

# Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege am Beispiel der Laufkäfer - Methoden, Erfahrungen und Ergebnisse

Jörg RIETZE

**Abstract:** The effectiveness of wildlife overpasses („green bridges“) over roads using the example of ground beetles – methods, experiences and results. – Between 1991 and 1996 the effectiveness of several wildlife overpasses was investigated with respect to different animal groups. In this paper the experiences of applied catch, marking and re-catch methods of ground beetle investigation are presented and different evaluation techniques are critically analysed. A further point of discussion is the use of wildlife overpasses by ground beetles. Finally the planning criteria relevant to the construction of wildlife overpasses, with particular emphasis on invertebrates, are summarised.

## 1 Einleitung und Überblick

Die Wirkungen von stark befahrenen Straßen auf die Tierwelt sind z. B. bei RECK & KAULE (1993) zusammengestellt. Insbesondere um Isolationswirkungen und direkte Tierverluste zu minimieren, werden Grünbrücken geplant und gebaut. Brücken von 8 bis 400 m Breite wurden v. a. über Straßen in Einschnittslagen gespannt, mit Oberboden überdeckt und i. d. R. bepflanzt. Das hier in Auszügen dargestellte Forschungsvorhaben sollte klären, ob und in welchem Maße diese Bauwerke wirksam sind, von welchen Artengruppen sie angenommen werden bzw. welche Optimierungsmöglichkeiten bestehen, um die Effizienz von Grünbrücken zu steigern.

Untersuchungen vor und nach dem Bau der Straße konnten in Baden-Württemberg an der B 31 neu zwischen Stockach und Überlingen an 4 Grünbrücken, 1 Viehüberweg, 2 Kleintier-Durchlässen sowie an einem Vergleichsstandort ohne Querungshilfe durchgeführt werden.

An bereits bestehenden Grünbrücken wurde deren Nutzung durch Arten der Umgebung ermittelt:

- Baden-Württemberg: 3 Grünbrücken
- Frankreich (Elsass): 4 Grünbrücken
- Schweiz: 2 Grünbrücken  
(keine Laufkäferuntersuchungen)
- Niederlande: 2 Grünbrücken  
(keine Laufkäferuntersuchungen)

- Bayern: 1 bergmännisch gebauter Tunnel  
(keine Laufkäferuntersuchungen)

Der vorliegende Beitrag behandelt zwei Aspekte der Untersuchungen zur Laufkäfer-Fauna:

Ausführlich sind Methode und Erfahrungen bei Markierungs- und Wiederfang-Untersuchungen dargestellt, da vielfältige Erfahrungen gesammelt werden konnten und hierzu bisher wenig publiziert vorliegt. Im Untersuchungsansatz viele Sicherungen eingebaut, um potenzielle Fehlerquellen schon beim teilweisen Einsatz von Hilfskräften für bestimmte Tätigkeiten im Vorfeld möglichst auszuschließen.

Den zweiten Schwerpunkt der Veröffentlichung bilden Ergebnisse zum Ausbreitungsverhalten von Laufkäfern sowie zur Wirksamkeit von Grünbrücken (einschließlich übertragbarer Ergebnisse, die an anderen wirbellosen Artengruppen gewonnen wurden). Einzelne methodische Aspekte (v. a. Normierungen der Freilanddaten) werden erst hier am Beispiel konkreter Ergebnisse erläutert. Abschließend sind planungsrelevante Schlussfolgerungen zur Anlage von Grünbrücken für wirbellose Tierarten dargestellt.

Die im ersten Themenkomplex dargestellten Teilergebnisse spiegeln häufig nicht den eigentlichen Untersuchungszweck wider, sondern beleuchten Probleme, die für Markierungs- und Wiederfang-Untersuchungen bzw. für deren Auswertung typisch sind. Ziel ist es, Möglichkeiten

und Grenzen bei weitergehenden Auswertungen von Daten, die unter sehr spezifischen Fragestellungen erhoben wurden, aufzuzeigen. Auch sind allgemein interessierende Aspekte zur Ökologie von Laufkäfern angesprochen.

## 2 Untersuchungsprogramm

### 2.1 Haupt-Fragestellungen

- Welche Arten/Anspruchstypen können Grünbrücken nutzen?
- Wie häufig werden Grünbrücken genutzt?
- Wie wirksam sind Grünbrücken bzw. wie kann ihre Effizienz gesteigert werden?

Die Effizienz ergibt sich aus dem Vergleich der Querungsraten mit und ohne Straße sowie dem Vergleich der Querungsraten vor und nach dem Bau von Grünbrücke und Straße. Die Barrierewirkung der gesamten Trasse ist zu berücksichtigen.

### 2.2 Rahmenbedingungen

Die genaue Lage sowie Dimensionen aller Grünbrücken standen vor Untersuchungsbeginn fest (zur Lage der Untersuchungsgebiete vgl. Abb. 1).

Austauschbewegungen vor dem Bau der Straße konnten nur an der B 31 neu ermittelt werden. Dort überwiegen häufige Arten landwirtschaftlicher Nutzflächen. Die gewonnenen quantitativen Ergebnisse können dann auf anspruchsvollere Arten übertragen werden, wenn Grünbrückennutzung an anderen Untersuchungsobjekten nachgewiesen wird (Untersuchungen an bereits bestehenden Grünbrücken).

Untersuchungen an Laufkäfern erfordern einen vergleichsweise hohen Erfassungsaufwand. Daher wurden spezielle Studien, z. B. zur Wirksamkeit von Lebensraum-Korridoren, nur am Beispiel von Heuschrecken und Tagfaltern erstellt. Auch diese Ergebnisse können auf entsprechende Anspruchs- und Ausbreitungstypen z. B. der Laufkäfer übertragen werden (vgl. Kap. 8).

## 3 Methodik

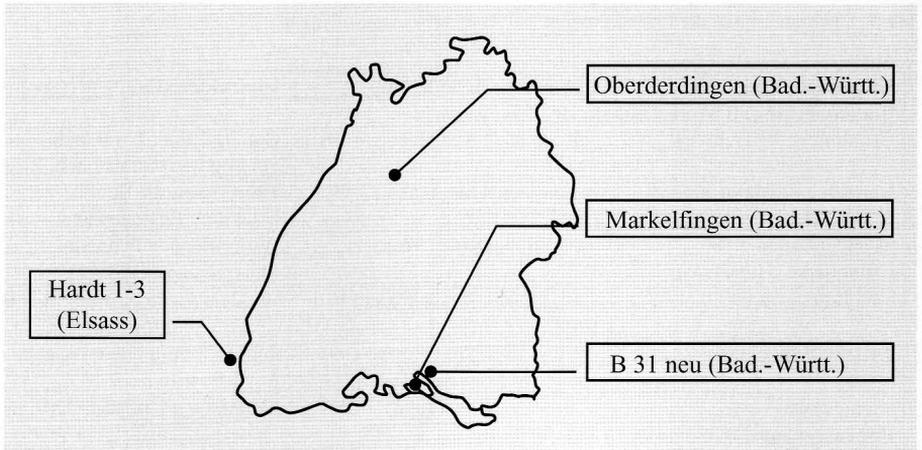
### 3.1 Vorversuch

Um die Überlebenswahrscheinlichkeit nach der Fräsmarkierung (s.u.) zu ermitteln, wurden 50 so markierte Individuen von *Anchomenus dorsalis* über 3 Monate erfolgreich im Terrarium gehalten.

Tab. 1: Übersicht zu den Untersuchungen im Gesamtprojekt (alle in PFISTER et al. 1997).

Artengruppe	Untersuchungsschwerpunkte, Methoden	Bearbeiter	Untersuchungsjahre
Große Säuger	Raumnutzung, Verkehrsmortalität, Arteninventar (Videoüberwachung, Spurenanalyse, Direktbeobachtung)	Pfister et al. Jenny et al. Georgii	1991 - 1996 1991 - 1996 1992, 1994
Dachse	Raumnutzung (Telemetrie)	Herrmann et al. Hauffe	1991 - 1996 1995
Bilche	Raumnutzung, Arteninventar (Telemetrie)	Müller-Stieß & Herrmann	1991 - 1996
Kleinsäuger	Raumnutzung (Markierung/Wiederfang), Arteninventar	Wilhelm & Paliocha	1991 - 1996
Vögel	Raumnutzung, Arteninventar	Ley & Bauer Keller et al.	1991 - 1996 1991 - 1996
Amphibien	Arteninventar [und Raumnutzung]	Löderbusch	1991
Tagfalter	Raumnutzung, Arteninventar, Querungsverhalten	Rietze & Reck Reck et al.	1992 1993
Heuschrecken	Arteninventar, Wirksamkeit von Lebensraum-Korridoren (Markierung/Wiederfang)	Rietze & Reck Reck et al. Leisi	1992 1993 1991
Spinnen	Arteninventar	Zangger	1995
<b>Laufkäfer</b>	<b>Raumnutzung (Markierung/Wiederfang), Arteninventar</b>	<b>Rietze &amp; Reck Zangger</b>	<b>1991, 1992, 1996 1992 - 1993</b>

**Abb. 1:** Lage der Untersuchungsgebiete zur Ermittlung der Wirksamkeit von Grünbrücken.



### 3.2 Vergleich des Arteninventars von Grünbrücken mit dem der jeweiligen Umgebung

In jedem Untersuchungsgebiet (vgl. Tab. 2) wurden 1 Fallenreihe auf der Querungshilfe und i. d. R. 3 bis 4 Fallenreihen im direkten Umfeld mit je 9 Bodenfallen eingesetzt [ebenerdig eingegrabene, 0,2 l fassende Plastikbecher (Öffnungsweite ca. 6,5 cm) mit 5 %iger Essigsäure und etwas Detergenz zur Oberflächenentspannung, Leerungen in Abständen von ca. 14 Tagen]. Zur Erfassung eventueller Ausbreitungsschübe (potenzielle, zeitlich eng begrenzte und nicht allgemein vorhersagbare Ausbreitungsphasen z. B. der Waldarten) wurden die Fänge i. d. R. kontinuierlich von Mai bis Oktober durchgeführt.

### 3.3 Aussetzungsversuch

Die Fangzahlen nahmen 1996 bei der Gattung *Poecilus* im Gegensatz zu den Großlaufkäfern deutlich zu. Ab dem 02.06.1996 bestand keine Möglichkeit mehr, weitere Tiere wie üblich individuell zu kennzeichnen. Von den in der folgenden Woche gefangenen, unmarkierten Individuen wurden 2.000 mit Lackmalstiften auf einer Flügeldecke markiert und beiderseits an den Böschungen der B 31 neu ausgesetzt (ca. 100 m nordwestlich des Fallenfeldes 'Hirschweg', vgl. Abb. 14 und Tab. 2). Über die gefärbte Flügeldeckenseite war die Herkunft wiedergefangener Tiere ersichtlich. Nach dem ersten Wiederfang wurden die Tiere durch Einfräsen von Ziffern individualisiert. Die Straßenböschung war 1996 der einzig durchgängige, deutlich von der

Umgebung abgrenzbare Offenland-Lebensraum, der zur Grünbrücke hinführte.

### 3.4 Bewegungsmuster

Auf und im Umfeld einer (geplanten) Grünbrücke sowie an einem ca. 300 m entfernten Vergleichsstandort wurden Bewegungsmuster vor und nach dem Bau von Straße und Grünbrücke ermittelt (Mai bis Juli 1991 und 1996, Lebendfallen, vgl. Abb. 2 und Tab. 2). Zudem wurde 1996 die Wirksamkeit zuleitender Strukturen geprüft (vgl. Kap. 3.3).

Je Fallenfeld wurden 127 Lebendfallen eingesetzt. 5 weitere Fallenreihen im Umfeld der Grünbrücke (mit je 9 - 10 Fallen) dienten der Erfassung von Wanderungen von und zu dieser (insgesamt 300 Bodenfallen). Der Fallenabstand betrug i. d. R. 10 m innerhalb der Fallenfelder und -reihen (lediglich straßenparallel auf der Grünbrücke: 15 m). Identische Fallendistanz (Luftlinie) und Fallenzahl waren aufgrund der entstandenen Böschungen auch 1996 am Straßen-Vergleichsfeld möglich (jedoch Verschiebung der mittlere Fallenreihe an den südlichen Straßenrand, vgl. Abb. 2).

Innerhalb der Fallenfelder betrug die maximal messbare Wanderdistanz 160 m (messbar in Entfernungsklassen von 10 bis 21 m). Größere Entfernungen zu den Fallenreihen der Grünbrücken-Umgebung sowie zwischen den Fallenfeldern ermöglichten theoretisch Messungen weiträumiger Wanderungen (bis max. 600 m).

Als Fallen dienten 0,3 l Kunststoffbecher mit einer oberen Öffnungsweite von 9,5 cm, die mit Böden von Petrischalen verschlossen werden konnten. Sie waren jeweils 36 Stunden (2 Näch-

Tab. 2: Kurzcharakteristik der Untersuchungen.

Untersuchungsgebiet	Untersuchungszeitraum	Charakteristika, Untersuchungsgrund (B = Breite)
<b>Bodenseeraum, B 31 neu (Stockach - Überlingen):</b>		
Grünbrücke 'Hirschweg'	vor und nach Straßenbau (1991, 1996)	Gehölzverbund, walddah, 1996: B = 80 m (Effizienz vor und nach Straßenbau, Erfassung Bewegungsmuster)
Vergleichsstandort 'Christoffel'	vor und nach Straßenbau (1991, 1996)	1996: 3-spurige Straße (Vergleich für Effizienz, Erfassung Bewegungsmuster)
Straßenböschung bei Grünbrücke 'Hirschweg'	nach Straßenbau (1996)	Wirksamkeit zuleitender Strukturen (Aussetzungsversuch)
Grünbrücke 'Weiherholz'	vor und nach Straßenbau (1991, 1996)	Waldverbindung, offen, B = 80 m
2 Kleintierdurchlässe	vor und nach Straßenbau (1991, 1996)	dunkle Verbindungen in entwässerten Wiesen, B = 1,5 m
Viehüberweg	nach Straßenbau (1996)	Verbindung landwirtschaftl. Nutzflächen, B = 20 m
<b>Bodenseeraum, B 33 neu bei Markelfingen:</b>		
Grünbrücke 'Württembergle'	nach Straßenbau (1992)	walddah, offen, B = 30 m
Grünbrücke 'Hoherreute'	nach Straßenbau (1992)	Nähe NSG 'Mindelsee', offen, B = 30 m
<b>Kraichgau, DB:</b> Grünbrücke 'Oberderdingen'	nach Bau der ICE-Strecke (1992)	sehr schmale Verbindung zwischen Wäldern, offen, B = 8 m
<b>Elsass, A 36, 'Hardt 1-3',</b> 3 Grünbrücken	nach Straßenbau (1992, 1993)	dicht bestockte Verbindung zwischen Wäldern, B(außen) = 50 m, B(Mitte) = 12 m

te, 1 Tag) fängig und wurden anschließend für 24 (selten: 48) Stunden verschlossen, um Tiere nicht gleich wieder in der selben Falle zu fangen.

Die Markierungs- und Wiederfangphase dauerte in beiden Untersuchungsjahren mindestens 6 Wochen (03.05. - 15.06.1991, 02.05. - 06.07.1996), anschließend folgte eine reine Wiederfangphase von 2 Wochen.

Arten kleiner als 8 mm wurden in beiden Jahren aus technischen Gründen nicht markiert. Die Konservierung dieser sowie von Einzeltieren größerer Arten, die im Gelände nicht sicher bestimmbar waren, ermöglichte Aussagen zum Gesamtartenspektrum der einzelnen Biotoptypen. Häufig gefangene Arten, die im Gelände nicht eindeutig zu bestimmen sind und dennoch markiert wurden, sind zu 'Sammelarten' zusammengefasst (z. B. *Anisodactylus binotatus*/*A. nemorivagus*). Eine Trennung nach Geschlecht erfolgte nur bei Arten mit deutlich ausgeprägtem Geschlechtsdimorphismus.

Die wissenschaftliche Nomenklatur richtet sich nach TRAUTNER & MÜLLER-MOTZFELD (1995), die deutschen Artnamen sind TRAUTNER (1992) entnommen. Die Gefährdungseinstufung der Arten entspricht der aktualisierten Roten Liste für Baden-Württemberg (TRAUTNER 1996).

Belege der gefangenen Arten befinden sich in der Sammlung des Verfassers.

Anhand phänologischer und meteorologi-

scher Daten lassen sich die unterschiedlichen Untersuchungsbedingungen grob aufzeigen: 1991 verzögerte ein Kaltlufteinbruch den Beginn der Haupt-Aktivitätsphase der Laufkäfer. 1996 hatte diese bereits bei Untersuchungsbeginn begonnen, wurde dann aber durch Trockenperioden mehrfach unterbrochen. Dies ist insbesondere zu berücksichtigen, da sich die Aktivität von Laufkäfern direkt in der Fangzahl in Bodenfallen widerspiegelt (gemessen wird nicht die eigentliche Dichte, sondern die Aktivitätsdichte). Während Kälte- und Trockenperioden legen die Tiere eine Ruhepause ein und graben sich z. B. tief in den Boden ein, es werden dann nur vereinzelt Tiere in den Bodenfallen nachgewiesen. Deswegen wurden 1996 deutlich weniger Individuen gefangen (s. Kap. 4.4).

## 4 Erfahrungen und Probleme mit Markierung/Wiederfang

### 4.1 Technik: Markierung

- Als Markierungstechnik kam die von MOSSAKOWSKI et al. (mündl. Mitt.) bereits erfolgreich erprobte Methode des Frärens der Flügeldeckenoberfläche zum Einsatz. Andere Techniken stellten sich als ungeeignet dar: Lackmalstifte halten nicht dauerhaft (schnelles Abblättern auch nach sorgsamer Reinigung der Tiere!). Nach wenigen Wochen lassen sich lediglich unterschiedliche Farben (oft nur als Reste),

jedoch keine Punkt-Codes sicher identifizieren. Thermocauter entwickeln je nach Ladezustand unterschiedliche Temperaturen, häufige Folge sind letale oder die Flug- und Wanderfähigkeit beeinträchtigende Beschädigungen.

- Markierungen erfolgten nur durch Anfräsen der Chitinschicht, nicht durch Löcher. Geeignet sind spitze Diamantbohrer, die z. B. gebraucht bei Zahnärzten kostenlos bezogen werden können (oft erst nach entsprechendem zeitlichen Vorlauf!). Neue Bohrer sind teuer und weisen schlechtere Fräs-Ergebnisse auf. Je nach Härte der Flügeldecken (diese korreliert i. d. R. mit der Größe der Arten) führen unterschiedliche Abnutzungsgrade der Bohrer zu den jeweils besten Fräs-Ergebnissen. Bei kleinen und/oder weichen Arten (z. B. *Anchomenus dorsalis*) empfiehlt es sich, die Bohrerspitze abzubereiten und mit der entstandenen Kante zu fräsen. Immature Individuen sind so i. d. R. dennoch nicht markierbar.
- Es können nur Bohrgeräte (z. B. "Minicraft"-Bohrmaschinen 12 V, 40 W, 30.000 U/min) mit gut zentrierten Lagern (ansonsten ungenaue Platzierung der Code-Punkte bis hin zum Zerstäuben der Tiere!), geringem Gewicht und schnell erreichbaren Schaltern empfohlen werden. Bleiakku (12 V, 6,4 Ah) können bei diesem Untersuchungsaufwand mindestens 1 Arbeitstag pro Person betrieben werden (Aufladung in folgender Nacht).
- Bei größeren Arten sowie bei andauernder Markierung kleiner Arten sind Schutz für Augen und Finger aufgrund der beim Fräsen immer abgespritzten Sekrete empfehlenswert (Brille, Aufsetzen des Hinterleibes z. B. auf eigene Hose bzw. Abdecken des Hinterleibes mit ledergeschütztem Finger beim Markieren, Sprühpflaster auf Fingerkuppen, ggf. Latex-Handschuhe).
- Der individuelle Markierungsmodus nach dem 1-2-4-7-Schema (MÜHLENBERG 1989) ermöglicht eine effektive Arbeitsweise. Damit können auf den Flügeldecken bei 12 theoretischen Fräspunkten bis zu 999 Tiere individuell markiert werden. Bei der Gattung *Poecilus* wurden 1996 zwei weitere Fräspunkte auf dem Halsschild angebracht, so dass maximal 2.999 Tiere individuell markiert werden konnten. Diese zusätzlichen Punkte erfordern viel Übung und Geschick, eine Beschränkung auf die Zentren

jeder Halsschildhälfte ist vorteilhaft, da bei dieser zeitintensiven Methode nur bei äußerster Vorsicht negative Folgen (z. B. durchbohrte Halsschilde) zu vermeiden sind.

## 4.2 Arten

- Bei Arten mit glatter Flügeldecken-Oberfläche und einer Größe über 10 mm lassen sich Zahlen mit feinen Diamantbohrern direkt auf die Flügeldecken "schreiben" (z. B. bei *Poecilus*, *Carabus violaceus*).
- Erfahrung bei der Bestimmung (lebender!) Carabiden ist unumgänglich.
- Effektiv im Gelände zu bearbeiten sind Arten, die zumindest mit einer 10-fach verstärkenden Lupe sicher anzusprechen sind und die eine Größe von mindestens 8 mm aufweisen (ab *Pterostichus strenuus*).
- Die angewandte Methode erzielte kaum Wanderdaten zu schwärmenden Arten (z. B. der Gattung *Amara*) bzw. zu grabenden Arten (z. B. *Clivina*).
- Arten mit schmalen Flügeldecken (z. B. *Clivina*, *Stomis*) bieten weniger Platz zur genauen Identifikation der Markierung. Sie wurden 1991 auf dem Kopf mit verschiedenfarbigen Lackmalstiften gekennzeichnet. Aufgrund der geringen Wiederfangquote sowie der eingeschränkten Haltbarkeit der Markierungen wurden diese Arten 1996 nicht mehr markiert.

## 4.3 Technik: Fallenaufbau

- Wenn jede Falle aus 2 ineinander steckenden Bechern besteht, kann sie schnell geleert und wieder einsatzbereit gemacht werden.
- Styroporchips ohne Löcher dienen in den Bechern als "Rettungsinseln" nach Regenfällen sowie als Versteck. Sie vermindern die Flucht flugfähiger Arten sowie das Gefressen werden von kleinen Arten.
- Verluste von Fallen und v. a. von Käfern durch lernfähige Krähen in vegetationsarmen Bereichen (Mais im Frühjahr 1991) bzw. durch Spitzmäuse sind nur eingeschränkt durch Steinabdeckungen, Erdnägel etc. zu vermeiden. Der Datenverlust kann teilweise durch Zusammensetzen der Flügeldecken-Reste ausgeglichen werden. Gute Ergebnisse erzielten in Mooren (HARRY, unveröff.) Plastikdächer, ge-

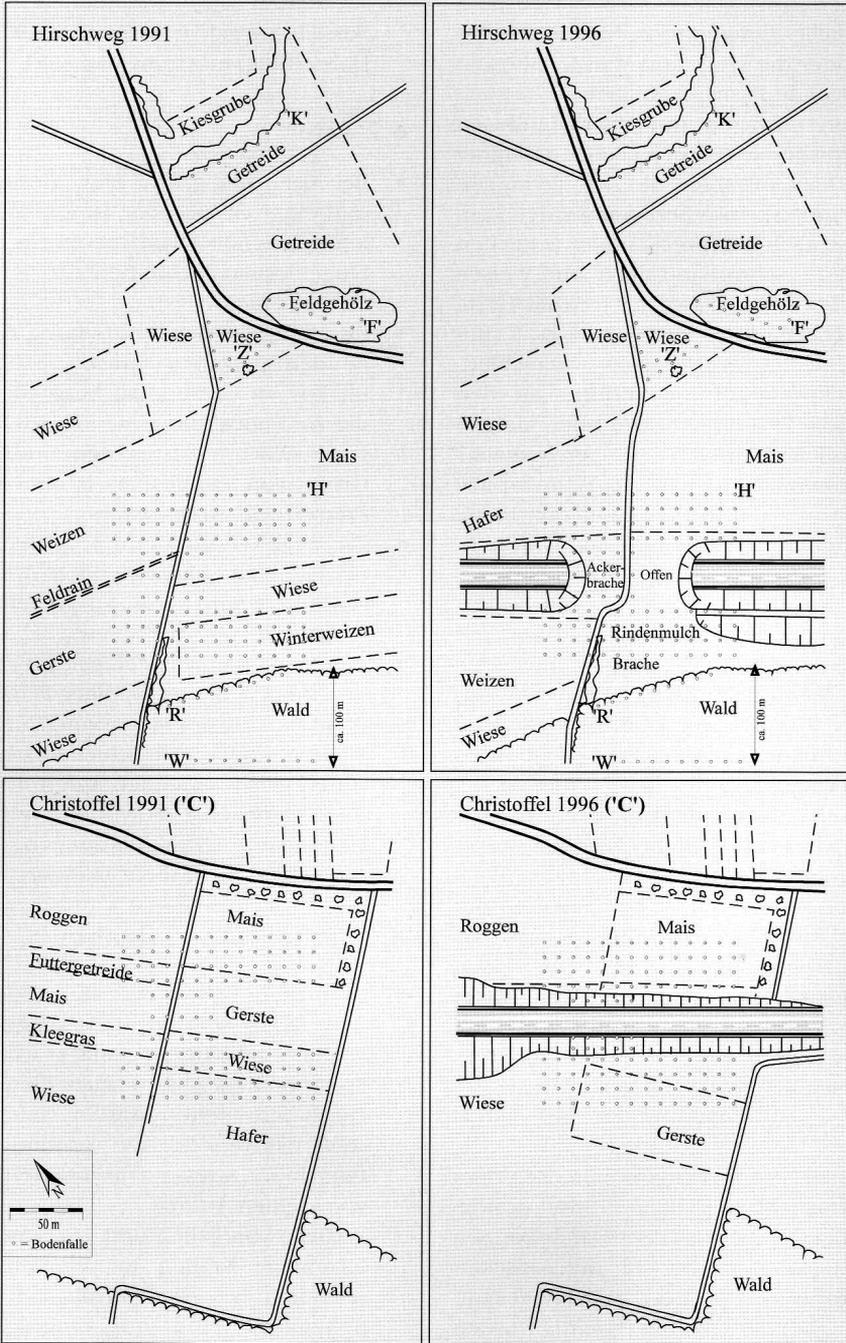


Abb. 2: Landwirtschaftliche Nutzung der Probeflächen 'Hirschweg' (H) und 'Christoffel' (C) in den Untersuchungsjahren 1991 und 1996 sowie Lage und Bezeichnung der Fallenfelder und -reihen (K, F, Z, R und W).

stützt auf drei hakenförmig abgefangene, lange und weiche Drähte ( $d = 2 - 3 \text{ mm}$ ), da diese "Ständer" bei Berührung zurückschnellen und somit zumindest bayerische Krähen vertreiben konnten.

- Fallenverluste lassen sich in Äckern durch Platzierung der Fallen außerhalb der Spurwege verringern.

#### 4.4 Aufwand

- In durchschnittlicher Acker-/Wiesenlandschaft mit geringem Maisanteil sind 300 Bodenfallen für 2 Personen gerade noch zu bearbeiten.
- Die Entfernung von 10 m zwischen den Fallen stellte sich für die Fragestellung als guter Kompromiss zwischen Aufwand und Aussageschärfe heraus.
- Die Untersuchungsdauer war ausreichend lang. Schon nach 2 Monaten war selbst bei individuellen Auswertung zwischen Wanderentfernung und -dauer keine Abhängigkeit mehr erkennbar.
- Die Unterteilung in eine Markierungs- und Wiederfang- sowie eine reine Wiederfangphase erhöht die Effektivität enorm, da die letzten markierten Tiere ansonsten nicht mehr oft gefangen werden können.
- Unterschiedliche Witterungs- und Standortverhältnisse führen zu z. T. extrem unterschiedlichen Fangzahlen. Bei der Wiederholungsuntersuchung musste 3 Wochen länger gefangen und markiert werden, um zumindest eine vergleichbare Anzahl markierter flugunfähiger Individuen zu erreichen. Identische Wiederfangraten waren nicht erzielbar, da ein deutlicher Arten-Turnover einsetzte und die Heuschreckenuntersuchung beginnen musste. In der Angebotskalkulation sowie in der Zeitplanung sollten bei mehrjährigen Untersuchungen und bei Bearbeitung mehrerer Artengruppen Reserven eingeplant werden.
- In Ackergebieten können Hilfskräfte für einzelne individuenreiche Arten/-gruppen (z. B. *Carabus*) angelernt werden. Gleichzeitiges Arbeiten an einer Falle ist dabei sinnvoll.
- Schnelle Bearbeitung ist bei/nach Regen unumgänglich, um Tierverluste durch Ertrinken zu minimieren (Dachkonstruktionen sind bei ständigem Öffnen und Schließen der Fallen hinderlich).

- Bei Regen sind wasserfeste Aufschriebe sowie große Schirme sinnvoll, die zumindest Papier und Bohrgerät ständig schützen. Stationäres Arbeiten, bei dem jede Falle z. B. zum Auto gebracht wird, erwies sich v. a. aufgrund weiter Wegstrecken, zusätzlicher Beschriftung etc. als ineffektiv.
- Die parallele, aber um einen Tag zeitlich versetzte Bearbeitung der Fallenfelder ermöglicht zwar eine kontinuierliche Arbeit im Gelände, arbeitsfreie Tage lassen sich aber nicht einfach z. B. mit Sonn- und Feiertagen kombinieren.
- Das 36 Stunden vorversetzte Öffnen der Fallen dauerte, selbst bei vielen Reparaturen bzgl. der Fallen-Fängigkeit, je Fallenfeld nur max. 1 Stunde. Wenn dies nach einer Pause nicht mit der Bearbeitung des anderen Fallenfeldes zu kombinieren war, erwies sich ein Bearbeiter vor Ort (ohne lange Anfahrtszeiten) als sehr hilfreich.

#### 4.5 Datenmanagement

- Durch Zuordnung von speziellen Zahlengruppen zu verschiedenen Gebieten sind z. B. weite Wanderungen sofort im Gelände zu erkennen und zu kontrollieren. Zweifel bezüglich Ablese- oder Übertragungsfehlern werden vermieden.
- Doppelbelegungen von Zahlen-Codes bei ähnlichen Arten/verschiedenen Geschlechtern sollten vermieden werden. Bei bemerkenswerten Wiederfunden dienen zusätzlich zur Nummer festgehaltene Merkmale (Art, Geschlecht, Färbung, Missbildungen, unterschiedlich große Fräspunkte etc.) der Verifikation.
- In den Geländebögen wurden neben solchen Merkmalen die Fänge jedes Individuums aufeinanderfolgend protokolliert, so dass im Moment des Wiederfang auch sämtliche vorherigen Funde ersichtlich waren. Im Gegensatz zu separaten Tagesprotokollen minimiert diese Vorgehensweise Übertragungsfehler, verifiziert bemerkenswerte Wiederfunde und erleichtert die EDV-Eingabe (und v. a. Kontrolle) der Daten. Nachteilig sind dabei große Papiermengen, die sich von Beginn der Untersuchung an immer im Geländeeinsatz befinden. Sicherungskopien sind häufig notwendig, da sämtliche Daten z. B. der Witterung ausgesetzt sind.

## 4.6 Sonstiges

- Spritzmitteleinsatz durch die Landwirtschaft erfordert besondere Achtsamkeit und Hygiene auch noch Tage nach Regen (eine Spritzmittelvergiftung führte zu einer Woche Krankenhausaufenthalt des Bearbeiters).
- Entschädigungen für Landwirte sollten vor Untersuchungsbeginn vereinbart werden. So ist viel Ärger vermeidbar, auch wenn auf den Trampelpfaden zwischen den Fallen letztendlich nur wenig Ernte zerstört wird (zeitlicher Vorlauf zur Ermittlung der Pächter/Eigentümer meist notwendig).
- Auch bei Laufkäfern besteht die Gefahr, verstecksuchende Individuen zu verschleppen. Diese Hauptfehlerquelle bei der Interpretation weiter Wanderungen sollte mit Sicherheit ausgeschlossen werden können. Die Bearbeitung von weit auseinander gelegenen Gebieten an unterschiedlichen Tagen ist vorteilhaft. Aus Aufschrieben sollte hervorgehen: wer hat wann, wo, was gemacht.
- Ertrunken erscheinende Individuen (z. B. *Carabus*-Arten nach Regen) erholen sich bei den angewandten Fallenöffnungszeiten fast ausnahmslos und brauchen nicht aus der Untersuchung herauszufallen.
- Dagegen sind Tiere, die nicht eindeutig markiert wurden, unbedingt zu eliminieren. Nur so sind Verwechslungen bzw. Doppelbelegungen von Zahlen-Codes zu verhindern.
- Die für Freilandhebungen typische inhomogene Verteilung der Individuendichten innerhalb der Fallenfelder wurde durch die fragstellungsbedingte Ausrichtung der Fallenfelder an der (geplanten) Straße verstärkt (vgl. z. B. Abb. 4). Dies erforderte Normierungen und schloss nahezu alle statistischen Tests aus.

## 5 Normierungen und Auswertungsschritte

### 5.1 Warum wurde der Versuchsansatz gewählt?

Wanderentfernungen scheinen dann zuverlässig messbar und evtl. auch statistisch auswertbar, wenn die Tiere an einem Punkt freigelassen und in unterschiedlichen Entfernungen wiedergefangen werden (ideale Rahmenbedingungen bezüglich Strukturtypen, Grenzlinien, intra- und interspe-

zifischer Konkurrenz etc. vorausgesetzt). Solche (modifizierten) Versuchsansätze wurden zur Ermittlung der Wirksamkeit von Leitlinien mit Heuschrecken sowie mit 2 Arten der Gattung *Poecilus* durchgeführt.

Abgesehen vom größeren Aufwand sprechen aber künstliche Einflüsse durch Umsetzen der Tiere und v. a. durch extreme Erhöhung der Individuendichten an diesem Aussetzungspunkt gegen die Annahme, dass so gewonnene Wanderdaten ein annähernd reales Abbild des Wanderverhaltens im "natürlichen" Lebensraum widerspiegeln könnten. Vielmehr ist davon auszugehen, dass z. B. durch die Erhöhung der Dichte auch die Mobilität gesteigert wird (Extrembeispiel: morphologische Änderungen z. B. bei Wanderheuschrecken in Populationen mit unterschiedlicher Individuendichte, BELLMANN 1985).

Im gewählten Haupt-Versuchsansatz (Fallenfelder) erfolgte die Freilassung der Tiere an der Falle, an der sie gefangen wurden. Dabei bleibt die Verteilung der Tiere im Raum und die reale Individuendichte am jeweiligen Ort erhalten. Die Untersuchungsbedingungen entsprechen der Situation, die auch bei der Nutzung von Querungshilfen gegeben ist. Solange der Großteil der markierten Tiere das Fallenfeld nicht verlässt (abschätzbar über die Wiederfangrate), entsprechen im gewählten Versuchsansatz messbare Unterschiede in der Wanderleistung einem unterschiedlichen Wanderverhalten der Individuen unter annähernd natürlichen Bedingungen. Querungsraten von Bauwerken und Straßen unter realitätsnahen Bedingungen sind nur so sinnvoll zu messen und zu vergleichen. Die Lage der Fallenfelder orientierte sich an der Lage der geplanten Straße. Dies stellte keinen idealen Planungsfall dar, bei dem die Habitate der Zielarten für eine Grünbrücke direkt an das jeweilige Bauwerk grenzen. Strukturelle Vielfalt und somit unterschiedlich gute Lebensbedingungen sind in solchen Fällen jedoch typisch.

Die erzielten Aussagen sind dementsprechend von den Rahmenbedingungen beeinflusst und nicht allgemein gültig. Es war jedoch nicht Ziel der Untersuchung, statistisch abzusichernde Unterschiede im Wanderverhalten einzelner Arten nachzuweisen. Solche Unterschiede könnten nur innerhalb eines einheitlichen Lebensraumes gemessen werden, wären aber nicht auf eine reale Landschaft mit Grenzlinien und unterschiedlichen Strukturtypen übertragbar.

## 5.2 Einflüsse der Fallenordnung auf die gemessenen Entfernungen

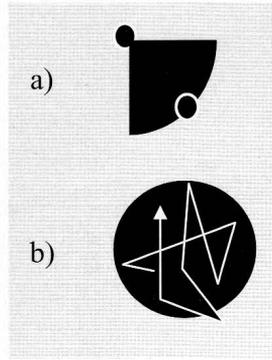
Vordergründig könnten weitere Wanderentfernungen mit einer geringeren Erfassungintensität korreliert sein. Grundannahme wäre, dass sich ein Tier von einem bestimmten Punkt (Falle, siehe Abb. 3a) ausgehend, ungerichtet ausbreitet (konzentrisch um die Falle). Bei weiteren Entfernungen sinkt dann die Erfassungswahrscheinlichkeit, wenn die Anordnung der Fallen bei gleichbleibendem Kreissegment keine größer werdenden Umfänge berücksichtigt. Jedoch wurden in den Fallenfeldern nicht ein einzelnes Tier zu einem einzigen Zeitpunkt untersucht, sondern (Teil-)Populationen während mehrerer Monate. Weder der Aktionsraum einzelner Tiere, noch der von Populationen befindet sich auf einem hypothetischen Punkt mit unendlich kleiner Fläche. Da in der vorliegenden Untersuchung die Ausdehnung eines jeden Fallenfeldes annähernd innerhalb der Grenzen der durchschnittlichen Aktionsräume der häufig wiedergefangenen Tiere lag (siehe Abb. 3b), kann in diesem Fall eine Auswirkung der Erfassungswahrscheinlichkeit auf Wanderstrecken bis ca. 100 m vernachlässigt werden. Das Ergebnis wird aber durch die Entfernungen der Fallen unscharf und in den „Messmöglichkeiten“ beeinflusst (s. u.).

Anders bei Wanderungen zwischen den Fallenfeldern bzw. Fangreihen: Hier entspricht die geringere Erfassungswahrscheinlichkeit aber der Auftreffwahrscheinlichkeit auf eine räumlich begrenzte Grünbrücke mit definierter Breite. Es war beabsichtigt, dass Individuen nicht erfasst werden, wenn sie sich nicht innerhalb eines bestimmten Winkels ausbreiten, in dem sie eine Querungshilfe erreichen können.

## 5.3 Fallenordnung und Verteilung der Individuen im Fallenfeld

Die Anzahl der gemessenen Häufigkeiten einzelner Entfernungsklassen ist abhängig von Anzahl, Entfernung und Verteilung der Fallen, aber auch von der Verteilung der Individuen im Fallenfeld.

Sinkende Auftreff- und Erfassungswahrscheinlichkeit mit zunehmender Entfernung ist besonders bei Wanderungen zwischen den Fallenfeldern zu berücksichtigen (s.o.). Im Gegensatz zu den angesprochenen Erfassungswahrscheinlichkeiten sind die Ergebnisse aber durch die „Messmöglichkeiten“ des jeweiligen Fallenfeldes beeinflusst. Diese



**Abb 3:** Beispiele a) Erfassungswahrscheinlichkeit b) schematisches Bewegungsmuster.

wurden ermittelt; nicht vorhandene Fallen in der Mitte der Anlage, die ungehinderte Wanderungen ermöglichen sollten, sind dabei berücksichtigt.

Aus Abb. 5 wird deutlich, dass sich die Erfassungsmöglichkeit von unterschiedlichen Wanderentfernungen stark ändert, je nach dem, ob Wanderungen in der Mitte oder am Rand des Fallenfeldes beginnen. Deswegen muss auch die inhomogene Verteilung der Individuen (vgl. Abb. 4) berücksichtigt werden.

Nur für 'häufig wiedergefangene Arten/Geschlechter', für die 'Summe aller flugunfähigen Arten' sowie für die 'Summe der Individuen aller Arten' wurden innerhalb der Fallenfelder die "Erfassungsmöglichkeiten" (potenziell messbare Häufigkeit jeder Entfernungsklasse) für jede einzelne Falle ermittelt und diese mit der Anzahl der Fangdaten von Individuen, die in der jeweiligen Falle gefangen wurden, multipliziert.

Wird die Summe der gemessenen Distanzen durch die Summe der jeweiligen Erfassungsmöglichkeiten dieser Ausbreitungsdistanzen geteilt, ergibt sich ein vergleichsweise reales Abbild des Wanderverhaltens.

## 5.4 Vergleichbarkeit unbereinigter Werte

Die Mobilität verschiedener Arten/Geschlechter kann nur dann anhand unbereinigter Messdaten verglichen werden, wenn die identische Methode angewandt wurde und eine ähnliche Verteilung der Individuen vorliegt (hier meist nur innerhalb desselben Untersuchungsjahres und desselben Fallenfeldes und dann, wenn von den Arten identische Lebensraumtypen präferiert werden). Dabei zeigt sich eine höhere Mobilität durch ein Maximum der Fangdaten bei höheren Entfernungen (dicke

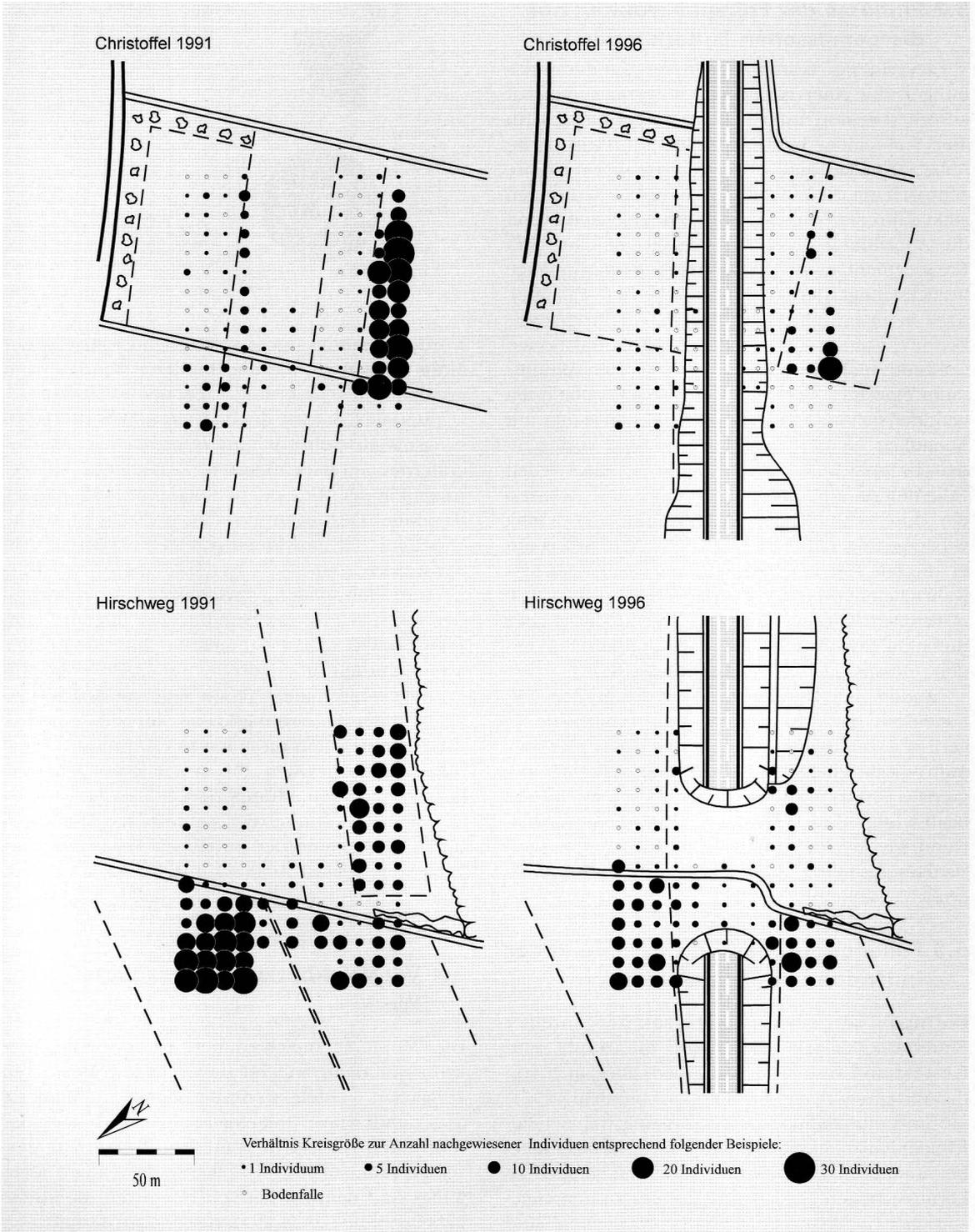


Abb. 4: Verteilung der Funde des Feld-Laufkäfers (*Carabus cancellatus*) in den Fallenfeldern 'Hirschweg' und 'Christoffel' 1991 und 1996.

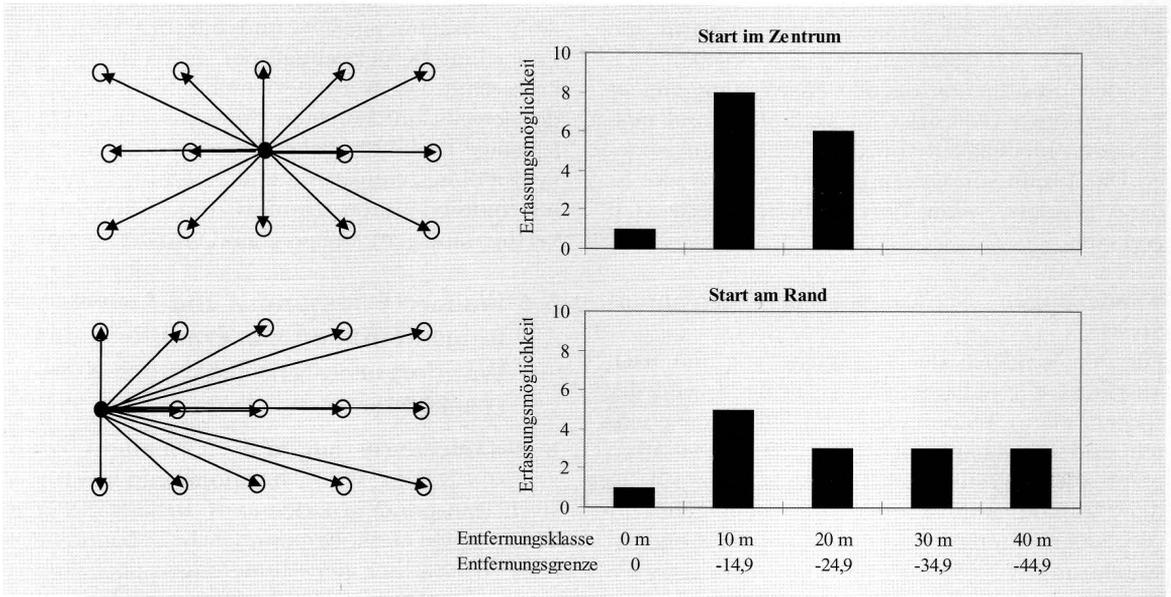


Abb. 5: Auswirkungen unterschiedlicher Lage des Standortes auf die Erfassungsmöglichkeiten von Wanderungen.

Linie), bei gleichen Maxima weist ein flacherer Abfall der Verteilungskurve auf höhere Mobilität hin (Abb. 6).

### 5.5 Auswertungsebenen

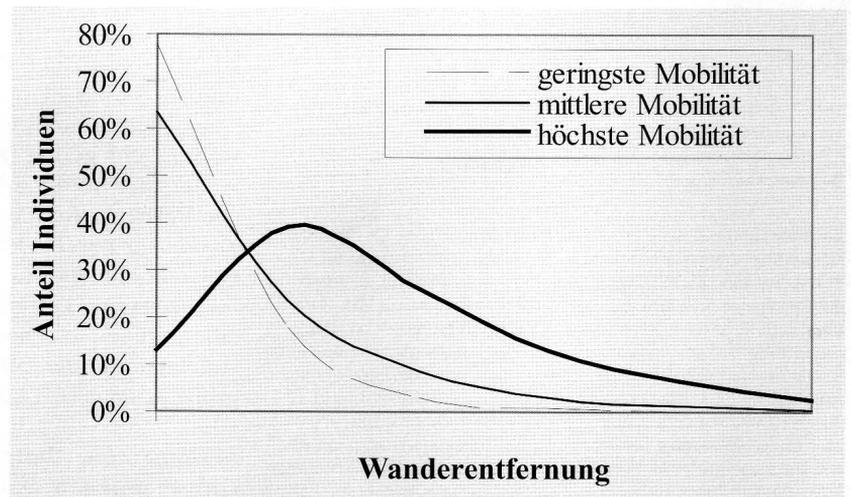
#### Datenbezogene/Individuenbezogene Auswertung

Für häufig wiedergefangene Arten wurden Wanderungen geschlechtsspezifisch differenziert und unterteilt in:

- individuenbezogene Wanderungen = Wanderentfernungen von mehrfach wiedergefangenen Tieren wurden addiert und lieferten dann einen Wert für die Auswertung;
- datenbezogene Wanderungen = alle Wanderdaten wurden einzeln gewertet, ohne Berücksichtigung, ob ein Tier auch vor- oder nachher gefangen wurde.

Diese Auswertungen wirken sich auf die Ergebnisse aus. Bei der datenbezogenen Auswertung erhöhen

Abb. 6: Schematische Ergebnisse des Wanderverhaltens unterschiedlich mobiler Arten.



sich die Anzahl der Trassenquerungen sowie die Anzahl der Wanderdaten, dagegen ergeben sich bei der individuenbezogenen Auswertung längere Wanderungen (Potenzial für Leitlinien) und eine stärkere Abhängigkeit von der Untersuchungsdauer. Die Anzahl von Querungen über die Trasse ist dann geringer, wenn Tiere mehrfach wechselten (vgl. Abb. 7).

### Wanderungen senkrecht zur (geplanten) Straße

Für den Vergleich der Ergebnisse vor und nach Abschluss der Bauarbeiten wurde die Anzahl der (potenziellen) Trassenquerer für alle Arten ermittelt und für die häufig wiedergefangenen Arten graphisch dargestellt (als Beispiel s. Abb. 19). In den Abbildungen 'Wanderungen senkrecht zur (geplanten) Straße' wurden die datenbezogenen Wanderungen '> 0 m' jeder straßenparallelen

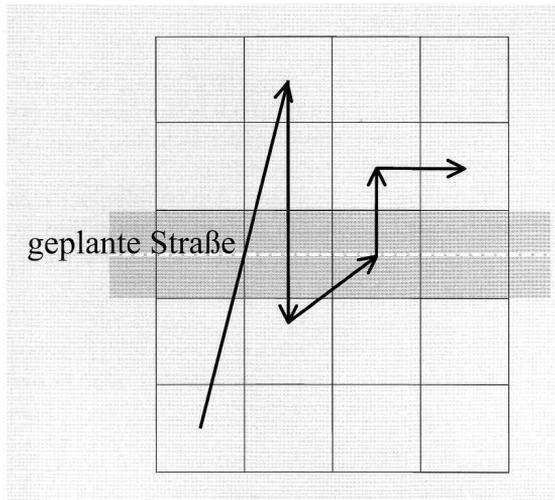


Abb. 7: Beispiel Kap. 5.5 zur Beschreibung unterschiedlicher Auswertungsebenen gemessener Wanderdistanzen (daten- und individuenbezogene Auswertung, Wanderungen senkrecht zur Straße, Anzahl Querungen).

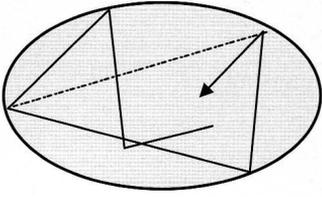
Das Individuum in diesem Beispiel wurde 6 x gefangen (1. Fang und Markierung, dann 5 Wiederfänge). Es lieferte somit 5 Werte für die datenbezogenen Wanderungen, aber nur einen Wert für die individuenbezogenen Wanderungen. Da das Tier zunächst 2 x die Trasse überquerte, trägt es hierbei 2 Werte zu den „Querungen“ bei. Der 4. Fang erfolgte auf der Trasse: in den Abbildungen der 'datenbezogenen Wanderungen senkrecht zur (geplanten) Trasse' kann die Überquerung zwischen 3. und 5. Fang (aus Gründen der Übersichtlichkeit) nicht als durchgehende Wanderung eingezeichnet werden. Diese 3. Querung ist aber in der Auswertung bei der Anzahl der Trassenquerungen enthalten. Die trassenparallele, letzte Wanderung wird bei den 'Wanderungen senkrecht zur Trasse' nicht berücksichtigt (Länge des Vektors = 0 m).

Reihe zusammengefasst und nur der Vektor der Entfernung berücksichtigt, der senkrecht zur Straße verläuft. Die Werte beziehen sich auf die Länge des jeweils untersuchten Straßenabschnittes, die jeweilige Breite des Fallenfeldes und die jeweilige Bearbeitungsintensität. Sie müssten für Vergleiche mit anderen Untersuchungen (mit differierenden Versuchsanlagen) entsprechend normiert werden.

### 5.6 Weitere Erfassungs- und Auswertungsmethoden zur Ermittlung des Wanderverhaltens (vgl. auch KÖHLER 1999)

**Radio-Telemetrie mit aktiven Sendern** (z. B. RIECKEN & RIES 1992), **harmonic-radar** mit passiven Transponder-Dioden (z. B. HOCKMANN et al. 1989): Beide Methoden ermöglichen "kontinuierliches" Beobachten der Wanderungen über längere Zeiträume. Maximal zurückgelegte Entfernungen können beobachtet werden, da ihre Erfassung nicht durch die bearbeitbare Fallenfeldgröße limitiert wird. Wanderungen werden nicht durch Fallenfänge unterbrochen, es entstehen keine hierauf zurückzuführenden Richtungsänderungen. Jedoch wären die aktiven, batteriebetriebenen Sender zu Beginn der Untersuchung (1991) aufgrund ihres Gewichtes nur für *Carabus coriaceus*, die harmonic-radar-Methode nur für die vergleichsweise großen Carabiden einsetzbar gewesen. Die Kosten für die aktiven Sender hätten bei dem zur Verfügung stehenden Finanzrahmen nur eine sehr geringe Stichprobenanzahl zugelassen. Auch mit der Methode des harmonic-radar ist nur eine begrenzte Anzahl von Individuen ungestört zu beobachten. Da der Großteil der Individuen einer Population jedoch nur geringe Wanderentfernungen (in den Untersuchungszeiträumen) zurücklegt, wäre die Wahrscheinlichkeit, weitere Wanderungen nachzuweisen sehr gering. Mittlerweile werden die aktiven Sender immer leichter, kleiner und auch billiger. Bei der harmonic-radar-Methode fallen nur die Kosten für den Empfänger ins Gewicht. In beiden Fällen könnte die Länge der Antenne die natürliche Fortbewegung bei Arten, die sich in dichter Vegetation ausbreiten, beeinträchtigen. Eine Übersicht zur Eignung der Methoden für unterschiedlich große Arten geben RIECKEN & RATHS (2000).

**Aktionsraum, 'home-range', 'minimum area/convex polygon'** (z. B. WHITE & GARROT 1990, zit.



**Abb. 8:** Beispiele unterschiedlicher Maßeinheiten zur Beschreibung des Wanderverhaltens.

in REICH 1991: graue Fläche in Abb. 8): Diese Auswertungsmethode ist sinnvoll anzuwenden, wenn z. B. der Flächenanspruch von einzelnen Individuen ermittelt werden soll. Die Aussagekraft hängt in starkem Maße davon ab, ob die Individuen sehr häufig wiedergefangen werden. Die Ermittlung der Fläche, innerhalb derer sich ein Tier bewegte, ist bei einer großen Anzahl markierter Individuen relativ zeitaufwändig. Umrechnungen auf Entfernungsmaße sind ggf. über die Radien der zugrunde gelegten Kreise oder Ellipsen möglich.

**Aktionsdistanz** (z. B. WALTER 1994: gestrichelte Linie in Abb. 8): Insbesondere wenn nur wenige Tiere häufig wiedergefangen werden, kann als vergleichbares Maß die Entfernung zwischen den entferntesten beobachteten Fundpunkten angegeben werden. Bei nur zwei Fängen entsprechen die Ergebnisse der datenbezogenen Auswertung, bei Mehrfachfängen ist meist eine graphische Darstellung zur Ermittlung der Werte erforderlich (Aufwand).

**Distanz zwischen erstem und letzten Fundort:** Die Ergebnisse sind stark zufallsabhängig, insbesondere im einheitlichen Lebensraum werden oft keine verwertbaren Erkenntnisse erzielt (vgl. Beispiel in Abb. 8, durchgezogene Linie). Andererseits können die Daten Hinweise zu tatsächlichen Wanderungen insbesondere bei Fragen zur Neubesiedlung liefern.

**Entfernung pro Zeiteinheit** (häufig auch als Normierung): Dieses Maß kann durch Datenreduktion zwar unterschiedliche methodische Einflüsse normieren, jedoch kommt der ermittelte Wert selbst dann nicht immer der Realität nahe (z. B. wenn die Tiere ihrer Laufaktivität bei ungünstigen Witterungen unterbrechen). Durchschnittswerte, bei denen zwischen dem Großteil der ortstreuen Individuen und dem geringen Anteil an Tieren, die weite Strecken wandern, gemittelt wird, liefern keine brauchbaren Hinweise zur Dispersionsdynamik.

Hochrechnungen auf eine evtl. maximale Wanderleistung erscheinen mehr als fragwürdig.

## 6 Grenzen der Aussagemöglichkeiten

Mit dem gewählten Untersuchungsansatz wurde eine relativ umfangreiche Datenbasis erzielt. Jedoch war nicht wissenschaftlicher Erkenntnisgewinn zum Wanderverhalten einzelner Arten Zielsetzung, sondern die Ermittlung der Wirksamkeit von Grünbrücken. Die in Kap. 7.2 dargestellten Ergebnisse stellen nur einen Teilschritt in einer auf die Fragestellung abgestimmten Kette von Teiluntersuchungen dar, die unter dem Diktat von Minimalaufwand und maximaler Aussagekraft bezüglich der Fragestellung durchgeführt wurden.

Insbesondere Aussagen zu Unterschieden im Wanderverhalten innerhalb von bestimmten Lebensraumtypen, entlang von Biotopgrenzen bzw. über diese hinweg sind nicht abzusichern. Ursache ist die jeweils geringe Stichprobenanzahl, da die Lage der Fallen einem Raster, bezogen auf die Lage der (geplanten) Straße, entsprechen musste und nicht am Nutzungsgradienten ausgerichtet werden konnte.

Aussagen zum Wanderverhalten einzelner Arten sind nicht unbedingt allgemeingültig und nur eingeschränkt mit anderen Untersuchungen vergleichbar (selbst wenn methodische Einflüsse normiert werden könnten). So können z. B. Fangzahlen in Wiesen aufgrund der Wirkung des unterschiedlichen Raumwiderstandes nicht mit denen in Äckern verglichen werden. Da unterschiedliche Wanderleistungen anzunehmen sind, spiegeln die ermittelten Ergebnisse auch die Anzahl und Lage der Fallen in entsprechenden Lebensräumen wider.

Augenfällige Unterschiede müssen immer auf methodische Ursachen hin überprüft werden. So wurden z. B. Waldarten durch Verlängerung der Untersuchung im Jahr 1996 häufiger im Offenland gefangen. Ursache ist, deren Ökologie bzw. das Bestandsklima in Äckern im Hochsommer/Herbst, aber nicht eine Wirkung von Grünbrücke oder Straße.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die gemessenen Wanderentfernungen die kürzesten Entfernungen zwischen den Fallen wiedergeben. Zusätzliche Laufstrecken bei ungerichteten Wanderungen bleiben in dieser Untersuchung unberücksichtigt. Auch die individuenbezogen ausgewerte-

**Tab. 3:** Anzahl in der Untersuchung festgestellter Arten, die unterschiedliche Querungshilfen nutzten.

Untersuchungsgebiet	Gesamtarten	Auf Querungshilfe
Weierholz	95	55 (58%)
Negelhof (Viehüberweg)	Umgebung nicht untersucht	45
Bonndorfer Ried (2 Durchlässe)	72	35 (79%; v.a. am Rand der Röhren)
Hirschweg/Christoffel	109	68 (62%)
Württembergle	72	57 (79%)
Hohereute	59 (incl. Mindelsee = 153)	46 (78% bzw. 30%)
Oberderdingen	60	43 (72%)
Hardt 3	68	36 (53%)

ten Daten lassen nur Abschätzungen zur tatsächlichen Wanderleistung bei gerichteter Ausbreitung zu (z. B. in Lebensraum-Korridoren).

Wanderungen von mehr als 600 m waren mit der gewählten Versuchsanlage nicht zu messen (Aufwand). Qualitative Hinweise ergeben sich jedoch aus den Funden stenotoper Arten aus weit entfernten Biotoptypen.

Durch die Form der Auswertung sind verschiedene Teilaspekte unberücksichtigt, die sich ebenfalls auf die erzielten Ergebnisse auswirken. So integrieren z. B. die Fangdaten den gesamten Untersuchungszeitraum; gezielte Wanderungen, z. B. in auflaufendes Getreide ca. 2 - 3 Wochen nach Untersuchungsbeginn, sind nicht differenziert und nicht in der Normierung berücksichtigt. Derartige Ergebnisse zeigen zwar, wie z. B. die Wirksamkeit zuleitender Strukturen verbessert werden kann, sind jedoch nur eingeschränkt für allgemeingültige Aussagen zum Wanderverhalten einzelner Arten heranzuziehen. Bei anderen Untersuchungsbedingungen wären ggf. gegenläufige Ergebnisse, z. B. bei den Wanderungen senkrecht zur Straße, erzielt worden.

## 7 Ergebnisse

Arbeitshypothesen und Fragestellungen sind im Abschlussbericht (PFISTER et al. 1997) ausführlich

dargestellt, hier werden diese in den einzelnen Unterkapiteln kurz angerissen.

### 7.1 Datengrundlage Artenspektren

In den eigenen Untersuchungskomplexen 'Querungshilfe/Umgebung' wurden auf den Grünbrücken, in deren Umgebung sowie auf dem Viehüberweg ca. 37.000 Individuen erfasst. Dabei wurden die in Tab. 3 dargestellten Artenzahlen ermittelt.

Einschließlich der Daten von 2 weiteren Grünbrücken im Elsass (ZANGGER 1995) sowie vom Mindelsee (Umgebung 'Hohereute'; KLESS 1983, KIECHLE 1991, HORION 1954 und SCHÜLE persönl. Mitt.) konnten 190 Arten aus den Grünbrücken-Untersuchungsräumen dokumentiert werden [1 weitere Art (*Cblaenius tristis*) ist mittlerweile erloschen, 2 zusätzliche Arten sind revisionsbedürftig]. Dies entspricht fast der Hälfte der in Baden-Württemberg heimischen Arten.

62 % der erfassten Arten (118 Arten) wurden auf Grünbrücken nachgewiesen. 15 weitere Arten waren in deren Umgebung nur in Einzelindividuen gefangen worden (Nachweise auf Grünbrücken sind aus methodischen Gründen unwahrscheinlich), zudem wurden 9 Arten an den Durchlässen im 'Bonndorfer Ried' festgestellt.

13 Arten kamen zwar zahlreich im nahen Umfeld der Grünbrücken vor, nutzten diese aber nicht.

	Markierte Individuen		Wiederauffangdaten	
	1991	1996	1991	1996
<i>Carabus granulatus</i>	322	539	189 (59%)	272 (50%)
<i>Carabus cancellatus</i>	885	438	740 (84%)	251 (57%)
<i>Poecilus versicolor</i>	447	1.251	153 (34%)	296 (24%)
<i>Poecilus cupreus</i>	835	1.659	103 (12%)	385 (23%)
Alle markierten Arten	5.993	7.827	1.420	1.451

**Tab. 4:** Übersicht zur Anzahl markierter und wiedergefangener Tiere.

Dabei handelt es sich v. a. um Waldarten, z. T. um feuchtigkeitsliebende Arten und vereinzelt um (trockenheits- und wärmeliebende) Offenlandarten. 36 Arten kamen ausschließlich in den 200 - 1.500 m von der nächstliegenden Grünbrücke 'Hoherente' entfernten Lebensräumen des 'NSG Mindelsee' vor und erreichten die Grünbrücke nicht. Bei diesen Arten handelt es sich überwiegend um anspruchsvolle Feuchtgebietsarten, die zur Grünbrücke hin mindestens 250 m trockenere landwirtschaftliche Nutzflächen hätten durchqueren müssen.

## 7.2 Analyse der Bewegungsmuster (Markierung und Wiederfang)

### Übersicht

Zur Analyse der Bewegungsmuster wurden insgesamt 13.820 Laufkäfer aus 71 Arten individuell durch Fräspunkte und 2.000 Individuen der Gattung *Poecilus* mit Lackmalstiften markiert. Von diesen gelangen über 2.500 Wiederfänge (inkl. Mehrfachfänge). Die bei einzelnen Arten (v. a. bei den Großlaufkäfer-Arten *Carabus cancellatus* und *C. granulatus* sowie den Buntgräbläufer-Arten *Poecilus cupreus* und *P. versicolor*) hervorragenden Wiederfangraten von bis zu 65 % erlauben gut abgesicherte Aussagen auf Art- und z. T. auf Geschlechtsniveau. Von diesen 4 Arten stammen in jedem Jahr 83 % der Wiederfangdaten der gesamten Untersuchung (s. Tab. 4).

Die Wiederfangdaten von den seltener wiedererfangenen Arten ergeben nur dann abgesicherte quantitative Ergebnisse (z. B. zum Ausbreitungsverhalten), wenn diese zu ökologischen Gruppen zusammen gefasst werden. Wichtiger sind jedoch qualitative Interpretationen, die die an den 4 häufigsten Arten gewonnenen Ergebnisse auf eine breitere Basis stellen.

### Exemplarische Darstellung der beobachteten Wanderungen: Beispiel Feld-Laufkäfer (*Carabus cancellatus*)

Die gesamte Datenmenge lässt sich kaum graphisch darstellen. Einen Eindruck vermittelt Abb. 9, in der nur Wiederfänge einer Art und auch nur eines Geschlechtes enthalten sind. Beispielhaft wurde eine Art gewählt, die zumindest regionale Bestandsrückgänge aufweist, flugunfähig ist und von der viele Fänge und hohe Wiederfangraten vorliegen. Die Aspekte des Wanderverhaltens haben exemplarischen Charakter und gelten für ver-

gleichbare Anspruchs- und Ausbreitungstypen.

Bei über 700 Wiederfangdaten des Feld-Laufkäfers im Jahr 1991 kann nicht jede erfolgte Bewegung dargestellt werden. Innerhalb der einheitlichen Winterweizen- bzw. Hafer-Äcker (vgl. Abb. 2) sind deshalb wandernde Individuen, die nur einmal wiedergefunden wurden, nicht in der Abbildung enthalten. Schon die Wanderungen der mehrfach wiedergefangenen Tiere können in diesen Lebensräumen nicht mehr unterscheidbar dargestellt werden. Unberücksichtigt bleiben 85 Wanderungen am 'Hirschweg' und 14 Wanderungen am 'Christoffel'.

An diesem Beispiel wird deutlich, wie sich die lokal unterschiedliche Dichte der Individuen auch auf die Wanderungen auswirkt. Häufig wiedergefangene Individuen legten in der Gesamtsumme relativ große Strecken zurück (vgl. Abb. 10, individuenbezogene Auswertung), die aufgrund häufiger Richtungswechsel aber nur selten zur Überbrückung größerer räumlicher Distanzen führten.

Innerhalb eines einheitlichen Biotops scheinen die Wanderbewegungen ungerichtet zu sein. Der größte Teil der Wanderungen erfolgte im früh auflaufenden Getreide. Andere Biotoptypen sind in geringerem Maße in den Aktionsraum der einzelnen Individuen eingebunden. Dennoch bestand v. a. vor dem Bau der Straße ein reger Austausch über die Flächen der heutigen Trasse hinweg. Dabei wechselten einzelne Tiere auch mehrfach. Wanderungen über die Grünbrücke konnten 1996 - in absoluten Zahlen gemessen - seltener als 1991 nachgewiesen werden, Straßenquerungen überhaupt nicht.

Da die Fangzahlen zwischen 'Hirschweg' und 'Christoffel', aber v. a. auch zwischen den Untersuchungsjahren, z. T. stark differieren, müssen die absoluten Werte (z. B. der Querungen) beim Vergleich auf die Anzahl der Wiederfänge im jeweiligen Fallenfeld und Untersuchungsjahr bezogen werden (s. Kap. 7.4).

### Ausbreitungsverhalten

Die in Abb. 10 exemplarisch dargestellten, unbereinigten Messwerte sind nur im selben Untersuchungsjahr miteinander vergleichbar (vgl. Kap. 5.4; die starken Schwankungen in den Kurvenverläufen haben v. a. methodische Ursachen). Insbesondere im Untersuchungsjahr 1991, in dem sehr viel mehr Individuen von *C. cancellatus* gefangen wurden als 1996, wird das Potenzial der Dispersionsdynamik

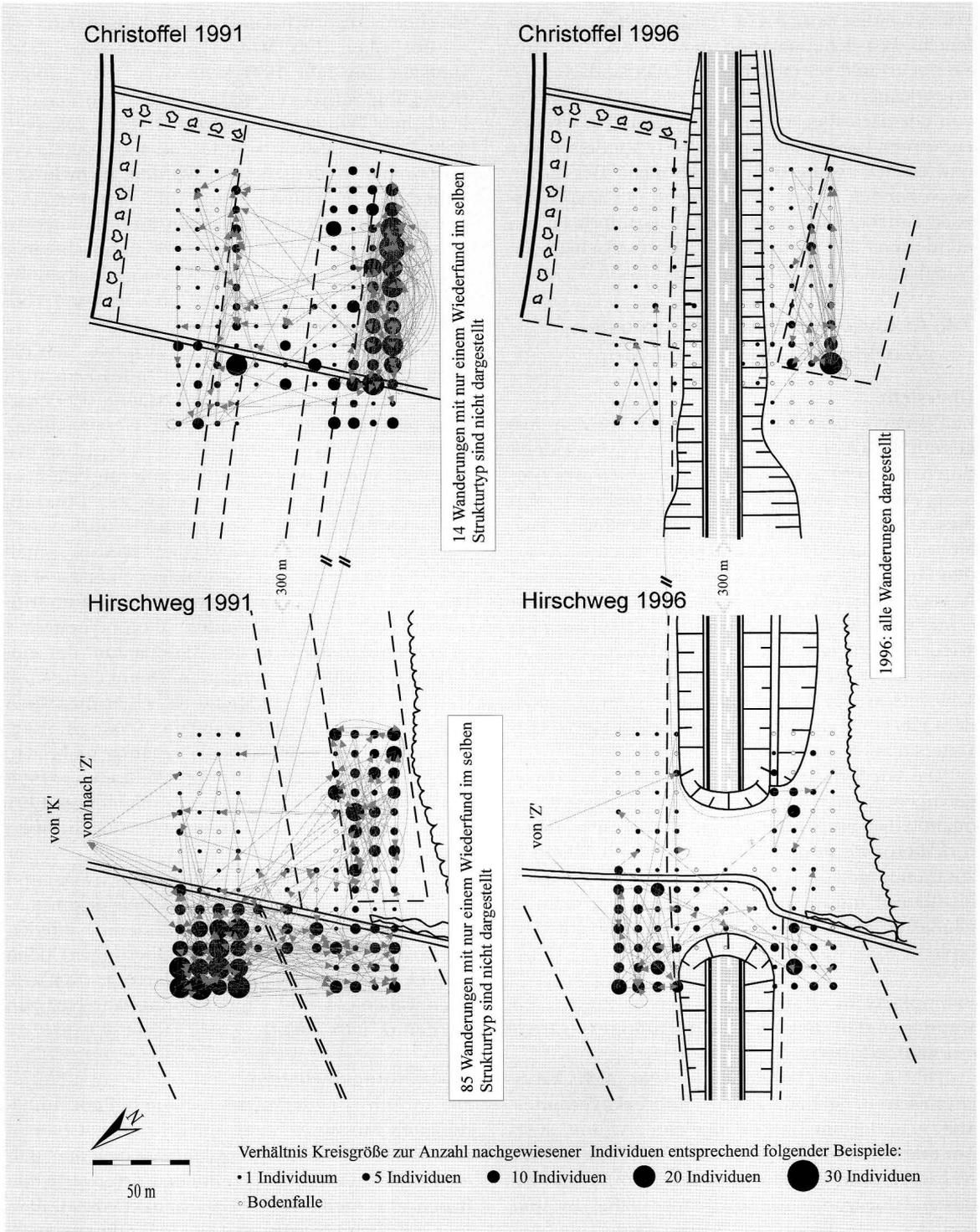
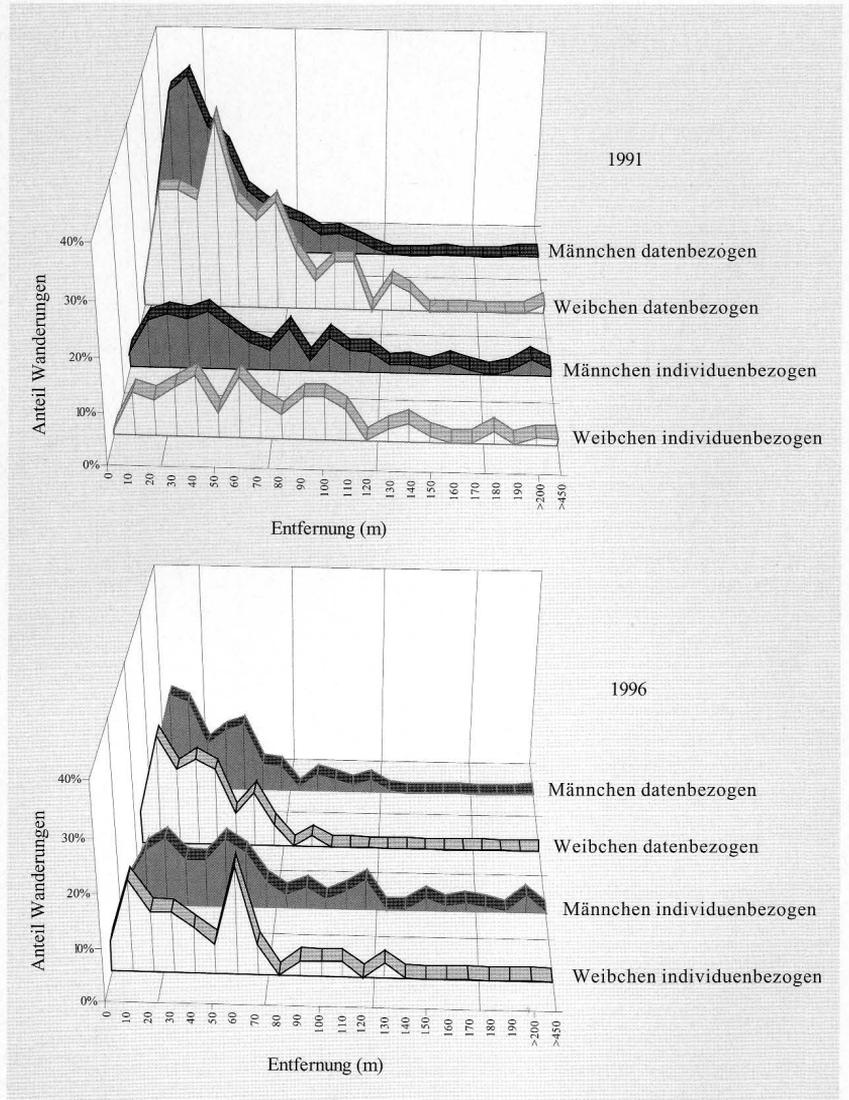


Abb. 9: Verteilung der Funde und Wanderungen von Männchen des Feld-Laufkäfers (*Carabus cancellatus*) in den Fallenfeldern 'Hirschweg' und 'Christoffel' 1991 und 1996.

**Abb. 10:** Gemessenes Wanderverhalten in Abhängigkeit von datenbezogener und individuenbezogener Auswertung am Beispiel des Feld-Laufkäfers (*Carabus cancellatus*), unter Berücksichtigung aller Wiederfänge der Individual-Markierung im jeweiligen Jahr.

Entfernungsklassen bis 190 m linear, danach sind Wanderungen zusammen gefasst. Das Bild des Wanderverhaltens ist nicht von methodischen Einflüssen korrigiert.



mik deutlich. Wenn es gelingt, die ungerichteten Wanderungen im einheitlichen Lebensraum (als Maß dient die datenbezogene Auswertung) z. B. in Lebensraum-Korridoren zu kanalisieren, überwinden mehr Tiere weitere Entfernungen (individuenbezogene Auswertung). Der höhere Anteil an weiter wandernden Individuen in einer Population erhöht letztendlich die Wahrscheinlichkeit, dass auch größere Distanzen überwunden werden.

In beiden Untersuchungsjahren konnten maximale Distanzen von mehr als 450 m zwischen den Fallenfeldern (bzw. von Fallenreihe 'Z' nach 'C') beobachtet werden. Dabei überwand die Tiere auch eine zwischen den Fallenfeldern liegende

Kreisstraße. Diese Wanderungen waren 1996 einmal für ein Männchen von *Carabus cancellatus* nachweisbar, nicht jedoch bei den in diesem Jahr viel häufiger markierten Individuen der beiden *Poecilus*-Arten. 1991 konnten solche Distanzen für 2 Männchen und 1 Weibchen von *C. cancellatus* sowie für 2 *Poecilus cupreus*-Männchen und 1 *P. versicolor*-Weibchen belegt werden.

Der Vergleich der Häufigkeitsverteilung der Wanderentfernungen mit der Wiederfangrate zeigt, dass mobilere Arten bzw. das mobilere Geschlecht bei ähnlichen Anspruchstypen seltener wiedergefangen werden: Sehr mobile Individuen wandern schneller aus dem Fangfeld heraus.

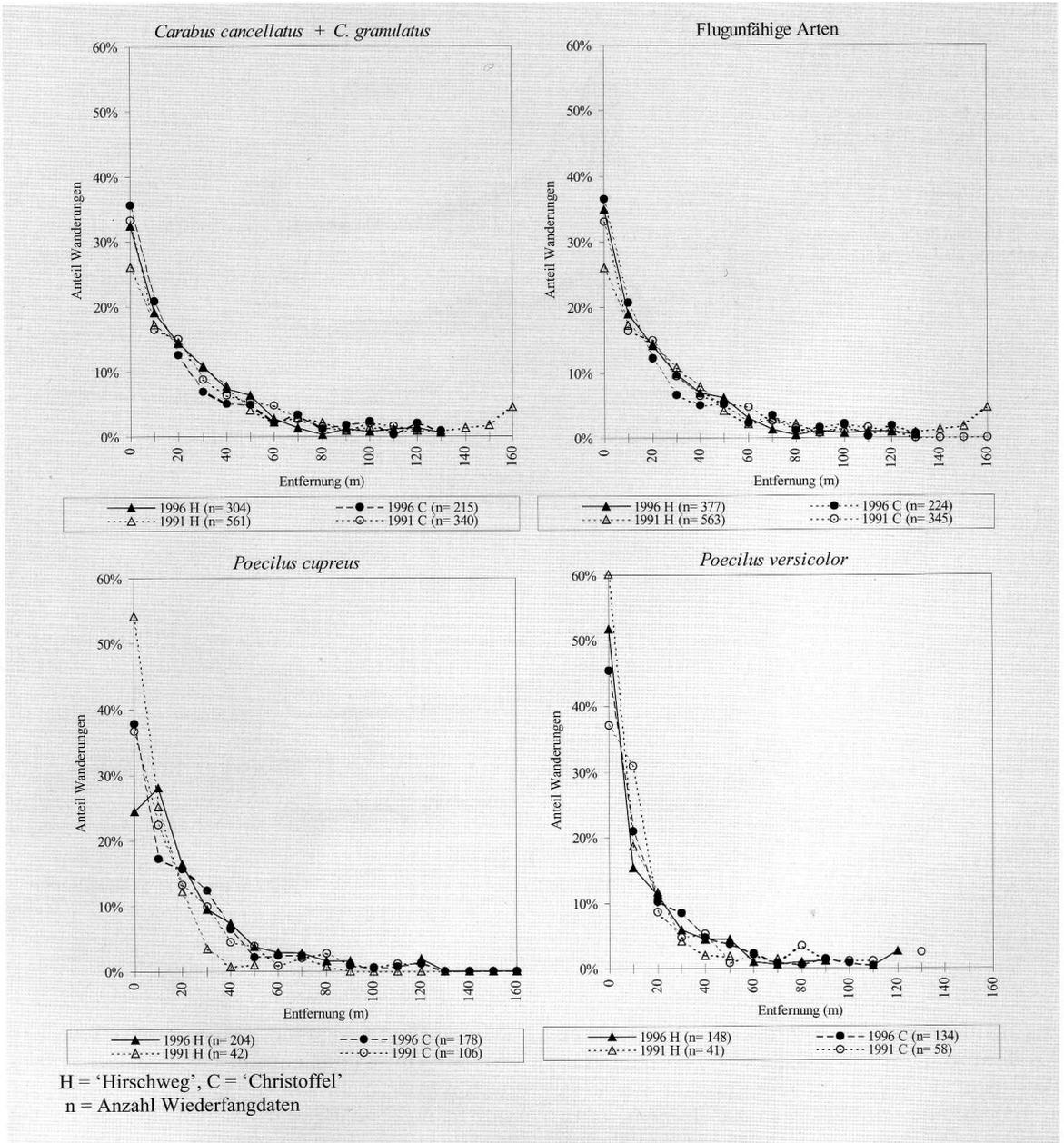


Abb. 11: Wanderverhalten innerhalb eines Fallenfeldes, korrigiert von den methodischen Einflüssen Fallenordnung, Entfernungsklassen und Verteilung der Arten.

Unterschiede zwischen Arten mit ungleicher Biotopbindung und Flugfähigkeit müssen vorsichtig interpretiert werden. Von den beiden im Gebiet vorkommenden flugfähigen Vertretern der Gattung *Poecilus* wurde vermutlich fast ausschließlich derjenige Teil der Wanderungen erfasst, der von den

Individuen am Boden zurückgelegt wurde. So zeigt sich im Vergleich zur Gattung *Carabus* eine geringere Mobilität, vermutlich mit bedingt durch die geringere Körpergröße (vgl. MADER 1981 und Abb. 11).

Von Arten der Gattung Kamelläufer (*Amara*)

wurden zahlreiche Individuen markiert. Dennoch konnten kaum Wiederfänge registriert werden. Diese Arten sind für hohe Flugaktivität bekannt und vollziehen regelrechte Schwärmflüge, bei denen größere Distanzen zurückgelegt werden können. Dadurch sinkt die Wiederfang-Wahrscheinlichkeit innerhalb der begrenzten Fallenfelder. Zudem könnte die bodengebundene Ausbreitung dieser Arten gering sein. Da die Ausbreitung über die Luft (aktives Fliegen, Windverdriftung) im Gegensatz zur reinen Laufaktivität wohl kaum durch Straßen in starken Einschnittslagen beeinflusst wird, ist die potenzielle Bedeutung von Grünbrücken für derart flugaktive Arten jedoch gering.

Innerhalb der Fallenfelder können die Wanderdaten, wie in Kap. 5 beschrieben, normiert werden (s. Abb. 11). Deutlich ist zu erkennen, dass beim größten Teil der Wanderungen nur geringe Entfernungen zurückgelegt werden (bis ca. 60 m).

### 7.3 Wer nutzt Grünbrücken?

Die Abb. 12 und 13 zeigen getrennt nach Anspruchstypen bzw. nach Rote-Liste-Status, welche der 190 Arten auf Grünbrücken bzw. nur in deren Umgebung nachgewiesen wurden.

Hervorragend genutzt wurden die noch jungen Grünbrücken von Arten, die Trocken-Biotope (inkl. trockener Lebensräume in dynamischen Auen, die in Abb. 12 nicht getrennt dargestellt sind) besiedeln. Ähnliches gilt für Arten von (xerothermophilen) Ruderalfluren und für die 'sonstigen Offenlandarten' der (extensiv) genutzten Kulturlandschaft. Individuen solcher Arten waren auf den noch jungen Grünbrücken z. T. häufiger als in der Umgebung anzutreffen (z. B. *Asaphidion pallipes*), teilweise sogar ausschließlich (z. B. *Amara municipalis*).

Ein wesentliches Kriterium für die Annahme bzw. Meidung der Grünbrücken durch Laufkäferarten ist die jeweilige Gestaltung von Lebensräumen auf den Bauwerken, von zuleitenden Strukturen sowie die Entfernung zu den Haupt-Lebensräumen der Arten (vgl. Nutzung der Grünbrücken 'Hardt 1-3' durch Waldarten, Kap. 7.4).

Aufgrund der Rahmenbedingungen in den Untersuchungsgebieten liegen zu besonders feuchtigkeitsliebenden und zu besonders anspruchsvollen Arten trocken-warmer Lebensräume vergleichsweise wenige Daten zur Grünbrückennutzung vor. Anspruchsvollere Feuchtgebietsarten z. B. des

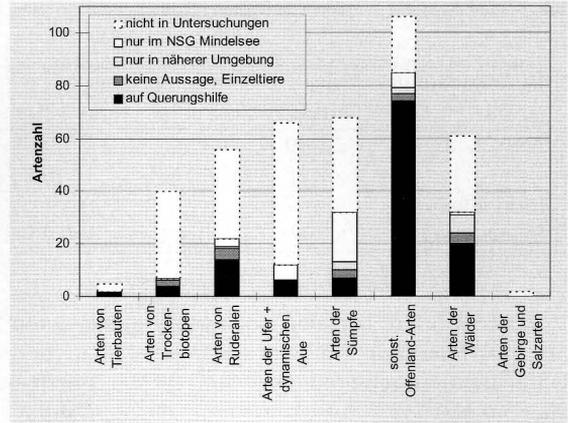
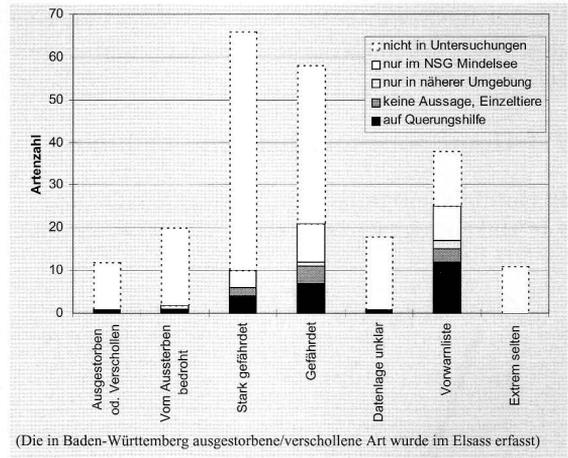


Abb. 12: Nutzung der Grünbrücken und ähnlicher Querungshilfen durch Laufkäfer-Arten unterschiedlicher Anspruchstypen (Basis: Gesamt-Arten Baden-Württemberg).



(Die in Baden-Württemberg ausgestorbene/verschollene Art wurde im Elsass erfasst)

Abb. 13: Nutzung der Grünbrücken durch Laufkäfer-Arten der Roten-Liste (Basis: Gesamt-Arten Baden-Württemberg).

NSG 'Mindelsee' oder des 'Bonndorfer Riedes' erreichen unter den derzeitigen Nutzungsbedingungen keinen der Grünbrückenstandorte, weil über größere Strecken Flächen mit stark abweichenden Feuchteverhältnissen überquert werden müssten.

Querungsmöglichkeiten müssen für solche Arten direkt im bzw. am durchschnittlichen Lebensraum platziert werden. Dunkle Kleintierdurchlässe sind für tagaktive Arten ebenfalls ungeeignet. Aufständungen müssen im Verhältnis Höhe zu Breite so dimensioniert werden, dass nahezu alle Bereiche unter der Straße zumindest einmal im Tagesverlauf besonnt werden und sich dort eine feuchtgebietstypische Vegetation ausbilden kann.

**Tab. 5:** Datenbezogene Fangdaten der Gattung *Poecilus* 1996 am 'Hirschweg' (n. m. = nicht messbar).

Untersuchungs-Ansatz	Mar-kiert	Entfernungsklassen					
		80-100 m	bis 120 m	bis 140 m	bis 160 m	bis 180 m	bis 200 m
Aussetzung:	2.000	nicht gemessen	12=0,60%	5=0,25%	5=0,25%	1=0,05%	1=0,05%
Individual-Markierung:	1.394	11=0,8%	5=0,35%	-	-	n.m.	n.m.

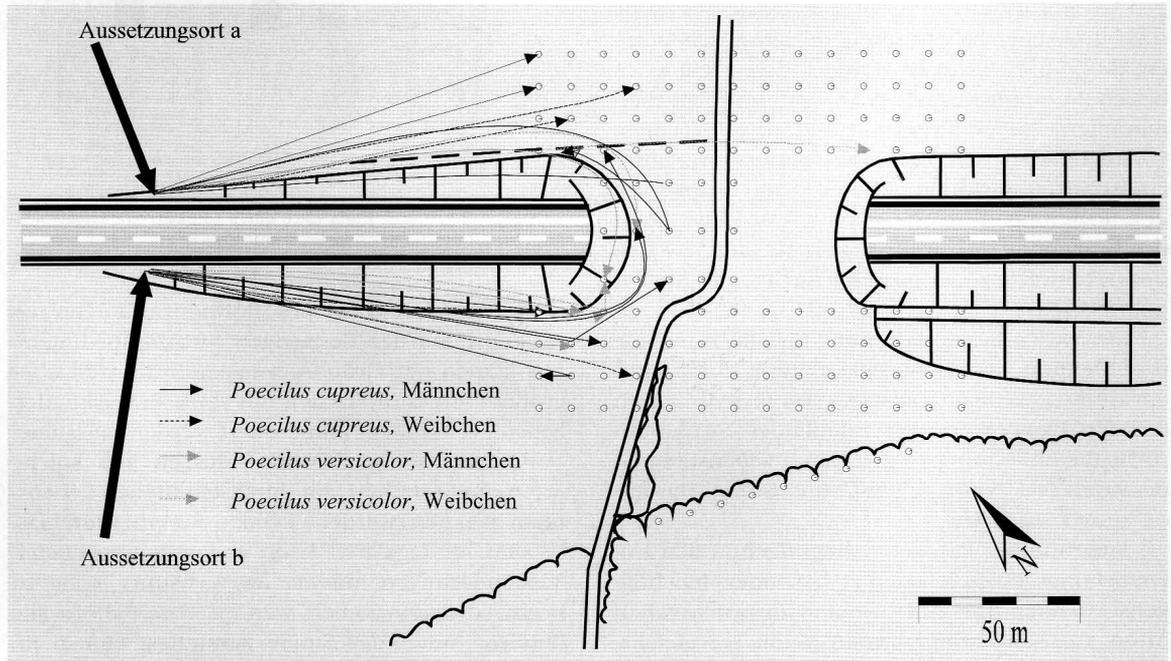
Insbesondere von den hochgradig gefährdeten Arten kommt nur ein eher geringer Teil in den Untersuchungsgebieten vor. Von diesen nutzten aber 50 bis 75 % zumindest eine Querungshilfe. Da die untersuchten Grünbrücken i. d. R. nicht entsprechend spezieller Ansprüche von Wirbelloser-Zielarten angelegt wurden, ist bei optimaler Planung und Gestaltung von Grünbrücken und Umfeld noch von einer Nutzungssteigerung auszugehen (Ausnahme: Arten feuchter und nasser Lebensräume, s.o.).

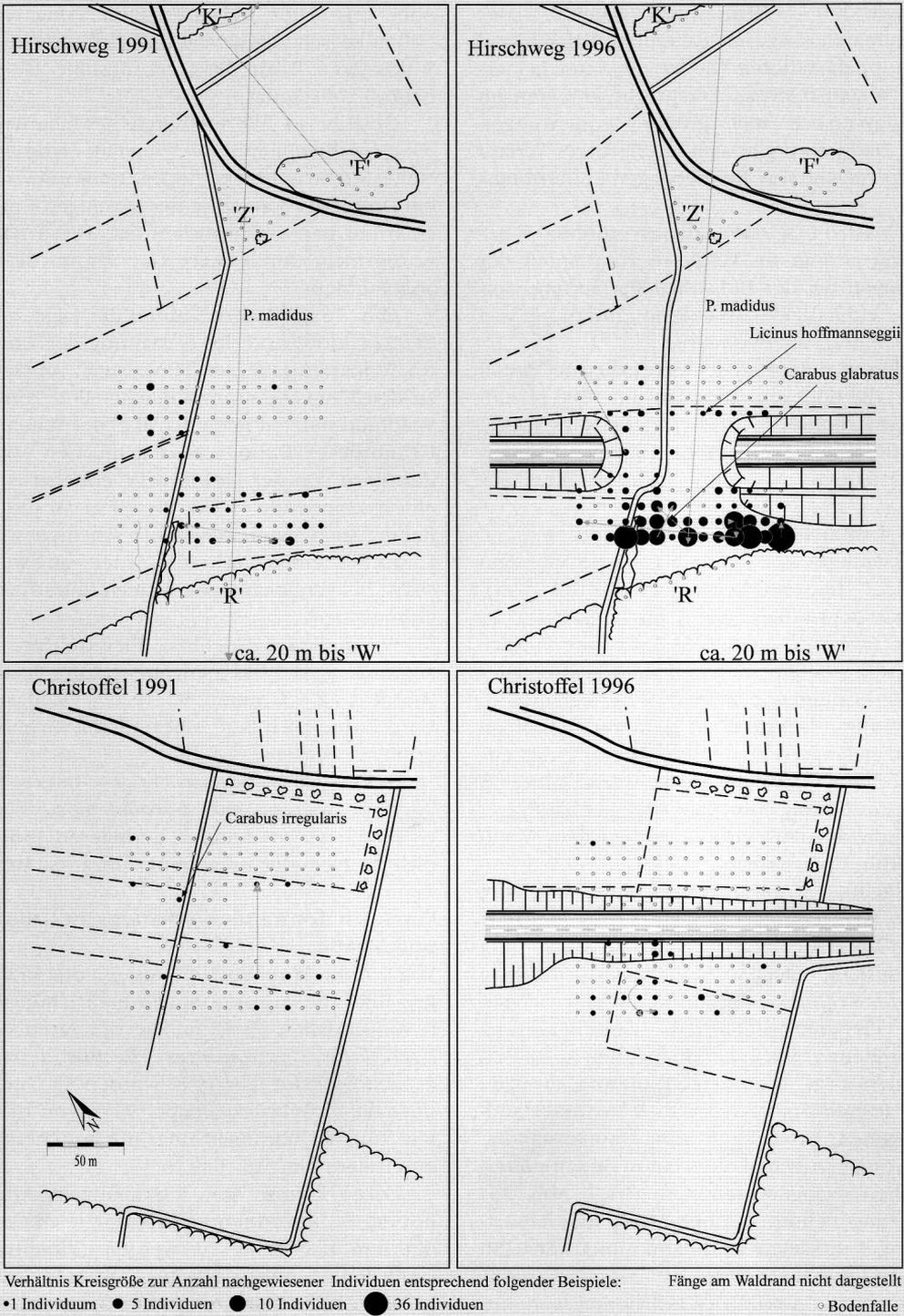
## 7.4 Umgebungseinfluss und Leitlinien

**Beispiel Offenlandarten (Aussetzungsversuch):**  
Am 'Hirschweg' wurden von den 2.000 markierten

Tieren, die ca. 100 m nordwestlich des Fallenfeldes am Rand der B 31 neu ausgesetzt worden waren, 24 Individuen 29-mal wiedergefangen (vgl. Abb. 14). Die Grünbrücke wurde von mindestens 7 Tieren angenommen (anzunehmende Richtungsänderung zur Grünbrücke hin). Ein weiteres Tier wurde im 'Bonndorfer Ried' zufällig bei der Heuschreckenuntersuchung erfasst (Wanderentfernung ca. 300 m).

Ausgewertet wurden die Wanderungen bis zum ersten Wiederfang. Die Verteilung auf die Entfernungsklassen ist mit den datenbezogenen Ergebnissen der Individual-Markierung vergleichbar, wenn der jeweilige Wiederfang-Anteil ermittelt wird. Tab. 5 zeigt, dass die Straßenböschung Wanderungen von *Poecilus* kanalisiert: Bei der Entfer-

**Abb. 14:** Wanderungen von *Poecilus cupreus* und *P. versicolor* nach dem Aussetzungsversuch.



**Abb. 15:** Funde von Waldarten im Offenland einschließlich nachgewiesener Wanderungen (unbeschriftete Wanderungen = *Abax parallelepipedus*, weitere Erläuterungen s. Text).

nungsklasse 100 - 120 m wurde gegenüber der Individualmarkierung im Fallenfeld 'Hirschweg' ein fast doppelt so hoher Wiederfang-Anteil gemessen (0,6 % statt 0,35 %). Entsprechend waren im Aussetzungsversuch auch größere Entfernungen messbar. Dadurch ergibt sich ein flacherer Verlauf der Kurve 'Anzahl von Wanderungen/Entfernungsklasse'.

Jedoch ist die Wirkung dieser erhöhten Wanderleistung gering: Im Vergleich zum Anteil der Wanderungen bei der Individual-Markierung wurde gerade einmal eine zusätzliche Entfernung von bis zu 40 Metern überwunden.

Auffällig ist außerdem der extrem geringe Anteil der Tiere, die Entfernungen von "nur" 100 m zum "Zielpunkt Grünbrücke" zurücklegten [obwohl die starke (künstliche) Dichteerhöhung einen Wanderdruck erzeugte].

#### Beispiel Waldarten:

Die Wirksamkeit von Leitlinien wurde v. a. am Beispiel der Heuschrecken belegt (RIETZE 1994). Sie ist auch bei Laufkäfern z. B. am 'Hirschweg' zu erkennen (Abb. 15 v. a. 1996: 3 Wochen längere Untersuchungsdauer, bepflanzte Brache). Hier wurden Individuen von Waldarten nur bis etwa 20 m vom Waldrand entfernt in größerer Anzahl im Offenland gefangen. In der Umgebung einer aus dem Wald herausragenden Hecke waren Funde in größerer Entfernung vom Wald dagegen häufiger.

Ein Individuenaustausch zwischen den "Wald-Biotopverbund"-Strukturen Hecke 'K' im Norden und Feldgehölz 'F' in ca. 350 m Entfernung vom südlichen Wald konnte für *Pterostichus madidus* in beiden Untersuchungsjahren durch Markierung und Wiederfang belegt werden. Aber auch Funde von *Licinus hoffmannseggii* und *Carabus irregularis* im Offenland zeigen, dass selbst bei streng waldbundenen Arten ein Individuen-Austausch über andersartige Biotoptypen hinweg erfolgen kann. *C. irregularis* ist vermutlich in weiter südlich gelegenen, bewaldeten Klinge bodenständig. Es ist davon auszugehen, dass ein in den mittleren Fallenreihen nachgewiesenes Tier (vgl. Abb. 15) vor dem Fang mehrere hundert Meter eher habitat-untypische Waldflächen und dann mindestens 150 m Offenland durchwanderte.

Nicht nur die Anzahl der Individuen, sondern auch die Anzahl von Waldarten war auf unterschiedlichen Grünbrücken um so geringer, je weiter entfernt diese von den Wäldern lagen (vgl.

Abb. 16). Schon bei einer Entfernung von etwa 500 m zwischen Wäldern und Grünbrücke fehlten Waldarten z. B. auf der Querungshilfe 'Hoherete' nahezu vollständig.

Obwohl an 'Württembergle', 'Weiherholz' und 'Oberderdingen' nur 20 - 75 m Offenland zwischen Wald und Grünbrücke liegen, traten nur noch ca. ein Drittel der Waldarten der jeweiligen Umgebung auch auf den Grünbrücken auf. Diese Bauwerke waren nicht durch ältere Gehölze an die Wälder angebunden.

Abb. 16 zeigt den Einfluss der Lage zuführender Korridore und der Gestaltung der Umgebung für Waldarten z. B. am 'Hirschweg'. Im Gegensatz zu den Bauwerken mit ähnlicher Entfernung zum Waldrand nutzten mehr als 50 % der Waldarten die Grünbrücke: Denn vom eigentlichen Waldrand, der 50 m von der Grünbrücke entfernt ist, reicht eine verbindende Hecke bis 10 m an die Brücke heran. Auch beim 'Negelhof' scheinen wirksame Leitlinien einen höheren Anteil an Waldarten selbst bei vergleichsweise großen Entfernungen zu ermöglichen.

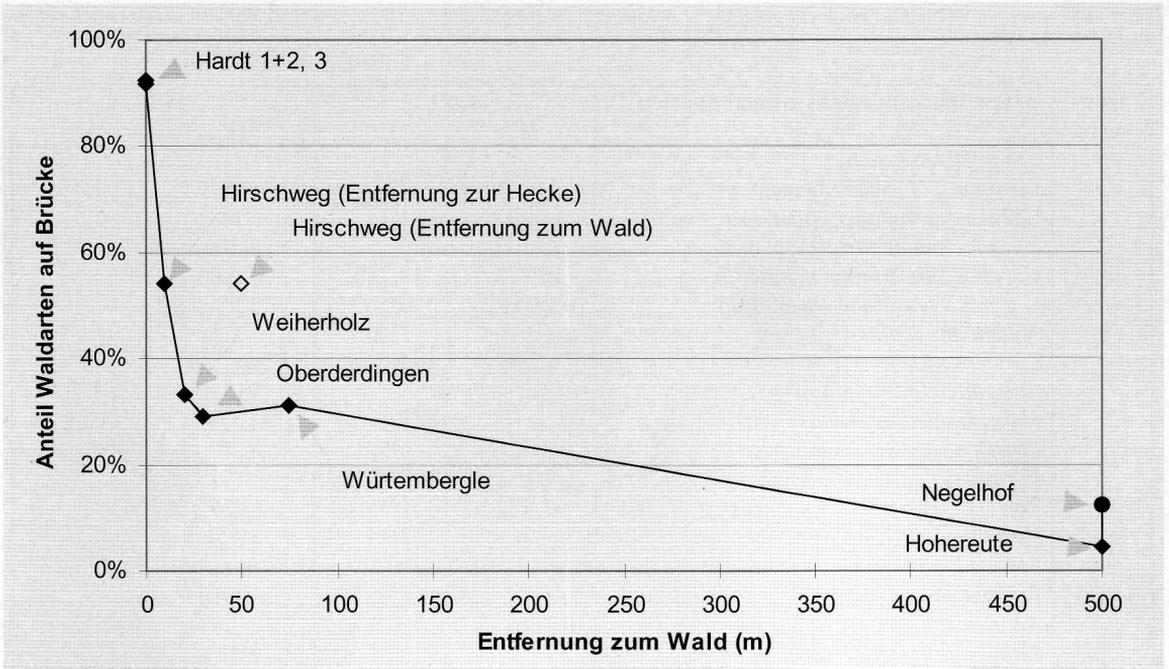
Bei direktem Anschluss über Gehölze an den angrenzenden Wald (sowohl 'Hardt 3', als auch 'Hardt 1+2') konnten 92 % der Waldarten der Umgebung auch auf einer dieser Grünbrücken ermittelt werden.

Jedoch ist zu berücksichtigen, dass selbst die eurytope Waldart *Abax parallelepipedus* auf den Grünbrücken in deutlich geringeren Individuendichten als in der Umgebung auftrat (s. Abb. 17).

#### Vergleich des Wanderverhaltens an Grünbrücke und Straße

Von 9 Arten konnten 1991 insgesamt 156 Querungen über die geplante Straße beobachtet werden, davon entfallen 93 % auf die vier Arten *Carabus cancellatus*, *C. granulatus*, *Poecilus cupreus* und *P. versicolor*. Im Jahr 1996 wurden 85 Querungen über die Grünbrücke (dabei 94 % von diesen Arten) und 4 Querungen über die bestehende B 31 neu festgestellt (vgl. Tab. 6).

Dabei konnte von flugunfähigen Arten nur für ein 1 Individuum eine erfolgreiche Straßenquerung nachgewiesen werden (Violettstrandiger Laufkäfer, *Carabus violaceus*). Diese Art ist, im Gegensatz zu den häufiger wiedergefangenen Arten *C. cancellatus* und *C. granulatus*, fast ausschließlich nachtaktiv. Die Laufaktivität der vergleichbaren Art *C. problematicus* erreicht ca. eine Stunde nach



[Im nächstgelegenen Wald beim 'Negelhof' wurde keine Laufkäferuntersuchung durchgeführt, zum Vergleich werden die Bestände vom nahegelegenen 'Hirschweg' und vom 'Weiherholz' herangezogen.]

Abb. 16: Anteile der Waldfauna auf Grünbrücken in Abhängigkeit von der Entfernung zu Wäldern und Gehölzstrukturen der Umgebung.

Sonnenuntergang Maximalwerte und beginnt erst 2 Stunden vor Sonnenaufgang allmählich nachzulassen (THIELE 1977). Auf der B 31 neu wurde 1996 während der Nachtstunden ein durchschnittliches Fahrzeugaufkommen von minimal 50 Kfz/h gemessen (= weniger als 1 Fahrzeug je Minute). In dieser Zeit können Straßenquerungen nachtaktiver Arten offenbar noch vereinzelt erfolgreich verlaufen (vgl. Abb. 18).

Für flugfähige Arten ergaben sich am 'Christoffel' die für Straßenquerungen günstigsten Bedingungen. Wird die Einschnittslage direkt überflogen, sind Kollisionen mit Kraftfahrzeugen unwahrscheinlich. Dennoch war nur eine extrem geringe Anzahl von Querungen nachweisbar. Ursache ist vermutlich die geringe Erfassungswahrscheinlichkeit fliegender Tiere im Fallenfeld aufgrund ihrer hohen Mobilität.

Abb. 19 zeigt exemplarisch die Wanderungen der Männchen von *Carabus cancellatus*. Sie verdeutlicht, dass vor dem Bau der Straße bzw. der Grünbrücke ein reger Austausch zwischen den Flächen beiderseits der geplanten Trasse stattfand, dieser aber durch die Straße extrem reduziert wur-

de. Bei Betrachtung der absoluten Werte fanden vor dem Straßenbau beim flugunfähigen *C. cancellatus* weniger, bei der Gattung *Poecilus* (hier nicht dargestellt) dagegen mehr Querungen an der (geplanten) Grünbrücke statt (übereinstimmend mit der Veränderung der Lebensraum-Qualität).

#### Effizienz der Grünbrücke 'Hirschweg' für Laufkäfer

In der Abbildung sind absolute Werte der Querungsdaten dargestellt. Entsprechend Kap. 7.2 ist jedoch zu berücksichtigen, dass von *Carabus cancellatus* im Jahr 1996 deutlich weniger, von der Gattung *Poecilus* dagegen deutlich mehr Wiederfänge als 1991 vorliegen. Die absoluten Werte werden deshalb im Folgenden auf die Anzahl der jeweiligen Wiederfänge bezogen. Für den Vergleich zwischen 'Hirschweg' und 'Christoffel' dürfen nur Wanderungen innerhalb bzw. zwischen den Fallenfeldern ausgewertet werden, da Wanderungen z. B. aus der 'Umgebung Hirschweg' am 'Christoffel' nicht vergleichbar erfasst wurden. Ein Teil der Wanderungen muss demnach unberücksichtigt bleiben. Würden diese Daten mit berücksichtigt,

**Tab. 6:** Querungen von Individuen über die (geplante) B 31 neu bezogen auf die Anzahl der wiedergefangenen Individuen in den Untersuchungsjahren 1991 und 1996.

Flugverm.	Arten, die mindestens einmal querten	1991		1996	
		'H'	'C'	'H'	'C'
+	<i>Cicindela campestris</i>			1/3	
-	<i>Carabus violaceus</i> , Männchen			3/8	1/1
-	<i>Carabus granulatus</i> , Männchen	18/102	1/15	11/88	
-	<i>Carabus granulatus</i> , Weibchen			4/10	
-	<i>Carabus cancellatus</i> , Männchen	55/213	15/114	19/90	
-	<i>Carabus cancellatus</i> , Weibchen	18/41	10/41	3/29	
+	<i>Nebria brevicollis</i>		1/20		
+	<i>Loricera pilicornis</i>	2/14			
+	<i>Anisodactylus binotatus</i>				1/7
+	<i>Harpalus distinguendus</i>				1/25
+	<i>Poecilus cupreus</i> , Männchen	3/21	3/56	14/105	
+	<i>Poecilus cupreus</i> , Weibchen		2/42	11/77	
+	<i>Poecilus versicolor</i> , Männchen	1/18	5/35	10/76	
+	<i>Poecilus versicolor</i> , Weibchen		4/15	8/55	
-	<i>Abax parallelepipedus</i> , Männchen		1/1		
+	<i>Agonum sexpunctatum</i>			1/5	
+	<i>Agonum muelleri</i>	2/16	1/5		1/2
+	<i>Chlaenius tibialis</i>			1/14	
-	Summe flugunfähiger Arten (gesamte Untersuchung 'H'+ 'C')	91/365 <b>24,93 %</b>	27/181 <b>14,92 %</b>	40/267 <b>14,98 %</b>	1/122 <b>0,82 %</b>
+ -	Summe aller Arten (gesamte Untersuchung 'H'+ 'C')	99/488 <b>20,29 %</b>	43/372 <b>11,56 %</b>	86/625 <b>13,76%</b>	4/454 <b>0,88 %</b>

**Flugverm.** = Flugvermögen  
 + = flugfähige Art  
 - = flugunfähige Art

'H' = 'Hirschweg'  
 'C' = 'Christoffel'

Lesebeispiel zu Tab. 6: *C. campestris*: 1 von 3 wiedergefangenen Tieren überquerte 1996 die Grünbrücke 'Hirschweg'; 1991 querten hier und am 'Christoffel' keine Tiere die (geplante) Trasse. Aufgeführt sind nur vergleichbare Daten, Wanderungen von oder zu Fallenreihen am 'Hirschweg' sind nicht in der Tabelle enthalten.

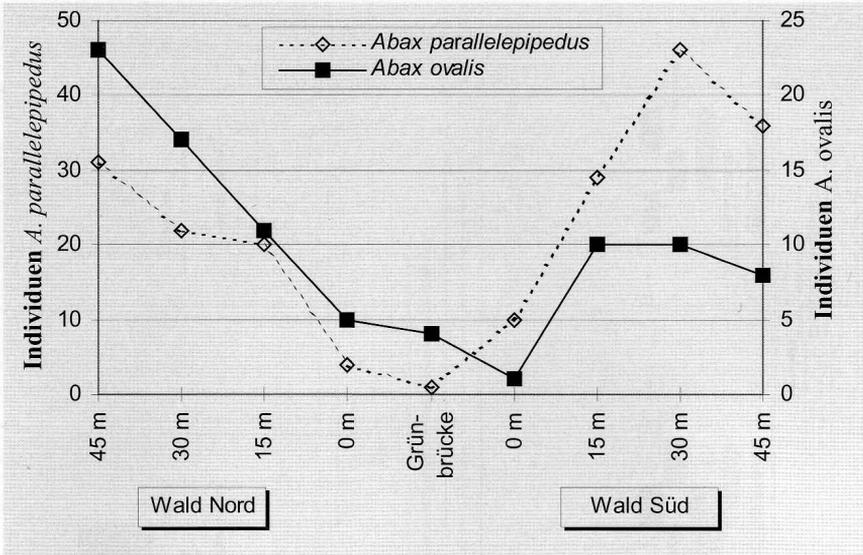
so ergäbe sich ein etwas geringerer Anteil der Querungsrate am 'Hirschweg'.

Von flugunfähigen Arten, die in besonderem Maße auf Querungshilfen über Straßen angewiesen sind, wurden 1991 und 1996 insgesamt 159 Querere festgestellt (Summe aller Arten = 232 Querere, vgl. Tab. 6). Damit ist für einen Vergleich der Verhältnisse vor und nach dem Straßenbau eine gute Datenbasis gegeben. Der höchste Querere-Anteil bestand vor dem Bau der Straße am 'Hirschweg': hier überquerten 25 % der 1991 wiedergefangenen flugunfähigen Individuen mindestens einmal die geplante Trasse. Nach dem Bau der Grünbrücke verringerte sich dieser Anteil auf 15 %. Am 'Christoffel' querten vor dem Bau der Straße 15 % der wiedergefangenen Individuen (der Individuenaus-

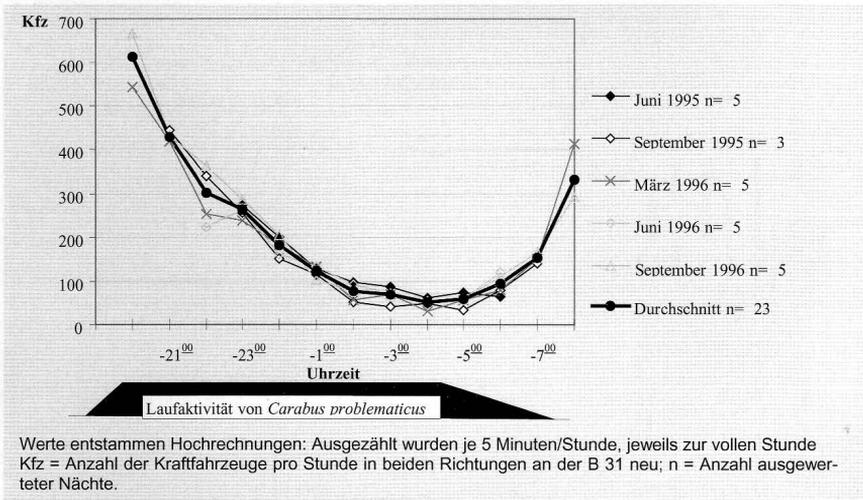
tausch war hier 1991 niedriger als am 'Hirschweg'). Nach dem Bau der Straße gelangten am 'Christoffel' nur noch 1 % der wiedergefangenen Individuen über die bestehende Straße (= 1 Männchen des nachtaktiven *C. violaceus*, s.o.).

Der Anteil der flugunfähigen Querere ist also gegenüber dem Ausgangszustand nicht nur auf der Straße, sondern auch auf der Grünbrücke verringert (auf identischer Trassenlänge). Ein erhöhter Individuenaustausch auf der Grünbrücke, der die Barrierewirkung in weiteren Straßenabschnitten quantitativ kompensieren würde, ist dennoch nicht gegeben.

Dennoch stellt die Grünbrücke eine wirksame Eingriffsminderung dar: Im Vergleich zur Situation ohne Querungshilfe ist der Individuenaustausch



**Abb. 17:** Aktivitätsdichte zweier Waldarten in verschiedenen Entfernungen von der Grünbrücke 'Hardt 1' (verändert aus: ZANGGER 1995).



**Abb. 18:** Nächtliches Verkehrsaufkommen (Datengrundlage VON LERBER, pers. Mitt.) und Mobilitätszeiten einer nachtaktiven Laufkäferart (verändert nach THIELE 1977).

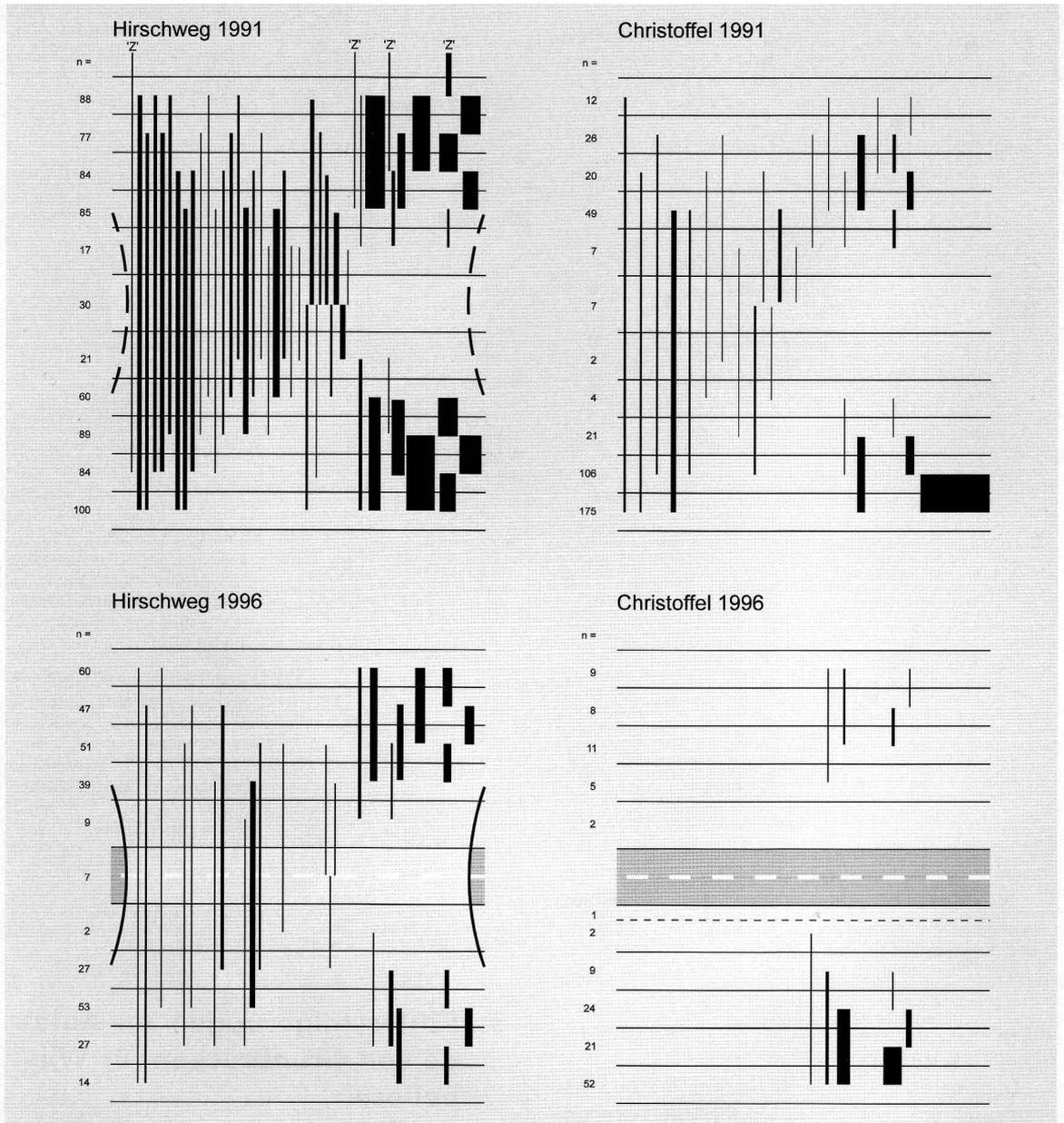
Werte entstammen Hochrechnungen: Ausgezählt wurden je 5 Minuten/ Stunde, jeweils zur vollen Stunde. Kfz = Anzahl der Kraftfahrzeuge pro Stunde in beiden Richtungen an der B 31 neu; n = Anzahl ausgewerteter Nächte.

auf der Grünbrücke nicht um 95 %, sondern nur um 40 % verringert.

Legt man die Querer aller Arten zugrunde, so ergibt sich ein ähnliches Bild: der Anteil der Straßen-Querer wird durch die B 31 neu um 92 %, auf der Grünbrücke jedoch nur um 32 % verringert. Bei datenbezogener Auswertung der Fänge wird das ursprüngliche Netz von Austauschbewegungen am 'Christoffel' für flugunfähige Arten durch die Straße um 95 %, an der Grünbrücke um 42 % unterbunden. Bei Berücksichtigung aller Arten beträgt die Barrierewirkung der Straße 92 %, die der Grünbrücke 30 %.

## 8 Schlussfolgerungen zur Anlage von Grünbrücken für Wirbellose

- Wirbellose, und damit der Großteil der heimischen Tiere, werden durch den Bau und die Barriere-Wirkung von Straßen erheblich beeinträchtigt. Besonders gefährdet sind alle flugunfähigen Arten mit aktiver Ausbreitung. Bei Zerschneidung von Minimalarealen und obligaten Teillebensräumen sind auch Lokalpopulationen von flugfähigen Arten gefährdet.
- Nicht an jedem Straßenabschnitt sind Grün-



┆ = 5 beobachtete Wanderungen zwischen entsprechenden Fallenreihen

■ = 10 beobachtete Wanderungen zwischen entsprechenden Fallenreihen

n = Gesamt-Anzahl der Fangereignisse (Markierungs- und Wiederfänge pro Fallenreihe)

In der exemplarischen Abbildung sind nur die Vektoren der Wanderungen berücksichtigt, die senkrecht zur (geplanten) Straße verliefen. Des weiteren ist zu beachten, dass nur Bewegungen zwischen zwei Fangereignissen dargestellt sind (datenbezogene Auswertung). Die Darstellungen sind schematisch, d.h. straßenparallel entspricht die Lage der Wanderstrecken nicht der realen Situation in entsprechenden Fallenreihen.

**Abb. 19:** Wanderungen von Männchen des Feld-Laufkäfers (*Carabus cancellatus*) am 'Hirschweg' und 'Christoffel' senkrecht zur geplanten Straße 1991 und 1996.

Rahmenbedingungen zu Abb. 19:

- Länge des zusammengefassten Fallenfeldes 130 m, Breite 100 m
- Bearbeitungintensität: je Probestfläche 126 Fallen
- 1991: 62 Tage, Mai/Juni, 20 x 24 Std. fängig
- 1996: 80 Tage, Mai/Juli, 26 x 24 Std. fängig

brücken erforderlich. Vor der Planung von Grünbrücken muss auf der Grundlage von Bestandsanalysen wichtiger Zeigergruppen

- die Barrierewirkung eines vorhandenen oder geplanten Straßenabschnittes ermittelt,
- der Bedarf für Querungshilfen abgeschätzt (allgemeine Durchlässigkeit im größeren Bezugsraum, spezielle Zielarten, alternative Maßnahmen)
- und, entsprechend dem Bedarf, die Lage nach den Schwerpunkt-Vorkommen wenig vagiler Arten und/oder nach unveränderbaren Haupt-Bewegungskorridoren vagiler Arten gewählt werden.
- Stenotope Arten mit geringer bis mittlerer Vagilität wandern vergleichsweise wenig außerhalb ihres Habitats. Ohne 'Biotoperbund' ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie auf wenige schmale Grünbrücken auftreffen bei einer Entfernung vom Hauptlebensraum von mehr als ca. 50 m extrem gering.
- Deshalb sind Leitelemente erforderlich, wenn die Lebensräume der Zielarten nicht direkt an die Grünbrücke grenzen. Die Ausbildung der Leitlinien muss zumindest den Ansprüchen der (oft weniger anspruchsvollen) Ausbreitungsstadien entsprechen. Sie ermöglichen für Arten geringer bis mittlerer Vagilität noch ein regelmäßiges Auftreffen auf Grünbrücken bei einer Entfernung von bis zu etwa 300 m zum Hauptlebensraum.
- Die Wirksamkeit lässt sich durch Lebensraum-Optimierung im Umfeld deutlich erhöhen, indem Populationen zusätzlich gestützt werden bzw. die Individuendichte erhöht wird. Doch auch dann sind der maximalen Entfernung zwischen Grünbrücke und Hauptlebensraum Grenzen gesetzt: Die Individuendichte ist nicht beliebig steigerbar, zudem wird bei einer Verzehnfachung der Populationsgröße die überwindbare Entfernung nicht einmal verdoppelt.
- Für bestimmte Anspruchstypen sind Grünbrücken baubedingt weniger geeignet. So sind ununterbrochene Korridore von Nass- und Feuchtlebensräumen kaum auf Grünbrücken realisierbar.
- Für die jeweils notwendige Anzahl und Breite von Grünbrücken und die Art der Gestaltung können keine allgemeingültigen Empfehlungen gegeben werden. Die Parameter sind abhängig

von der lokalen Situation und von der Aufgabe der jeweiligen Grünbrücke, z. B.:

- von alternativen Möglichkeiten, beeinträchtigte und schutzbedürftige Populationen beiderseits einer Barriere zu stützen,
- von der Anzahl notwendiger, voneinander verschiedener Lebensraum-Korridore,
- von der notwendigen Austauschrate an Individuen,
- von der Lage in Bezug zu topographisch bedingten Leitstrukturen,
- von der Notwendigkeit, Individuenverluste an bestimmten Abschnitten zu vermeiden.
- Die Mindestbreite je Brücke beträgt, selbst wenn nur zwei oder drei verschiedene Grasland-Biotop überführt werden müssen, nur selten weniger als 20 Meter (bereits für Offenland-Lebensräume werden jeweils mindestens 5 Meter breite, optimal geeignete Korridore als notwendig erachtet). Die notwendige (wirksame) Breite beträgt ggf. ein Vielfaches der Mindestbreite, oder es sind mehrere Grünbrücken erforderlich.
- Für die generelle Durchlässigkeit von Landschaften, d. h. wenn besonders schutzbedürftige Arten nicht direkt gefährdet sind, gilt: Ab einer straßenüberdeckenden Breite von 20 m sind mehrere schmale Grünbrücken für Wirbellose effizienter als eine breite Brücke.
- Parallel-Nutzungen durch Verkehrswege mindern bei hoher Fahrzeugfrequenz die Wirksamkeit von Grünbrücken für Wirbellose. Dagegen ist es eine wesentliche Minderung der Barrierewirkung, wenn im Offenland ergänzend zu Grünbrücken an wenig befahrenen Wege-Überführungen obligat ein zusätzlicher Grünstreifen angelegt wird.

## Zusammenfassung

In den Jahren 1991 bis 1996 wurde die Wirksamkeit von mehreren Grünbrücken und anderen Querungshilfen für unterschiedliche Tierarten-Gruppen untersucht. In diesem Beitrag sind zum einen die Erfahrungen mit der angewandten Markierung- und Wiederfang-Methode der Laufkäferuntersuchungen dargestellt. Ausführlich werden Markierungstechniken, deren Eignung bezüglich Aufwand und Praktikabilität auch bei unterschiedlichen Laufkäferarten, die Auswahl des Untersuchungsdesigns und besondere Sicherungen disku-

tiert, die vor allem potenzielle Fehlerquellen bei der Mitarbeit von Hilfskräften im Vorfeld vermeiden helfen. Anschließend folgt eine kritische Beleuchtung verschiedener Auswertungsschritte sowie Normierungen, die bei Freilandarbeiten häufig notwendig sind [v. a. aufgrund inhomogener Verteilung von Lebensraumtypen und entsprechend von Artenvorkommen sowie unterschiedlichen (messbaren) Individuendichten]. Die Grenzen der Aussageschärfe bei derartigen Untersuchungen werden aufgezeigt.

Einen zweiten Schwerpunkt bilden die Ergebnisse zur Nutzung von Grünbrücken durch Laufkäfer. Hierfür erfolgte eine Auswertung der Daten von über 35.000 Individuen aus 190 Arten, darunter mehr als 18.000 Fang- und Wiederfangdaten von 71 Arten. 83% der Wiederfangdaten stammen von *Carabus cancellatus*, *C. granulatus*, *Poecilus versicolor* und *P. cupreus*, von denen Wiederfangraten von bis zu 65% und Wanderentfernungen von bis Luftlinie 450 m ermittelt wurden. Für verschiedene ökologische Anspruchstypen von Laufkäferarten sind die untersuchten Querungshilfen nur teilweise bzw. nur eingeschränkt wirksam.

Abschließend sind planungsrelevante Schlussfolgerungen zur Anlage von Grünbrücken v. a. für wirbellose Tierarten zusammengefasst: Grünbrücken können Isolationswirkungen von Straßen dann wirksam mindern, wenn sie und ihre Umgebung entsprechend den Ansprüchen der betroffenen Arten gestaltet werden. Für Arten feuchter und nasser Lebensräume ist eine Wirksamkeit baubedingt prinzipiell unwahrscheinlich - die untersuchten Bauwerke wurden nicht angenommen. Zudem müssen die Bauwerke entsprechend der Mobilität der Zielarten platziert werden. Für flugunfähige Wirbellose sind Grünbrücken selbst bei optimaler Gestaltung von Querungshilfe und Umfeld nur im Bereich von mehreren 100 Metern Entfernung wirksam.

## Dank

Die planungsrelevanten Ergebnisse dieser Arbeit entstammen dem Forschungsprojekt 02.143R91L: "Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege" im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und der Ministerien für Verkehr, für Umwelt und für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg unter Projektleitung der Schweizerischen Vogel-

warte, Sempach.

Die folgenden Ausführungen als wesentliches Ergebnis des Forschungsvorhabens 'Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege' entstammen ohne größere Änderungen dem Gesamtbericht (PFISTER et al. 1997).

Den Auftraggebern, dem forschungsbegleitenden Arbeitskreis sowie allen im o. g. Bericht genannten Mitwirkenden, die zum Gelingen dieser Untersuchungen beitrugen, sei hier nochmals herzlich gedankt. Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. H. Reck für die intensive gemeinsame Arbeit an diesem Projekt. Desgleichen gilt mein Dank den Herren J. Trautner, G. Hermann, M.A. Fritze, I. Harry sowie Frau C. Himmer und den anonymen Revisoren der GAC-Redaktionsausschusses für Korrekturen und Anmerkungen zu diesem Manuskript.

## Literatur

- BELLMANN, H. (1985): Heuschrecken, beobachten, bestimmen. - 216 S.; Verlag Neumann-Neudamm, Melsungen.
- BROCKHAUS: Enzyklopädie in 24 Bd. - 19., völlig Neubearb. Aufl.; FA Brockhaus GmbH, Mannheim.
- HOCKMANN, P., SCHLOMBERG P., WALLIN, H. & WEBER, F. (1989): Bewegungsmuster und Orientierung des Laufkäfers *Carabus auronitens* in einem westfälischen Eichen-Hainbuchen-Wald (Radarbeobachtungen und Rückfangexperimente). - Abh. Westf. Mus. Nat.kde., 51(1): 1-71.
- HORION, A. (1954): Beitrag zur Käferfauna des badischen Bodenseegebietes. 1. Abteilung: Carabidae bis Histeridae. - Beitr. naturkd. Forsch. Süd.-Dtl., 13: 51-61; Karlsruhe.
- KIECHLE, J. (1991): Auswirkungen verschiedener Nutzungen von Grünland auf bestimmte Arthropodengruppen im Naturschutzgebiet Mindelsee. 3. Zwischenbericht. - Gutachten im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg; 33 S. (unveröff.).
- KLESS, J. (1983): Die Käferfauna des Mindelseegebietes. - In: LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG, INSTITUT FÜR ÖKOLOGIE UND NATURSCHUTZ (Hrsg.): Der Mindelsee bei Radolfzell. - Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs
- KÖHLER, G. (1999): Ökologische Grundlagen von Aussterbeprozessen. Fallstudien an Heuschrecken (Califera et Ensifera). - 253 S. (Habil.-Schr. Univ. Jena); Laurenti Verlag, Bochum.
- MADER, H.J. (1981): Der Konflikt Straße-Tierwelt aus ökologischer Sicht. - Schr.R. Landschaftspflege u. Naturschutz, 22: 99 S.; Bonn-Bad Godesberg.
- MÜHLENBERG, M. (1989): Freilandökologie, 2. Auflage. - UTB Kleine Reihe: 430 S.; Verlag Quelle & Meier, Heidelberg, Wiesbaden.
- PFISTER, H.P., KELLER, V., RECK H. & GEORGII, B. (1997): Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. - Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, 756: 590 S.; Bundesministerium für Verkehr, Bonn.
- RECK, H. & KAULE, G. (1993): Straßen und Lebensräume. Ermittlung und Beurteilung straßenbedingter Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume. - Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, 654: 230 S.

- REICH, M. (1991): Struktur und Dynamik einer Population von *Bryodemata tuberculata* (Fabricius, 1775) (Saltatoria, Acididae). - Dissertation: 105 S.; Universität Ulm.
- REMMERT, H. (1991): Das Mosaik-Zyklus-Konzept und seine Bedeutung für den Naturschutz: Eine Übersicht. - Laufener Seminarbeiträge, 5/91: 5-15; Akad. Natursch. Landschaftspfll. (ANL); Laufen/Salzach.
- RIECKEN, U. & RATHS, U. (2000): Radio-telemetrische Untersuchungen zum Raum-Zeit-Verhalten von Laufkäfern am Beispiel von *Carabus coriaceus* Linné, 1758 und *C. monilis* Fabricius, 1792. - Angewandte Carabidologie, 2/3: 49-58.
- RIECKEN, U. & RIES, U. (1992): Untersuchung zur Raumnutzung von Laufkäfern (Col.: Carabidae) mittels Radio-Telemetrie. Methodenentwicklung und erste Freilandversuche. - Z. Ökologie u. Naturschutz, 1 (2): 147-149.
- RIETZE, J. (1994): Zum Ausbreitungsverhalten von Feldheuschrecken. Erfahrungen, Methoden und Ergebnisse. - Articulata, 9 (1): 43-58.
- SCHAEFER, M. & TISCHLER, W. (1983): Wörterbücher der Biologie: Ökologie. - 354 S. (2. Auflage); Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- THIELE, H.U. (1977): Carabid Beetles in Their Environments. - 369 S.; Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- TRAUTNER, J. (1992): Rote Liste der in Baden-Württemberg gefährdeten Laufkäfer (Col., Carabidae s.lat.). - Ökologie und Naturschutz, 4: 72 S.; Verlag Josef Margraf, Weikersheim.
- TRAUTNER, J. (1996): Rote Liste der in Baden-Württemberg gefährdeten Sandlaufkäfer und Laufkäfer (Col., *Cicindelidae et Carabidae*). 3. Fassung (Stand Dezember 1996). - In: LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.): Arten- und Biotopschutzprogramm Baden-Württemberg, Bd. 1, 3. Ergänzungslieferung IIIB; Karlsruhe.
- TRAUTNER, J. & MÜLLER-MOTZFELD, G. (1995): Faunistisch-ökologischer Bearbeitungsstand, Gefährdung und Checkliste der Laufkäfer. Eine Übersicht für die Bundesländer Deutschlands. - Naturschutz und Landschaftsplanung, 27 (3): 96-105, I-XII (Beilage).
- VON DRACHENFELS, O. (1983): Tierökologische Kriterien für die Sicherung und Entwicklung von vernetzten Biotopsystemen. - Pilotstudie, Landesamt für Umweltschutz, Rheinland-Pfalz: 124 S.
- WALTER, R. (1994): Zur Mobilität und zum Habitat von *Platycleis albopunctata*. - Articulata, 9(1): 1-23.
- ZANGGER, A. (1995): Wildlife overpass over a motorway as connecting means for forest arthropod communities. - Dissertation: 95 S.; Philosophisch-naturwissenschaftliche Fakultät, Universität Bern.

## Anschrift des Verfassers

Jörg RIETZE  
Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung  
Johann-Strauß-Str. 22  
D-70794 Filderstadt

## 9 Anhang: Glossar/Definitionen

**Anspruchstyp:** Artengemeinschaft mit gleichen/ähnlichen Lebensraumansprüchen (z. B. flugunfähige Arten der Krautschicht frischer Wiesen etc.).

**Ausbreitung:** Vergrößerung des Siedlungs- oder Verbreitungsareals einer Population (SCHAEFER & TISCHLER 1983).

**Ausbreitungstypen:** VON DRACHENFELS (1983) unterscheidet:

1. Arten sehr geringer Vagilität: Aktive Ausbreitung i. d. R. ca. 100 - 200 m pro Generation oder Jahr. In diese Gruppe gehört die Mehrzahl flugunfähiger Wirbelloser bis hin zu flugschwachen Arten, bei denen Windverdriftung keine Rolle spielt (z. B. Schnecken, kleinere flugunfähige Laufkäfer wie *Pterostichus strenuus*).
2. Arten geringer Vagilität: Ausbreitung wenige hundert Meter aber i. d. R. weniger als 1 km pro Generation oder Jahr (z. B. große flugunfähige Laufkäfer).
3. Arten mittlerer Vagilität: Ausbreitung einige Kilometer, aber i. d. R. weniger als 10 km pro Generation oder Jahr (z. B. viele Fluginsekten).
4. Arten hoher Vagilität: Ausbreitung ca. 10 - 50 km pro Generation oder Jahr (z. B. flugfähige Insekten dynamischer Lebensräume).
5. Arten sehr hoher Vagilität: Ausbreitung > 50 km pro Generation oder Jahr (z. B. Spinnen, die das 'Fadenfloß' nutzen).

**datenbezogen:** s. Kap. 5.5

**Dispersal:** Im Sinne des englischen 'dispersal [flight]' (SCHAEFER & TISCHLER 1983): Phase der Ausbreitung (von phytophagen Insekten durch Flug) über große Entfernungen. [nicht: Dispersion = Verteilungsmuster im Raum (SCHAEFER & TISCHLER 1983).]

**Dispersionsdynamik:** Änderung der Verteilung einer Population im Raum, die zu mehr oder weniger weiten Wanderungen führt (SCHAEFER & TISCHLER 1983).

**effizient:** leistungsfähig, wirksam und dabei wirtschaftlich (BROCKHAUS); ökologische Effizienz: ökol. Wirkungsgrad (SCHAEFER & TISCHLER 1983).

**effektiv:** 1) wirksam, wirkungsvoll; 2) lohnend, nutzbringend (BROCKHAUS).

**immatur:** Frisch aus der Puppe geschlüpfte Käfer, die noch nicht ausgehärtet sind.

**individuenbezogen:** s. Kap. 5.5

**Lebensraum-Korridor:** Lineare, in der Breite deutlich begrenzte Habitate, in denen wesentliche (aber nicht alle!) Ansprüche der Ausbreitungsstadien einer Art erfüllt sind. Diese dienen als Leitstruktur.

**Mobilität:** Gesamtheit der in einem bestimmten Zeitraum vollführten Ortsveränderungen eines Individuums oder einer Population. Zur M. gehören Veränderungen der Position von Individuen innerhalb des von der Population besiedelten Raumes (intrapopuläre M.), aber auch ein Wechsel des Lebensraumes [Migration, Dispersionsdynamik (SCHAEFER & TISCHLER 1983)].

**ortstreu:** Gebundensein von Individuen an einen speziellen, einmaligen (konkreten) Standort, wie es bei verschiedenen Tierarten vorkommt. Der Begriff darf nicht zu eng gefasst werden (SCHAEFER & TISCHLER 1983).

**(Teil-)Population im Sinne von Metapopulation:** Eine Menge diskreter, zur selben Art gehörender Unterpopulationen; der größte Teil der Fortpflanzung erfolgt zwischen den Individuen der selben Unterpopulation (SCHAEFER & TISCHLER 1983) [= Mehrere, räumlich getrennte Teilpopulationen einer bestimmten Art, zwischen denen (noch) ein Individuenaustausch stattfindet]. Das 'Metapopulations-Konzept' (REMMERT 1991) ist ein wichtiges Erklärungsmodell des Artenschutzes zum Verständnis des Überlebens von Arten in fragmentierten Landschaften. Demnach wird das (zufällige) Erlöschen einzelner Teilpopulationen durch Wiederbesiedlung aus benachbarten Teilpopulationen ausgeglichen, sodass die betreffende Art im Bezugsraum langfristig erhalten bleibt.

**stenotop:** Bezeichnung von Organismen, die nur in wenigen, relativ gleichartigen Lebensräumen vorkommen (SCHAEFER & TISCHLER 1983).

**Thermocauter:** Gerät zum Einbrennen von Löchern in die oberste Schicht der Flügeldecken (MÜHLENBERG 1989).

**Vagilität:** Lebensweise vagiler (beweglicher) Tiere (BROCKHAUS). Zu aktiver Fortbewegung befähigt (SCHAEFER & TISCHLER 1983).

**Wanderung = Migration:** regelmäßige jahreszeitlich oder durch Fortpflanzung bedingte

Wanderung bei Tieren, bei der später wieder eine Rückkehr erfolgt. [sonst: Emigration, v. a. bei Bevölkerungsüberschuss bzw. Immigration = Einwanderung in einen Lebensraum (SCHAEFER & TISCHLER 1983)].

**xero-thermophil:** trockenheits- und wärmeliebend

**Zeigerarten (Indikator-Organismen):** Arten, deren Vorkommen oder Fehlen in einem Biotop innerhalb gewisser Grenzen bestimmte Faktorenverhältnisse anzeigen (SCHAEFER & TISCHLER 1983).

**Zeigergruppe:** Hier: Gruppe von Arten, mit deren Hilfe die Bedeutung von Flächen/Lebensräumen für Belange des Artenschutzes ermittelt werden kann.

**Zielart:** Aus Sicht des Naturschutzes in bestimm-

ten Lebensräumen/Gebieten gewünschte Tier- oder Pflanzenart. Über Zielarten werden Naturschutzziele eindeutig definiert und nachprüfbar gemacht. I. d. R. handelt es sich um besonders anspruchsvolle und gefährdete Arten, bei deren Erhalt auch vom Erhalt vieler weiterer biotoptypischer Arten im jeweiligen Lebensraum ausgegangen werden kann. Die meisten Zielarten repräsentieren nur Teile der jeweiligen Lebensgemeinschaft. Deshalb wird bei Planungen i. d. R. mit 'Zielarten-Kollektiven' gearbeitet, d. h. mit mehreren Zielarten, die möglichst alle 'Anspruchstypen' innerhalb eines Gesamtlebensraumes repräsentieren.

**Zönose:** Artengemeinschaft

**zöologisch:** (hier: Tier-)Gemeinschaften betreffend (SCHAEFER & TISCHLER 1983).

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Angewandte Carabidologie](#)

Jahr/Year: 2002

Band/Volume: [4-5](#)

Autor(en)/Author(s): Rietze Jörg

Artikel/Article: [Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege am Beispiel der Laufkäfer - Methoden, Erfahrungen und Ergebnisse 63-93](#)