschicht sowie im Umland

HWS 1984	
Strauchschicht:	
<i>Anthocoris nemoralis</i>	62,2%
Saum:	
<i>Anthocoris nemorum</i>	28,2%
<i>Anthocoris nemoralis</i>	12,8%
<i>Plagiognatus arbustorum</i>	10,3%
Umland:	
<i>Stenotus binotatus</i>	72,7%

sen und Blattflöhen. Im Umland (Viehweiden) konnte sie dagegen nur noch in wenigen Exemplaren gefunden werden. Trotzdem scheint es wichtig anzumerken, daß *Anthocoris nemorum* und *A. nemoralis* vom Saum aus grundsätzlich in der Lage sind, bei geeigneten Bedingungen in das Umland einzudringen.

4.5 Die Hecke als Refugialraum

Exemplarisch wird der Einfluß der Mahd einer Heuwiese auf die *Dipterenfauna* (Zweiflügler) aufgezeigt. Vor der Mahd (9. 7. und 23. 7.) wurden der Heckensaum und die umgebende Wiese etwa gleich häufig besiedelt. Mit der Mahd (14. 8. 84, vgl. Abb. 14) entstanden für die adulten Dipteren pessimale Bedingungen im Umland, schlagartig erhöhten sich die Individuenzahlen im Heckensaum und verringerten sich drastisch im Umland. Danach (28. 8.), mit heranwachsender Vegetation im Umland, waren die Verhältnisse im Saum und Umland in etwa wieder ausgeglichen. Dieses Beispiel belegt eindrucksvoll, daß Hecken mit Säumen eine wichtige Auffangfunktion ausmachen

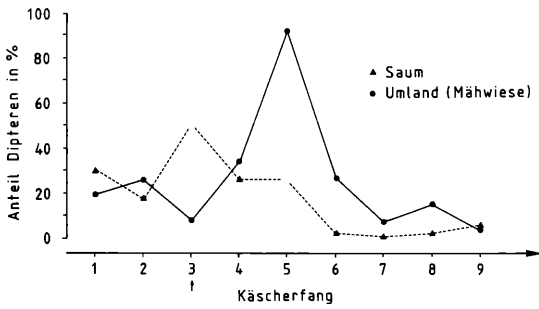


Abbildung 14

Zeitliche Abundanzveränderungen von Dipteren infolge von Bearbeitungsmaßnahmen (↑ Mahd) im Umland und anschließendes Auftreten im Heckensaum.

und auch zur Bereitstellung eines Wiederbesiedlungspotentials notwendig sind.

Ein Beispiel für die Nutzung der Hecke Refugialraum durch Bodenarthropoden ist nach eigenen Untersuchungen an einer Feldhecke (Hecke 8, 1982) der Carabide *Platynus dorsalis*, dessen Lebenszyklus eng an die Hecke gebunden ist (vgl. POLLARD 1968). Die in der Hecke überwinterten Imagines wandern im Frühjahr zur Fortpflanzung und Eiablage ins Umland, bevorzugt in Getreidefelder. Während die Sommerlarven hier die zur Entwicklung nötigen Temperaturen finden, wandern die feuchteliebenden Imagines in die Hecke zurück. Zum Herbst erscheint die neue imaginale Generation, um nach kurzer Aktivitätsphase in der Hecke zu überwintern.

4.6 Die Hecke als Vernetzungselement

Vernetzungselemente können vielfältiger Natur sein und unter zahlreichen Aspekten betrachtet werden. Wir wollen hier näher eingehen auf die Vernetzungsfunktion, die Hecken für bodenbewohnende Tiere, insbesondere für *Carabiden* (Laufkäfer), haben. Dieser Aspekt soll diskutierend vor dem Hintergrund sich ständig verkleinernder vom Menschen reduzierter Heckengebilde beleuchtet werden. Am selben Standort wurde die Käferfauna einer Feldhecke (Länge 15 m, Breite 1–1,5 m) und eines Einzelbusches während der Vegetationsperiode erfaßt (vgl. Tab. 5).

Tabelle 5

Vergleich der Individuen- (IZ) und Artenzahlen (AZ) von Coleopteren in einer Feldhecke und einem Einzelbusch.

	Feldhecke		Einzelbusch	
	IZ	AZ	IZ	AZ
Carabidae	443	24	189	16
Staphylinidae	121	13	29	12
Übrige Coleopteren	106	20	31	8

Mit der Verkleinerung des Lebensraumes geht eine Reduktion der Arten und Individuenzahlen bei den Laufkäfern einher. So bewohnten 24 Arten die Feldhecke, wohingegen im Einzelbusch nur mehr 16 Arten aufgefunden werden konnten.

Vergleichen wir qualitativ unterschiedliche Hecken (schmal und breit) miteinander, hinsichtlich der prozentualen Zusammensetzung ihrer Laufkäfergemeinschaft (Abb. 15), so wird deutlich, daß bei einer breiten Hecke (Hohlweghecke = Hecke 1) ein hoher Prozentsatz des Artenbestandes (56%) von Waldarten gebildet wird; im Gegensatz dazu erreichen in schmalen Hecken (Feldhecke =

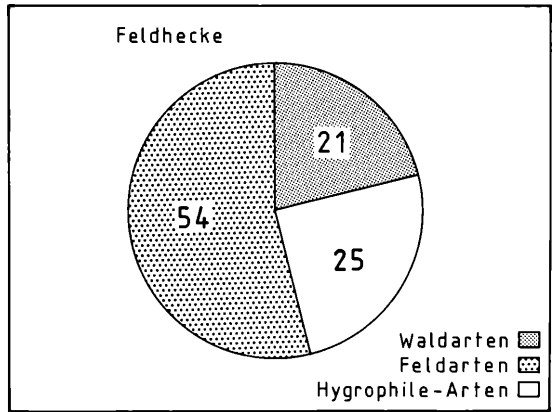
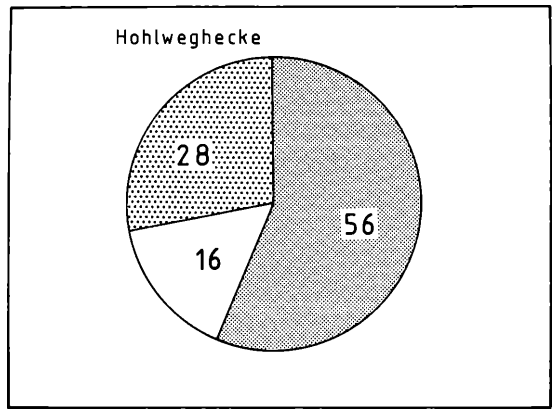


Abbildung 15

Prozentuale Anteile von Wald-, Feld- und hygrophilen Carabidenarten in einer breiten (Hohlweghecke 1) und einer schmalen (Feldhecke 8) Hecke.

Als hygrophil sind Arten benannt, die nicht eindeutig an das Biotop Wald/Feld gebunden sind, sich aber durch hohe Feuchtepräferenz auszeichnen.

Hecke 8) die Feldarten einen ähnlich hohen Anteil (54%, vgl. Abb. 15). Dies verdeutlicht, daß die Qualität der Hecke: Länge, Breite und die dadurch beeinflussten klimatischen Bedingungen sowie natürlich weitere Ressourcen die Laufkäfergemeinschaft insgesamt bewirken.

Insgesamt fanden sich 17 Arten, die an Schirmvegetation gebunden, also flugunfähige Waldarten, sind (Tab. 6); wobei die größte Artenzahl in der breiten, flächigen Hecke mit Waldanschluß (14 Arten) und danach in den drei ebenfalls flächigen, aber stärker isolierten Hecken (7–9 Arten) auftraten. In den schmalen Hecken wurden nur wenige Waldarten gefunden (2–3). Sechs Arten konnten jedoch noch in der schmalen Hecke mit Waldanschluß registriert werden.

Als ein universeller Vertreter in allen Heckentypen zeigte sich *Pterostichus madidus*, eine Art, die keine besonderen Ansprüche an das Mikroklima des Habitates stellt (THIELE 1964a), wogegen die stark dunkel- und feuchtepräferente und niedrigere Temperaturen bevorzugende *Platynus assimilis* nur die breiten Hecken bewohnte.

Auch die epigäisch lebende Trichterspinnenart *Coelotes terrestris*, eine typische waldbewohnende Spinne, fanden wir am häufigsten in der breiten, flächigen Hecke 1 (HWb), die direkt an den Wald angeschlossen ist. Geringere Aktivitätsabundanz sind in den flächigen, aber stärker isolierten Hecken (HWs und Mb) zu finden. In der ebenfalls flächigen Hecke Se kam *C. terrestris* nur sporadisch vor. Diese Hecke wird im Gegensatz zu allen übrigen Hecken von weidenden Rindern im Innern stark durchdrungen, was den Lebensraum von *C. terrestris* stark einschränkt. In allen schmalen Hek-

Tabelle 6

Vorkommen von 17 Schirmvegetation-bevorzugenden Carabidenarten – »Waldarten« in 7 Hecken 1984.
 Abkürzungen siehe Punkt 2 Untersuchungsgebiete und Beschreibung der Hecken.

Arten / Heckentyp	FL+A (HWB)	FL (HWS)	FL (SE)	FL (MB)	S+A (HN)	S (KM)	S (TR)
Pterostichus niger	X						
Leistus rufomarginatus	X						
Cychrus caraboides	X						
Harpalus latus	X	X					
Patrobus atrorufus	X		X				
Carabus problematicus	X	X					X
Carabus nemoralis	X		X	X			
Carabus violaceus			X				
Platynus assimilis	X	X	X	X			
Molops piceus				X			
Trichotichnus nitens	X	X		X	X		
Loricera pilicornis	X	X	X		X		
Abax parallelepipedus	X	X	X		X		
Pterostichus oblongopunct.	X	X	X	X	X		
Badister bipustulatus	X	X	X	X	X		X
Pterostichus madidus	X	X	X	X	X	X	X
Harpalus rufipes						X	
Artenzahl	14	9	9	7	6	2	3
Summe: 17 Waldarten in %	82	53	53	41	29	12	18

ken sind viel weniger Tiere als in den breiten Hecken zu finden (Abb. 16).

Hecken können schematisch charakterisiert werden durch ihre Länge und Breite und in ihrer Struktur durch die sie gestaltenden Gehölze. Beides bestimmt die Struktur und das Mikroklima.

Eine Korrelationsanalyse der Heckenparameter mit den Laufkäfern erbrachte folgende Zusammenhänge: Je breiter eine Hecke ist, desto mehr Carabidenarten werden von ihr beherbergt (Abb. 17). Die Zunahme der Artenzahl ist auf die in breiten Hecken zusätzlich auftretenden Waldarten zurückzuführen (Abb. 18).

Mit der Zunahme der Fläche ließen sich insgesamt auch mehr Individuen fangen (Abb. 19). Ebenso finden sich mit zunehmender Fläche mehr Carabidenarten (Abb. 20) und speziell mehr Waldarten (Abb. 21).

Keine signifikante Korrelation konnte zwischen der Heckenlänge und den Arten- oder Individuenzahlen errechnet werden (vgl. im Gegensatz MA-DER & MÜLLER 1984).

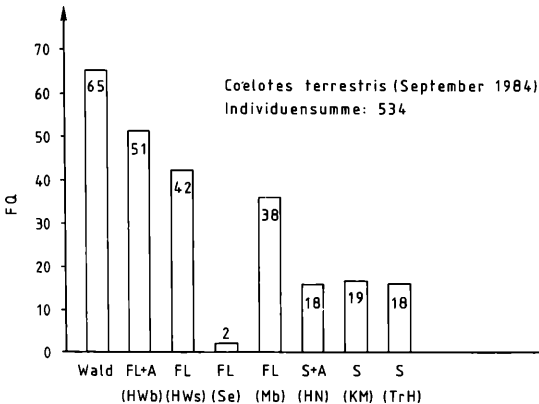


Abbildung 16

Fangzahlen von *Coelotes terrestris* im Untersuchungs-jahr 1984 an den verschiedenen Standorten. Je »wald-ähnlicher« die Standorte, desto mehr *C. terrestris* konnten registriert werden (vgl. Material und Methoden).

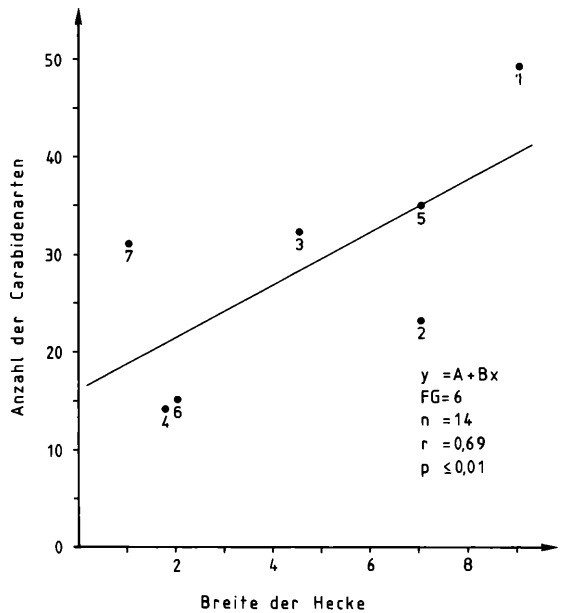


Abbildung 17

Positive lineare Korrelation der Artenzahl der Carabiden mit der Breite von Hecken. Mit zunehmender Heckenbreite steigt die Zahl der sie besiedelnden Carabidenarten.

Daraus ergeben sich entscheidende Konsequenzen für die Ausdehnung von Hecken und ihre tierökologische Bedeutung. Wie sich gezeigt hat, finden sich in Hecken, die eine Breite von 10 m aufweisen, die höchsten Individuen- und Artenzahlen bei den Laufkäfern und hierbei wiederum insbesondere bei den Waldarten. Natürlich bekommt eine Hecke mit zunehmender Breite immer mehr »waldartigen« Charakter. Jedoch ist zur Breite auch eine bestimmte Länge erforderlich. Das lassen uns die positiven Korrelationen zwischen Individuen- und Artenzahlen mit der Heckenfläche erkennen.

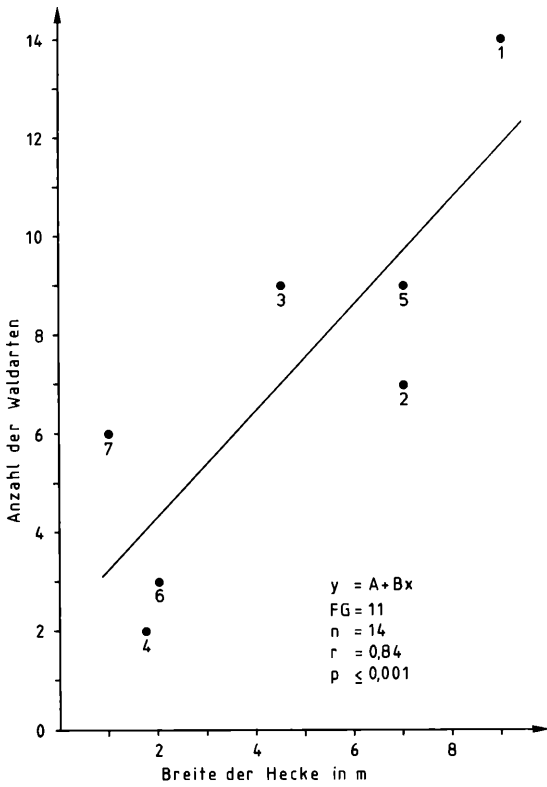


Abbildung 18

Positive lineare Korrelation der Artenzahl der Waldcarabiden mit der Breite von Hecken. Mit zunehmender Heckenbreite finden sich vermehrt Waldarten in den Hecken.

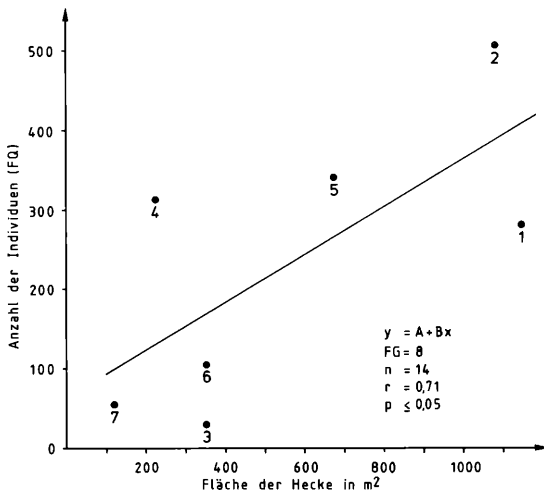


Abbildung 19

Positive lineare Korrelation der Individuenzahl der Carabiden mit der Fläche von Hecken. Mit zunehmender Fläche der Hecken steigt die Individuenzahl.

4.7 Bedeutung der Hecke für die Dispersion von Waldcarabiden

Im Untersuchungsjahr 1985 (April bis November) wurden in Hecke 1, im Umland sowie im angeschlossenen Wald insgesamt 632 Käfer individuell markiert (268 *C. problematicus*, 362 *A. parallelepipedus* und zwei Individuen dieser Art, die in der 25 m entfernten Hecke 2 markiert wurden und hier Berücksichtigung finden) und am Fangort wieder freigelassen (Tab. 7).

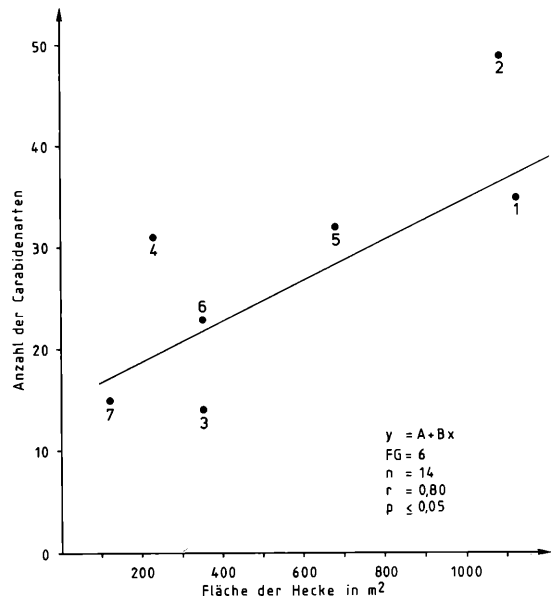


Abbildung 20

Positive lineare Korrelation der Artenzahl der Carabiden mit der Fläche von Hecken. Mit zunehmender Fläche steigt die Artenzahl.

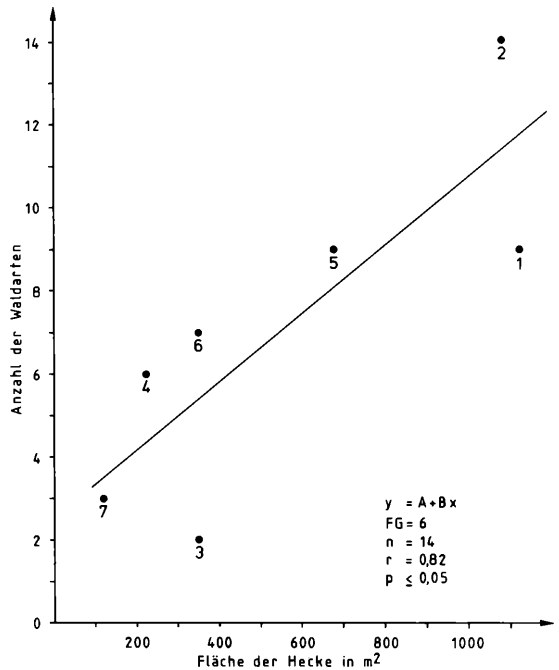


Abbildung 21

Positive lineare Korrelation der Artenzahl der Waldcarabiden mit der Fläche von Hecken. Mit zunehmender Heckenfläche finden sich auch mehr Waldarten in den Hecken.

Insgesamt wurden 1041 Fangereignisse registriert. Der Anteil der Wiederfänge an den Fangereignissen lag bei beiden Arten mit 49% (*C. probl.*) bzw. 42% (*A. parallelep.*) in der Hecke und je 33% im Wald sehr hoch (Tab. 7).

Die unterschiedliche Anzahl der in den 7 verschiedenen Hecken gefangenen Individuen (Abb. 22) der beiden Waldcarabidenarten *A. parallelepipedus* und *C. problematicus* deutet darauf hin, daß die Breite der Hecke sowie die Entfernung der Hecke vom nächstgelegenen Waldhabitat entschei-

Tabelle 7

Anzahl der Fangereignisse markiert freigelassener und wiedergefangener Individuen (*C. problematicus*/*A. parallelepipedus*) in Hecke 1 und dem angeschlossenen Wald aus dem Untersuchungsjahr 1985.

	Hecke 1	Wald	Umland	Summe
C. problematicus				
Summe Fangereignisse	160	278	3 ^{*1}	441
markierte Individuen	82	186	—	268
Wiedergefangereignisse in %	78 49	92 33	3 ^{*1}	190 43
Habitatwechsel Wald – Hecke				17
A. parallelep.				
Summe Fangereignisse	466	126	8	600
markierte Individuen	272	84	6	362
Wiedergefangereignisse in %	194 42	42 33	2	259 43
Habitatwechsel Wald – Hecke				19 +2 ^{*2}

^{*1} wiedergefangene Tiere aus Hecke bzw. Umland
^{*2} 2 Tiere, die in Hecke 2 markiert wurden, wechselten in Hecke 1

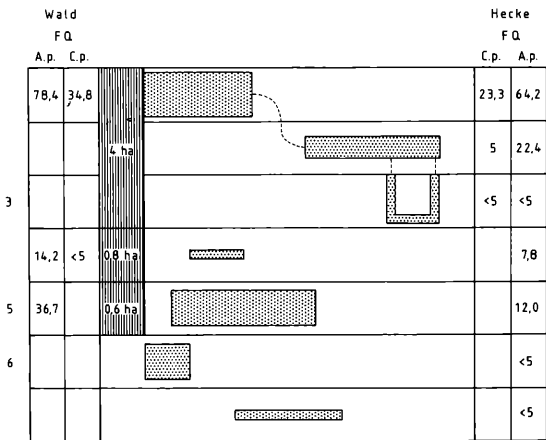


Abbildung 22

Vorkommen und Abundanz von *Abax parallelepipedus* (A. p.) und *Carabus problematicus* (C. p.) in 7 Hecken- und Waldhabitaten bei Aachen. Die Hecken unterscheiden sich durch ihre Flächenausdehnung (l = Länge, b = Breite, A = Fläche) und ihre Entfernung vom nächstgelegenen Waldgebiet.

Die Zahlen geben die Fangquoten (Individuen pro Falle X 100) aus den Hecken rechts und den Waldhabitaten (links) an.

(-----) kennzeichnet eine Vernetzung der Hecken.

dend sind für das Vorkommen und die Abundanz dieser Waldcarabiden in den Hecken (Abb. 22).

A. parallelepipedus kam in allen sieben untersuchten Hecken vor. Hohe Abundanzen (12–64 Individuen/Falle X 100) erreichte diese Waldart aber nur in denjenigen Hecken, die eine Breite von mehr als 6 m haben (Hecken 1+5) und/oder in der Nähe eines Waldhabitats liegen (Hecke 1, 2 und 3). In der Hecke 6, die zwar ebenfalls eine Breite von 6–8 m hat, aber völlig isoliert ist, wurde *A. parallelepipedus* nur vereinzelt gefunden (<5 Ind./Falle X 100).

C. problematicus wurde ausschließlich in Hecken mit direktem Waldanschluß (Hecke 1) oder Verbindung zum Wald über Vernetzung mit anderen Hecken gefunden (Hecken 2+3); in isolierten Hecken dagegen, gleichgültig ob breit oder schmal, wurden keine Tiere dieser Carabidenart registriert. In hohen Abundanzen wurde *C. problematicus* jedoch nur in der Hecke 1 gefunden, die eine Breite von mehr als 8 m und direkten Anschluß an einen Wald aufweist.

Am Beispiel dieser Hecke 1 und für die beiden Wald-Carabidenarten *C. problematicus* und *A. parallelepipedus* werden im Folgenden exemplarisch aufgezeigt:

1. die kleinräumige Verteilung der Käfer in der Hecke
2. lokale Vorzugsbewegungen innerhalb der Habitate Hecke und Wald
3. Austauschbewegungen der Waldarten zwischen Wald und Hecke

4.7.1 Kleinräumige Verteilung im Heckeninnern

Beide Carabidenarten wurden in unterschiedlichen Bereichen (Rand-Zentrum) der Hecke in unterschiedlicher Anzahl gefangen (Abb. 22). Offensichtlich halten sie sich bevorzugt entweder am Rand der Hecke oder im Innern auf. *C. problematicus* war überwiegend im Kernbereich der Hecke aktiv (80% der insgesamt gefangenen Tiere, demgegenüber wurden die an Grünland angrenzenden Heckenränder (20% der Tiere) gemieden (χ^2 , $p < 0,001$). Diese Bevorzugung des Heckeninnern zeigten die Tiere nicht nur in der Gesamtfangzahl des Jahres, sondern gleichbleibend während des Jahresverlaufes bei der Mehrzahl der 33 einzelnen Fangtermine (FRIEDMANN, DUNN-RANKIN, $p < 0,01$).

A. parallelepipedus bevorzugt dagegen den Heckenrand (χ^2 , $p < 0,001$). Lediglich 14% der Tiere wurden im Zentrum der Hecke gefangen. Der größte Anteil (37%) wurde in dem durch den Hohlweg abgetrennten Heckenrandbereich gefunden. Viele Tiere waren auch in dem inneren, an den Hohlweg angrenzenden Heckenbereich aktiv (30%).

4.7.2 Lokale Vorzugs-Laufrichtungen

Innerhalb der beiden Untersuchungsflächen (Hecke/Wald) wurden bei beiden Käferarten bevorzugte lokale Laufrichtungen festgestellt. In der Hecke lassen die Individuen beider Arten zwei Hauptrichtungskomponenten erkennen, die eine längs (Nord-Süd), die andere quer (Ost-West) zur Orientierung der Hecke (Abb. 23).

In Längsrichtung der Hecke liefen die meisten Individuen (70%) von *C. problematicus* (Tab 8) in die zum Wald hin ausgerichteten S-Quadranten. In entgegengesetzter Richtung, in die vom Wald weg gerichteten N-Quadranten der Kreuzfallen, wanderten dagegen lediglich 30% der Tiere (U-Test, $p < 0,05$). Während *C. problematicus* somit deutlich die vom Wald wegführende Richtung in die Hecke präferierte, lief *A. parallelepipedus* (Tab. 8) in entgegengesetzter Richtung auf den Wald zu. So wurden in den N-Quadranten 60% der Tiere gefunden, und nur 40% in den S-Quadranten (U-Test, $p < 0,05$).

Quer zur Hecke lief *C. problematicus* häufiger (82%) und in größerer Anzahl (68%) in die O-Quadranten die dem Geländegefälle der Böschunghecke entgegengerichtet waren, als in die W-Quadranten (U-Test, $p < 0,05$; $\chi^2 < 0,01$). *A.*

Tabelle 8

Lokale Vorzugs-Laufrichtungen von *Carabus problematicus* und *Abax parallelepipedus* in Wald und Hecke 1 im Untersuchungsjahr 1985 (angegeben sind die Individuenzahl (N) und die Frequenz (F) in % eines Quadranten (Nord, Süd, West, Ost) einer Bewegungsrichtung, sowie die Gesamtfangzahl als FQ_G, vgl. Mat. und Meth.)

	Nord		Süd		Ost		West		N _{ges}	
	N%	F%	N%	F%	N%	F%	N%	F%		
Hecke										
C. probl.	30	17	70	83	68	82	32	18	182	
A. paral.	60	79	40	21	53	60	47	40	608	
Wald										
C. probl.	63	78	37	22	44	44	56	56	367	
A. paral.	39	44	61	56	49	44	51	56	300	

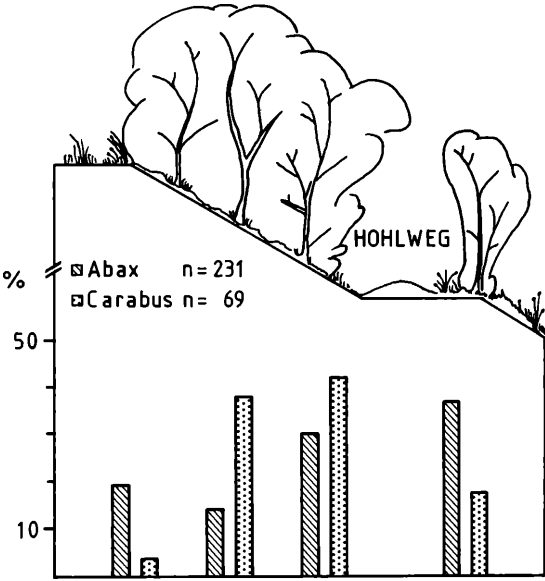


Abbildung 23

Aktivitätsabundanz (%) von *A. parallelepipedus* und *Carabus problematicus* in unterschiedlichen Bereichen (Rand-Kernbereich) einer 8–10 m breiten Hecke (Hecke 1).

parallelepipedus zeigte die gleiche Tendenz bevorzugt in die O-Quadranten zu laufen (Frequenz F: 60%, Individuenzahl: 53%) (Tab. 8).

Auch im Wald ließen sich lokale Vorzugslaufrichtungen der Käferarten erkennen (Abb. 24). *C. problematicus* lief in die N- und W-Quadranten in größerer Anzahl ($\chi^2, p < 0,05$) als in die S- und O-Quadranten. *A. parallelepipedus* lief dagegen bevorzugt in die S-Quadranten ($\chi^2, p < 0,05$). Die Fangzahlen der übrigen Richtungsquadranten unterschieden sich nicht.

Die im Wald ermittelten Vorzugsrichtungen gehen einher mit einer unterschiedlichen kleinräumigen Verteilung der beiden Käferarten innerhalb dieser Fläche. Während der größte Teil der Fläche im reinen Fichtenbestand liegt, ist der am Rand gelegene Bereich des Fallenfeldes mit Sträuchern und Büschen durchsetzt (vgl. Abb. 24). Die Fangquote von *C. problematicus* war im Fichtenbestand höher, als im Randbereich ($\chi^2, p < 0,05$). Die kleinräumige Verteilung und die ermittelte Vorzugsbewegung in N/W-Richtung deuten darauf hin, daß die Tiere aus dem Fichtenforst kommend eine Bewegung machen, die zum Fichtenforst zurückführt. *A. parallelepipedus* ist dagegen in der Fichtenforstzone wesentlich seltener anzutreffen ($\chi^2, p < 0,01$), als in der Randzone. Diese Waldcarabiden kommen offensichtlich vom südwestlich gelegenen

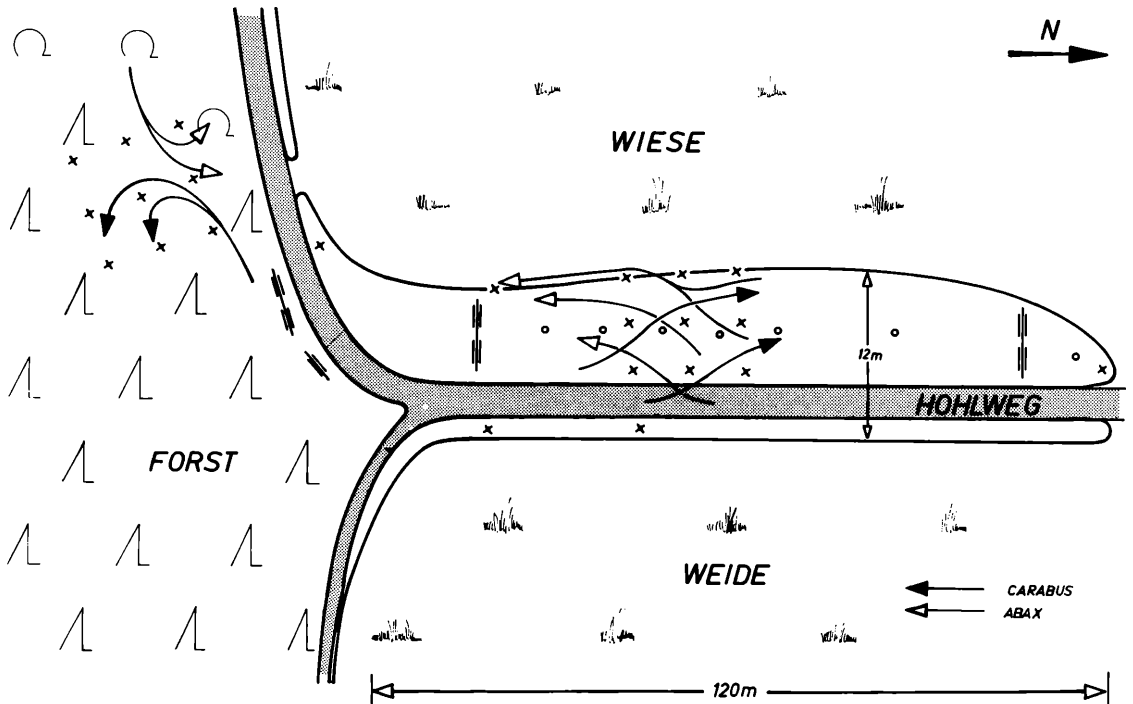


Abbildung 24

Lokale Vorzugs-Laufrichtungen von *C. problematicus* und *A. parallelepipedus* in einer breiten Hohlweghecke (Hecke 1) und dem angeschlossenen Wald.

man in diese Ausbreitungsbetrachtung die Tiere ein, die überwintern (Tab. 9), so wird deutlich, daß bei *A. parallelepipedus* etwa 2%–3% der markierten Tiere im darauffolgenden Jahr noch leben und 1% sogar noch nach zwei Jahren wiedergefangen werden können. Bei *C. problematicus* erreichen 3%–6% der Individuen das nächste und 2% das übernächste Jahr. Potentiell hätten nun die zweijährigen Tiere die Möglichkeit, die doppelte Entfernung und die dreijährigen die dreifache Entfernung zu überwinden.

Die potentielle Ausbreitungsentfernung kann also für Individuen von *A. parallelepipedus* mit $(3 \times 160 =)$ 480 m und für Individuen von *C. problematicus* mit $(3 \times 100 =)$ 300 m angegeben werden. Es wäre also bis zu einer Entfernung von 300 bzw. 480 m im Umkreis einer von diesen Arten besiedelten Struktur eine Neubesiedlung oder ein Genaustausch möglich. Jedoch verlassen nur sehr wenige Tiere (3 Tiere, vgl. 4.7.3) die Hecke bzw. den Wald und wandern ins Umland. Allerdings ist diese potentielle Ausbreitungsfähigkeit dieser Tierarten in Zukunft noch experimentell zu prüfen.

5. Schlußfolgerungen

5.1 Lebensraum Hecke: Struktureigenschaften und Besiedlung

Welche Pflanzen- und Tierarten potentiell in einer Hecke vorkommen können und somit die ökologische Bedeutung einer Hecke hängt von vielen Faktoren ab: u. a. der geographischen Lage, der Bodenformation sowie der Entstehungsgeschichte. Von welchen Pflanzen- und Tierarten aber eine Hecke tatsächlich besiedelt wird, ist dabei in entscheidendem Maße durch die Struktureigenschaften und das Alter der Hecke sowie durch die Entfernung der Hecke vom nächstgelegenen Wald bedingt.

Bestimmt werden diese Struktureigenschaften im wesentlichen durch die räumliche Ausdehnung (Länge, Breite, Fläche) einer Hecke. Die Zahl der Gehölzarten nimmt mit der Breite der Hecken zu (Tab. 3). Zu den charakteristischen Straucharten der Hecken (*Crataegus*, *Prunus*, *Rosa*) kommen in breiten Hecken (> 6 m) typische Waldpflanzen hinzu (z. B. *Clematis*, *Corylus*, *Quercus*). Auch die tierökologische Bedeutung einer Hecke (ZWÖLFER et al. 1984) steigt mit der Zahl der vorkommenden Hauptgehölzarten. Hierzu trägt sicher die durch die Vielfalt verschiedener Gehölzarten verlängerte Blühzeit während einer Vegetationsperiode bei. Zum Einfluß der Struktureigenschaften auf die faunistische Besiedlung einer Hecke war bisher lediglich ein Zusammenhang zwischen der Länge einer Hecke und der Diversität von Laufkäferarten festgestellt worden (MADER & MÜLLER 1984). Nach den nun hier vorliegenden Ergebnissen ist jedoch offensichtlich die Breite einer Hecke für die faunistische Besiedlung bedeutsamer als die Länge einer Hecke. Die Breite und auch die Fläche einer Hecke sind signifikant korreliert mit der Anzahl der vorkommenden Laufkäferarten (Abb. 17, 20) und besonders mit den Waldarten (Abb. 18, 21). Zwar steigt mit der Länge einer Hecke die Grenzlinie Hecke–Umland und führt über einen Randeffect zu einer Erhöhung der Artenzahl (MADER & MÜLLER 1984), doch wird mit zunehmender Länge die Hecke in keiner Qualität bereichert, die gegenüber dem Umland zusätzlichen Arten Lebensraum geben würde. Mit zunehmender Breite wird jedoch das Mikroklima im Innenraum der Hecke waldähnlicher (Abb. 7, 8) und die Gehölzartenzahl steigt durch sich ansiedelnde Waldpflanzen (Tab.

3). Zusätzlich zu den Laufkäferarten des Umlandes besiedeln Arten aus dem Wald den Lebensraum Hecke. Eine solche Hecke kann erheblich zur Artenvielfalt in der Kulturlandschaft beitragen. Entscheidend für die Besiedlung einer Hecke ist aber auch ihr Alter. Eine alte (> 50 Jahre) ausgewachsene, dicht geschlossene Hecke mit waldähnlichen Bedingungen bietet Lebensraum für Waldarten, hat jedoch durch ihren hohen Totholzanteil im Innenraum weniger Bedeutung für Phytophage. Junge oder sogar neu angelegte Hecken wiederum haben zwar eine große Blattmasse, können aber erst nach Jahrzehnten das Arteninventar einer alten Hecke erreichen (vgl. MADER et al. 1986).

Die Struktureigenschaften der Hecke wirken jedoch nicht nur rückkoppelnd über das Klima auf die Besiedlung des Innenraumes, sondern auch auf die Umgebung der Hecke. Für das überwiegende Vorkommen von Fluginsekten auf der Lee-Seite einer Hecke (Abb. 9) könnte auch die Diversität der umliegenden Vegetation als determinierender Faktor der Verteilung (BOWDEN & DEAN 1977) verantwortlich sein. Da das Umland der Hecke durch die starke anthropogene Nutzung (Acker/Weideland) jedoch sehr monoton ist und auf beiden Seiten der Hecke die gleichen Artengemeinschaften ermittelt wurden, kann ein Einfluß der Diversität der Vegetation des Umlandes auf die Verteilung der Fluginsekten weitgehendst ausgeschlossen werden. Die hochsignifikante Korrelation zwischen Insektenvorkommen und Windschattenverteilung spricht dagegen für den Wind als primäre Ursache der Insektenaktivität auf Lee- bzw. Luvseite der Hecke. Erhärtet wird diese Hypothese vor allem durch die Tatsache, daß auf eine Änderung der Hauptwindrichtung eine Umkehrung der Insektenverteilung folgte. Außer zu dieser Aggregation der Insekten in der Windschattenzone führt der Wind zu einer Bereicherung der »Luftfauna« des Umlandes im Bereich drei- bis zehnfacher Heckenhöhe auf der Leeseite und ein- bis zweifacher Heckenhöhe auf der Luvseite (LEWIS 1969). Diese Hypothese der Windverteilung als Ursache der Insektenaktivität auf der Leeseite einer Hecke muß vorerst auf schmale Hecken beschränkt bleiben. Bei schmalen, relativ winddurchlässigen Hecken gelangen vom Wind mitgeführte Insekten durch die Hecke hindurch in den Windschutzbereich (vgl. TISCHLER, 1980). Anzunehmen ist, daß die Höhe, Breite und Dichte der als Windbarriere wirkenden Hecke einen Einfluß auf die Winddurchlässigkeit hat und somit auch auf die Insektenverteilung.

5.2 Refugialraum Hecke: Wechselwirkungen mit dem Umland

Die Hecke trägt nicht nur als Lebensraum zur Bereicherung und Erhöhung der Artenvielfalt in der Kulturlandschaft bei, sondern ermöglicht in ihrer Funktion als Refugialraum durch enge Wechselwirkungen mit dem Umland vielen Tieren ein Überleben bei Pessimierung der Lebensbedingungen im agrarischen Umland und sichert somit ein Überleben von Individuen und einen Fortbestand von Populationen. Wechselwirkungen zwischen Hecke und Umland entstehen dadurch, daß Tiere Wanderbewegungen zwischen den Habitaten durchführen. Diese können je nach der Richtung und dem Zeitraum, in dem diese Wanderung erfolgt, im Wesentlichen vier Gruppen zugeordnet werden:

1. Tiere des Umlandes, deren Vorkommen durch Hecken begünstigt wird.

— hierzu als Beispiel vor allem Arten aus der Gruppe der gut untersuchten Laufkäfer (Wald-

randarten wie *Nebria brevicollis*, *Patrobus atrorufus* (nach eigenen Untersuchungen), weiterhin auch Spinnen und *Tipuliden* (TISCHLER 1948).

2. Tiere, die aus dem Lebensraum Hecke in das Umland gehen (tageszeitliche Wanderungen).

— hierzu Arten fast aller heckenbewohnenden Tiergruppen, Vögel, Kleinsäuger, Fliegen, Hautflügler, Wanzen, Laufkäfer, Spinnen, Tausendfüßler u. dgl., die vor allem zur Nahrungssuche das Umland aufsuchen (Übersicht ROTTER & KNEITZ 1977).

3. Tiere des Umlandes, die in bestimmten Entwicklungsphasen die Hecke besiedeln (jahreszeitliche Wanderungen).

— hierzu exemplarisch der Carabide *Platynus dorsalis* (vgl. 4.5).

4. Tiere, die bei Pessimierung der Lebensbedingungen im Umland in die Hecke Schutz suchen (temporäre Wanderungen).

— hierzu nach eigenen Untersuchungen etliche Laufkäferarten wie *Pterostichus melanarius* und *Trechus quadristriatus*, die als Folge klimatischer Veränderungen im Umland in die Hecke gehen — geflügelte Insekten wie die Dipteren, die infolge der Mahd den Heckensaum aufsuchen (Abb. 14).

Weitere Beispiele: *Bembidion lampros*, *Stenus biguttatus* (vgl. THIELE 1964b, ROTTER & KNEITZ 1977), die ebenfalls infolge von Bearbeitungsmaßnahmen wie der Mahd bzw. der Ernte aus dem Umland in die Hecke wandern.

Nach derartigen Bearbeitungsmaßnahmen, die den Tieren Nahrungsquelle, Schutz vor Räubern und adäquates Mikroklima nehmen, wird die Auffangfunktion eines Heckensaumes und seine Ausgleichsfunktion besonders deutlich. Durch die Mahd werden vor allem geflügelte Insekten zur Flugtätigkeit veranlaßt (SCHMIDT 1979). Die Änderungen, die die Dipteren als dominante Tiergruppe innerhalb der Wiesenbiozönose im jahreszeitlichen Abundanzverlauf im Heckensaum und im Umland durchlaufen, unterstreicht nicht nur die Auffangfunktion des Refugialraumes Hecke, sondern zeigt weiterhin, daß von der Hecke aus eine Wiederbesiedlung des Umlandes erfolgen kann. Eine Wiederbesiedlung aus Refugialräumen erhält für die Tiergruppen eine Bedeutung, die sich aus bodenbewohnenden Jugendstadien regenerieren. Diese Reservoirwirkung der Hecke galt bislang nur für Regenwürmer als nachgewiesen, die als Folge von Ackerbearbeitung in das an Regenwürmern nahezu ausgerottete Feld wieder einwanderten (vgl. ROTTER & KNEITZ 1977).

5.3 Vernetzungselement Hecke: Besiedlung und Austausch von Waldarten

Waldarten können in Hecken Lebensraum finden (TISCHLER 1948, 58). Der Anteil von Waldarten an der Carabidenbiozönose beträgt in schmalen Hecken (<2 m breit) 20–30% und nimmt mit der Heckenbreite zu ($r = 0,84$; $p < 0,01$; Abb. 18). In Hecken von mehr als 6 m Breite waren bereits 60% der Carabiden Waldarten (vgl. Abb. 15).

Damit sind Hecken ideale Landschaftselemente, um isolierte Waldhabitate zu vernetzen.

Voraussetzung für ein Vorkommen von Waldarten in Hecken ist aber nicht nur eine genügende Breite und Länge der Hecke, sondern auch ein geringer Isolationsgrad vom nächstgelegenen Ursprungshabitat (Wald, Forst, Feldgehölz), wodurch eine Besiedlung der Hecke möglich wird, d. h. die Entfernung zwischen Ursprungshabitat und Hecke muß für die Tiere überwindbar sein.

Die Gegenüberstellung der Abundanzen von zwei Waldlaufkäferarten aus verschiedenen Hecken

läßt deutlich erkennen, daß offensichtlich autochthone Populationen dieser Käfer nur in solchen Hecken vorkommen, die mehr als 6 m breit und nicht isoliert sind.

Zwischen den Käfer(teil)populationen des Waldes und der Hecke bestehen Austauschprozesse. Da die Wiederfangrate (>40%) im Vergleich zu Untersuchungen aus anderen Habitaten (ERICSON 1977, DEN BOER 1979), hier bedingt durch das enge Fallenraster sehr hoch ist, bietet sich uns die Möglichkeit einer realistischen Schätzung der Austauschrate. Die Wahrscheinlichkeit, ein markiertes Tier wiederzufangen, ist innerhalb der Hecke höher als im Wald, da in dem linienhaften Habitat Hecke die Tiere sich gerichteter fortbewegen (vgl. 4.7.2) und das Fallenfeld +/– nur in Längsrichtung verlassen werden kann, innerhalb des Waldes jedoch nach allen Seiten. Diese ungleiche Fängigkeit innerhalb der Habitats gleicht sich jedoch aus durch die hohe Wahrscheinlichkeit, einwandernde und auswandernde Tiere an den Barrieren an Wald- und Heckenrand zu registrieren, so daß durchschnittlich jedes zweite Tier wiedergefangen wird.

Aufgrund der lokomotorischen Laufleistungen der Carabiden, die ohne weiteres eine Strecke von hundert Metern in wenigen Tagen zurücklegen können (SKUHRVY 1957, SCHERNEY 1960, zit. n. MADER 1979) und Laufgeschwindigkeiten von durchschnittlich 15 cm/s (*C. problematicus*) und 8,3 cm/s (*A. parallelepipedus*) erreichen (MOSSAKOWSKI 1983), hatten wir höhere Austauschraten vermutet.

Der geringe Austausch ist möglicherweise auf eine Barriere-Wirkung des Weges (MADER 1979) zwischen Wald und Hecke zurückzuführen. Insbesondere *C. problematicus* reagiert schnell auf kleinräumige ungünstige Habitatveränderungen durch Umkehr seiner Laufrichtung (RIJNSDORP 1980). Dies zeigt sich bereits dadurch, wie unterschiedlich die beiden Käferarten jeweils Rand oder Zentrum der Hecke bzw. des Waldes besiedeln (Abb. 23). *C. problematicus* meidet den Randbereich von Hecke und Wald und geht äußerst selten in das Umland. Auch wanderten keine markierten Tiere dieser Art aus einer zweiten 25 m entfernten Hecke (Hecke 2, Abb. 5) über einen verkrauteten Zwischenraum in die Hecke 1 ein. So vermuten wir, daß größere Abstände zwischen entsprechenden Habitaten Austauschprozesse für diese Waldart erschweren oder sogar verhindern. Dagegen wanderten zwei markierte Tiere von *A. parallelepipedus* (Tab. 8, Abb. 26) aus dieser Hecke 2 in die Hecke 1 ein.

In den Niederlanden wurde die Auswanderungsrate von *C. problematicus* aus einem Wald in das angrenzende Heidehabitat auf 30–60% geschätzt (DEN BOER 1971) und nach neueren Untersuchungen ebendort auf 4–6% (RIJNSDORP 1980) berechnet.

Die aktive Besiedlung einer Hecke durch Waldcarabiden ist in starkem Maße von der Isolation der Hecke abhängig. In dem Maße, wie die hier untersuchten typischen Waldcarabiden unserer Breiten das umgebende Grünland meiden und auf kleinräumige Veränderungen reagieren, nehmen wir an, daß größere Abstände zwischen Hecken Besiedlung und Austauschprozesse behindern.

Um Waldcarabiden aus isolierten Waldinseln innerhalb der Kulturlandschaft eine Neubesiedlung und Genaustausch zu gewährleisten, müssen diese Waldstücke direkt mit Heckenelementen vernetzt sein.

5.4 Kriterienkatalog zur funktionalen Heckenstrukturierung

Hecken sind in einer stark genutzten Kulturlandschaft landschaftsökologisch besonders geeignete sekundäre Ökosysteme zur Sicherung, Erhaltung und Ausbreitung einer Artenvielfalt. Die im Folgenden genannten Hauptkriterien sind unabdingbare Voraussetzung zur Erfüllung der drei Hauptfunktionen (Lebensraum, Refugium, Vernetzungselement) von Heckensystemen. Zu berücksichtigen ist, daß alte Heckensysteme diese Funktionen besser erfüllen als neue. Neu angelegte Hecken können zwar physiognomisch diesen alten Systemen entsprechen, nicht aber in ihrer Fauna und Flora. Die Entstehungszeit der meisten Hecken (z. B. Wallhecken in Schleswig-Holstein oder fränkische Lesesteinriegel) liegt in einer Größenordnung von 150–250 Jahren (KAULE 1986). Zudem benötigen neue oder erneuerte Heckensysteme Anschluß an Ursprungshabitate mit gegebener Artenpräsenz. Weiterhin muß sichergestellt sein, daß die Arten von dort aus die Hecke erreichen und besiedeln können.

Folgender Kriterienkatalog soll in erster Annäherung die Anwendung der bisherigen Ergebnisse für die Praxis erleichtern:

Funktion als LEBENSRAUM

- ☆ Struktureigenschaften
 - Länge: je länger die Hecke, desto größer der Randlinieneffekt.
 - Breite: je breiter die Hecke, desto größer die Artenvielfalt (z. B. Gehölzarten, Waldarten)
 - Fläche: je größer die Fläche, desto größer der Individuenbestand
- ☆ Alter
wirkt sich positiv auf Besiedlung durch Waldarten aus
- ☆ Management
 - Waldarten benötigen Hecken mit Niederwaldwirtschaft (Umbruchzeit abschnittsweise ca. alle 10 Jahre)
 - Vogelarten und Phytophage bevorzugen Hecken kürzerer Umbruchzeiten (3–5 Jahre) mit größerer Blattproduktion und geringem Totholzanteil)

Funktion als REFUGIUM

- ☆ Struktureigenschaften
 - Länge: s. o. (Randlinieneffekt)
- ☆ Krautsaum
 - Auffang- und Ausgleichsfunktion nach Bearbeitungsmaßnahmen (wie z. B. Ernte bzw. Mahd) im Umland
- ☆ Flächendichte
bedingt durch Aktionsradius der Tiere max. 250 m Abstand zwischen den Hecken

Funktion als VERNETZUNGSELEMENT

- ☆ Isolationsgrad
zur Vernetzung inselartiger Waldhabitats direkter Anschluß der Hecken
- ☆ Struktureigenschaften
 - Breite: Voraussetzung eines waldähnlichen Mikroklimas und Besiedlungsfähigkeit durch Waldarten

– Fläche: flächige Hecken begünstigen Etablierung und Persistenz autochthoner Populationen

- ☆ enge Verknüpfung mit den unter 1 geforderten Eigenschaften

Danksagung

Unser Dank gilt dem Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für seine finanzielle Unterstützung des Projektes (GL-83 HS 028), sowie E. Wiezorek, R. Petto, H. Gaßmann, D. Kubiak, H. Schüßeler, A. Kaesberg und B. Lödige für ihre Mitarbeit.

6. Zusammenfassung

Die Struktureigenschaften von Hecken und ihre Besiedlung durch Arthropoden und Vögel werden nach verschiedenen Methoden (vgl. Tab. 2) untersucht. Im Vordergrund steht die Frage nach der Nutzung des Lebensraumes Hecke durch die verschiedensten Tierarten. Besonderes Augenmerk richten wir auf die Wechselwirkungen der Tiere zwischen Hecke und Umland, und damit auf die Eigenschaft der Hecke als Vernetzungselement.

1. Die untersuchten Heckenstandorte in der näheren Umgebung Aachens (Tab. 1) und ihre strukturelle Ausprägung (Länge, Breite, Fläche) sowie die an ihrem Aufbau beteiligten Gehölzarten werden beschrieben (Tab. 3).
2. Mit zunehmender Breite erreichen Hecken einen »waldähnlichen« Charakter, der sich in der Zunahme von waldspezifischen Pflanzen (Tab. 3) und Tieren (Kap. 4.6) manifestiert. Breitere Hecken (> 8 m) dämpfen die makroklimatischen Gegebenheiten (Temperatur, Feuchte, Abb. 7 und 8) stärker als schmale Hecken (Breite < 3 m).
3. Der windbremsende Einfluß der Hecken äußert sich in der Verteilung der Hymenopteren und Dipteren in Relation zur Windrichtung (Abb. 9)
4. Das Brüten von unterschiedlichen Vogelarten in Hecken erweist sich als stark abhängig von der Heckenstruktur und der Feinstruktur einzelner Gehölze (Abb. 11, 12).
5. Entomophage Wanzenarten (Nützlinge) halten sich in hohen Anzahlen in der Hecke und im Heckensaum auf und können je nach Umlandbedingungen in dieses einstrahlen (Abb. 13, Tab. 4).
6. Bearbeitungsmaßnahmen, die pessimale Bedingungen im Umland bewirken (Mahd) führen beispielsweise zu temporär höheren Dipterenabundanz im Heckensaum, von wo aus eine Wiederbesiedlung des Umlandes erfolgen kann (Abb. 14).
7. Mit zunehmender Heckenbreite und -fläche finden sich statistisch signifikant zunehmend mehr Spinnen (Abb. 16) und Carabidenindividuen sowie mehr Carabidenarten, und insbesondere mehr Waldcarabidenarten (Abb. 17–21), wobei die Heckenbreite der entscheidende Faktor ist.
8. Exemplarisch wird die Besiedlung der Hecken durch *Carabus problematicus* und *Abax parallelepipedus* aufgezeigt (Abb. 22) und ihre kleinräumige Verteilung in einer breiten Hecke (Hecke 1) beschrieben (Abb. 23).
9. Zwischen Wald und der direkt angeschlossenen Hecke (Hecke 1) wandern Individuen von *Carabus problematicus* und *Abax parallelepipedus* in unterschiedlichen Häufigkeiten (Abb. 25, 26). Der Austausch zwischen Wald und Hecke erreicht bei *Carabus problematicus* einen prozentualen Überschuß aus dem Wald in die Hecke und bei *Abax parallelepipedus* aus der Hecke in den Wald (Abb. 24, 25 und 26). Nur wenige Tiere (ca. 1%, Abb.

25, 26) gelangen in die umgebenden Wiesenflächen.

10. Die potentielle Ausbreitungsfähigkeit der Carabidenarten kann durch eine mehrjährige Lebensdauer der Individuen verstärkt werden (Abb. 27, Tab. 9).

11. Ein resultierender Kriterienkatalog (vgl. Kap. 5.4) erleichtert die Anwendung der Ergebnisse für die Praxis.

7. Literaturverzeichnis

BOWDEN, J. & DEAN, G. J. W. (1977):

The distribution of flying insects in and near a tall hedgerow. *J. appl. Ecol.* 14, 343–354.

DEN BOER, P. J. (1971):

On the dispersal power of carabid beetles and its possible significance. — Misc. pap. Landbouwhoges. Wageningen 8, 119–137.

DEN BOER, P. J. (1979):

The significance of dispersal power for the survival of species, with special reference to the Carabid beetles in a cultivated countryside. — *Fortschr. Zool.* 25 (2/3), 79–94. Fischer Stuttgart, New York.

DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT

(1979):

Hydrologischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland; Boppard.

DIERSCHKE, F. (1955):

Die Abhängigkeit der Siedlungsdichte der Vögel von Umfang, Gestalt und Dichte kleinerer Wälder. — *Waldhyg.* 1, 38–45.

EIGNER, J. (1978):

Die Knicklandschaft in Schleswig-Holstein und ihre heutigen Probleme. — *Ber. Dtsch. Sekt. Int. Rates Vogelschutz* 18. Kilda.

ERICSON, D. (1977):

Estimating population parameters of *Pterostichus cupreus* and *P. melanarius* in arable fields by means of capture-recapture. — *Oikos* 29 (3), 407–417.

GLÜCK, E. (1983):

Nistökologische Sonderung mitteleuropäischer Fringillidenarten im Biotop Streuobstwiese. — *J. Orn.* 124 (4), 369–392.

GLÜCK, E. (1984):

Habitat selection in birds and the role of early experience. — *Z. Tierpsych.* 66:44–54.

KAULE, G. (1986):

Arten- und Biotopschutz; Ulmer, Stuttgart 461 S.

LEWIS, T. (1969):

The diversity of the insect fauna in a hedgerow and neighbouring fields. — *J. appl. Ecol.* 6:353–458.

LUDWIG, H. W. (1981):

Arten- und Biotopschutz in Agrarlandschaften; In: Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg (ed.): *Ökologie und Flurbereinigung*.

MADER, H. J. (1979):

Die Isolationswirkung von Verkehrsstraßen auf Tierpopulationen untersucht am Beispiel von Arthropoden und Kleinsäugetern der Waldbiozönose. — *Schr. R. Landschaftspf. Natursch.* 19. 126 S.

MADER, H. J. & MÜLLER, K. (1984):

Relation between length of hedgerows and species diversity. — *Z. Kulturtechnik u. Flurbereinigung* 25 (5): 282–292.

MADER, H. J., KLÜPPEL, R. & OVERMEYER, H. (1986):

Experimente zum Biotopverbundsystem — tierökologische Untersuchungen an einer Anpflanzung. — *Schr. R. Landschaftspf. Natursch.* 27. 136 S.

MOSSAKOWSKI, D. & STIER, J. (1983):

Vergleichende Untersuchungen zur Laufgeschwindigkeit der Carabiden; aus: BRANDMAYR, P.; P. J. DEN BOER & F. WEBER (eds.): *The synthesis of field study and laboratory experiment.* — Rep. 4th Symp. Carab. '81:19–33.

POHLE, A. (1978):

Ökologische Bedeutung von Hecken und Wallhecken. — *Mitt. d. Landesanstalt f. Ökol. Landschaftsentw. Forstplanung Nordrh.-Westf.* 3 (10): 249–262.

POLLARD, E. (1968):

Hedges IV. A comparison between the Carabidae of a hedge and a field site and those of a woodland glade. — *J. appl. Ecol.* 5:649–657.

REIF, A. (1982):

Vegetationskundliche Gliederung und standortliche Kennzeichnung nordbayrischer Heckengesellschaften. — *Laufener Seminarbeiträge, ANL Laufen* 5/82.

REIF, A., SCHULZE, E. D., ZAHNER, K. (1982):

Der Einfluß des geologischen Untergrunds, der Hangneigung, der Feldgröße und der Flurbereinigung auf die Heckendichte in Oberfranken. — *Berichte der ANL* 6: 231–253.

RIJNSDORP, A. D. (1980):

Pattern of movement in and dispersal from a Dutch forest of *Carabus problematicus* HBST. (Coleoptera, Carabidae). — *Oecologia* (Berl.) 45:274–281.

ROTTER, M. & KNEITZ, G. (1977):

Die Fauna der Hecken und Feldgehölze und ihre Beziehung zur umgebenden Agrarlandschaft. — *Waldhyg.* 12: 1–82.

SCHMIDT, H. (1979):

Die Wiese als Ökosystem; Aulis Verl. Köln. 176 S.

SPREIER, B. (1982):

Bedeutung von Hecken in Flurbereinigungsgebieten als Reservoir für tierische Organismen, untersucht am Beispiel der Carabiden und Isopoden; Diss. Heidelberg, 188 S.

STREETER, D., RICHARDSON, R. & DREYER, W. (1984):

Hecken — Lebensadern der Landschaft; Gerstenberg, Hildesheim, 159 S.

THIELE, H. U. (1964a):

Experimentelle Untersuchungen über die Ursachen der Biotopbindung bei Carabiden. — *Z. Morph. Ökol. Tiere.* 53:387–452.

THIELE, H. U. (1964b):

Ökologische Untersuchungen an bodenbewohnenden Coleopteren einer Heckenlandschaft. — *Z. Morph. Ökol. Tiere* 53: 537–586.

TISCHLER, W. (1948):

Biocönotische Untersuchungen an Wallhecken. — *Zool. Jb. Syst.* 77:283–400.

TISCHLER, W. (1958):

Synökologische Untersuchungen an der Fauna der Felder und Feldgehölze. — *Z. Morph. Ökol. Tiere* 47:54–114.

TISCHLER, W. (1980):

Biologie der Kulturlandschaft; Fischer Stuttgart, New York. 253 S.

TROLL, C. (1951):

Heckenlandschaft im maritimen Grünlandgürtel und im Gäuland Mitteleuropas. — *Erdkunde* 5:152–157.

WEBER, H. E. (1967):

Über die Vegetation der Knicks in Schleswig-Holstein. — *Mitt. Arbeitsgem. Floristik Schleswig-Holstein u. Hamburg* 15. Kiel, 196 S.

ZWÖLFER, H., BAUER, G. & HEUSINGER, G.

(1981):

Ökologische Funktionsanalyse von Feldhecken. Abschlußbericht des Forschungsvorhabens für das Bayerische Landesamt für Umweltschutz. 422 S. Lehrstuhl Tierökologie Univ. Bayreuth. Interner Bericht.

ZWÖLFER, H., BAUER, G., HEUSINGER, G. & STECHMANN, D. (1984):

Die tierökologische Bedeutung und Bewertung von Hecken. — Ber. ANL (Akad. Natursch. Landschaftspfl.) Beih. 3, Teil 2, 155 S.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Erich Glück und
Dipl.-Biol. Astrid Kreisel
Lehrstuhl für Biologie V (Ökologie)
der RWTH Aachen
Kopernikusstraße 16
5100 Aachen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1986

Band/Volume: [10_1986](#)

Autor(en)/Author(s): Glück Erich, Kreisel Astrid

Artikel/Article: [Die Hecke als Lebensraum, Refugium und Vernetzungsstruktur und ihre Bedeutung für die Dispersion von Waldcarabidenarten 64-83](#)