

Laufkäfer der Grünbrücke Wredenhagen

Bestands- und Potentialanalyse zur Wirksamkeit der Grünbrücke
für Carabiden-Arten naturnaher Waldlebensräume



ABSCHLUSSBERICHT

im Auftrag des

Steinbeis-Transferzentrum Wasser, Land-
schaft, Umwelt c/o Uni Rostock

Bearbeitet von

Dr. Friederike Zinner,
Dipl. Ing. Reik Böckelmann,
B. Sc. Lynn Bauer,
Prof. Dr. Klaus Richter

Professor Hellriegel Institut e.V.
an der Hochschule Anhalt

Oktober 2020

Titelbild: Wanderkorridor für Wald-Carabiden entlang des spärlich bewachsenen Fußes der Gabionenwand auf der Grünbrücke Wredenhagen. (Foto: Lynn Bauer 2020)

Laufkäfer der Grünbrücke Wredenhagen

Bestands- und Potentialanalyse zur Wirksamkeit der Grünbrücke
für Carabiden-Arten naturnaher Waldlebensräume

Abschlussbericht 2020

im Auftrag des

Steinbeis-Transferzentrum Wasser, Landschaft, Umwelt c/o Uni Rostock
Justus-von-Liebig-Weg 6
18059 Rostock

Projektbegleitung: Dipl.-Ing. Elke Peters-Ostenberg

Bearbeitet vom

Professor Hellriegel Institut e.V. an der Hochschule Anhalt
Forschungsgruppe Naturschutz und Faunistik
Strenzfelder Allee 28
06406 Bernburg

Dr. Friederike Zinner,
Dipl. Ing. Reik Böckelmann,
B. Sc. Lynn Bauer,
Prof. Dr. Klaus Richter

INHALTSVERZEICHNIS

1	ANLASS	1
2	LAGE UND RÄUMLICHE KONFIGURATION	2
3	METHODEN	3
4	VERSUCHSDESIGN UND STANDORTBESCHREIBUNG	7
5	ERGEBNISSE	12
6	AUSWERTUNG	15
6.1	VERGLEICHE DER FÄNGE AUS 2020 UND 2016 SOWIE DER FANGFLÜSSIGKEITEN	15
6.2	ANALYSE DER GRUPPENPARAMETER	19
6.2.1	<i>Habitat-Gilden</i>	19
6.2.2	<i>Feuchte-Präferenzen</i>	19
6.2.3	<i>Flugdynamische Gruppen</i>	22
6.2.4	<i>Größenklassen</i>	24
6.3	FEINANALYSE ZUR RAUMNUTZUNG DER GRÜNBRÜCKE	25
7	RESÜMEE UND OPTIMIERUNG DER GRÜNBRÜCKE FÜR WALDGEBUNDENE CARABIDEN	27
8	LITERATUR	32

1 Anlass

Die Grünbrücke Wredenhagen wurde im Jahr 2015 zur Wiedervernetzung der durch die A19 zerschnittenen Waldgebiete fertig gestellt. Ausgerichtet ist diese Querungshilfe vornehmlich auf Wild. Ob sie auch einen positiven Effekt auf den Verbund von Populationen stenöker Laufkäfer-Arten der Wälder besitzt, wurde durch MATZ (2016) erstmals auf der jungen Brücke untersucht. Nach einer 4-jährigen Entwicklungszeit gab das StW für das Jahr 2020 die vorliegende Studie in Auftrag. Es sollen aktuelle Erkenntnisse über den Fortschritt ihrer Funktionalität für Arthropoden-Arten naturnaher Waldlebensräume am Beispiel von Laufkäfern erbracht werden. Mittels Barberfallen und Handaufsammlungen auf der Grünbrücke und in den anzubindenden Bereichen fanden Bestanderfassungen sowie eine Bewertung der zu erwartenden Migrationshäufigkeit anhand der abgeleiteten Wald-Bestands-Populationsdichten statt. Ein Vorschlag zur Optimierung ausbreitungsrelevanter Strukturen wird unterbreitet.

2 Lage und räumliche Konfiguration

Die Grünbrücke Wredenhagen im Kreis Röbel Müritz verbindet zwei von Kiefern dominierte Forste, welche durch die A19 zerschnitten werden. Abb. 1 stellt generalisiert die Situation dar, wie sie im Revierbuch aufgeführt ist. Grundsätzlich überwiegen Reinbestände auf ebenem Relief. Mischbestände nordöstlich der Grünbrücke mit einem höheren Laubanteil, leicht bewegtem Relief und Elementen der Feuchtwälder sind noch etwas struktureicher. Die hpnV sind beidseits mesophile Buchenwälder.

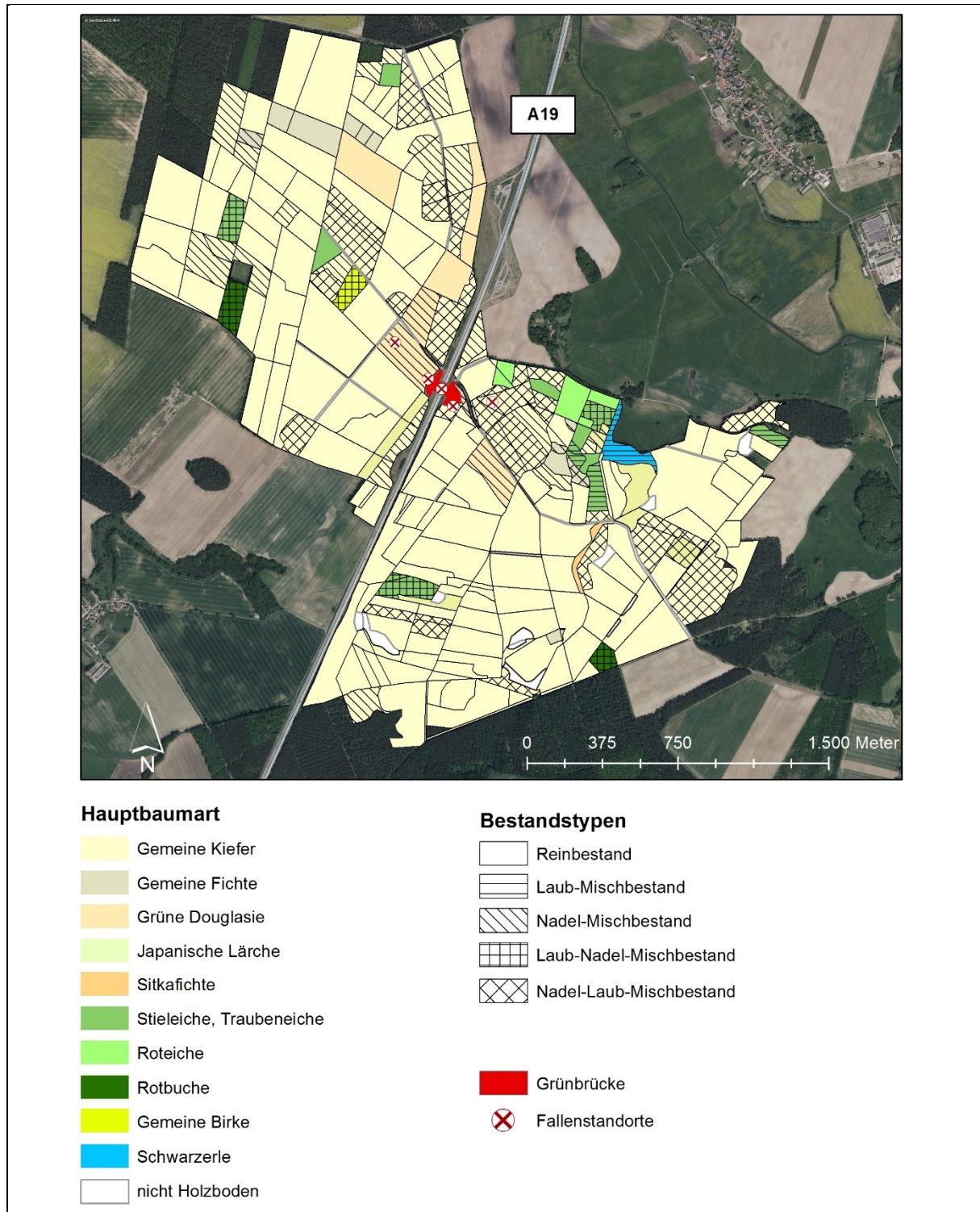


Abb. 1: Raumbezug der Grünbrücke

3 Methoden

Methoden 2020

Die Erfassung der Laufkäfer in 2020 erfolgte durch Bodenfallen mit einer Standzeit von 6 x 14 Tagen im April, Juni und September. Die Untersuchungs-Standorte wurden mit je einer Serie von 6 Fallen beprobt. Der Fallendurchmesser betrug 85 mm, als Konservierungsflüssigkeit wurde ca. 3%ige Formalinlösung (unter Zusatz von einigen Tropfen Spülmittel zur Verringerung der Oberflächenspannung) verwendet, die auch bei 2-wöchigen Intervallen und ggf. bei Verdünnung durch Niederschläge stabile Ergebnisse liefert. Die Fallen einer 6er-Serie befanden sich in ähnlichen Habitat-Strukturen. Jede Serie ist als Stichproben-Set zu betrachten, da Carabiden selbst in einem weitgehend homogen strukturierten Habitat nicht immer in gleichmäßiger Anzahl pro Falle gefangen werden. Oft ist die Verteilung recht variabel, von Lokalbedingungen und Sonderereignissen abhängig und nur in der Gesamtbeurteilung der ganzen Serie vergleichend auswertbar. Zahlreiche Arbeiten und auch Simulationen gehen von mindestens 4 – 5 Fallen je Serie aus, um ca. 90 – 95 % der auf der Fläche lebenden Arten (ohne einzelne Zufallsmigranten) zu erfassen. Da auch immer mit einzelnen Fallenverlusten gerechnet werden muss, kommen in der praxisüblichen Methodik meist 5-6 Fallen pro Serie zum Einsatz. Die Untergrenze liegt nach Müller-Kroehling (2015) bei 3 Fallen.

Vier der sechs Serien wurden bereits im Gelände bei jedem Leerungstermin gepoolt, da die nachfolgenden Auswertungen den Gesamtumfang der Sets betrachten. Ausnahme für Einzelfallen-Daten bilden die zwei Längs-Transekte entlang der Grünbrückenwände (Abb. 3 und Kap.4). Eine Arten-Tabelle mit den Einzel-Ergebnissen der sechs Fangzeiträume befindet sich im digitalen Anhang. Die meisten Analysen beziehen sich jedoch auf die Jahres-Fangdaten pro 6er-Serie und 6 x 14tägiger Standzeit.

Ergänzend fanden Handaufsammlungen von Carabiden statt, indem potenzielle Verstecke, wie Totholz, Steine, Wurzelfuß von Bäumen oder Laubstreu untersucht wurden.

Methoden 2016

Bei der Ersterfassung in 2016 (Matz 2016), zu welcher Vergleiche hergestellt werden, war die Standzeit mit nur 3 x 14 Tage statt 6 x 14 Tagen geringer. Zudem wurde parallel zur Grünbrückenwirksamkeit die Eignung verschiedener Fangflüssigkeiten getestet. Die oben beschriebenen Prinzipien der hinreichend bestückten Fallenserien und deren Installation in einheitlichen Strukturen wurden zugunsten dieser weiteren Komponente vernachlässigt. Da jedoch die Daten der Einzelfallen vorliegen, konnten Gegenüberstellungen mit 2020 durch eine neue Datenzusammenfassung erfolgen. Dazu wurden die Einzelfallen-Daten zu 6-er Serien vereinigt. Diese bestehen i.d.R. aus je drei Renner- und drei Salz-Fallen (W1, WR1+ und GM). Ausnahme bildet die reine Renner-Serie A25-30 (WR2b) und die reine Salz-Serie A19-24 (WR2a).

Tab. 1: Gegenüberstellung der Fang-Methoden von Carabiden 2020 und 2016

	DG	2020 Zinner et al. (Hellriegel)	DG	2016 Matz (ECOLogie)
April	1	04.04.-18.04.2020		
	2	18.04.-05.05.2020	1	20.04.-04.05.2016
Juni	3	31.05.-14.06.2020	2	03.06.-17.06.2016
	4	14.06.-27.06.2020		
September	5	05.09.-19.09.2020	3	09.09.-23.09.2016
	6	19.09.-03.10.2020		
Handfänge	1	04.04.2020	1	04.05.2016
	2	05.05.2020	2	17.06.2016
	3	31.05.2020	3	23.09.2016
	4	19.09.2020		
Fangflüssigkeit		Formalin-Lösung: 2-4% Formaldehyd 96-98% Wasser Detergenz		a) Salzlösung: 200–300 g NaCl 1 l Wasser, Detergenz b) Renner-Lösung: 50% Ethanol, (ab DG3 40%) 20% Glycerin, (ab DG 3 20%) 4% Essigsäure, (ab DG 3 10%) 45% Wasser, (ab DG 3 30%) Detergenz
Fallengröße		Breite oben 85mm Tiefe: 130 mm		Breite oben 72 mm Tiefe: 114 mm
Anzahl Fallen pro Serie		6 Fallen Für Detailanalysen zu den Grünbrücken- Rändern werden Einzelfallen zu 3er-Serien zusammengefasst.		Variabel, bzw. verschiedene Biotoptypen durchlaufend.
Anzahl Fallen- Serien		6 Serien		
Anzahl Fallen Gesamt		36		30



Abb. 2: Lage der 6er-Fallenserien 2020

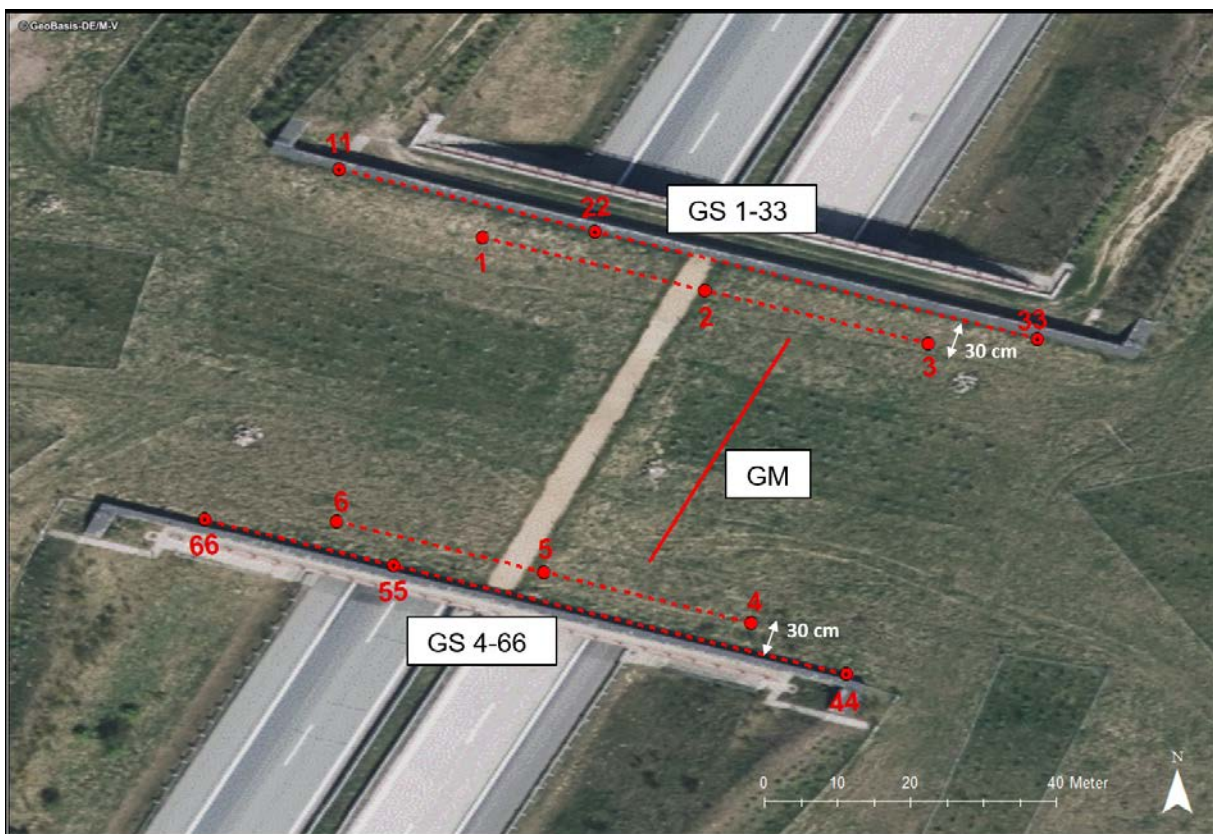


Abb. 3: Lage der Fallen aus den Serien GS 1-33 und GS 4-66 sowie 6er-Serie GM (2020)

Die Inhalte aus Nr. 1-33 und 4-66 an den Grünbrückenseiten wurden als Einzelfallen dokumentiert. Die Grünbrückenmitte (GM) ist eine vereinigte 6er-Serie

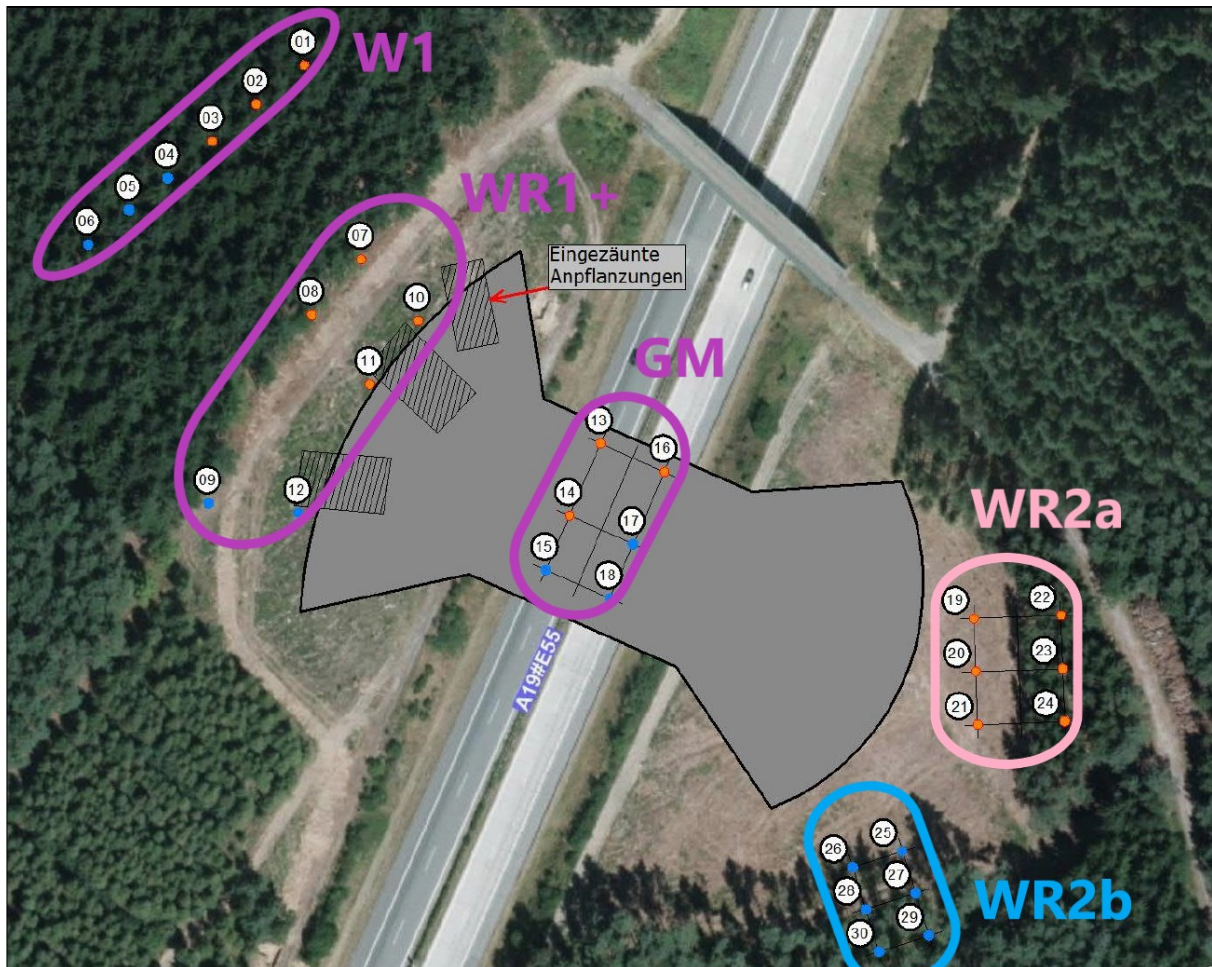


Abb. 4: Fallenstandorte 2016

Fallen mit Nr. aus 2016: Punktfarbe blau = Renner-Lösung, orange = NaCl. Die Ovale fassen Fallen in Serien für die Auswertungen 2020 zusammen: blau = 6x Renner; rosa = 6x NaCl; lila = gemischte Serien

4 Versuchsdesign und Standortbeschreibung

Die Auswahl der Standorte orientiert sich am maximalen Erkenntnis-Zugewinn mit hoher Aussagesicherheit unter Beschränkung der Anzahl an Fallenserien auf das notwendige Maß. Die Ergebnisse aus 2016 sowie Erkenntnisse aus eigenen Studien zur Wirksamkeit von Grünbrücken (ZINNER et al. 2013, ZINNER et al. 2018) wurden in die Auswahlkriterien einbezogen. Fangergebnisse auf den Widerlagern 2016 unterschieden sich kaum von denen der Grünbrücken-Mitte. Aus diesem Grund wurde auf diese Standorte zugunsten anderer verzichtet. Das Versuchsdesign zeigt Abb. 2 und Abb. 3.

Waldstandorte (W1+W2): Mit dem grundlegenden Vernetzungsziel für Arten aus Waldlebensräumen muss ein hinreichender Kenntnisstand zu den Aktivitätsdichten von Carabiden in den angrenzenden Forsten vorliegen: nur dort lebende Arten können auch potenziell auf der Grünbrücke erwartet werden. Repräsentative Fänge der Waldzönosen sind erst ab einem Mindestabstand zum Offenland von ca. > 150m gegeben (abhängig von Exposition etc.). Bei ausreichender Distanz sind die Randeffekte minimiert und es ist von einem typischen Waldinnenklima mit einer ortstypischen Wald-Carabidenzönose auszugehen. Sowohl auf der Ost- wie auf der Westseite der Grünbrücke wurde je eine Fallenserie installiert. Die Distanzen zum Waldrand betragen ca. 260m (W1 im Westen) und 180m (W2, Osten). Die Funde dieser Serien werden als Referenz für das lokale Grünbrücken-Querungs-Potential herangezogen.

Waldrand (WR1+WR2): Hier handelt es sich um einen „Schlüsselstandort-Typ“. Die Arten die im Waldrandbereich ankommen, haben zumindest partiell das humide Waldinnenklima verlassen. Dies ist ein Indiz für das Migrationspotential, sprich: wie viele Tiere sind abwanderungswillig. An den Fängen kann das Nutzungspotenzial der Grünbrücke gemessen werden (ZINNER et al. 2013, ZINNER et al. 2018). Auf beiden Seiten wurde je eine Serie gesetzt.

Grünbrücken-Mitte (GM): Fachlich obligatorisch wird der tatsächliche Nutzungsgrad des zentralen Grünbrückenbereichs untersucht. Hier geht es quasi um den „Naturalnachweis“ – den direkten Beweis der tatsächlichen Nutzung der Grünbrücke durch waldbewohnende Laufkäfer. Die Fallen einer Serie standen entsprechend quer über die Brücke.

Grünbrücken-Seiten (GS): Von den Bereichen entlang der Gabionen wurde im Zuge der Vorfeldplanung ein besonderer Raumnutzungs-Effekt erwartet. a) Silhouetten durch Sichtschutzwand und damit fernwirkende Orientierung. b) Deckungsgebende Strukturen an der Wand. Bei der ersten Feldbegehung wurde ein weiterer positiver Faktor bemerkt, der das Vernetzungs-Potential vermeintlich erheblich steigert: Eine Zone von ca. 30 cm Breite entlang beider Gabionen ist quasi frei von höheren Pflanzen. Lediglich Moose bedecken lückig den Rohboden. Im Vergleich zu der dichten Grasnarbe auf der Grünbrückenmitte ist hier der Raumwiderstand für Laufkäfer deutlich herabgesetzt und begünstigt damit die Migration. Auf jeder Seite wurde daher je eine Fallen-Serie gesetzt davon je 3 Fallen dicht an der Gabione auf dem Rohbodenstreifen (Abb. 3). Die mögliche Grabtiefe betrug hier allerdings nur 7-10 cm (begrenzt durch Metallgitter), weshalb Substrat um die erhabene Fallenöffnung gebracht werden musste. Die Fallen standen somit auf einem leichten Hügel. Die weitere 3 Fallen pro Seite wurden in die Graskante ca. 30 cm neben den Gabionenwänden eingebracht, wo die Grabtiefe ausreichte. Es fand eine separate Auswertung dieser 12 Einzelfallen statt.

Wald 1 (West): Entfernung vom Waldrand ca. 260 m. Nadelreinbestand aus Douglasie. Relativ frisch durchforstet (Entnahme Fichten). Ebenes Gelände, Abraum (Geäst) aus Durchforstung, fast keine Strauchschicht, Boden moosbedeckt.

Wald 2 (Ost): Entfernung vom Waldrand ca. 180 m. Strukturierter NL-Mischwald mit Ki als Hauptbaumart. Altes Totholz zahlreich, mäßig ausgebildete Strauchschicht, Boden moosbedeckt, bewegtes Relief.



Abb. 5: Wald 1 (W1) W der Grünbrücke



Abb. 6: Wald 2 (W2) O der Grünbrücke

Waldrand 1 (West): Durch SO-Exposition eher trocken. Boden moosbedeckt, keine Strauchschicht. Wenig Strukturen. Angrenzend unbefestigter Wirtschaftsweg. Die Fallen befanden sich ca. 2 m hinter der Waldkante im Douglasien-Bestand.

Waldrand 2 (Ost): NW-exponierter, frisch-feuchter Ki-Bestand; junge Birken im Unterstand, Strauchschicht: aus Brombeere, Himbeere, Kiefern. Boden moosbedeckt. Zerstreut älteres Totholz. Fallenstandort: kurz vor der Waldkante zw. ca. 50j Kiefern und dem 0,5 m hohen Kiefernjungwuchs.



Abb. 7: Waldrand 1 (WR1) westlich der Grünbrücke



Abb. 8: Waldrand 2 (WR2) östlich der Grünbrücke

Grünbrücken-Mitte: Die Fallenserie GM stand in einem dicht vergrasten und regelmäßig gemähten Bereich. Alle gepflanzten Gehölze zeigen Anwachsschwierigkeiten durch die extremen Trocken-Jahre 2018 und 2019, einige sind ausgefallen. Besenginster fliegt allmählich ein und bildet bereits kleine Bestände an beiden östlichen Enden der Gabionen.

	Vom trockenen und mit Besenginster bewachsenen Waldrand im NO Richtung Grünbrücke. Nur spärlicher Aufwuchs der Pflanzung nach Dürrejahen. (Kein Fallenstandort)
	Grünbrücken-Mitte im Bereich der Fallenserie GM. Dichte Grasnarbe mit hohem Raumwiderstand für Laufkäfer. Weitere Strukturen: Lesesteinhaufen mit Wildkamara-Rohr und Sandstreifen für Wildmonitoring.
	Gehölzpflanzungen auf dem Westportal. Ebenfalls dichte Grasnarbe = Barriere für Laufkäfer. Wirtschaftsweg zwischen Offenland und Wald bietet hingegen Boden- und damit Lauffreiheit.

Abb. 9: Grünbrücke und ihre Portale

Grünbrücken-Seite (GS 1-33): Auf der Nordflanke der GB = südexponierte Fallen. Falle 1 bis 3 an der Graskante ca. 30cm von Gabione entfernt (in Abb. 10 unten rechts). Fallen 11, 22 und 33 im vegetationsarmen Streifen direkt neben Gabione.

Grünbrücken-Seite (GS 4-66): Auf der Südflanke der GB = nordexponierte Fallen. Falle 4 bis 6 auf Graskante und Falle 44, 55 und 66 auf offenem Streifen neben Gabione.



Abb. 10: Grünbrücken-Seite Nord / besonnt (GS 1-33)



Abb. 11: Grünbrücken-Seite Süd / beschattet (GS 4-66)

5 Ergebnisse

Im Jahr 2020 wurden mit der vorliegenden Studie 73 Carabiden-Arten in 1030 Individuen nachgewiesen. Trotz der damals geringeren Fangintensität waren es in 2016 zumindest 67 Arten mit 1160 Individuen.

Tab. 2: Fangergebnisse 2020 und 2016

Absolute Fangzahlen pro Art im Jahresfang der 6er-Serien.

Weitere Angaben links

Bestand: Bestandssituation in MV (selten, mäßig häufig, häufig, sehr häufig).

RL: Rote Listen.

Habitat: W = Wald; OB = offenes Buschland, Waldränder, Lichtwälder; O = Offenland; e = eurytop. Feuchte: h = hygrophil; m = mesophil; x = xerophil; ps = psammophil.

Flügel: b = brachypter; di = dimorph; m = makropter.

Bestand	RL M-V	RL D	Habitat	Feuchte	Flügel		2020							2016				
							W1	WR1	GS1-33	GM	GS4-66	WR2	W2	W1	WR1+	GM	WR2a	WR2b
						Original Fallennr.								A1-6	A7-12	A13-18	A19-24	A25-30
mh	*	*	W	h	b	<i>Abax parallelepipedus</i>	46						23	35	2		1	1
mh	*	*	O	h	m	<i>Acupalpus flavicollis</i>	1			1								
sh	*	*	e	x	m	<i>Amara aenea</i>			30	11	4	1			4	22	7	30
mh	*	*	e	m	m	<i>Amara aulica</i>					3							
h	*	*	O	x,ps	m	<i>Amara bifrons</i>		1	6						1	1		1
h	*	*	e	x	m	<i>Amara communis</i>	1	5	5	3	6	8	10	1				
s	*	*	e	x	m	<i>Amara consularis</i>											1	
s	*	*	O	x	m	<i>Amara curta</i>		3										
s	V	*	O	x	m	<i>Amara equestris</i>			3	5								
h	*	*	O	x	m	<i>Amara familiaris</i>		1		5			1		2	1	1	3
mh	*	*	O	x,ps	m	<i>Amara fulva</i>										1		1
mh	*	*	e	x	m	<i>Amara lunicollis</i>		1		3	3	8			3	1	6	3
h	*	*	O	x	m	<i>Amara plebeja</i>						2		1				
h	*	*	e	x	m	<i>Amara similata</i>	2	5		1	1	7	4		2	2	1	
mh	*	*	O	x	m	<i>Amara spreta</i>			1							3	1	
s	V	*	O	x,ps	m	<i>Amara tibialis</i>	1		1	3		1			1			
h	*	*	O	m	m	<i>Anchomenus dorsalis</i>			1						1			
sh	*	*	O	h	m	<i>Anisodactylus binotatus</i>											1	1
h	*	*	e	m	m	<i>Badister bullatus</i>			1									
mh	*	*	W	m	m	<i>Badister lacertosus</i>						1		1				
sh	*	*	O	h	d	<i>Bembidion femoratum</i>										1		
sh	*	*	O	x,ps	d	<i>Bembidion lampros</i>				1					10	11	7	98
h	*	*	O	x	m	<i>Bembidion quadrimaculatum</i>					1				1		1	3
sh	*	*	O	h	d	<i>Bembidion tetracolum</i>										1		2
s	*	*	O	x	d	<i>Bradycellus csikii</i>					1							
mh	*	*	O	m	m	<i>Bradycellus verbasci</i>				1								
mh	*	*	O	x	d	<i>Calathus cinctus</i>									4	2	3	5
h	*	*	e	x	d	<i>Calathus fuscipes</i>		4	12	34	25				3	10	3	
mh	*	*	e	x	d	<i>Calathus melanocephalus</i>			66	7	8				1	4		
mh	*	*	O	m	b	<i>Carabus auratus</i>												1
mh	*	V	W	m	b	<i>Carabus convexus</i>		3				4	1	1	1			4
h	*	*	W	m	b	<i>Carabus hortensis</i>	2	1					2	63	1		2	1
sh	*	*	e	m	b	<i>Carabus nemoralis</i>	1							11	3		2	
mh	*	*	W	m	b	<i>Carabus violaceus</i>	4	1			1	3	1	2	1		1	6
mh	*	*	O	x	m	<i>Cicindela campestris</i>				2								1
h	*	*	O	h	d	<i>Clivina fossor</i>						1						2
h	*	*	W	m	b	<i>Cychrus caraboides</i>	3											1
mh	*	*	O	x	d	<i>Dromius linearis</i>					1							
sh	*	*	O	h	d	<i>Dyschirius globosus</i>			1									
sh	*	*	O	m	m	<i>Harpalus affinis</i>				4	1				4	20	14	1

Bestand	RL M-V	RL D	Habitat	Feuchte	Flügel	Original Fallennr.	2020							2016				
							W1	WR1	GS1-33	GM	GS4-66	WR2	W2	W1	WR1+	GM	WR2a	WR2b
														A1-6	A7-12	A13-18	A19-24	A25-30
mh	*	*	O	x	m	<i>Harpalus anxius</i>		1	15	1	6					4	1	
s	3	3	O	x,ps	m	<i>Harpalus autumnalis</i>				1								
s	*	*	O	x	m	<i>Harpalus distinguendus</i>				1	1				2	47	2	1
s	V	*	O	x,ps	m	<i>Harpalus froelichii</i>										1		
s	V	*	O	x	m	<i>Harpalus griseus</i>										1		
s	*	*	W	m	m	<i>Harpalus laevipes</i>	5					4	8	1			2	4
mh	*	*	OB	m	m	<i>Harpalus latus</i>	2	4	1		1	11	6	2	6		1	9
s	3	3	O	x,ps	m	<i>Harpalus picipennis</i>			1						1			1
s	*	*	O	x	d	<i>Harpalus pumilus</i>				1								
mh	*	*	O	x	m	<i>Harpalus rubripes</i>			2	2	4	1			2	1	6	5
mh	*	*	O	x	m	<i>Harpalus rufipalpis</i>						6			3	2	7	30
sh	*	*	O	x	m	<i>Harpalus rufipes</i>									3	4		2
s	3	3	O	x,ps	m	<i>Harpalus serripes</i>										1		
mh	*	*	O	x,ps	m	<i>Harpalus signaticornis</i>		1										
s	*	*	O	x,ps	m	<i>Harpalus smaragdinus</i>			1							25		
s	3	3	O	x	m	<i>Harpalus solitaris</i>									1			1
mh	*	*	e	x	m	<i>Harpalus tardus</i>		15	24	4	19	8	1		5	4		3
mh	*	*	OB	m	m	<i>Leistus ferrugineus</i>						2						3
mh	*	*	W	m	d	<i>Leistus rufomarginatus</i>	1						1	1				
s	3	V	O	x,ps	d	<i>Licinus depressus</i>			1			1						
sh	*	*	OB	h	m	<i>Loricera pilicornis</i>						2			11	5		9
mh	*	*	O	x	m	<i>Microlestes minutulus</i>		8	53	33	7	1			2	1	6	
sh	*	*	OB	h	m	<i>Nebria brevicollis</i>						4		6	2	13	2	23
mh	*	*	O	x	m	<i>Nebria salina</i>			5	1	1	71	1	11	1	2	2	22
mh	*	*	O	m	d	<i>Notiophilus aquaticus</i>			2	1		6		1	2			5
h	*	*	W	h	d	<i>Notiophilus biguttatus</i>	3					1		22			2	16
h	*	*	OB	h	d	<i>Notiophilus palustris</i>	5	2	1			3	3	5	1		2	24
h	*	*	O	h	m	<i>Oodes helopioides</i>							1					
mh	*	*	O	x	m	<i>Panagaeus bipustulatus</i>			1						2			
mh	*	*	e	m	m	<i>Poecilus cupreus</i>		7	1	1			2		9	13	11	16
mh	*	*	O	x	d	<i>Poecilus lepidus</i>					1				2	6	4	6
sh	*	*	O	m	m	<i>Poecilus versicolor</i>	1	2	1	11		38	1	1	52	12	26	19
h	*	*	O	h	d	<i>Pterostichus diligens</i>						1						
sh	*	*	O	m	d	<i>Pterostichus melanarius</i>		1										
h	*	*	O	h	d	<i>Pterostichus minor</i>						3						
sh	*	*	W	m	d	<i>Pterostichus niger</i>	4	1			1	8	25	7	7			12
sh	*	*	W	m	d	<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	34	1				8	26	21	7		14	10
s	V	V	W	h	m	<i>Pterostichus quadrioveolatus</i>												16
h	*	*	OB	h	d	<i>Pterostichus strenuus</i>	1	1			2	8	9	1				
h	*	*	O	h	d	<i>Pterostichus vernalis</i>				1					1			
h	*	*	O	h	d	<i>Stomis pumicatus</i>						2						1
h	*	*	O	x	d	<i>Syntomus foveatus</i>			1						1	1	1	
h	*	*	O	x	d	<i>Syntomus truncatellus</i>		4	2	1	6				16	1	2	10
mh	*	*	OB	x	d	<i>Synuchus vivalis</i>		1		1								
mh	*	*	OB	h	d	<i>Trechus obtusus</i>					3							
mh	*	*	O	m	d	<i>Trechus quadristriatus</i>				1							1	1
						Fangzahl	117	74	239	141	108	225	126	194	184	224	144	414
						Artenzahl	18	24	27	28	25	31	19	20	41	33	34	44

Die Ergebnisse der vier Handaufsammlungen sind in Tab. 3 dargestellt. Ausschließlich über die manuelle Absuche und nicht durch Bodenfallen wurde *Cychrus caraboides* belegt. Die sehr geringe Anzahl an oberflächennah gefunden Laufkäfern dürfte wesentlich durch die extreme Trockenheit begründet sein. Bei den Felderhebungen konnte beobachtet werden, dass die wärmebegünstigten Unterschlüpfte in südgenähten Expositionen oft von Ameisen besetzt waren, was die Präsenz von Carabiden üblicherweise deutlich reduziert. Bei künftigen Planungen zur Optimierung sollte dieser Aspekt beachtet werden.

Die Nachweise wurden dem nächst gelegenen Fallenort des Standorttyps zugeordnet, der in der Tabelle mit „+**+“ gekennzeichnet ist. All diese Funde sind in der Tab. 2 integriert. Die Auswertungen erfolgten unter Einbeziehung dieser Handfänge, da die geringen Individuenzahlen die Ergebnisse kaum beeinflussen.

Tab. 3: Handaufsammlungen

	+GM+	+W1+	+W2+	+WR1+	+WR2+
<i>Abax parallelepipedus</i>		3	2		
<i>Amara aenea</i>	3				
<i>Amara lunicollis</i>	1				
<i>Calathus fuscipes</i>	1				
<i>Cychrus caraboides</i>		3			
<i>Harpalus tardus</i>	1			1	
<i>Microlestes minutulus</i>	3				
<i>Nebria brevicollis</i>					1
<i>Nebria salina</i>					2
<i>Poecilus versicolor</i>					1
<i>Pterostichus niger</i>			1		
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>		2	1		
Fangzahl	9	8	4	1	4
Artenzahl	5	4	4	2	4

6 Auswertung

6.1 Vergleiche der Fänge aus 2020 und 2016 sowie der Fangflüssigkeiten

Artnachweise aus 2020, die in 2016 auf keinem Fallenstandort vorgefunden wurden und umgekehrt sind in Tab. 4 dargestellt. Unter den Neufunden sind xerophile, mesophile und hygrophile Arten in gleichen Maße vertreten. Es handelte sich jeweils um ein oder wenige Tiere. Hingegen wurde in 2016 der xerophile *Calathus cinctus* noch in mittleren Häufigkeiten (14) nachgewiesene und trat in 2020 in keiner der Fallen auf. Ebenso fehlte die Waldart *Pterostichus quadrioveolatus*, welche mit 16 Tieren ausschließlich in den Renner-Fallen 2016 gefangen wurde.

Tab. 4: Neufunde und Fehlfunde in 2020 gegenüber 2016

Nur 2020	W	WR	GB
<i>Acupalpus flavicollis</i>	x		x
<i>Amara aulica</i>			x
<i>Amara curta</i>		x	
<i>Amara equestris</i>			x
<i>Badister bullatus</i>			x
<i>Bradycellus csikii</i>			x
<i>Bradycellus verbasci</i>			x
<i>Dromius linearis</i>			x
<i>Dyschirius globosus</i>			x
<i>Harpalus autumnalis</i>			x
<i>Harpalus pumilus</i>			x
<i>Harpalus signaticornis</i>		x	
<i>Licinus depressus</i>		x	x
<i>Oodes helopioides</i>	x		
<i>Pterostichus diligens</i>		x	
<i>Pterostichus melanarius</i>		x	
<i>Pterostichus minor</i>		x	
<i>Synuchus vivalis</i>		x	x
<i>Trechus obtusus</i>			x

Nur 2016	W	WR	GB
<i>Amara consularis</i>		x	
<i>Amara fulva</i>		x	x
<i>Anisodactylus binotatus</i>		x	
<i>Bembidion femoratum</i>			x
<i>Bembidion tetracolum</i>		x	x
<i>Calathus cinctus</i>		x	x
<i>Carabus auratus</i>		x	
<i>Harpalus froelichii</i>			x
<i>Harpalus griseus</i>			x
<i>Harpalus rufipes</i>		x	x
<i>Harpalus serripes</i>			x
<i>Harpalus solitarius</i>		x	
<i>Pterostichus quadrioveolatus</i>		x	

In 2020 zeichnet sich eine massiv geringere Fangquote gegenüber 2016 ab. Trotz doppelter Standzeit der Fallen wurden in 2020 oft nur knapp die Hälfte an Individuen pro 6er-Serie nachgewiesen wie in 2016 (Abb. 12). Auch die mittleren Artenzahlen der Serien betrugen 2020 nur 25 Arten gegenüber 2016 mit 34 Arten. Ein besonders Defizit zeichnet sich in den Arten- und Individuenzahlen der Wälder sowie Waldränder ab.

Diese geringe „Ausbeute“ in der Wredenhagener Studie 2020 fiel bereits bei den Leerungsterminen auf. Im Vergleich zu Fängen aus anderen Projekten in Kiefern-Wald-Gebieten und unter Verwendung der identischen Methode sind sie als ungewöhnlich niedrig einzustufen. Es können vermutet werden, dass der warme Winter zur Verfilzung von Larven und Imagines geführt hat oder die Witterung im Sommer die Laufaktivität der Carabiden herabsetzte. Allerdings ergaben sich zumindest in verschiedenen Regionen Sachsens durchschnittliche bis gute Carabiden-Fangzahlen in 2020.

Da in 2016 und 2020 methodische Differenzen bezüglich der Fangflüssigkeiten existieren, wurden auch diese gegenübergestellt. Die Abb. 13 zeigt die durchschnittliche Anzahl an Individuen pro Falle, die in ähnlichen Fangzeiträumen mit den verschiedenen Flüssigkeiten erfasst wurden. Vor allem auf dem Waldstandort W1 ist eine massiv reduzierte Nachweisdichte in 2020 erkennbar. In der NaCl-Lösung-2016 waren 3x mehr und in der Renner-Lösung-2016 waren 6x mehr Tiere als in den Formalin-Fallen 2020. Auf der Grünbrücke hatte Formalin ähnliche Fangzahlen wie NaCl das allerdings im gesamten Versuch 2016 stets nur etwa halb so fängig wie Renner war (Arten wie Individuenzahlen).

Diese Darstellung bringt das Formalin in Verdacht, die Ursache für die geschmälernten Ergebnisse zu sein. Dem stehen jedoch zahlreiche frühere Befunde (v.a. aus den Niederlanden) entgegen, die sogar eine eindeutige, allerdings artspezifisch unterschiedliche Lockwirkung von Formalin belegen. Auch die Ergebnisse von RICHTER (2008), der experimentell die Fängigkeit verschiedener Lösungen erprobte, stehen dem zumindest teilweise entgegen (Abb. 14). Zum Einsatz kamen NaCl, Formalin, Essig, Ethylenglycol und Rotwein. Die Fangzahlen für Formalin waren leicht überdurchschnittlich im Vergleich zu den anderen Lösungen (Mittelwert der Einzelarten), v.a. im Durchschnitt auch deutlich besser als NaCl. NaCl-Fänge weichen um 0,3 Standardabweichungen negativ vom Mittelwert ab. Von Essig, der ebenfalls in der Renner-Lösung enthalten ist, ging allerdings auch in diesem Versuch wohl die größte Lockwirkung aus.

Hiermit erklärt die Fanglösung nur unvollständig die reduzierten Fangzahlen in 2020. Da offenbar auch kein klimatisch bedingtes allgemein „schlechtes Käferjahr“ vorliegt (Fänge aus Sachsen), kommen lokale Einflüsse in Betracht. Gebietsbezogene Folgen auf Insekten können Kontaktgifte mit Breitbandwirkung besitzen, wie „Karate Forst“, das im Jahr 2019 auf 5.000 ha Kieferwälder Brandenburgs mit Helikoptern versprüht wurde (PnN 2019). Ob diese Praxis auch in Mecklenburg-Vorpommern Anwendung findet, bzw. das Umfeld der Grünbrücke in dieser Weise „behandelt“ wurde, ist nicht bekannt. In jedem Fall zeichnete sich beim Projekt Wredenhagen in 2020 ein stärkeres Defizit an Individuen in den Wäldern ab als in Offenlandbereichen.

Kenntnisse zum Einfluss der Insektizide auf Nichtzielorganismen und auf Ökosysteme sind bisher noch unzureichend und häufig mit überlagernden Effekten behaftet, was einen signifikanten Nachweis ihrer negativen Wirkung erschwert (BUNK et al. 2019). So reagieren z.B. manche Carabiden-Arten zunächst mit einer Hyperaktivität auf den Wirkstoff von Karate Forst (PRASIFKA et al. 2008). Dies kann die Fangwahrscheinlichkeit erhöhen und falsche Zusammenhänge zu dem Toxin vortäuschen.

KLENNER (1994), HASSAN et al. (1994) und HOMBURG et al. (2019) führen einen Rückgang an Carabiden in Wäldern auf nachweislich vorangehende Insektizid-Applikationen der Flächen bzw. der Verdriftung aus der Umgebung zurück. Besonders betroffen waren in diesen Studien die Frühjahrsbrüter, welche als Imago oder Larve überwintern und im Frühjahr aktiv sind.

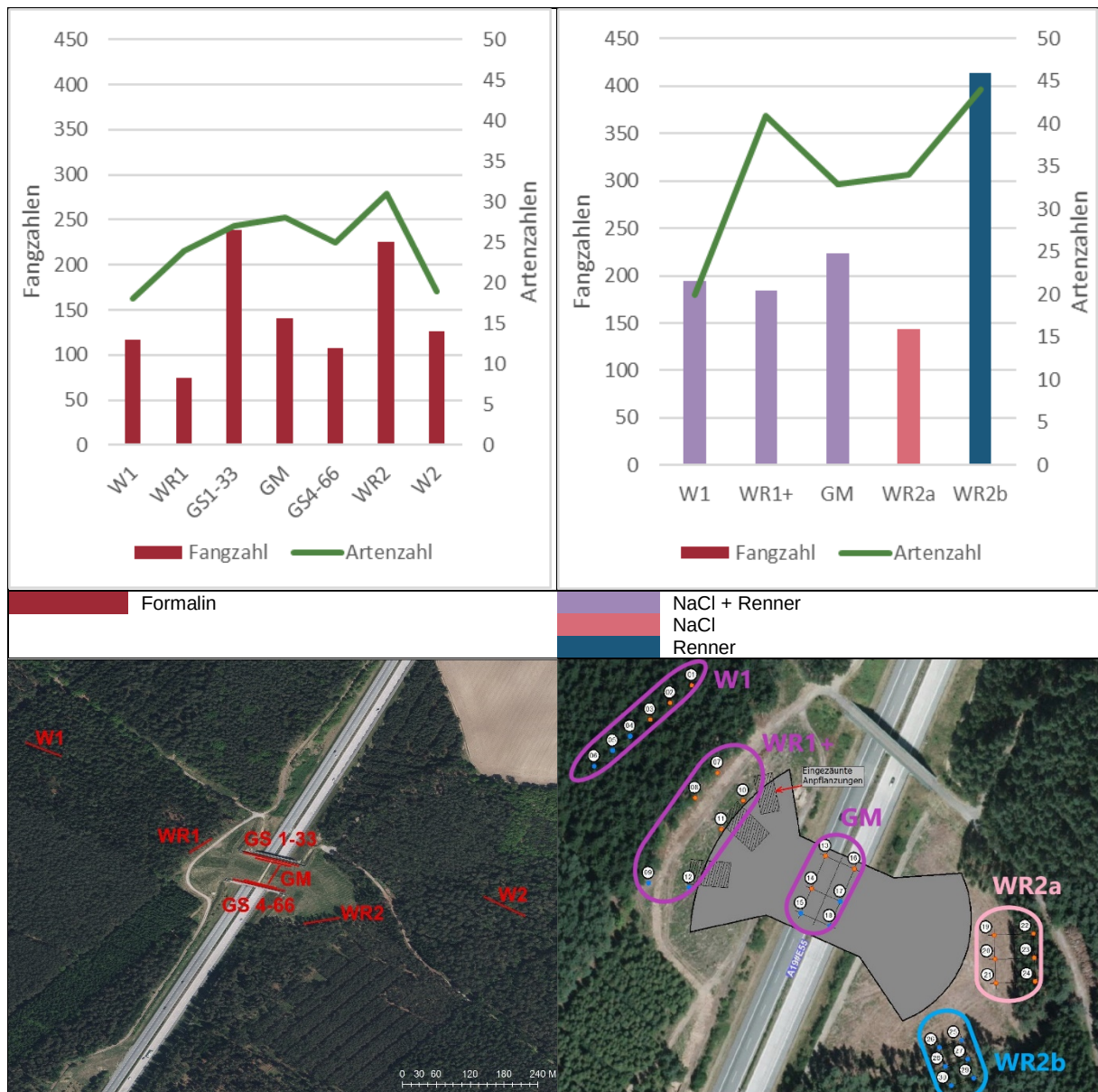


Abb. 12: Fangzahlen und Artenzahlen aus 2020 und 2016 (Daten nicht standardisiert).

Angegeben sind die Summen der Jahresfänge aus 6er-Fallenserien. Nicht vereinheitlicht wurden die Standzeiten der Fallen. In 2020 betrugen sie trotz geringerer Fänge 6x 14 Tage. In 2016 waren sie 3x 14 Tage fängig.

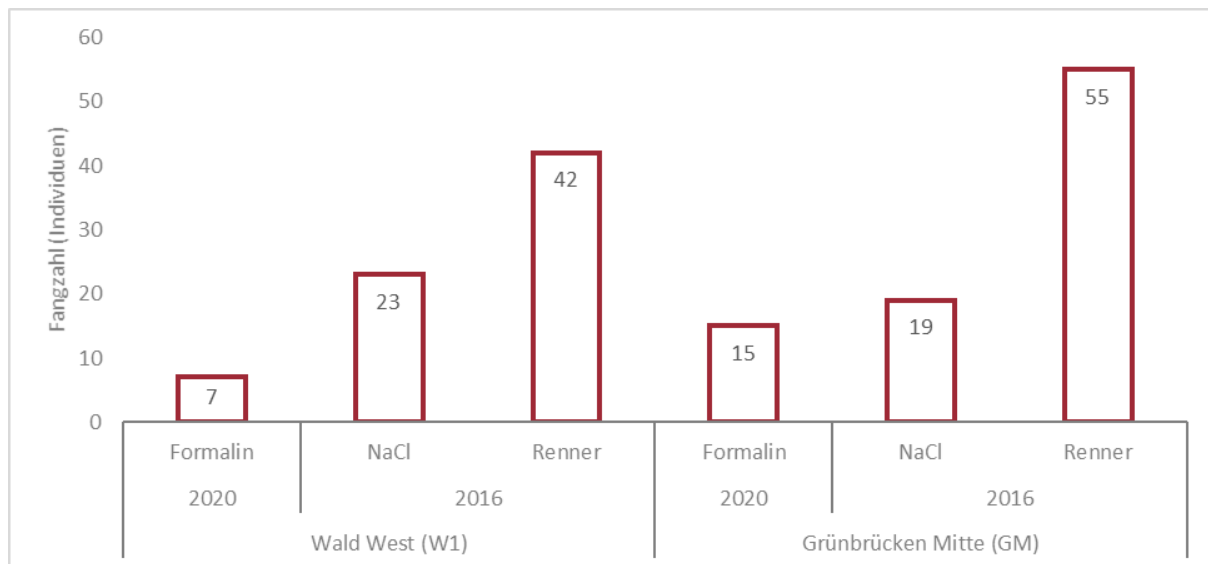


Abb. 13: Vergleich der Aktivitätszahlen der Jahre 2020 und 2016 unter dem Einfluss verschiedener Fangflüssigkeiten am Beispiel von zwei Standorten (Daten standardisiert).

Standardisiert wurden die Daten für die Summe aus drei ähnlichen Standzeiterminen und sind bezogen auf den durchschnittlichen Inhalt einer Bodenfalle.

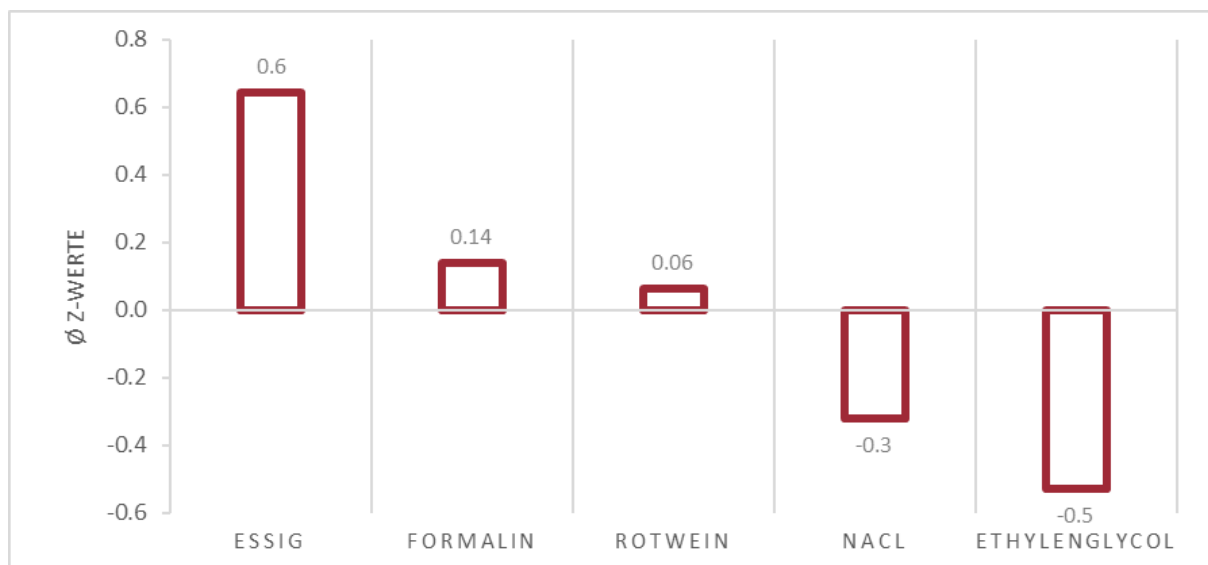


Abb. 14: Ergebnisse eines experimentellen Versuchs zur Fängigkeit unterschiedlicher Fangflüssigkeiten von Barberfallen (Richter 2008)

6.2 Analyse der Gruppenparameter

6.2.1 Habitat-Gilden

Wie in 2016 wird die Grünbrücke auch 2020 von Offenlandarten geprägt. Im Zentralen Bereich (GM) konnten wiederholt keine Waldarten (W) nachgewiesen werden (Abb. 15). Die walddnahen Arten (OB) waren vier Jahre zuvor häufiger in den GM-Fallen als in 2020. Hingegen erbrachten in 2020 die Fallen entlang der Gabionen etliche Fänge aus den Gilden der Waldbewohner (W) und der Walddnahen (OB). Insbesondere an der Süd-Gabione (GS4-66) machen sie zusammen einen Artenanteil von 20% aus (7% Fanganteil). Der geringe Raumwiderstand durch den spärlichen Bewuchs sowie ausgeglichen vergleichsweise humideres Klima im Schatten der Gabione sprechen für ein erhöhtes Potenzial dieser Kleinstruktur, das weiter ausgebaut werden kann. Zusammenfassend wurden in allen Grünbrücken-Fallenserien (GM, GS1-33 und GS4-66) in 2020 sieben W/OB-Arten nachgewiesen: *Carabus violaceus*, *Pterostichus niger* (W) sowie *Harpalus latus*, *Pterostichus strenuus*, *Trechus obtusus*, *Synuchus vivalis* und *Notiophilus palustris* (OB).

In den Waldrändern waren 9 bis 13 Arten der W-OB-Gilden vertreten. Der schattigere Standort WR2 im Osten zeigte dabei auch moderate Fangzahlen. Eine Optimierung der Anbindung sollte von solchen wie WR2 länger beschatteten Bereichen ausgehen.

Die Wälder selbst erreichten ähnliche (geringe) Artenzahlen der W/OB-Gilden (11-12 Arten), jedoch mit deutlich höheren Fangzahlen. Ihr Fanganteil liegt bei ca. 55-65% während er sich in den Waldrändern nur zwischen ca. 35-40% bewegt. In 2016 waren die relativen Anteile ähnlich, allerdings bei höherer Individuenzahl.

Die Häufigkeit an Waldarten in den Waldrändern in Relation zu ihren Aktivitätsdichten im Wald gibt näherungsweise Aufschluss über ihre Migrationsbereitschaft bzw. den Abwanderungswillen. Die schmale Stichprobe und die insgesamt geringen Fangzahlen in 2020 entziehen sich jedoch detaillierteren statistischen Analysen. ZINNER et al. (2013) ermittelten ein durchschnittliches Wald:Saum-Verhältnis der Waldarten von 10:1. In groben Zügen deutet sich dies auch für vorliegende Studie an.

6.2.2 Feuchte-Präferenzen

Verluste der hygrophilen Arten (h) auf der Grünbrücke gegenüber 2016 sind wohl auf die Serie an extrem trockenen Jahren zurück zu führen (insb. 2018+2019). In den Wäldern blieb ihr Anteil an der Zönose weitgehend stabil. Einbußen an mesophilen Arten sind an dem sonnigen West-Waldrand (WR1) stärker als am schattigen Ost Waldrand (WR2).

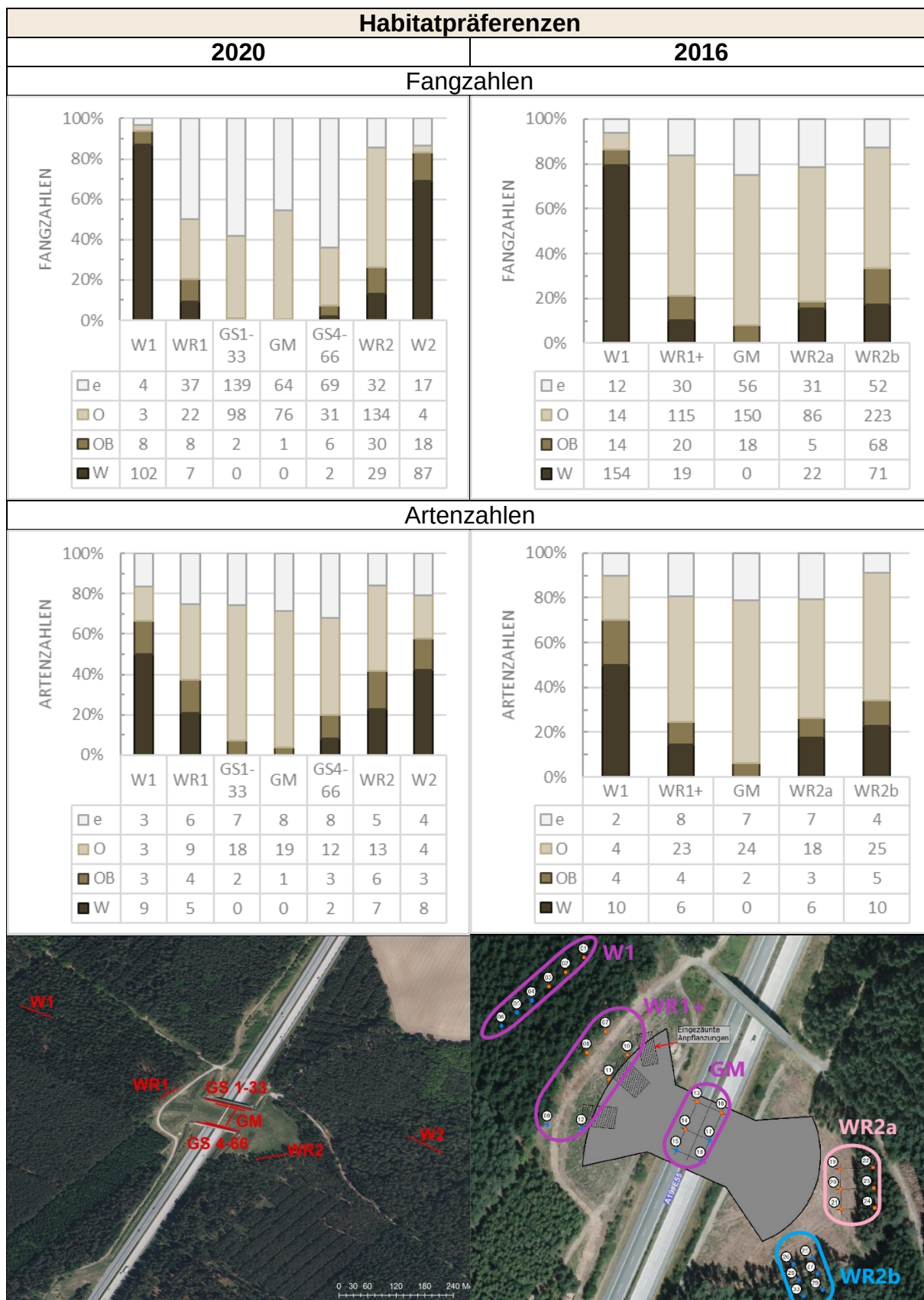


Abb. 15: Verteilung der Habitat-Gilden

W = Waldarten; OB = Bewohner des offenen Buschlandes, Waldränder, Lichtwälder;
O = Offenland-Bewohner; e = euryöke Arten.



Abb. 16: Verteilung der Feuchte-Gilden

h = hygrophile Arten; m = mesophile Arten; x = xerophile Arten.

6.2.3 Flugdynamische Gruppen

Die Verteilung der flugdynamischen Typen gibt Hinweise auf die Dynamik, Stabilität und/oder das Alter eines Lebensraumes (WAITZBAUER et al. 2006, REITER & MEITZNER 2010 u.a.). Ein hoher Anteil an brachypteren (ungeflügelt) Carabiden deutet auf eine größere Beständigkeit des Lebensraumes hin, wie vor allem in Wäldern. Viele makroptere (geflügelte) Arten sind hingegen typisch für Biotope mit häufigen Störungen, wo durch die Dynamik eine hohe Mobilität für Abwanderungen und Neubesiedlungen erforderlich ist. Sie charakterisieren die Zönosen von z.B. Äckern, Grünländern, Ufern Ruderalflächen u.ä. in besonderem Maße.

Die dritte flugdynamische Gruppe, die dimorphen Arten, welche als geflügelte wie ungeflügelte Form auftreten können, wird in vergleichenden Auswertungen zu den grundsätzlich flugfähigen Arten gestellt. Untersuchungen z.B. aus dem urbanen Raum von Leipzig in den 1980er Jahren legen hier nahe, dass bei diesen Arten zwar die Neubesiedelung durch makroptere Individuen erfolgt, in der Folge aber zunächst nahezu ausschließlich brachyptere Tiere auftreten bzw. einzelne makroptere wieder ausfliegen.

Die von REITER & MEITZNER (2010) empfohlenen Referenzwerte wurden in Tab. 5 zusammengefasst. Werden die Werte aus der vorliegenden Studie diesen zugeordnet, können die Walder W1 und W2 mit 72-78% flugfähiger Arten als stark gestörte Ökosysteme eingestuft werden (Abb. 17). Auch der Fanganteil der Individuen entspricht nicht einer Zönose naturnaher Wälder, wo die brachypteren deutlich dominieren und nicht selten nahe 100% der Fänge ausmachen. Entsprechend der Referenztabelle scheint die Zusammensetzung typisch für konventionelle Nadel-Forste zu sein. In 2016 ähnelt die Verteilung auf allen Standorten den Ergebnissen aus 2020. Auf der Grünbrücke konnte jedoch 2020 im Gegensatz zu 2016 ein brachypteres Tier (*Carabus violaceus*) nachgewiesen werden, welchem eine terrestrische Querung gelungen sein muss. Unter den dimorphen der Grünbrücken nahmen *Calathus melanocephalus* und *Calathus fuscipes* in ihren Häufigkeiten deutlich zu. Da sie sich jedoch auch auf der Brücke vermehrt haben oder eingeflogen sein können, sind Aussagen über eine terrestrische Migration nicht möglich.

Tab. 5: Referenzwerte zu den Flugdynamischen Gruppen

In Anlehnung an REITER & MEITZNER (2010); zusammengefasst und verändert

Störung / Dynamik	Beispiele zu typischen Lebensräumen	% Arten dimorpher und makropterer
gering	Junge + alte Kiefernwälder, Eichenwälder, Buchenwälder	3 -16%
mäßig	Brachflächen, Vorwald, verbuschte Weiden	14 - 46%
stark	Kiefernforst, Ackerflächen, Wiesen und Weiden, isolierte urbane Brachen, Röhrichte	53 - 80 (100) %
sehr stark	Ufer von Flüssen und Strömen, Kiesbänke, neu angelegte Stillgewässer, isolierte Urbane Flächen	97 – 100 %

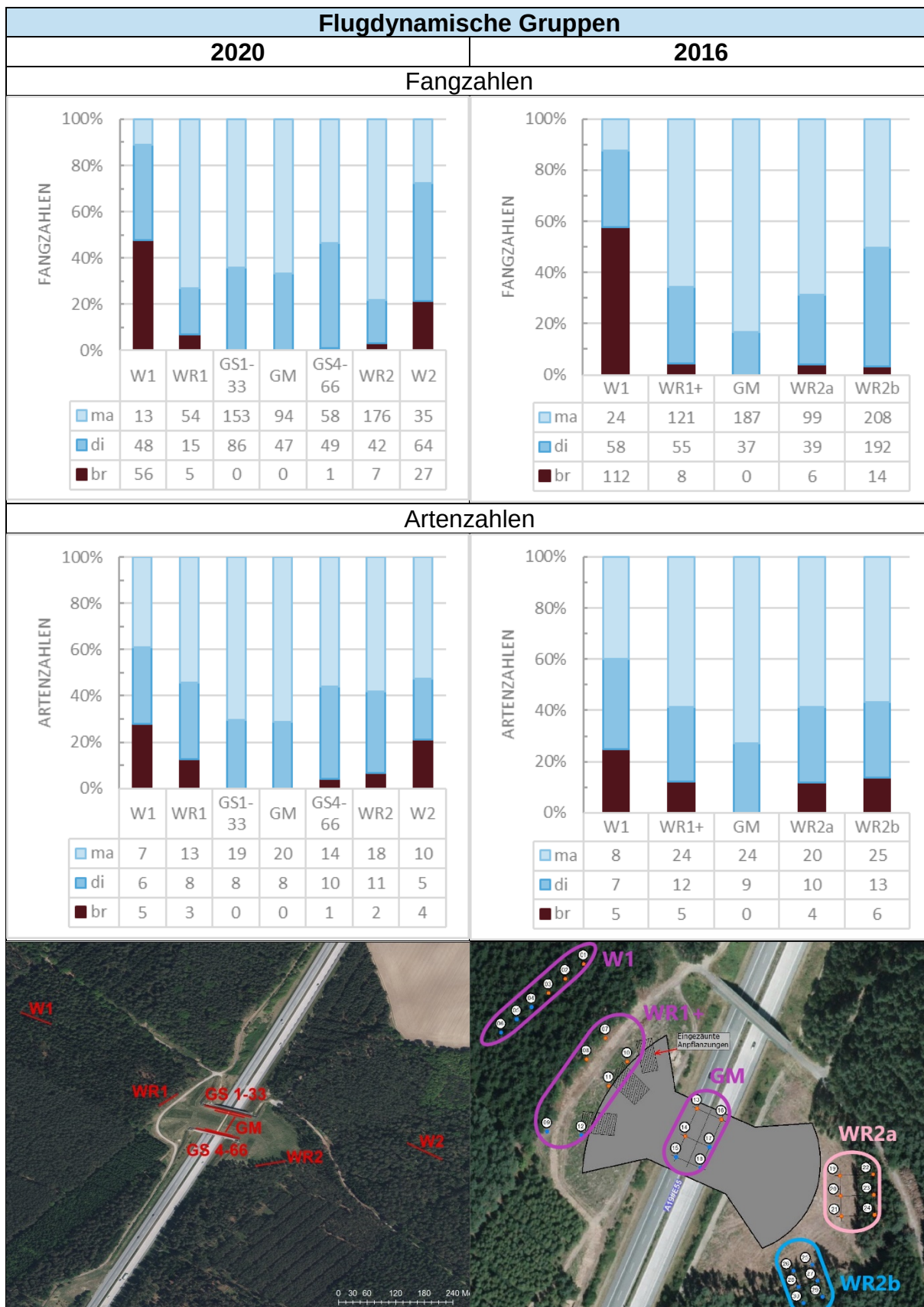


Abb. 17: Verteilung der Flügelmorphologie
 Ma = makropter; di = dimprph; br = brachypter.

6.2.4 Größenklassen

Die Verteilung der Körpergrößen-Klassen kann wie die flugdynamischen Gruppen als Indikator für die Stabilität des Lebensraumes eingesetzt werden (REITER & MEITZNER 2010). In dynamischen und jüngeren Offenland-Habitaten mit häufigen Störungen sind kleine Arten häufiger als in beständigen, alten Waldstandorten (ebd.). Für die Auswertungen wurden die mittleren Größenangaben der Arten aus Klaiber (2017) entnommen, die quasi identisch mit den Angaben von BENISCH (2020) sind. Den Ergebnissen aus dem Projektgebiet wurden als Referenz die Befunde von der Müritz von REITER & MEITZNER (2010) gegenübergestellt (Abb. 18). Die Fangzahlen der Wälder bei Wredenhagen ähneln hinsichtlich der Größenverteilung am ehesten der Müritzer Kiefern-Sukzessionsfläche. Arten > 20 mm sind jedoch seltener. Die Waldränder ähneln den Besenginster-Standorten von REITER & MEITZNER (2010).

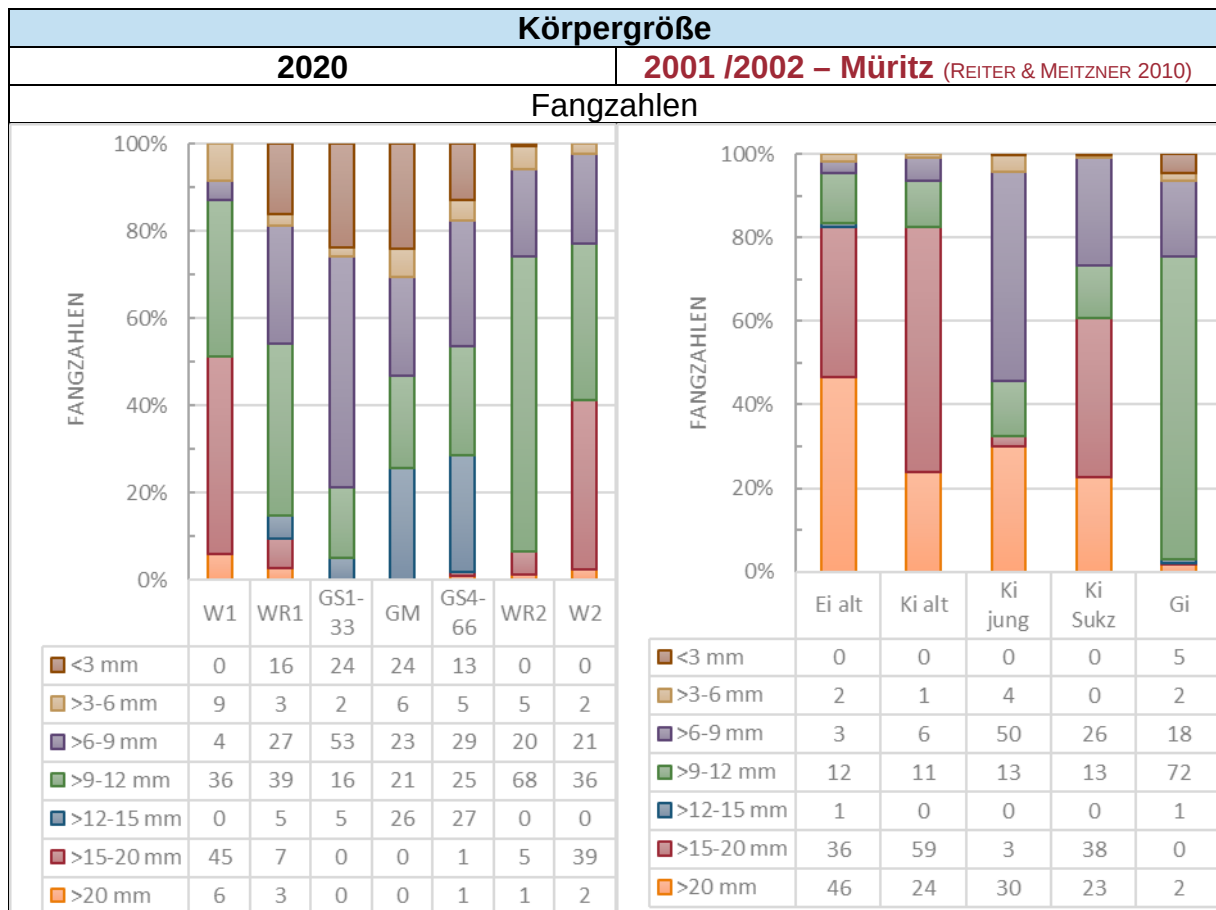


Abb. 18: Verteilung der Größenklassen

Tabellen-Angaben = % der Individuenfänge; Standorte Müritz Ei alt = alter Laubwald „Kargower Eichen“; Ki alt = alter Kiefernforst „Krummer See“; Ki jung = junger Kiefernforst „Gr. Eichhorstsee“; Ki Sukz = Kiefern Sukzession „Käflingsberg“; Gi = Hinsterheide „TÜP Adamsdorf“.

6.3 Feinanalyse zur Raumnutzung der Grünbrücke

Die Einzelfallen-Auswertungen aus den Serien entlang der Gabionen (GS 1-33 und GS 4-66) erlauben Feinanalysen zur Raumnutzung der Grünbrücke. Für die zentrale 6er-Serie (GM) auf der Grünbrücken-Mitte liegen nur die gepoolten Fangergebnisse vor, die ergänzend hinzugezogen werden. Die Gabionen-Einzelfallen 11 bis 66 stehen auf einem ca. 30 cm breiten, vegetationsarmen Streifen direkt neben den Wänden. Die Fallen 1-6 stehen direkt an der Graskante. Neben dem Parameter „Bewuchs“ können die Fallen nach Exposition unterschieden werden: 6x südexponiert; 6x nordexponiert.

In Betracht der Gesamtfangzahlen sind die Fänge auf der trockenen, besonnten Seite etwa doppelt so hoch wie auf der nordexponierten Flanke und durchschnittlich in der Mitte (Abb. 19 oben). Die Fänge an der Graskante betragen jeweils nur die Hälfte oder weniger als die der jeweils zugehörigen Offenstreifen.

Bei den Gesamt-Artenzahlen unterscheiden sich Nord und Süd kaum (Abb. 19 Mitte). Hinsichtlich des Bewuchses zeigt sich jedoch auch hier eine Präferenz der meisten Arten zur spärlichen Vegetation (ca. 2:1).

Die wenigen Waldarten und waldnahen Arten, denen der Weg über die Portale zur Grünbrücke gelang, bevorzugen sehr deutlich die frisch-schattige Nordexposition mit vegetationsarmem Boden (Abb. 19 unten). Arten- wie Fangzahlen erreichen in Kombination dieser Merkmalsausprägungen durchgängig höhere Werte, als auf den anderen Standorten. Die beiden echten Waldarten, *P. niger* und *C. violaceus*, wurden nur hier auf der Grünbrücke nachgewiesen (Tab. 6).

Tab. 6: Waldarten und waldnahe Arten auf der Grünbrücke

			Fallen-Nr.	11	33	44	55	66	GM
W	m	brachypter	<i>Carabus violaceus</i>					1	
W	m	dimorph	<i>Pterostichus niger</i>			1			
OB	m	macropter	<i>Harpalus latus</i>		1			1	
OB	h	dimorph	<i>Notiophilus palustris</i>	1					
OB	h	dimorph	<i>Pterostichus strenuus</i>			1	1		
OB	h	dimorph	<i>Trechus obtusus</i>				2	1	
OB	x	dimorph	<i>Synuchus vivalis</i>						1

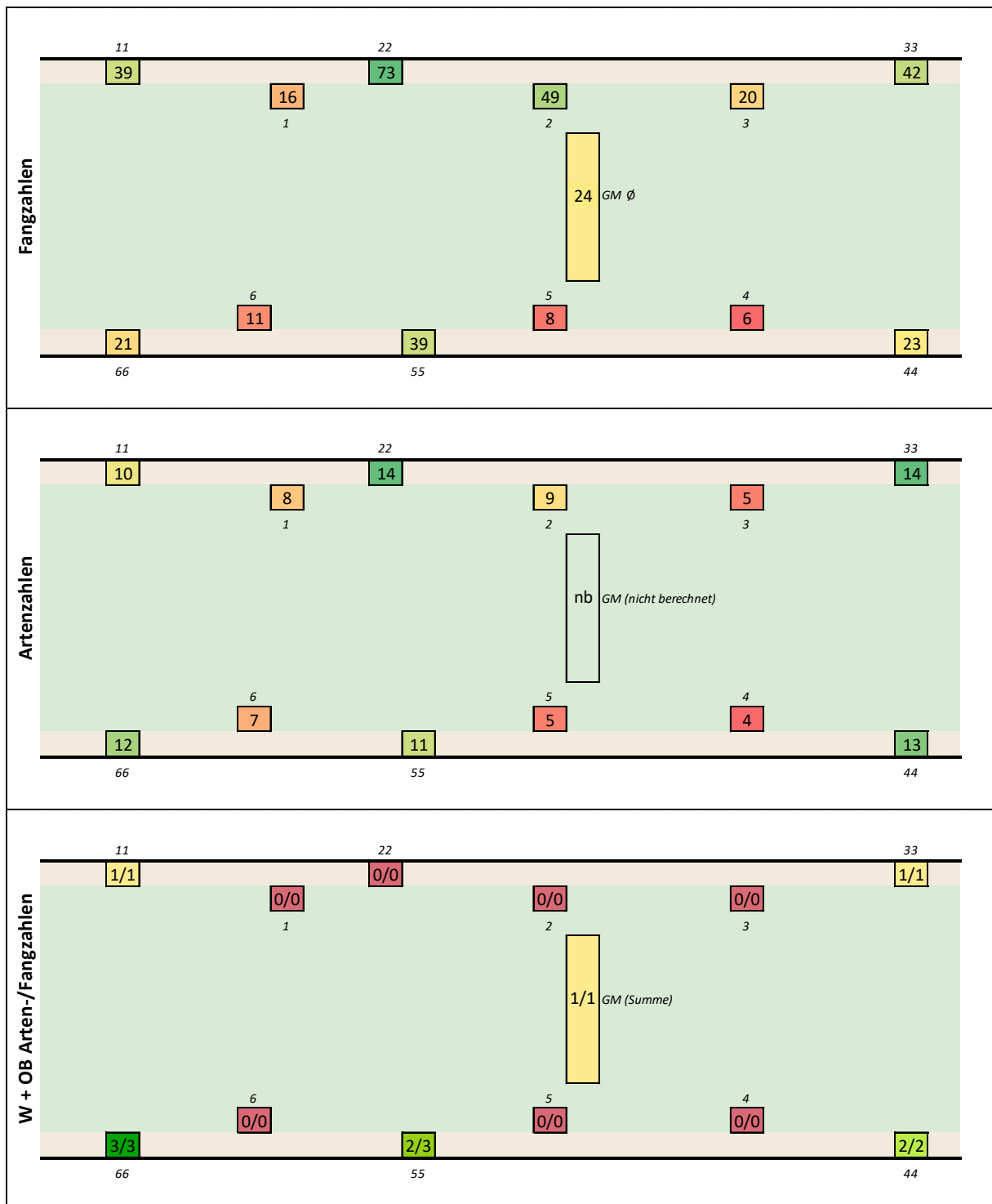


Abb. 19: Feinanalyse der Einzelfallen auf der Grünbrücke 2020.

Grüne Fläche = Krautige Vegetation; braune Fläche = Rohboden + Kryptogamen. Quadrate = Fallenstandorte mit Fangergebnissen hierarchisch farbmarkiert; kleine Zahl seitlich = Fallnummer; GM = 6er-Fallenserie

7 Resümee und Optimierung der Grünbrücke für waldgebundene Carabiden

Resümee

Aus den Ergebnisse zu silvicolen Carabiden, als Referenzgruppe für flugunfähige/flugträge Arthropoden der Waldökosysteme, die von der Zerschneidung ihres Lebensraumes durch die Autobahn betroffen sind, geht hervor:

1. dass im konkreten Fall bereits die Laufkäfer-Zönosen der umliegenden Wälder nur fragmentarisch ein für störungsarme, beständige Lebensräume typisches Arteninventar in Qualität und Quantität aufweisen. Umso wichtiger ist die Wiederherstellung eines Verbunds dieser ausgedünnten Populationen zur Reduktion des bereits erhöhten lokalen Aussterberisikos. Wichtig sind darüber hinaus populationsstützende Maßnahmen in den Wäldern: Entwicklung von reich strukturierten Waldmänteln aus Laubgehölzen, erhebliche Erhöhung des Laubholzanteils im Forst, Belassen bzw. Schaffung von Totholz größerer Dimensionen (> 30 cm), vollständiger Verzicht auf die flächige Ausbringung von Pestiziden sowie auf Polderspritzungen der Lagerplätze an den Portalen der Grünbrücke, Anwendung bodenschonender Technik.
2. dass fünf Jahre nach Fertigstellung der Grünbrücke noch keine deutliche Funktionsfähigkeit als Migrationskorridor für waldbewohnende Carabiden-Arten nachweisbar ist: zwar ist die Anzahl querender Wald-Arten bereits marginal höher als 2016, doch sind die Potenziale noch nicht ausgeschöpft.
3. dass der Offenlandbereich (Portale + Grünbrücke) die limitierende, migrations-kritische Zone ist. Eine entscheidende Voraussetzung für die Nutzung durch Waldarten ist ein niedriger Raumwiderstand (hohes Maß an Bodenfreiheit) durch vegetationsarmen, lückigen Bewuchs mit Gräsern und Kräutern wie es dem Waldboden entspricht (TOLKE 2000, ZINNER et al. 2018). Diese primäre Bedeutung zeigen die Funde von Wald(nahen)-Arten an den Gabionenwand-Rändern beider Expositionen. Stark begünstigt wird die Ausbreitung von Wald-Laufkäfern außerdem durch relativ ausgeglichene, kühl-feuchte mikro-klimatische Bedingungen. Eine Überschildung mit Bäumen ist für diese Effekte nicht zwingend notwendig, was aus den Befunden des nordexponierten Gabionen-Randes hervorgeht.
4. Flucht- und Ruheplätze bei Wanderungen über längeren Distanzen wie hier, sind ein entscheidendes Mangel-Requisit der Grünbrücke. Flache Steine (> 40 cm Ø) und Totholz (mind. 40 cm Ø) können nicht nur Versteckplätze bieten, sondern bewahren auch ein (relativ) feuchtkühles Klima. Wirksam für Waldlaufkäfer sind solche Elemente oft nur in (halb-)schattiger Lage.

Grundsätzliche Potenziale von Grünbrücken für die Migration von Waldcarabiden

Generell verlässt in der Regel nur ein kleiner Teil migrationswilliger Individuen sein angestammtes Waldhabitat. Von ZINNER et al. (2018) wurde näherungsweise eine Rate von $\approx 10\%$ ermittelt. Im Gegensatz zum sonst üblichen „random walk“ geschieht dies in einem sogenannten „directed walk“ (DEN BOER 1971), d.h. eine einmal eingeschlagene Richtung (z.B. auch orientiert an einer Silhouette) wird grundsätzlich beibehalten, sofern keine erheblichen Hindernisse auftauchen. Es konnte experimentell gezeigt werden, dass für Waldlaufkäfer bereits der (ungewohnte) hohe, bodennahe Raumwiderstand einer dichten Grasnarbe ein solches Hindernis darstellt (ZINNER et al. 2013). Dichte Gras-/Krautvegetation im Portalbereich stellt regelmäßig ein erhebliches Hemmnis für die Durchquerung und damit die Nutzung von Grünbrücken dar.

Umgekehrt kann ein hoher Raumwiderstand bis zum gewissen Grad auch als Leitfunktion eingesetzt werden: Im Gegensatz zu diversen Wildarten, die regelmäßig durch Zäune zu den Grünbrücken geleitet werden, ist dies selbst für bodenbewohnende, brachyptere Arthropoden kaum möglich. Dennoch dürfte es möglich sein, dichte Bodenvegetation über eine gewisse Distanz auch für diese als Leiteinrichtung (quasi als „Zaun“) einzusetzen. Notwendig ist dann allerdings ein Management, bei dem die dichte Grasvegetation im Bereich der Grünbrücke und auch durchgehend über die Brücke unterbrochen wird.

Die Ausbreitungsfähigkeit von brachypteren Carabiden wird oft deutlich unterschätzt. So gehen ASSMANN & KRATOCHWIL (1995) davon aus, dass die stenöken Waldarten *Carabus glabratus*, *Abax parallelus* und *Abax ovalis* ein sehr geringes Ausbreitungsvermögen besitzen, da sie in den 200-jährigen Reliktwäldern, welche nach den frühneuzeitlichen Waldverwüstungsphasen des 18. Jhd. verblieben, noch heute vorhanden sind, jedoch die später in der Umgebung neu entstandenen Forste nicht wiederbesiedelt haben. Hingegen gelangen Richter und Tolke bei Mark-recapture-Studien in Wäldern auf Nachweise von Einzeltieren, die innerhalb einer Woche mehr als 1 km (*Carabus glabratus*) bzw. über 500 m (*Abax parallelepipedus*) zurückgelegt hatten (TOLKE 2000).

In jeden Fall haben diese stenöken Waldarten mehr Ausbreitungsschwierigkeiten als makroptere Offenlandbewohner, doch sind Abwanderungen über gut „ausgebaute“ Migrationskorridore durchaus möglich.

Nachfolgend wird eine Empfehlung für die Optimierung von Grünbrücken für bodenbewohnende Waldarthropoden kurz skizziert, wobei zu beachten ist, dass derartige Strukturen dann auch direkt bis in die anliegenden Wälder geführt werden müssen.

Anlage von Migrationskorridoren für Wald-Carabiden

Bei der Anbindung der Grünbrücke an den Wald bestehen vor allem im Westen Defizite. Fehlende Strukturen und die relativ trockene, offene Nadelwaldkante (Do-Fi) sollten durch einen gestuften Waldmantel aus Laubgehölzen von mind. 20m Breite optimiert werden (Abb. 20). Auf der Ostseite der Brücke entwickelt sich bereits ein Besenginster-Gebüsch in SW-Exposition, in dem weitere Naturverjüngung auflaufen kann. Handlungsbedarf besteht hingegen mittelfristig am nord-exponierten Waldrand. Hier entwickeln sich junge Kiefern, welche von minderer Habitatqualität für Carabiden sind als Laubgehölze.

Der wichtigste Faktor ist ein geringer Raumwiderstand. Dazu gehören offene Bodenstellen und Unterbrechungen der bestehenden Grasnarbe, günstigstenfalls in beschatteter Lage. Eine mögliche räumliche Anordnung, die sich an der künftigen Beschattung der bestehenden Pflanzungen orientiert, ist in Abb. 20 dargestellt. Für die Anlage empfiehlt sich eine ca. 20 cm mächtige Schicht aus bindigem und verfestigtem Substrat (Ton /Lehm), um eine Durchwurzelung zu verzögern und anfallendes Oberflächenwasser länger zu halten (Abb. 21). Ein konkaves Querprofil und Senken dienen als Feuchtigkeitsspeicher, die wie der gesamte Korridor mit organischem Substrat oder Waldboden bedeckt bzw. gefüllt sind. Flache Steine (40-60 cm Ø) und Totholz (ab 40 cm Ø) bieten Versteck- und Ruheplätze.

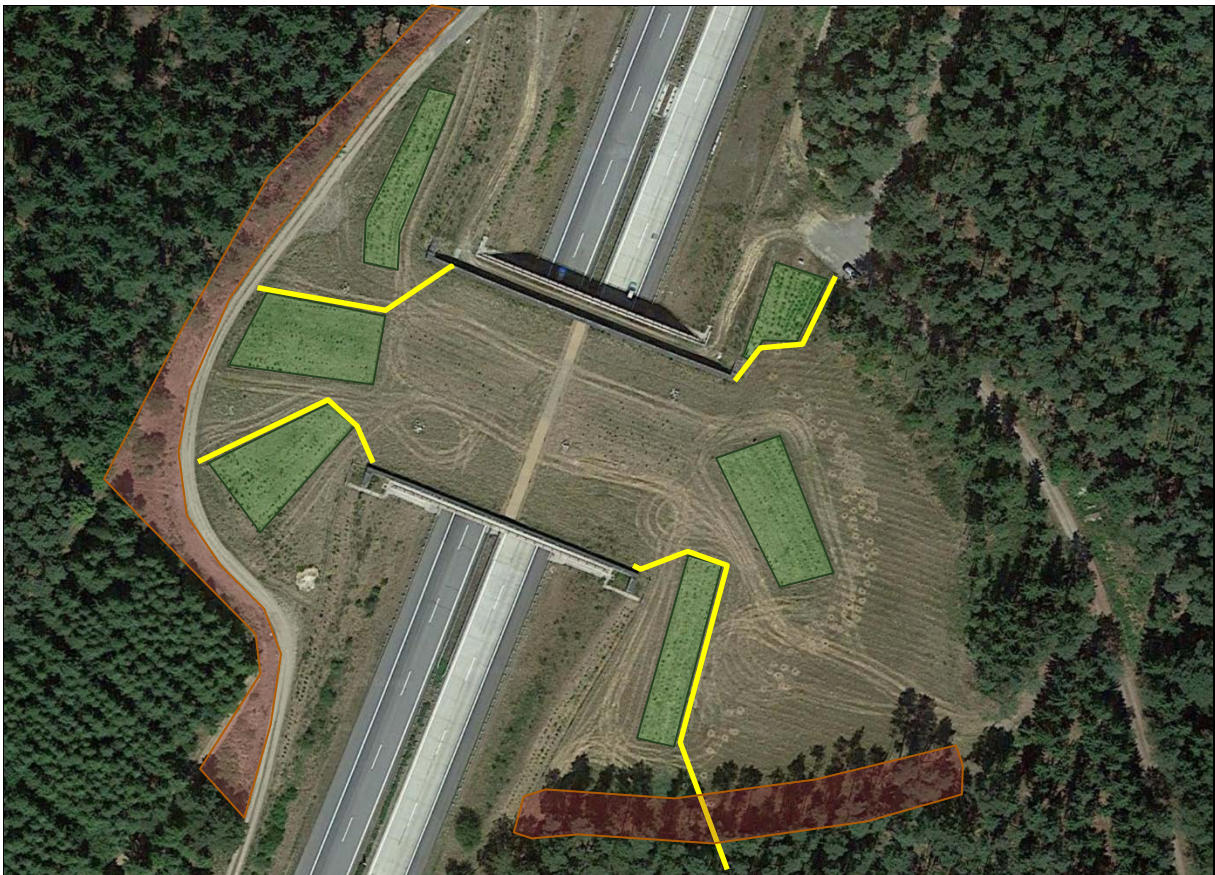


Abb. 20: Lageskizze der Optimierungsmaßnahmen

Gelb = Carabiden-Korridore. Positionstreue Darstellung. Verlauf entsp. Prinzipskizze unten.
Rot = Entwicklung eines gestuften Waldrandmantels mit Laubgehölzen.
Grün = bestehende Gehölzpflanzungen

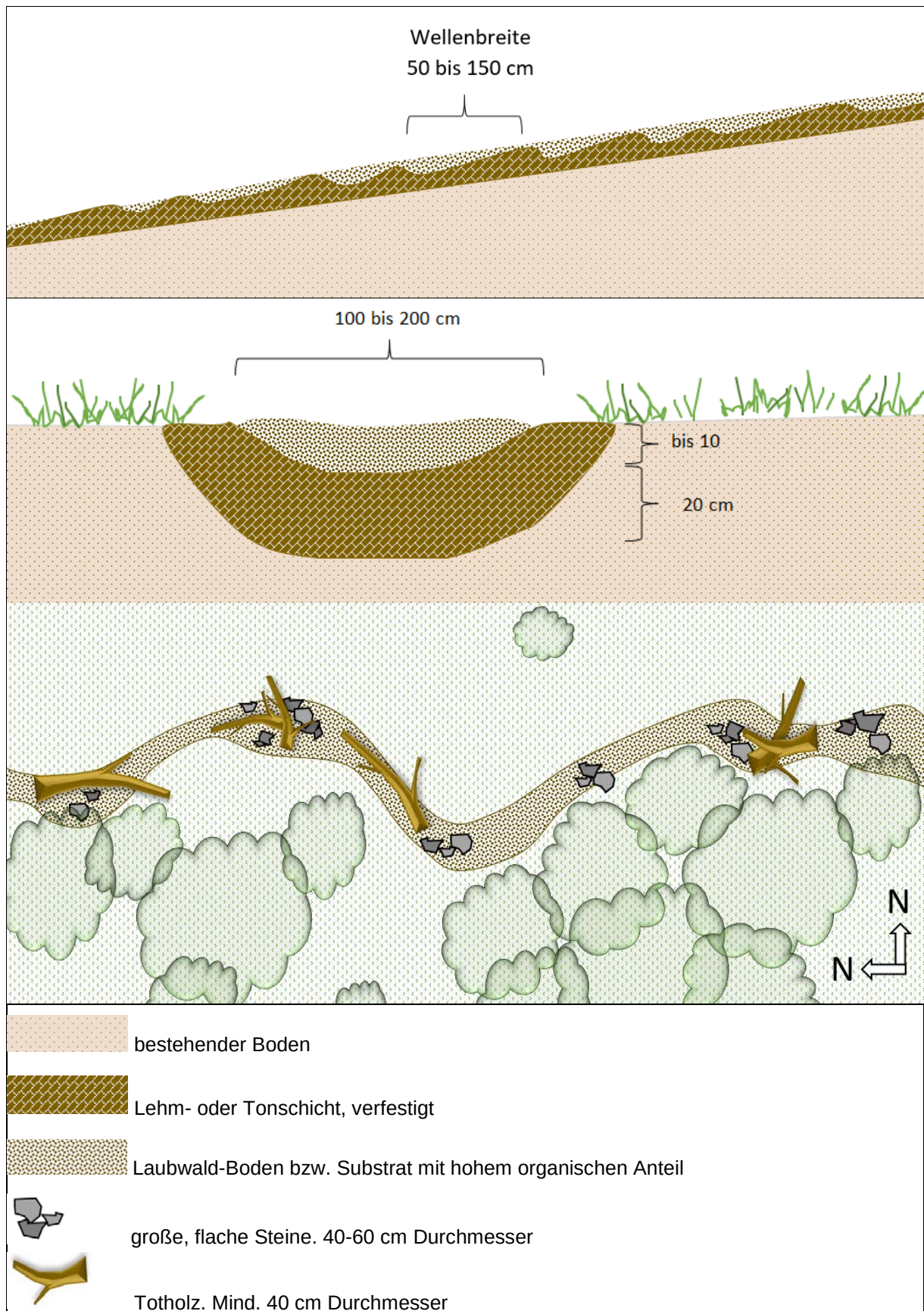


Abb. 21: Prinzip-Skizze zur Umsetzung der Carabiden-Korridore

Weitere Potentiale mit Untersuchungsbedarf

Einen potentiellen Migrationskorridor für Carabiden stellt ein Betriebsweg dar, der entlang der Nordflanke der Grünbrücke an ihrer Außenseite verläuft (Abb. 22). Beschattet durch die Gabionenwand herrschen hier - wie im Wald - ausgeglichene Feuchtigkeitsverhältnisse vor. Das Fehlen einer geschlossenen Krautschicht und der damit verbundenen Bodenfreiheit begünstigt die Querung für Laufkäfer. Gehölzpflanzungen an den „Zubringern“ sind bereits vorhanden, die künftig die Bedingungen für waldbewohnende Artengruppen weiter verbessern. Nachweise darüber, dass dieser Weg von Wald-Carabiden tatsächlich genutzt wird, stehen jedoch noch aus und können Bestandteil künftiger Untersuchungen sein. Die Zugänge des Brückenbereichs sind beidseitig durch Tore verschlossen.



Abb. 22: Wirtschaftsweg – ein potentieller Migrationskorridor für Laufkäfer

8 Literatur

- AßMANN, T., & KRATOCHWIL, A. (1995). Biozönotische Untersuchungen in Hudelandschaften Nordwestdeutschlands-Grundlagen und erste Ergebnisse. Osnabrücker naturwissenschaftliche Mitteilungen, 20(21), 275-337.
- BENISCH, C. (2020): kerbtier.de – Käferfauna Deutschlands. – <https://www.kerbtier.de>
- BRUNK, I., SOBCZYK, T., & ROTH, M (2019): Pest control in German forests: General patterns of biodiversity and possible impacts of Btk, diflubenzuron and lambda-Cyhalothrin on non-target arthropods, birds and bats—a literature review.
- DEN BOER, P.J. (1971): On the dispersal power of carabid beetles and its possible significance. Miscellan.Pap. Landbouwhoges Wageningen 8: 119-137
- HASSAN, S. A., BIGLER, F., BOGENSCHÜTZ, H., BOLLER, E., BRUN, J., CALIS, J. N. M., ... & HELYER, N. (1994): Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS-working group «pesticides and beneficial organisms». Entomophaga, 39(1), 107-119.
- HEYDEMANN, B. (1957): Die Biotopstruktur als Raumwiderstand und Raumfülle für die Tierwelt. Verh. Deutsch. Zool. Ges, 20, 332-347.
- HOMBURG, K., DREES, C., BOUTAUD, E., NOLTE, D., SCHUETT, W., ZUMSTEIN, P., ... & ASSMANN, T. (2019): Where have all the beetles gone? Long-term study reveals carabid species decline in a nature reserve in Northern Germany. Insect Conservation and Diversity, 12(4), 268-277.
- KLAIBER, J., ALTERMATT, F., BIRRER, S., CHITTARO, Y., DZIOCK, F., GONSETH, Y., ... & MANZKE, U. (2017): Fauna Indicativa. Fauna Indicativa, 54, 1-192.
- KLENNER, M. F. (1994): The carabid fauna of diflubenzuron-sprayed and unsprayed plots in Westphalian oak forests—a post-treatment comparison. In Carabid beetles: ecology and evolution (pp. 445-449). Dordrecht.
- MATZ, A. (2016): Erfassung der Laufkäferfauna an der A19 Grünbrücke Wredenhausen 2016. Unveröff. Gutachten von ECOlogie im Auftrag des Steinbeis-Transferzentrum Angewandte Landschaftsplanung.
- MÜLLER-KROEHLING, S. (2015): Laufkäfer als charakteristische Arten in Bayerns Wäldern-eine methodenkritische Auseinandersetzung mit Definition und Verfahren zur Herleitung charakteristischer Arten und zur Frage der Gemeinschaften (Doctoral dissertation, Technische Universität München).
- PNN / Potsdamer Neueste Nachrichten (19.05.2019): Eil-Urteil des Oberverwaltungsgerichtes Karate-Insektizid darf nicht gesprüht werden. Aufgerufen am 23.10.2020
<https://www.pnn.de/potsdam-mittelmark/eil-urteil-des-oberverwaltungsgerichtes-karate-insektizid-darf-nicht-gesprueht-werden-/24356794.html>

- PRASIFKA, J. R., LOPEZ, M. D., HELLMICH, R. L., & PRASIFKA, P. L. (2008): Effects of insecticide exposure on movement and population size estimates of predatory ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 64(1), 30-36.
- REITER, S., & MEITZNER, V. (2010). *Ökologische Bewertung und Planung mit Laufkäfern. Ein Handbuch für die tierökologische Planung*. Detmold.
- TOLKE, D. (2000): Schätzung quantitativer Strukturparameter von Carabidenpopulationen auf der Grundlage einer 5-jährigen Fang-Wiederfang-Studie in einem Eichen-Hainbuchen-Wald (Coleoptera, Carabidae).- Diss. Univ. Bremen
- WAITZBAUER, W., REISCHÜTZ, A., PRUNNER, W., VIDIC, A., & ZABRANSKY, P. (2006): Biodiversitätsforschung im Nationalpark Thayatal–Bestandsaufnahme der Laufkäfer, Totholz-Käfer und Landschnecken in den Waldgesellschaften des Nationalparks. Unveröffentlichter Bericht, Institut für Ökologie und Naturschutz, Universität Wien: Nationalpark Thayatal.
- ZINNER, F., RICHTER, K., BOECKELMANN, R., DOERKS, S., DURKA, W., & FRITZSCH, S. (2013): Barrierewirkung von Straßen auf bodengebundene Kleintierpopulationen. *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik*, (1092).
- ZINNER, F., RICHTER, K., & RECK, H. (2018): Wirksamkeit von Querungshilfen für Kleintiere und deren Lebensräume. *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik* 1131. Bremen