Barrierewirkung von Bahngleisen – Untersuchungen zur Laufkäferaktivität (Col. Carabidae) auf, über und neben der Strecke Amstetten – Gerstetten auf der Schwäbischen Alb – Barrier effects of railway tracks on woodland carabids

Ulrich HOLST[1], Henning NISSEN[2] & Heinrich RECK[3]

[1] Ulrich Holst, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Abteilung Landschaftsökologie, Olshausenstr. 75, D-24118 Kiel, ulrich.holst@stu.uni-kiel.de,

[2] Henning Nissen, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Abteilung Landschaftsökologie, Olshausenstr. 75, D-24118 Kiel, hnissen@ecology.uni-kiel.de

[3] Heinrich Reck, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Abteilung Landschaftsökologie, Olshausenstr. 75, D-24118 Kiel, hreck@ecology.uni-kiel.de

Received: 19.02.2020 Accepted: 20.04.2020, Published: 29.05.2020

Abstract: Barrier effects of railway tracks on woodland carabids – Transport infrastructure causes habitat fragmentation and affects animal mobility. Especially the barrier effects primarily endanger flightless species, but little is known about the barrier effects of railroad tracks. In this respect, we examined the impact of a single-track railway line on the activity of woodland ground beetles. Two trap fields, one for measuring the activity on and beside the railway and one for mark-recapture experiments for measuring potential crossings were installed on and along a railway line on the Swabian Alb. The data obtained are compared to similar data sets from motorways, trolley routes and forest aisles.

The results show a reduction in beetle activity on the railway track by 95 % compared to the activity along the adjacent forest ecotone. The railway line acts as a significant, but not as an absolute barrier; crossings of flightless ground beetles could be proofed by the recapture experiment. The ratio of beetle recapture events after crossings to recapture events without crossings was 1:11 with five proven crossings.
Compared to motorways (barrier effect > 99 %), the barrier effect of the single-track railway line is lower but it is higher compared to (poorly maintained) trolley lines or wide forest aisles (approx. 50–85 % barrier effect).

Keywords: Coleoptera, Carabidae, ground beetles, habitat fragmentation, barrier effect, railway

Zusammenfassung

Verkehrsinfrastruktur zerschneidet Lebensräume und beeinflusst die Mobilität von Tieren. Durch Barrierewirkungen werden vor allem flugunfähige Arten gefährdet, wobei über den Einfluss von Bahntrassen nur wenig bekannt ist. Um den Einfluss auf flugunfähige Arthropoden zukünftig besser abschätzen zu können, wurde deshalb die Auswirkung einer eingleisigen Bahnstrecke auf die Aktivität von Waldlaufkäfern untersucht. Dazu wurde auf und beidseits einer wenig genutzten Bahntrasse auf der Schwäbischen Alb ein Fallenfeld mit Totfallen (zur Messung der Aktivitätsdichten) sowie mit Lebendfallen (zur Messung potentieller Querungen durch Fang, Markierung und Wiederfang) installiert. Die erzielten Daten wurden mit ähnlichen Datensätzen von Autobahnen, Draisinenstrecken und Waldschneisen verglichen.

Die Ergebnisse zeigen eine Reduktion der Waldlaufkäferaktivität auf dem Bahngleis um 95 % gegenüber dem Umfeld. Die Bahntrasse wirkt als starke, wenngleich nicht als absolute Barriere. Im Rahmen der Wiederfanguntersuchung konnten Bahntrassenquerungen von flugunfähigen Waldlaufkäfern gemessen werden. Das Verhältnis von Wiederfängen nach Querungen zu seitentreuen Wiederfängen betrug 1:11 bei insgesamt 5 nachgewiesenen Querungen.

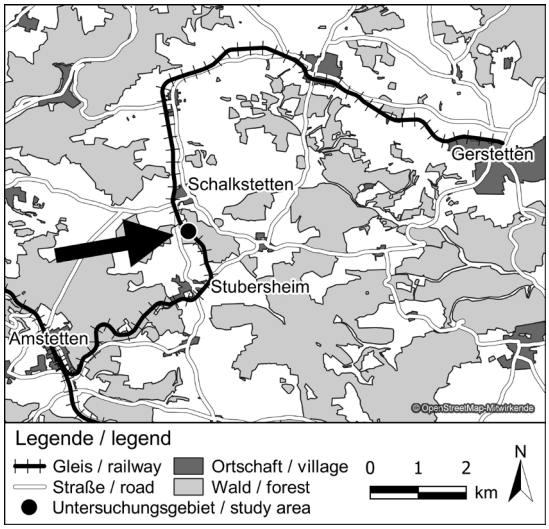

Abb. 1: Lage des untersuchten Gleisabschnitts / location oft the railway section near Schalkstetten.

Im Vergleich zu Autobahnen (Barrierewirkung > 99 %) ist die Barrierewirkung einer eingleisigen, intakten Bahnstrecke geringer, im Vergleich zu wenig gepflegten Draisinenstrecken und breiten Waldschneisen (ca. 50–85 % Barrierewirkung) höher.

1 Einleitung

Die Zerschneidung von Lebensräumen durch Verkehrsinfrastruktur, insbesondere durch Straßen, gefährdet vor allem flugunfähige Arten sowie wichtige ökologische Funktionen (Ellenberg et al. 1981; Mader 1979; Iuell et al. 2003; Van Der Ree et al. 2015; fig. 1 in Reck et al. 2018). Dieser Gefährdung soll entgegengewirkt werden. Die nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt formuliert diesbezüglich als Ziel: „Bis 2020 gehen von den bestehenden Verkehrswegen in der Regel keine erheblichen Beeinträchtigungen des Biotopverbundsystems mehr aus“ (BMUB 2007). Welche Konsequenzen im deutschen Schienennetz, mit einer Netzlänge von immerhin 38.500 km (STATISTISCHES BUNDESAMT 2017), notwendig werden, ist noch nicht definiert und weder die Barrierewirkung von Gleiskörpern noch die Verbundfunktion von Bahnnebenflächen ist bislang hinreichend quantifiziert. Aufgrund ihres artifiziellen Aufbaus aus Schotter- oder Beton-Untergrund und ihrer stark von Waldböden abweichenden Eigenschaften kann aber, insbesondere für kleinere Waldtiere,

Abb. 2: Beschaffenheit des Untersuchungsstandortes (Blickrichtung: Südost) / study area (photo direction: southeast).

ein sehr hohes Zerschneidungsrisiko angenommen werden. Dennoch muss, weil die Barriere- bzw. die Zerschneidungswirkung der Bahntrassen bisher generell unzureichend untersucht ist und weit hinter der Erforschung der Effekte von Straßen zurückliegt (Popp & Boyle 2017), eine solche Annahme kritisch hinterfragt werden.

Für Waldlaufkäfer liegt bislang eine Markierungs-Wiederfang-Studie mit insgesamt 89 Wiederfängen von flugunfähigen Waldarten vor (Mader et al. 1990). Die hier vorgestellte Erhebung soll dort getroffene Aussagen überprüfen bzw. ergänzen. Sie fand im Rahmen des BfN-Projektes "Wiedervernetzung von Lebensraumkorridoren über bestehende Bahntrassen" statt, in dem die Untersuchung der Barrierewirkung von Eisenbahntrassen auf bodengebundene Arthropoden in geringem Umfang integriert ist. Der Schwerpunkt der Betrachtungen des BfN-Projektes liegt auf der Ermittlung und Gewichtung von Konfliktstellen zwischen Schienen- und Lebensraumnetzen.

Bei Schalkstetten wurde die Laufkäferaktivität an einer reaktivierten, frisch geschotterten Bahntrasse untersucht; Prüfhypothese war: "Für Waldlaufkäfer sind selbst eingleisige Bahnstrecken eine extreme Barriere, die Populationen trennt und ausreichendes Dispersal verhindert".

2 Untersuchungsgebiet und Methoden

2.1 Untersuchungsort und Untersuchungsbedingungen

Der untersuchte Gleisabschnitt südlich von Schalkstetten befindet sich in Baden-Württemberg auf der

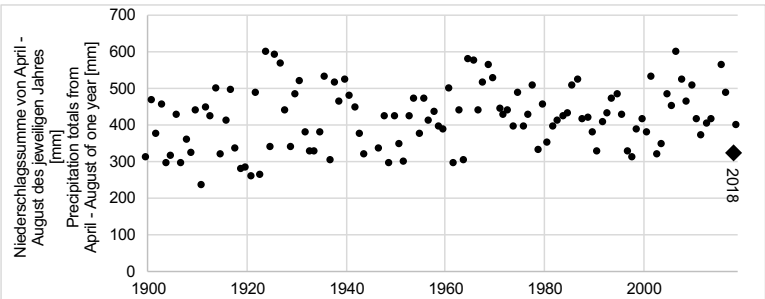

Abb. 3: Niederschlagssummen von April bis August von 1900 bis 2019 (Untersuchungsjahr 2018) / precipitation totals from April to August from 1900 to 2019 (year oft he survey: 2018).
Daten extrahiert vom DWD Climate Data Center (CDC): Lonsee-Ettlenschieß - Station ID 3059, Monatssumme der Stationsmessungen der Niederschlagshöhe in mm - MN006, Version v19.3, 5.02.2020.

Schwäbischen Alb nordwestlich von Ulm. Er gehört zur eingleisigen Bahnstrecke Amstetten-Gerstetten (Abb. 1). Betrieben wird die normalspurige Nebenbahn vom Verein UEF Lokalbahn Amstetten-Gerstetten e. V. Der betrachtete Abschnitt wurde 2017 neu geschottert, die Zugfrequenz (gelegentlicher Personenverkehr, v. a. wochenends, und seltener Güterverkehr) ist bislang gering und während der Untersuchung fuhr tageweise kein einziger Zug.

Der Gleiskörper besteht aus einem Wall mit Schotteroberbau (durchschnittliche Höhe von 1,2 m und durchschnittliche Breite von 9 m, Abb. 2). Die Schwellen bestehen aus Beton mit einem Abstand von etwa 60 cm. Um Beschädigungen des Bahndamms zu vermeiden, wurde der Schotterkörper ausgehend von einem in der Nähe liegenden Bahnübergang nur zwischen den Schienen begangen.

Die Untersuchungsfläche liegt in einem älteren Mischwald (Abb. 2). Die Stämme größerer Bäume stehen oft nur 7 m vom Schotterkörper entfernt und ihre Kronen reichen bis an das Schotterbett oder etwas darüber hinaus.

Die Untersuchung fand im August 2018 während einer starken Trockenperiode statt. An den umgebenden Bäumen war braunes Laub im Kronenbereich nicht selten. Die summierten Niederschläge von April bis August 2018 betrugen 322 mm (Abb. 3), das sind nur 76 % des 30-jährigen Mittels von 422 mm. Der summierte Niederschlag für August 2018 betrug 28 mm, dies sind nur 33 % des 30-jährigen Mittels von 85 mm (DWD, 3059 Lonsee-Ettlenschieß, Entfernung zum Untersuchungsgebiet 4,5 km).

2.2 Erfassung der Aktivitätsdichte

Zur Erfassung der Laufkäferaktivität wurde ein ganztägig betreutes Fallenfeld aus 123 Bodenfallen (51 Tot- und 72 Lebendfallen) aufgebaut (Abb. 4).

Auf beiden Seiten des Schotterkörpers wurden je 9 Bodenfallen mit Fangflüssigkeit in der Begleitvegetation der Bahntrasse eingegraben. 33 Totfallen wurden mittig im Schotterkörper eingebracht, die ersten 12 Bodenfallen aus nordwestlicher Richtung mit einem Abstand von etwa 5 m (orientiert an den Lebendfallen im Umfeld), die weiteren 21 Totfallen im Schotterkörper wurden mit einem Abstand von etwa 2 m gestellt. Es wurden Kunststoffbecher aus Polystyrol verwendet. Die Becher verjüngen sich nach unten, sie haben einen Öffnungsdurchmesser von

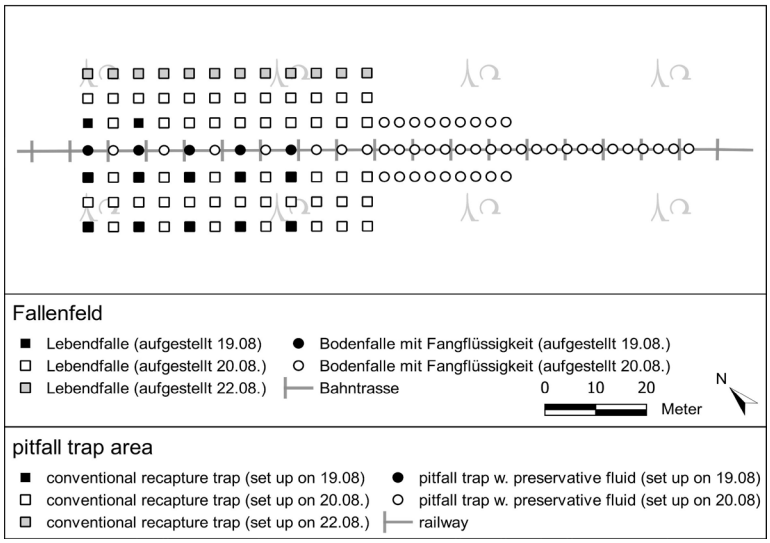

Abb. 4: Fallenfeld am Bahngleis / pitfall traps on and beside the railway.

78 mm, eine Höhe von 110 mm und ein Gesamtvolumen von 340 ml und waren mit ca. 4 cl. Essigsäure (5 %) und Detergens befüllt. Die Totfallen wurden sukzessive am 19.08. und 20.08.2018 aufgestellt und am 25.08.2018 geleert, zusätzlich wurden sie jeden Tag kontrolliert, um ggf. farbig markierte Laufkäfer aus dem parallel durchgeführten Fang-Wiederfangversuch zu entnehmen bzw. um potentielle Beschädigungen durch z. B. Krähen zu beheben.

Alle Laufkäfer wurden nach Müller-Motzfeld (2004) bestimmt. Die Zuordnung von Lebensraumpräferenzen für die Auswertung (Einordnung als Waldarten) erfolgte auf Basis der Angaben zu Haupt- und Schwerpunktvorkommen nach GAC (2009) und Köhler et al. (2019) sowie Anpassungen nach Trautner (2017) und eigenen Erfahrungen (Tab. 1, 2).

Zur Darstellung der relativen Laufkäferaktivität auf der Bahn im Vergleich zur Umgebung wurden die Waldarten der Gattungen *Abax* und *Carabus* der jeweiligen Fallenreihen aufsummiert und das Resultat durch die Anzahl der Bodenfallen dividiert. Unterschiede zwischen der Anzahl der gefangenen Waldlaufkäfer im Waldmantel und im Gleisbett wurden mittels Wilcoxon-Test auf ihre statistische Signifikanz getestet. Dafür wurde die Software R Version 3.6.1 (R CORE TEAM 2019) genutzt.

2.3 Fang-Wiederfang-Untersuchung

Als Ergänzung zu den Totfallen wurden 72 große Lebendfallen eingesetzt. Diese wurden in 6 Fallenreihen aus jeweils 12 Bodenfallen parallel zum Schotterkörper eingegraben (Abb. 4). Die Abstände der Bodenfallen zueinander betrugen zwischen und in den Reihen 5 m.

Die Lebendfallen sind typengleich mit den Totfallen, haben aber einen größeren Öffnungsdurchmesser von 95 mm, eine Höhe von 156 mm und ein Gesamtvolumen von 690 ml. In die Bodenfallen wurden ein Verpackungschip aus Maisstärke als Nahrung und zwei Verpackungschips aus Kunststoff als Versteck bzw. als Auftriebskörper bei Regen gelegt. Um eine den Totfallen entsprechende Lockwirkung zu erzeugen, wurden die Verpackungschips aus Kunststoff mit jeweils zwei Tropfen der Fangflüssigkeit (Essig) benetzt. Die Fallen wurden am 19.08. und 20.08.2018 aufgestellt. Zusätzlich wurde am 22.08.2018 noch eine weitere (äußere) Bodenfallenreihe ergänzt, um die Fangrate zu erhöhen (Abb. 4). Im Schotterkörper selbst wurden auch in diesem Fangfeld Totfallen eingesetzt, weil im Gleis keine großen Fallen verwendet werden durften und größere Laufkäfer aus kleinen Lebendfallen schnell wieder entkommen.

Die Lebendfallen wurden vom 20.08 bis 24.08.2018 täglich geleert und alle lebenden Laufkä-

Tab. 1: Fangergebnisse der Totfallen (Waldrand: 18 Bodenfallen, Gleismitte: 33 Bodenfallen) / results from the wet pitfall traps (forest edge: 18 traps, railway: 33 traps)

Art / species	**Waldrand** / woodland margin **Ø Ind./Falle** Ø ind./trap	**Gleismitte** / track centre **Ø Ind./Falle** Ø ind./trap	**Waldrand** / woodland margin **Anzahl** / number	**Gleismitte** / track centre **Anzahl** / number
Waldarten / woodland species	**5,78**	**0,30**	**104**	**10**
*Abax parallelepipedus**	1,11	0,03	20	1
*Carabus auronitens**	1,78	0,03	32	1
*Carabus coriaceus**	2,78	0,24	50	8
*Carabus hortensis**	0,11	-	2	-
Sonstige Arten (nicht waldstenotop) / other species	**1,17**	**0,03**	**21**	**1**
*Abax parallelus**	0,11	-	2	-
Badister sodalis	0,06	-	1	-
Nebria brevicollis	-	0,03	-	1
Pterostichus niger	0,94	-	17	-
Trechus obtusus	0,06	-	1	-

* Arten, die nicht flugfähig sind / „flightless species"
Angaben zum Flugvermögen nach Trautner (2017);
keine der Arten gilt in Bad.-Württ. als gefährdet (vgl. Trautner 2005)

fer über 5 mm wurden markiert, die kleineren Arten lediglich notiert. Die individuelle Markierung der Laufkäfer wurde mit einer angepassten 1-2-4-7 Markiermethode nach Ehrlich und Davidson (1960) vorgenommen. Bei dieser Markiermethode stehen bestimmte Positionen auf Hals- und Rückenschild für Zahlenwerte. Die Markierungsnummer eines Laufkäfers ergibt sich aus der Summe der farblich markierten Positionen. Zur Markierung wurden die jeweiligen Bereiche zuerst mit einem Diamantfräser (Proxxon Diamant Schleifstift Kugelform NO 28 222) angeraut. Anschließend wurden die jeweiligen Punkte mit einem Lackstift (POSCA uni Marker PC-5M) farblich markiert. Die Laufkäfer wurden nach der Markierung in der Nähe der Bodenfalle, in der sie gefangen wurden, wieder freigesetzt. Am 24.08. wurden schließlich auch alle Lebendfallen mit Fangflüssigkeit befüllt und am 25.08. geleert. Als Distanz zwischen zwei Wiederfangorten wurde die kürzeste Distanz zwischen den jeweiligen Bodenfallen berechnet.

Für die Untersuchungen lag eine Ausnahmegenehmigung der Unteren Naturschutzbehörde des Alb-Donau-Kreises vor (Az. 24-364.6).

3 Ergebnisse

3.1 Aktivitätsdichte im Gleis und am Waldrand

In den 51 Totfallen wurden 136 Laufkäfer aus nur 9 Arten gefangen und von fünf dieser Arten jeweils nur ein oder zwei Individuen (Tab. 1).

Tab. 2: Übersicht der markierten Laufkäfer und durchschnittliche Distanz der Wiederfundpunkte (nicht markierte Individuen waren tot, zu klein oder sind am letzten Tag gefangen worden) / overview of the marked ground beetles and average distance of the recapture points.

Art / species	**Anzahl markierte Individuen** number of marked individuals	**Nicht markiert** not marked	**Wiedergefangen** / recapture			**davon Bahnquerung** of which railway crossings	**Ø Distanz [m]** Ø distance [m]
			1-mal 1 time	**2-mal** 2 time	**3-mal** 3 time		
Waldarten / woodland species							
*Abax ovalis**	49	3	-	-	-	-	-
*Abax parallelepipedus**	75	2	14	2	-	-	12,36
*Carabus auronitens**	57	1	13	4	1	2	10,80
*Carabus coriaceus**	91	16	11	2	-	3	15,20
*Carabus hortensis**	2	-	1	-	-	-	15,81
*Carabus irregularis**	4	-	1	-	-	-	10,00
*Molops piceus**	1	-	-	-	-	-	-
*Pterostichus burmeisteri**	2	-	-	-	-	-	-
Sonstige Arten (nicht waldstenotop) / other species							
Bembidion lampros	-	1	-	-	-	-	-
*Carabus nemoralis**	1	-	-	-	-	-	-
*Cychrus caraboides**	-	2	-	-	-	-	-
Pterostichus melanarius	2	1	-	-	-	-	-
Pterostichus niger	31	1	9	2	-	1	11,27
Trechus obtusus	-	8	-	-	-	-	-
Harpalus rufipes	1	-	-	-	-	-	-
Synuchus vivalis	-	1	-	-	-	-	-
Gesamt / total:	316	36	49	10	1	6	

* Arten, die nicht flugfähig sind / „flightless species“
Angaben zum Flugvermögen nach Trautner (2017);
keine der Arten gilt in Bad.-Württ. als gefährdet (vgl. Trautner 2005)

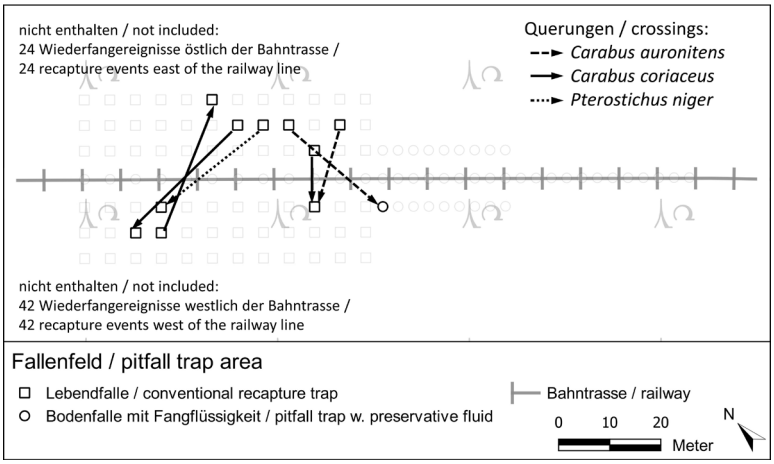

Abb. 5: Wiederfangereignisse nach einer Querung der Bahntrasse / recapture after crossing the railway.

In der Mitte des Gleisköpers wurden 10 Waldlaufkäferindividuen erfasst. Der Vergleich der durchschnittlichen Waldlaufkäferindividuen je Bodenfalle zeigt, dass dies 5 % der Aktivität am Waldrand entspricht. Der Fangerfolg je Bodenfalle unterscheidet sich statistisch signifikant zwischen Waldrand und Gleiskörper (P-value = 4.669e-08).

Kleine Laufkäferarten (< 5 mm) sind nicht repräsentiert. Es wurden insgesamt jeweils nur ein Individuum der Arten *Trechus obtusus* und *Badister sodalis* gefangen.

Für die relative Aktivitätsdichte am Waldrand im Verhältnis zur Gleismitte ergibt sich für *Abax parallelepipedus* eine Ratio von 37:1, für Waldarten der Gattung *Carabus* ergibt sich eine Ratio von 17:1.

3.2 Fang-Wiederfang-Untersuchung

In den Lebendfallen konnten 352 Laufkäferindividuen gefangen werden. 316 Laufkäfer aus 12 größeren Arten wurden individuell markiert. Von allen markierten Laufkäfern konnten 60 Individuen aus 6 Arten mindestens einmal wiedergefangen werden (Tab. 2).

Während der Untersuchung konnten 6 Querungen der Bahntrasse durch markierte Individuen nachgewiesen werden. 5 dieser Querungen erfolgten durch große flugunfähige Waldlaufkäfer (Abb. 5). Die Aktionsdistanzen, die bei den Querungen festgestellt wurden, lagen zwischen 10 m und 43 m. Die Aktionsdistanzen insgesamt betrugen durchschnittlich 13,7 m. Die kürzeste Strecke war ein Wiederfang in der gleichen Bodenfalle wie zum vorherigen Fang, die längste Strecke 56 m. Die Bahntrasse wurde in beide Richtungen gequert, es wurden keine mehrfachen Querungen eines Individuums festgestellt.

In den Totfallen im Gleiskörper wurden keine markierten Laufkäfer gefunden.

4 Diskussion

4.1 Methodik und Artenspektrum

In der Untersuchung wurden außergewöhnlich wenig kleine Laufkäfer (< 5 mm) gefangen. Dies könnte an der starken Trockenheit zwischen April und August 2018 liegen (Abb. 3). Durch trockene Wetterbedingungen kann die Aktivität von Laufkäfern reduziert sein (Thiele 1977). Insgesamt wurden in den Bodenfallen aber ausreichend Laufkäfer gefangen, um einen Vergleich der Aktivitätsdichten großer, flugunfähiger Waldarten zwischen Gleismitte und Waldrand durchzuführen. Zwar könnte auch der etwa 1,5 m breite, teilweise mit krautiger Vegetation bewachsene Waldrand bzw. Waldsaum eine Barriere darstellen (Richter et al. 2013), in der weiteren Auswertung wurde dies wegen der geringen Breite des Saums und dessen oft lückenhafter Ausprägung aber nicht weiter berücksichtigt.

4.2 Aktivitätsdichten

Der untersuchte Gleiskörper ist für Waldlaufkäfer eindeutig eine Barriere. Dies zeigen die Ratio der waldstenotopen *Abax*-Arten mit 37:1 zwischen Waldrand/Waldmantel und Schotterkörper und die Ratio der Wald-*Carabus*-Arten mit 17:1. Beides bestätigt die sehr ähnlichen Ergebnisse von Mader et al. (1990; siehe unten 4.3). Bisherige Untersuchungen an Straßen von Richter et al. (2013) sowie Reck & Nissen (2014) verdeutlichen dagegen, dass Autobahnen demgegenüber wesentlich stärkere Barrieren für Waldlaufkäfer sind, während 1-gleisige, mit Falllaub überzogene Draisinentrassen (selbst solche mit 5 m hohen Dämmen) oder Offenlandkorridore bzw. Schneisen zwischen Wäldern eine deutlich geringere Barrierewirkung für Waldlaufkäfer entfalten (Tab. 3, verschiedene Untersuchungen von Nissen

Tab. 3: Vergleich der Aktivitätsdichte von stenotopen, flugunfähigen Waldlaufkäfern auf Trassen und Schneisen im Vergleich zu umgebenden Waldlebensräumen / Comparison of the activity of stenotopic flightless woodland species (Genus Carabus, Abax) in woodland habitats with the activity on motorway median strips, railways, woodland glades and power line areas in forests **.**
W:O Verhältnis der relativen* Laufkäferindividuenzahl (* d. h. berechnet im Hinblick auf eine jeweils identische Anzahl von Bodenfallen und Fangtagen) für „W"= Waldhabitat und „O" = Offenlandhabitat bzw. Schneise oder Verkehrsweg (bei den Autobahnen: Aktivitätsdichte auf begrünten Mittelstreifen).
Ratio of the relative numbers of caught beetles (numbers of beetles in relation to the respective numbers of pitfall traps and trap days); W = woodland habitats, O = glades or transport infrastructure
(n) = Absolute Anzahl der auf der jeweiligen „Barriere"/Schneise gefangenen Individuen
absolute number of beetles caught on the respective glade or infrastructure corridor
Fettdruck: vorliegende, detailliert beschriebene Untersuchung
In **bold**: Project „Schalkstetten"
Wald-*Abax*: *Abax ovalis*, *A. paralellepipedus*
Abax species, regarded as stenotopic woodland species
Wald-*Carabus*: *Carabus auronitens, C. coriaceus, C. glabratus, C. hortensis, C. problematicus, C. violaceus*
Carabus species, regarded as stenotopic woodland species

Barrierentyp / barrier type, **Ort** / location, **Bundesland** / state	**Datenherkunft (Kurzname Projekt)** / origin of data (project name)	**Abstand (Licht) zwischen den Baumkronen** / gap width (distance between the respective woodland canopies)	**Beschaffenheit der Schneise** / barrier traits	**Ratio Wald** / woodland- **Abax** W:O	**Ratio Wald** / woodland- **Carabus** W:O	**Ca. Aktivitäts-minderung (Barriereeffekt)** / approximat reduction of activity (barrier effect)	**Negative Barrieren-auswirkung** / negative barrier impact with respect to §15 BNatSchG
Autobahn Mittelstreifen / Highway median, Kiebitzholm, SH	WiQu	min. ca. 35 m	Fahrbahn sowie Mittel-streifenbepflanzung / road and median strip	24:0 (0)	216:0 (0)	> 99 %	erheblich / severe
Autobahn Mittelstreifen / Highway median, Thiendorf, S	Barr	min. ca. 35 m	Fahrbahn sowie Mittel-streifenbepflanzung / road and median strip	90:0 (0)	38:0 (0)	> 99 %	erheblich / severe
Autobahn Mittelstreifen / Highway median, Klinga, S	Barr	min. ca. 32 m	Fahrbahn / road	64:1 (5)	470:0 (0)	> 99 %	erheblich / severe
Autobahn Mittelstreifen / Highway median, Naunhof, S	Barr	min. ca. 70 m	Fahrbahn sowie Mit-telstreifenbepflanzung / roadway and median planting	92:0 (0)	16:1 (1)	> 99 %	erheblich / severe
Autobahn Mittelstreifen / Highway median, Helmstedt, NI	Barr	min. ca. 35 m	Fahrbahn sowie Mit-telstreifenbepflanzung / roadway and median planting	73:1 (4)	350:1 (1)	> 99 %	erheblich / severe
Autobahn Mittelstreifen / Highway median, Pulsnitz, S	Barr	min. ca. 35 m	Fahrbahn sowie Mit-telstreifenbepflanzung / roadway and median planting	2:0 (0)	310:1 (1)	> 99 %	erheblich / severe
1-gleisige Bahntrasse / 1-track railway line, **Schalkstetten, BW**	**WV_Bahn 2**	**ca. 10 m**	**Reiner Schotter, rand-lich Hochstauden** / pure gravel, tall herbs	**37:1** (1)	**17:1** (9)	**> 95 %**	**im Sonderfall** / in special cases
Stromtrasse / Powerline, Bad Bramstedt*, SH	Regio_WV	ca. 50 m	Lückig bewachsener Rohboden / poorly overgrown raw sand	0:0 (0)	9:1 (23)	> 85 %	im Sonderfall / in special cases
Offenland Korridor / Open landscape passageway, nördl. Kiebitzholm, SH	HoLRK	min. ca. 10 m	Lückig bewachsener Rohboden / poorly overgrown raw sand	39:1 (1)	4:1 (234)	> 80 %	im Sonderfall / in special cases
1-gleisige Draisinentrasse / 1- track draisine line, Schmilau, SH	WV_Bahn 1	0 m	Schotter mit Blattstreu-auflage / ballast with leaf litter	3:1 (74)	6:1 (20)	> 70 %	nein / no
Offenland Korridor / Open landscape passageway, südlich Kiebitzholm, SH	HoLRK	ca. 12 m	Lückig bewachsener Rohboden / poorly overgrown raw sand	15:1 (3)	3:1 (207)	> 70 %	nein / no
1-gleisige Draisinentrasse / 1- track draisine line, Neumünster, SH	WV_Bahn 1	0 m	Schotter mit Blattstreu-auflage / ballast with leaf litter	2:1 (233)	2:1 (54)	≥ 50 %	nein / no

* Stromtrasse: Der Vergleichsstandort hier ist nicht der benachbarte Forst, sondern ein direkt anschließender, verbuschter, teils baumbestandener Trassenabschnitt und Arten der Gattung *Abax* fehlen hier auch in der Umgebung oft großflächig (selbst in naturnahen Forsten)
WiQu: Reck & Nissen 2014; Barr: Richter et al. 2013; WV_Bahn 2: hier vorgestellte Untersuchung; Regio_WV u. HoLRK: Ergebnisberichte (in Vorb.) zu den BfN-Projekten "Holsteiner Lebensraumkorridore", "Regionen übergreifende Wiedervernetzung"; WV_Bahn 1: Reck et al. 2018 (verschiedene Projektförderer: BfN/BMU, BASt)

et al. subm.). Die Draisinentrassen unterscheiden sich dabei von der untersuchten Bahntrasse bei Schalkstetten neben einer ausgeprägten Streuauflage auf dem Schotterkörper auch durch ein geschlossenes Kronendach über den Gleisen, während die Offenlandschneisen bis zu 50 m breit waren.

Die in Tab. 3 dargestellten Ergebnisse sind zumindest teilweise davon beeinflusst, welche Arten als stenotope Waldarten betrachtet werden. Die entsprechende Zuordnung erfolgte restriktiv. Nicht alle waldtypischen Arten (wie z.B. regional auch *Carabus convexus*) wurden als Waldarten gewertet. Bezöge man *C. nemoralis*, der hier nicht als Waldart betrachtet wird, in die Gruppe der Wald-*Carabus*-Arten ein, würde sich die errechnete Ratio kaum verändern, und bezöge man *Abax parallelu*s mit in die Gruppe der Wald-*Abax*-Arten ein, würde sich nur die Ratio im Untersuchungsgebiet Klinga von 64:1 auf 15:1 (bei 30 gefangenen Individuen, 5 x *Abax parallelepipedus*, 25 x *A. parallelus*) verändern.

Eingleisige Bahnstrecken scheinen, anders als Autobahnen, regelmäßig von stenotopen Waldlaufkäfern überwunden werden zu können. Forschungsbedarf besteht nun insbesondere dazu, herauszufinden, ob bzw. unter welchen Bedingungen auch mehrspurige Bahntrassen, für Waldlaufkäfer überwindbar sind.

4.3 Fang-Wiederfang-Untersuchung

In dieser Untersuchung wurde ein räumlich eng begrenztes Fallenfeld ohne Umzäunung genutzt, mit der Folge, dass viele markierte Individuen das Fangfeld verlassen können. Deshalb, und weil in einem regelmäßigen Fangraster grundsätzlich häufiger kurze Distanzen als lange Distanzen messbar sind, sind große Aktionsdistanzen in den Wiederfängen unterrepräsentiert. Ziel des Versuchs war aber nicht, das Mobilitätsverhalten der jeweiligen Arten zu beschreiben, sondern, in Ergänzung zur Totfallenuntersuchung, ggf. nachzuweisen, dass es real zu Querungen des Gleiskörpers kommen kann, und abzuschätzen, ob solche Querungen ggf. relativ häufig nachzuweisen sind. Das gemessene Verhältnis von seitentreuen Bewegungen zu Querungen der Bahngleise von 11:1 bei flugunfähigen Waldlaufkäfern (und insgesamt 5 Querungen) belegt lediglich, dass die Bahntrasse mit Sicherheit keine absolute Barriere für diese Arten darstellt, und entspricht in etwa dem Verhältnis der mit Totfallen gemessenen relativen Aktivitätsdichten von 19:1. Bei der prinzipiell ähnlich aufgebauten, aber nicht unmittelbar vergleichbaren Untersuchung von Mader et al. (1990) wurden in einer ganzjährigen Untersuchung an einer eingleisigen, aber stärker genutzten Strecke (60 Züge je Tag) ähnliche Querungsraten ermittelt. Bei 1.256 markierten Individuen ergaben sich 173 Wiederfänge und eine relative Querungsrate von etwa 10:1 bei insgesamt 16 nachgewiesenen Querungen. Von den markierten 662 flugunfähigen Waldlaufkäfern konnten dort 89 wiedergefangen werden; von diesen haben 8 die Bahngleise gequert, was eine (den Ergebnissen bei Schalkstetten entsprechende) Querungsrate von 10:1 ergibt.

Artspezifische Unterschiede könnten zwar erheblich sein (s. auch Tab. 3), jedoch sind die Fangraten für eine artspezifische Betrachtung zu gering. Sofern in einer Planung stark gefährdete Arten betroffen sind, müssen artspezfisch potentiell empfindlicherere Reaktionen bei einer Risikoabwägung beachtet werden.

4.4 Barrierewirkung versus Barriereauswirkung

Zu beachten ist, dass „signifikante Wirkungen“ und „erhebliche Auswirkungen“ unterschieden werden müssen: Eine Reduktion der Aktivitätsdichte um 50 % kann zwar eindeutig mit einer signifikanten Barrierewirkung gleichgesetzt werden, im Hinblick auf das Dispersal oder den Individuenaustausch zwischen von jeweiligen Schneisen getrennten Waldflächen sind aber keinerlei erhebliche Auswirkungen im Sinne des BNatSchG vorstellbar. Selbst bei einer Reduktion des Individuenaustauschs um 95 % sind für (i. d. R. individuenreiche) Kleintiervorkommen nur in Sondersituationen erhebliche Trenn(aus-)wirkungen zu erwarten, d. h. Wirkungen, die zur Minderung der Stabilität von Metapopulationen oder zur Verhinderung der Neu- oder Wiederbesiedlung von Lebensräumen oder zur genetischen Verarmung führen (vgl. auch Richter et al. 2013). Sondersituationen sind dann gegeben, wenn es sich um individuenarme Vorkommen handelt oder um Engstellen im Biotopverbund (vgl. Abbildung 55, 54 und 57 in Reck et al. 2018) bzw. um schmale Lebensraumkorridore. Bündelungstrassen sind immer Sonderfälle. So lange nicht genauer eingegrenzt werden kann, wo genau jeweilige (situationsabhängige) Schwellenwerte erheblicher Beeinträchtigungen liegen, muss dem Wortlaut der Eingriffsregelung gefolgt werden: Eine Vermeidungspflicht ist demnach gegeben, wenn plausibel dargestellt werden kann, dass erhebliche Beeinträchtigungen möglich sind. Insofern müssen

bezüglich der Bahn insbesondere mehrgleisige Strecken auf ihre Barrierestärke hin untersucht werden. Bezüglich der Bewertung der Auswirkungen muss die Kenntnis zum artspezifischen Ausbreitungsverhalten potentiell besonders empfindlicher Indikatorarten verbessert werden.

Dank

Herr Martin Roger DB-Netz AG hat uns auf die Strecke Amstetten-Gerstetten aufmerksam gemacht, der Verein UEF Lokalbahn Amstetten-Gerstetten e.V., vertreten durch Herrn K. Fleischer, hat uns unbürokratisch und sehr zuvorkommend die Arbeit am Gleis ermöglicht und die Untere Naturschutzbehörde Alb-Donau-Kreis hat sehr kurzfristig unseren Antrag auf Ausnahmegenehmigung zum Fang der Laufkäfer geprüft und erteilt. Vielen Dank. Das Rahmenprojekt, in dem diese Untersuchung stattfand, wird von Bundesamt für Naturschutz mit Mitteln des BMU gefördert (FKZ 3517 48 0600). Der Fachbetreuerin beim BfN, Frau M. Böttcher, sowie den Kollegen der ins Projekt eingebundenen Hochschulen Kassel und Osnabrück (C. Baierl, K. Hänel, H. Schröder-Rühmkorf) sowie den Mitgliedern der Projekt betreuenden Arbeitsgruppe danken wir für zahlreiche konstruktive Diskussionen.

Literaturverzeichnis

BMUB (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Kabinettsbeschluss vom 7. November 2007; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.

Ehrlich, P. R. & Davidson, S. E., (1960): Techniques for capture-recapture studies of Lepidoptera populations. J. Lepidopterist's Soc, 14, 227–229.

Ellenberg, H., Müller, K., Stottele T. (1981): Straßen Ökologie. Auswirkungen von Autobahnen und Straßen auf Ökosysteme deutscher Landschaften. Ökologie und Straße (3). Deutsche Straßenliga, Bonn: 19–115.

Müller-Motzfeld, G. (2004): Band 2, Adephaga 1: Carabidae (Laufkäfer). In: Freude, H., Harde, K.w. & Lohse, G.A. (Hrsg.): Die Käfer Mitteleuropas, 2. (erweiterte) Auflage, 521 S. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

GAC (2009): Lebensraumpräferenz der Laufkäfer Deutschlands - Wissensbasierter Katalog. An-gewandte Carabidologie Supplement V.

Iuell, B. Et Al (2003): COST 341. Habitat fragmentation due to transportation infrastructure; wildlife and traffic; a European handbook für identifying conflicts and designing solutions. Utrecht.

Köhler, F., Bense, U., Fritze, M.-A., Gürlich, S., Köhler, J. & Schneider, A. (2019): Waldbindung der Käfer (Coleoptera) Deutschlands. – In: Dorow, W.H.O., Blick, T., Pauls, S.u. & Schneider, A. (Hrsg.): Waldbindung ausgewählter Tiergruppen Deutschlands: 115-217; BfN-Skripten 544.

Mader, H.j. (1979): Die Isolationswirkung von Verkehrsstraßen auf Tierpopulationen untersucht am Beispiel von Arthropoden und Kleinsäugern der Waldbiozönose. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 19: 131.

Mader, H. J., Schell, C. & Kornacker, P. (1990): Linear barriers to arthropod movements in the landscape. In Biological Conservation 54 (3), pp. 209–222.

Nissen, H., Reck, H. & U. Holst (subm.): Bahngleise als Barrieren - Untersuchungen zur Laufkäferaktivität (Col. Carabidae) auf und neben den Draisinenstrecken Neumünster<->Ascheberg und Ratzeburg<->Hollenbek. Faunistisch-Ökologische Mitteilungen.

Popp, J. N. & Boyle, S. P. (2017): Railway ecology. Underrepresented in science? Basic and Applied Ecology 19: 84–93.

R CORE TEAM. (2019): R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. https://www.R-project.org.

Reck, H., Hänel, K., Strein, M., Georgii, B., Henneberg, M., Peters-Ostenberg, E. & Böttcher, M. (2018): Green Bridges, Wildlife Tunnels and Fauna Culverts: The Biodiversity Approach / Grünbrücken, Faunatunnel und Tierdurchlässe - Anforderungen an Querungshilfen. BfN-Skripten 522, 97 Seiten. www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript522.pdf

Reck, H. & Nissen, H. (2014): Laufkäfer auf der Autobahn - Die Laufkäferfauna (Carabidae) eines Autobahnmittelstreifens und einer benachbarten Grünbrücke – Faunistisch-Ökologische Mitteilungen – 9: 371–384.

Van Der Ree, R., Smith, D. J. & Grilo, C. (Eds) (2015): Handbook of Road Ecology. John Wiley & Sons, Oxford, 522p

Richter, K., Zinner, F., Boeckelmann, R., Doerks, S., Durka, W. & Fritzsch, S. (2013): Barrierewirkung von Strassen auf bodengebundene Kleintierpopulationen. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, (1092).

STATISTISCHES BUNDESAMT (DESTATIS) (2017): Verkehrsinfrastruktur in Deutschland. Stand 1. Dezember 2017. Abgerufen unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Transport-Verkehr/Unternehmen-Infrastruktur-Fahrzeugbestand/Tabellen/verkehrsinfrastruktur.html

Thiele, H.-U. (1977): Carabid beetles in their environments. A study on habitat selection by ad-aptations in physiology and behaviour. Springer Science & Business Media.

Trautner, J. (2005): Rote Liste und Artenverzeichnis der Laufkäfer Baden-Württembergs:(Coleoptera: Carabidae). Landesanstalt für Umweltschutz.

Trautner, J. (2017): Die Laufkäfer Baden-Württembergs. Ulmer.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Angewandte Carabidologie

Jahr/Year: 2019

Band/Volume: 13

Autor(en)/Author(s): Holste Ulrich, Nissen Hening, Reck Heinrich

Artikel/Article: Barrierewirkung von Bahngleisen – Untersuchungen zur Laufkäferaktivität (Col. Carabidae) auf, über und neben der Strecke Amstetten – Gerstetten auf der Schwäbischen Alb – Barrier effects of railway tracks on woodland carabids 37-45