Dispersion des Buchdruckers, *Ips typographus*, von einem Holzlager in Wälder der Umgebung

Masterarbeit
im Rahmen des Masterstudiums
066 422 Phytomedizin
eingereicht von

Jasmin Putz, BSc

Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz
Department für Wald- und Bodenwissenschaften
Universität für Bodenkultur Wien

Betreuer: Priv.-Doz. DI Dr. Gernot Hoch

14. Juli 2014

Danksagung

Diese Masterarbeit wurde durch die Zusammenarbeit des Institutes für Waldschutz (BFW, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft), des Institutes für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz (kurz: IFFF, Universität für Bodenkultur Wien), des Landesforstdienstes des Landes Steiermark und der Zellstoff Pöls AG ermöglicht.
Der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft FFG danke ich für die Genehmigung eines dreimonatigen Praktikums im Rahmen des Programmes „FEMtech Praktika für Studentinnen – Einstieg in die Forschungskarriere“, das ich im Sommer 2013 am Institut für Waldschutz absolvierte.
Bedanken möchte ich mich besonders bei Priv.-Doz. DI Dr. Gernot Hoch (BFW) für die Ermöglichung und Betreuung der Masterarbeit, und dafür, dass er bei Fragen stets erreichbar war. Weiters gilt mein Dank DI Heinz Lick von der Landesforstdirektion Steiermark für die Koordination des Projektes, Bezirksförster Ing. Michael Felfer von der Forstaufsichtsstation Judenburg für die Organisation der Fangbäume und die Betreuung und Leerung der Fallen im Wald, sowie Heinz Schnedl und Peter Schaffer von der Zellstoff Pöls AG für die hervorragende Zusammenarbeit und Betreuung der Fallen am Lager. Vielen Dank auch an Univ.Prof. Dr. Axel Schopf vom IFFF für die Vorstellung der Methode der Markierung und an Philip Menschhorn vom Institut für Waldschutz für die Unterstützung in den Außendiensten, sowie an die Waldbesitzer für die Erlaubnis, Fallen in den Wäldern zu platzieren.
Nicht zuletzt möchte ich mich herzlich bei Rupert Wilhelm für die Unterstützung und Geduld, und bei meiner Familie für die Ermöglichung des Studiums bedanken.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1

1.1 Ausgangssituation und Fragestellungen 1

1.2 Stand des Wissens 2

1.2.1 Biologie von *I. typographus* 2

1.2.2 Erläuterungen zum Flugverhalten 6

2 Material und Methoden 10

2.1 Beschreibung des Untersuchungsgebietes 10

2.2 Versuchsaufbau 11

2.2.1 Freilassung 11

2.2.2 Wiederfang 13

2.2.3 Untersuchung unter UV-Licht 14

2.3 Meteorologische Daten 16

2.4 Datenanalyse 17

2.4.1 Abschätzung der Zahl an ausgebohrten *I. typographus* . . . 17

2.4.2 Wiederfang nach Fallenstandort 18

2.4.3 Wiederfang nach Entfernung zum Freilassungsort 18

2.4.4 Ausbreitung markierter Käfer von *I. typographus* 19

2.4.5 Gesamtfang von *I. typographus* in Waldfallen 20

3 Ergebnisse 21

3.1 Abschätzung der Zahl an ausgebohrten Käfern von *I. typographus* . 21

3.2 Wiederfang markierter Käfer und Gesamtfang von *I. typographus* . 22

3.3 Wiederfang nach Fallenstandort 28

3.4 Wiederfang nach Entfernung zum Freilassungsort 29

3.5 Ausbreitung markierter Käfer von *I. typographus* 31

3.6 Gesamtfang von *I. typographus* in Waldfallen 34

3.7 Auswirkung von Temperatur und Niederschlag auf den Flug 37

4 Diskussion 40

5 Schlussfolgerungen 50

A Anhang 57

Abstract

Dispersal of the Eight-Toothed Spruce Bark Beetle, *I. typographus*, from a timber yard into surrounding forests

We conducted a release-recapture-experiment to observe the dispersal of *I. typographus* from a large timber yard into the surrounding forests, and vice versa. Therefore, infested spruce logs were treated with three distinct colours of a fluorescent powder and placed at two sites on the timber yard (orange and pink coloured) and one site in the forest (green coloured). Beetles contaminate themselves when boring out of the coloured logs and can be distinguished from unmarked with the help of UV-light. To recapture the released marked beetles, 44 pheromone traps were established on the timber yard and on suitable sites in the surrounding forests. Of approx. 49,600 beetles released at the two sites located on the timber yard, 4.9% were recaptured and 2.3% of the approx. 31,400 released beetles from the forest site. Recapture of marked beetles decreased exponentially with increasing distance from the release site; an applied diffusion function showed a good fit. The majority of released, marked beetles was recollected in the near range of the release site; more than 89% of recaptured, orange and pink marked beetles were caught in traps encircling the timber yard. With regard to the distances travelled by these beetles, 69.3% landed in traps situated within 100 m from their release site, and 90.2% within 500 m. About 1% of orange and pink marked, recaptured beetles were caught in traps more than 1 km away from their release site. 37.4% of recaptured green marked beetles had dispersed to the timber yard and were caught in one of the traps located there. The application of the diffusion model to the total catches of marked and unmarked beetles in the forests suggests that trap catches did not only consist of dispersing beetles from the timber yard; a significant dispersal of beetles was indicated only in two weeks in July.

Keywords: *Ips typographus*, dispersal, mark-release-experiment, timber yard, diffusion function

Dispersion des Buchdruckers, *I. typographus*, von einem Holzlager in Wälder der Umgebung

Die Ausbreitung von *I. typographus* von einem Holzlagerplatz in die umliegenden Wälder und umgekehrt, wurde in einem Freilassungs-Wiederfang-Experiment anhand von befallenen, in drei unterschiedlichen Farben eines Fluoreszenzfarbstoffes markierten Fichtenstämmen untersucht, die an zwei Standorten am Lager (orange und pink markiert), sowie an einem Standort im Wald (grün markiert) positioniert wurden. Beim Ausbohren aus den gefärbten Stämmen markieren sich die Käfer und können unter UV-Licht erkannt werden. Zum Wiederfang dienten 44 am Holzlagerplatz und auf Freiflächen im Wald angeordnete Pheromonfallen. Von den ca. 49.600 am Lager freigelassenen Käfern wurden 4,9% wiedergefangen, von den ca. 31.500 im Wald freigelassenen Käfern 2,3%. Der Wiederfang nahm mit zunehmender Distanz exponentiell ab und ließ sich mit einer Diffusions-Funktion gut beschreiben. Der höchste Wiederfang zeigte sich im Nahbereich der Freilassungsstelle: Mehr als 89% der am Lager freigelassenen, wiedergefangenen markierten Käfer landeten in Fallen am Lager. In Bezug auf die zurückgelegte Distanz gingen 69,3% dieser Käfer in Fallen, die innerhalb von 100 m ihres Freilassungsortes lagen, und 90,2% in innerhalb von 500 m gelegene Fallen. Knapp 1% der orange und pink markierten, wiedergefangenen Käfer von *I. typographus* legten Distanzen von mehr als 1 km zurück. Grün markierte, wiedergefangene Käfer zeigten mit 37,4% Wiederfang in Fallen am Lager eine deutliche Bewegung in Richtung dessen. Die Anwendung der Diffusions-Funktion auf den Gesamtfang markierter und unmarkierter Käfer in den Waldfallen legt nahe, dass die Fallenfänge nicht ausschließlich aus vom Lager abgewanderten Käfern bestanden, mit der Ausnahme von zwei Wochen, in denen ein signifikanter Einfluss durch jene gegeben war.

Schlüsselworte: *Ips typographus*, Dispersion, Freilassungs-Wiederfang-Experiment, Holzlagerplatz, Diffusion function

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Fragestellungen

Unbehandeltes Holz in Rinde kann *I. typographus* als Ausgangspunkt für einen Stehendbefall in angrenzenden Wäldern dienen. Dies könnte auf Lagerplätzen dadurch gegeben sein, dass ein Teil des Holzes bereits bei der Anlieferung mit *I. typographus* befallen ist. Inwieweit Massenvermehrungen von Holzlagerplätzen auf nahegelegene Wälder übergreifen können, ist schwer abschätzbar, da verschiedene Faktoren einen Einfluss nehmen, wie etwa die Nähe zu Wäldern mit potentiellen Wirtsbäumen, das Ausbreitungsverhalten abwandernder Käfer oder das Vorhandensein lokaler Populationen.

Als Fallbeispiel zur Untersuchung dieser Wechselwirkungen in der vorliegenden Arbeit diente der Lagerplatz der Zellstoff Pöls AG, auf dem große Mengen an Fichtenrundholz in Rinde lagern, und die südlich davon liegenden Wälder. Da es in den Jahren zuvor vermehrt zu Schäden durch *I. typographus* und *Pityogenes chalcographus* gekommen war, wurde ein möglicher Zusammenhang mit den ausfliegenden Käfern vom Lagerplatz diskutiert. Aufgrund dieser Ausgangssituation beschäftigten wir uns mit der Frage, ob und wie viele Käfer von *I. typographus*, die am Lager schlüpfen, in den Wald fliegen, und wenn dies der Fall ist, welche Distanzen von ihnen zurückgelegt werden. Es galt auch abzuschätzen, ob die Menge an abwandernden Käfern die lokalen Populationen in den Wäldern erhöhen und somit

ein erhöhtes Befallsrisiko bewirken können. Zudem untersuchten wir, ob das Lager nicht nur Quelle von *I. typographus*, sondern auch Ziel von sich in den umliegenden Wäldern entwickelnden Käfern sein könnte.

Dazu führten wir ein Freilassungs-Wiederfang-Experiment mit zwei Generationen von *I. typographus* durch. Dreizehn bzw. elf natürlich befallene Fangbäume wurden in drei verschiedenen Farbvarianten markiert, um das Flugverhalten ausgehend von zwei Blochstandorten am Lager und einem Blochstandort im Wald zu untersuchen. Der Wiederfang geschah mittels Pheromonfallen.

1.2 Stand des Wissens

1.2.1 Biologie von *I. typographus*

I. typographus befällt hauptsächlich *Picea*-Arten, wobei unter endemischen Bedingungen vor allem prädisponierte, absterbende oder bereits abgestorbene Bäume höherer Altersklassen bevorzugt werden. Auch frisch gefällte oder von Wind bzw. Schnee gebrochene Stämme können als Brutmaterial dienen. Beim Vorhandensein großer Mengen bruttauglichen Materials, etwa nach Windwurf- oder Schneebruchereignissen, und passender Witterung ist ein Entstehen von Massenvermehrungen aufgrund der Anlage mehrerer Generationen und Geschwisterbruten möglich. In epidemischen Situationen ist *I. typographus* fähig, auch vitale Bäume verschiedenen Alters erfolgreich zu befallen (Postner, 1974; Duelli et al., 1997; Wermelinger, 2004). Diese Aggressivität macht ihn zum Hauptschädling an Fichte in Österreich und weiten Teilen Mittel- und Nordeuropas. Im Jahr 2013 verursachte *I. typographus* in Österreich rund 750.000 fm der insgesamt angefallenen 1,05 Mio. fm Käferschadholz (Tomiczek et al., 2013). Der Neubefall im Folgejahr findet meist in geringer Entfernung zum Vorjahresbefall statt: Einer Studie aus dem Nationalpark

Bayerischer Wald zufolge treten 65,7% des Neubefalles in einem unbewirtschafteten Wald innerhalb einer Distanz von 100 m zum Vorjahresbefall auf, und rund 96,4% innerhalb einer Distanz von 500 m (Kautz et al., 2011). Stadelmann et al. (2014) zeigten, dass 83% des Neubefalles mit *I. typographus* in Schutzwäldern im Napfbergland eine geringere Distanz als 500 m zum Vorjahresbefall aufwiesen.

Nach der Überwinterung schwärmt *I. typographus* von Mitte April bis Ende Mai, je nach Witterung, geografischer und Höhenlage werden eine bis drei Generationen pro Jahr und zusätzliche Geschwisterbruten ausgebildet. Das Brutbild besteht aus 1 bis 3 Längssterngängen, die von der in der Rinde angelegten Rammelkammer ausgehen. In den Längssterngängen findet in seitlichen Nischen die Eiablage der Weibchen von *I. typographus* statt. Die Larven legen ausgehend von den Einischen bis zu 6 cm lange Gänge an, die in der Breite rasch zunehmen. Die Verpuppung geschieht am Ende ihrer Fraßgänge in flachen Puppenwiegen. Vor Verlassen des Brutsystems führen die Jungkäfer einen Reifungsfraß, meist im Anschluss an die Puppenwiege, durch (Postner, 1974; Altenkirch et al., 2002). Die Überwinterung von *I. typographus* erfolgt als Käfer unter der Rinde oder im Boden, die Wintermortalität beträgt ca. 49% (Postner, 1974; Faccoli, 2002).

Wermelinger et al. (1999) ermittelten in einer Laborstudie die Temperaturen, die die Eiablagerate der Weibchen von *I. typographus* limitieren: Der untere Schwellenwert liegt bei 7,9°C, der obere bei 33,7°C, als Optimaltemperatur wurden 28,9°C ermittelt. Maximales Populationswachstum, bestimmt durch die Eiproduktion, die Entwicklung, das Geschlechterverhältnis und die Mortalität, ist bei Temperaturen zwischen 25°C und 30°C gegeben.

Bei 20°C und unter Laborbedingungen kann *I. typographus* die Entwicklung vom Ei bis zum fertig entwickelten Käfer in 29 Tagen abschließen, bei 30°C reduziert sich die Entwicklungszeit auf 17 Tage. Von der gesamten Entwicklung bis zum

adulten Käfer nimmt die Larvalentwicklung ca. 60% ein, die Dauer des Ei- und Puppenstadiums machen jeweils 20% aus, wobei auch diese anteilsmäßige Verteilung eine Temperaturabhängigkeit aufweist: Während sich bei zunehmender Temperatur der Anteil des Ei- und Puppenstadiums an der gesamten Entwicklungszeit verkürzt, nimmt jener der Larvalentwicklung zu. Das Eistadium weist in Bezug auf den Entwicklungsnullpunkt den höchsten Wert mit 10,6°C auf, gefolgt vom Puppenstadium mit 9,9°C und vom Larvenstadium mit 8,2°C. Die durchschnittliche, für die gesamte Entwicklung benötigte Temperatursumme beträgt 334 Gradtage (Wermelinger et al., 1998). Basierend auf der nicht-linearen Funktion entwickelten Baier et al. (2007) das Modell PHENIPS, mithilfe dessen die Entwicklung der Brut, der Flug- und Befallsbeginn im Frühjahr, als auch die Entwicklung von Geschwisterbruten und die Anzahl der Generationen pro Jahr abgeschätzt werden kann (Baier et al., 2007).

Der Anteil der Käfer der Tochtergeneration, der das Brutsystem verlässt, ist abhängig vom Besiedelungszeitpunkt: Bei einer Studie in Südschweden verließen 75% der Käfer, die sich in den im Mai besiedelten Stämmen entwickelt hatten, noch im selben Jahr das Brutsystem, ca. 21% verblieben lebend unter der Rinde, den Rest stellten tote Käfer unter der Rinde dar. Bei den Stämmen, die in den Monaten Juni und Juli befallen wurden, reduzierte sich der Anteil ausfliegender Käfer der Tochtergeneration auf 46% bzw. knapp 15%. Ebenso war der Anteil der Parentalkäfer, der nach der Anlage der ersten Brut das Brutsystem verlässt um Geschwisterbruten anzulegen, abhängig vom Zeitpunkt der Besiedelung (Öhrn et al., 2014).

Das Geschlechterverhältnis verändert sich in den Phasen einer Massenvermehrung: Während bei steigender Populationsdichte der Anteil weiblicher Käfer höher ist, zeigt sich am Ende einer Massenvermehrung ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen männlichen und weiblichen Käfern (Lobinger, 1996).

Die von *I. typographus* zur intraspezifischen Kommunikation produzierten Aggregationspheromone bestehen aus Terpenoiden, die aus Harzbestandteilen des Baumes gebildet werden (Wermelinger, 2004). Nach dem Auffinden von bruttauglichem Material durch die Pionierkäfer von *I. typographus* produzieren diese unter anderem die Aggregationspheromone 2-methyl-3-buten-2-ol und cis-Verbenol, die eine Anlockung von Artgenossen beider Geschlechter bewirken. Bei einer ausreichend hohen Populationsdichte erfolgt der Befall des Wirtsbaumes. Die gebildeten Mengen an Aggregationspheromonen nehmen zu, was zu einer erhöhten Attraktion von Käfern führt. Das Übergreifen auf nahegelegene Bäume ergibt sich dadurch, dass ein Teil der männlichen Käfer durch die hohe Konzentration der Aggregationspheromone auf benachbarte Bäume (siehe unten) abgelenkt wird und dort mit der Produktion von Aggregationspheromonen beginnt, um eine Überbesiedelung und den daraus folgenden Nahrungsmangel durch den Befall eines neuen Wirtsbaumes zu verhindern. Die Attraktion des erstbefallenen Wirtsbaumes nimmt im Zuge dessen durch die verringerte Aggregationspheromonbildung und die nun produzierten Anti-Aggregationspheromone (z.B. Ipsenol, Ipsdienol und Verbenon), die eine hemmende Wirkung haben, ab. Dadurch werden nur mehr wenige Käfer angezogen. Die Attraktion konzentriert sich in Folge dessen auf den nächstbefallenen Baum, bei großen Mengen an produzierten Aggregationspheromonen werden männliche Käfer wiederum auf nahegelegene Bäume abgelenkt, was bei hohen Populationsdichten zu einer großräumigen Ausbreitung des Befalles führen kann (Schlyter et al., 1987a; Schlyter et al., 1989).

Die Attraktion von *I. typographus* hängt in gleichem Maße von den Aggregationspheromonen 2-methyl-3-buten-2-ol (kurz: MB) und cis-Verbenol (kurz: cV) ab. Beim Fehlen einer der beiden Substanzen in den angebotenen Lockstoffgemischen reduzierte sich die Fangzahl drastisch (Schlyter et al., 1987b). Bei Freisetzungsraten von 1 mg/Tag bewirkten Verbenon (Vn) und Ipsenol (Ie) alleine, als auch

bei gemeinsamer Freisetzung in Kombination mit MB und cV eine Reduktion im mittleren Fang (Schlyter et al., 1989). Mit zunehmenden Freisetzungsraten von MB und cV nimmt der Anteil männlicher Käfer von *I. typographus* am Fang ab. Bei konstanten Freisetzungsraten von MB und cV und alleiniger oder gemeinsamer Zugabe von Ie und Ipsdienol (Id) kam es nur bei einem gemeinsamen Auftreten von Ie und Id zu einer Reduktion der männlichen Käfer, Id und Ie alleine in Kombination mit MB und cV zeigten keine Abnahme im Anteil männlicher Käfer (Schlyter et al., 1987a).

1.2.2 Erläuterungen zum Flugverhalten

Die Dispersion von *I. typographus* spielt in der Entstehung und Ausbreitung von Massenvermehrungen eine entscheidende Rolle. Es stellt sich die Frage, ob die Ausbreitung von *I. typographus* mit dem Ziel eines Habitatwechsels stattfindet, oder ob es sich um einfache, zufällige Flüge handelt. Ersteres hätte zur Folge, dass sich ausbreitende Käfer nicht auf Pheromon- oder Kairomonquellen reagieren würden, was bei letzterem nicht der Fall ist (Kennedy, 1975 in Duelli et al., 1997; Duelli et al., 1997).

Das ausgedehnte Flugvermögen einzelner Individuen konnte anhand von Flugmühlenversuchen gezeigt werden: 25% der getesteten Individuen von *I. typographus* flogen mehr als 1 Stunde, und 10% rund 2,5 Stunden (Forsse et al., 1985). Bei einer Fluggeschwindigkeit von 1,9 m/s (Gries, 1985) würden diese Käfer Strecken von mehreren Kilometern zurücklegen. Die ebenfalls anhand von Flugmühlen dokumentierte Dauer der ersten drei Flüge von *Ips sexdentatus* betrug im Durchschnitt 53 Minuten, wobei die einzelnen Flüge eine Spannbreite von 1 Minute bis zu fast 9 Stunden aufwiesen (Jactel, 1993). Inwieweit die Ausbreitungsfähigkeit einzelner Käfer außerhalb dieser Laborstudien in Waldbeständen gegeben ist, ist

nicht einfach zu beantworten, da eine Vielzahl von Faktoren, die in Laborstudien keinen bis wenig Einfluss nehmen, gegeben ist.

Verschiedene Freilassungs-Wiederfang-Versuche mit markierten Käfern kamen zu dem Ergebnis, dass der Wiederfang mit zunehmender Distanz zum Freilassungsort abnimmt, und somit im Nahbereich des Freilassungsortes anteilsmäßig der höchste Wiederfang erzielt wird (Botterweg, 1982; Zolubas et al., 1995; Duelli et al., 1997), wobei diese Ergebnisse abhängig von der Fallenanordnung, dem Entwicklungsstatus der Käfer, der Windgeschwindigkeit und der Baumartenzusammensetzung sind. In einem Versuch von Duelli et al. (1997), durchgeführt in einem Kiefernbestand mit drei konzentrischen Fallengürteln, konnten im 5 m-Radius um den Freilassungsort 40,4% der freigelassenen Käfer mit Flugerfahrung (das sind 94% des Gesamtwiederfanges dieser Gruppe) wiedergefangen werden und 35,4% der freigelassenen Käfer ohne Flugerfahrung (das sind 74,3% des Gesamtwiederfanges dieser Gruppe). In den anderen beiden Radien zeigte sich ein starker Rückgang: In die Fallen in 200 m Entfernung zum Freilassungsort gingen 1,9% bzw. 9,4% der freigelassenen Käfer, in 500 m wurde ein Wiederfang von 0,7% von bereits geflogenen Käfern und 5,9% im Fall noch nicht geflogener Käfer erzielt. Der Großteil freigelassener Käfer kann in solchen Experimenten meist nicht wiedergefangen werden, auch wenn kein attraktives Brutmaterial vorhanden ist (Duelli et al., 1997; Botterweg, 1982). Zolubas et al. (1995) erzielten in einem Fichtenbestand durchschnittlich 8,4% Wiederfang freigelassener Käfer von *I. typographus*. In einem weiter unten beschriebenen Versuch von Franklin et al. (2000), der in einem Fichtenbestand und Fallen mit sehr geringen Lockstofffreisetzungsraten durchgeführt wurde, ergaben sich Wiederfangraten von 2,3% und 7,0%.

Einer Laborstudie von Gries (1985) zufolge reagierten nur 26% der Individuen von *I. typographus* unmittelbar nach dem Ausbohren auf die angebotenen Pheromone. Die restlichen Käfer zeigten erst eine positive Reaktion, nachdem sie einen

Flug getätigt hatten, der mit einer Verringerung ihres Fettkörperanteiles einherging. Botterweg (1982) konnte bei der Analyse gefangener Käfer allerdings keinen Einfluss des Fettgehaltes, der Größe und des Geschlechtes der Käfer von *I. typographus* auf die Dispersion finden. In den Untersuchungen von Dworschak (2013) ergab sich keine Korrelation zwischen der Flugkapazität von *I. typographus* und den Fettreserven der Käfer.

In Versuchen mit Elektroantennogrammen zeigte sich, dass es in der Reaktion auf angebotene Aggregationspheromone keine signifikanten Unterschiede zwischen Käfern mit und ohne Flugerfahrung gab. Die Reaktion der Antennen steigerte sich in den Stunden nach dem Schlupf leicht, gefolgt von einem signifikanten Rückgang nach 24 h und 48 h Flugerfahrung (Duelli et al., 1997).

Die Tatsache, dass bis zu 50% einer Population von *I. typographus* migrieren und somit nicht unmittelbar auf in der Nähe gelegene Pheromonquellen reagieren, weist darauf hin, dass Pheromonfallen nicht in der Lage sind, das Abwandern aller Käfer zu verhindern und erklärt auch, warum Käfer weit abseits ihrer Brutstätten gefangen werden (Duelli et al., 1997). Beispiele dafür sind das Vorhandensein kleiner lokaler Populationen von *I. typographus* in urbanen Gebieten mit vereinzelt vorkommenden Fichten (Piel et al., 2005) oder Fänge von *I. typographus* über der Baumgrenze (Botterweg, 1982).

Individuen von *I. typographus* sind in der Lage, Pheromonquellen mit unterschiedlichen Freisetzungsraten auch in geringen Abständen zueinander zu erkennen, wobei Fallen mit Dispensern, die höhere Lockstofffreisetzungsraten aufwiesen, höhere Fangzahlen aufwiesen, als jene mit geringen oder mittelstarken Freisetzungsraten bzw. Fallen der Kontrolle (Schlyter et al., 1987a). Im Handel erhältliche Pheromone, wie etwa PHEROPRAX® (BASF, Deutschland), weisen hohe Freisetzungsraten auf, da sie zum Zweck des Massenfanges von *I. typographus* entwickelt wurden. Die

Konzentration von Pheromonen am Freilassungsort kann die Ausbreitung mitbestimmen: Sind Pheromonquellen vorhanden, werden freigelassene Käfer im Nahbereich ihres Freilassungsortes nach bruttauglichem Material suchen. Im Gegensatz dazu wird sich *I. typographus* beim Nichtexistieren von Pheromonen schneller weiter vom Freilassungsort fortbewegen (Byers, 1999; Franklin et al., 2000). Bei einem Versuch in einem Fichtenbestand mit geringen Lockstofffreisetzungsraten (etwa $\frac{1}{6}$ der Freisetzungsrate von im Handel erhältlichen Pheromonen) nahm der Wiederfang mit zunehmender Distanz ab, bei noch geringeren Freisetzungsraten (etwa $\frac{1}{40}$ der Freisetzungsrate von im Handel erhältlichen Pheromonen) hingegen stieg der Wiederfang zwischen 50 m und 100 m Entfernung zum Freilassungsort, und begann erst anschließend linear abzunehmen. Laut Franklin et al. (2000) lässt dies vermuten, dass die Reaktion auf Pheromone eher mit zunehmender Distanz einhergeht, als mit höheren Freisetzungsraten.

Das Flugverhalten von *I. typographus* ist sehr stark an die Temperatur geknüpft (Botterweg, 1982): Flüge werden zwischen 16,5°C und maximal 30°C getätigt. Die Flugaktivität steigert sich vom Vormittag an, bis sie kurz nach Mittag die Spitze erreicht und gegen Abend hin wieder stetig abnimmt (Lobinger, 1994). Ab Windgeschwindigkeiten von etwa 2 m/s erfolgt die Ausbreitung von *I. typographus* hauptsächlich in Windrichtung. Tendenzen, gegen den Wind zu fliegen, zeigen sich beim Vorhandensein von Pheromonen und dann vor allem bei schwereren männlichen Käfern. Eine bevorzugte Ausbreitungsrichtung kann unter annähernd windstillen Bedingungen nicht beobachtet werden (Botterweg, 1982; Franklin et al., 2000). *I. typographus* breitet sich gleichmäßig über ein Gebiet aus, bis zum Auftreten von Pheromonquellen, die eine erneute Konzentration der Käfer bewirken. Laut Botterweg (1982) ist bei *I. typographus* mit einem derartigen Ausbreitungsverhalten zu rechnen, da unter endemischen Bedingungen verstreutes Brutmaterial aufgefunden werden muss.

2 Material und Methoden

2.1 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet liegt im Pölstal in der Gemeinde Pöls (Bezirk Murtal, Steiermark) und umfasst das Betriebsgelände der Zellstoff Pöls AG und die südlich davon liegenden Wälder. Der Holzlagerplatz befindet sich am Talboden auf 787 m Seehöhe und weist eine Ost-West-Ausdehnung von 850 m auf, die Nord-Süd-Ausdehnung variiert zwischen 170 und 250 m. Neben Fichtenrundholz wird auch Kiefern-, Lärchen- und Laubrundholz in Poltern gelagert. Zu Versuchsbeginn enthielt der Lagerplatz nur geringe Mengen an Fichtenrundholz, was sich durch die Witterung im Frühjahr ergeben hatte. Im Laufe des Versuches füllte sich die Ost- und Westseite in gleichem Maße mit Holz.

Die zu untersuchenden Wälder, in denen es in den Jahren zuvor zu Schäden, verursacht von *I. typographus* und *Pityogenes chalcographus*, gekommen ist, grenzen zum Großteil direkt an den Lagerplatz und erstrecken sich über den Nordhang des Falkenberges bis in eine Höhe von 1158 m. Es handelt sich vor allem um Fichten-Lärchen-Bestände, auch Fichtenreinbestände sind vorhanden. Die nördlich des Lagerplatzes liegenden Wälder wurden nicht in den Versuch miteinbezogen, da die Entfernung mehr als 1500 m beträgt.

Abbildung 2.1: Fallenstandort am Falkenberg mit Blick auf die Zellstoff Pöls AG.

2.2 Versuchsaufbau

Als Methode zur Untersuchung unserer Fragestellungen wählten wir ein Freilassungs-Wiederfang-Experiment, das mit Käfern der überwinterten Vorjahresgeneration und der ersten Generation von *I. typographus* des Jahres 2013 durchgeführt wurde. Die Beschaffung der dazu benötigten befallenen Fichtenstämme erfolgte durch das Auslegen von Fangbäumen. Diese waren 4 m lang, ihr Durchmesser betrug durchschnittlich 22 cm. Der erste Blochsatz stammte aus der Katastralgemeinde Enzersdorf, der zweite direkt vom Falkenberg. Der Versuch gliederte sich in drei Schritte: Freilassung, Wiederfang und Untersuchung unter UV-Licht.

2.2.1 Freilassung

Da die Ausbreitung von *I. typographus* in Richtung des Waldes, sowie auch in Richtung des Lagers untersucht werden sollte, wurden drei Freilassungsorte festgelegt. Zwei befanden sich am Lagerplatz: Freilassungsort 1 lag im Südwesten am Rand des Lagerplatzes zu den Wäldern hin, Freilassungsort 2 im Nordosten, unmittelbar

neben der Bahnanlage. Freilassungsort 3 war im Wald am Rand einer Forststraße in 155 m Entfernung zum Lagerplatz angeordnet.

Um die freigelassenen Käfer ihrem Ursprungsort zuordnen zu können, wurde am 16. Mai 2013 der erste Satz an Fichtenstämmen der Methode von Blackwell et al. (2013) folgend mit dem Fluoreszenzfarbstoff RADGLO®JST (Radiant Colors N.V., Belgien) entsprechend der Anzahl an Blochstandorten in drei unterschiedlichen Farben markiert: Bloche am Freilassungsort 1 erhielten die Farbe JST-12: Orange (oranger Freilassungsort), jene am Freilassungsort 2 die Farbe JST-17: Pink (pinker Freilassungsort) und jene am Freilassungsort 3 die Farbe JST-11: Green (grüner Freilassungsort). Der orange Freilassungsort umfasste fünf Bloche, am pinken und grünen Freilassungsort kamen jeweils vier Bloche nebeneinander auf Unterlagshölzern zu liegen. Die ungleiche Zahl an Blochen pro Standort ergab sich durch die unterschiedliche Befallsdichte. Bohrt sich *I. typographus* aus einem markierten Stammstück aus, passiert er diese Farbschicht und markiert sich dadurch selbst mit dem aufgetragenen Fluoreszenzfarbstoff. Bei den markierten Käfern handelte es sich folglich um ausfliegende Parentalkäfer sowie später um Käfer der ersten Tochtergeneration des Jahres.
Dachartig über die markierten Fichtenstammstücke gespannte Planen dienten als Schutz vor einer Abwaschung durch Regen. Eine Kontrolle des Farbzustandes wurde am 16. Juni 2013 durchgeführt.

Am 17. Juli 2013 wurde ein zweiter Blochsatz analog zum ersten Satz markiert, um auch den Flug der diesjährigen ersten Generation von *I. typographus* beobachten zu können. Am grünen und orangen Freilassungsort kamen jeweils vier Fichtenstammstücke zu liegen, am pinken drei. Grund für die ungleiche Anzahl zwischen den Standorten war wieder die unterschiedliche Befallsdichte der Stämme. An diesem Tag erfolgte auch die Kontrolle der Stämme des ersten Satzes, und da sich in den Brutsystemen noch viele Jungkäfer befanden, beließen wir diese ebenfalls am

(a) JST-11: Grün

(b) JST-12: Orange

(c) JST-17: Pink

Abbildung 2.2: Markierte Fichtenstämme

jeweiligen Blochstandort neben den neu markierten Stämmen.

2.2.2 Wiederfang

Um die freigelassenen Individuen von *I. typographus* wiederzufangen, dienten mit dem Pheromon PHEROPRAX® (BASF, Deutschland) beköderte Theysohn-Fallen. Zusätzlich enthielten diese Fallen einen Streifen STORANET® (BASF, Deutschland) mit dem Wirkstoff Alpha-Cypermethrin, das bei Kontakt eine insektizide Wirkung aufweist, um ein gegenseitiges Markieren der Käfer in der Theysohn-Falle zu verhindern. Der Wechsel der Pheromone fand alle sechs Wochen statt.

Den bestehenden Fallengürtel entlang der Ost-, Süd- und Westseite des Lagerplatzes erweiterten wir auf insgesamt 29 Schlitzfallen, wobei die Anordnung der Fallen großteils den äußeren Rändern des Lagerplatzes folgte (siehe Abbildung 2.3). Für den orangen Freilassungsort ergab sich dadurch ein durchschnittlicher Fallenabstand von 59 m, betrachtet man die Fallen des innersten Gürtels um den Freilassungsort (Fallen 1 bis 12). Der innerste Fallengürtel um den pinken Freilassungsort wies eine durchschnittliche Fallendistanz von 53 m auf (Fallennummern

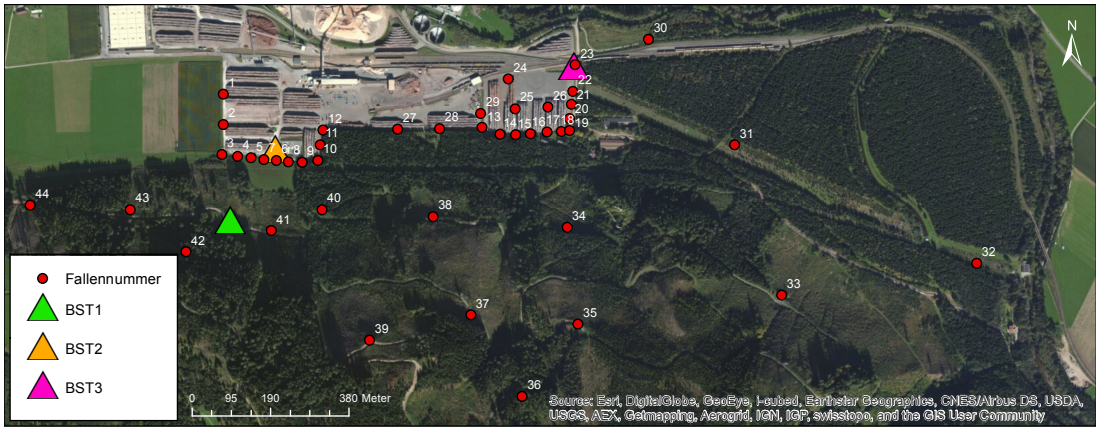


Abbildung 2.3: Fallenstandorte und Freilassungsorte am Lager und in den Wäldern (Basis der Karte: ESRI et al. 2014, GIS Steiermark 2014).

13 bis 24 und 29). Im Wald platzierten wir am 25. April 2013 insgesamt 15 Fallen auf freien Flächen, die aufgrund von Windwurf bzw. *I. typographus* in früheren Jahren entstanden waren, unter Einhaltung der Sicherheitsabstände. Der innerste Fallengürtel um den grünen Freilassungsort ergab einen durchschnittlichen Fallenabstand von 94 m (Fallen 3 bis 10 am Lager und 40 bis 43 im Wald).

Die Leerung der Fallen fand wöchentlich jeweils am Montag (mit Ausnahme des 21. Mais 2013, da der 20. Mai ein Feiertag war) im Zeitraum von 21. Mai bis 14. Oktober 2013 statt. Nach dem 23.09.2013 wurden die Waldfallen auf die Nummern 30 bis 34, 38, 40, 42 und 43 reduziert, die Fallen mit den Nummern 35 bis 37, 39, 41 und 44 wurden nicht mehr geleert. Die wiedergefangenen Käfer wurden in Schraubbehälter, die mit Datum und Fallennummer versehen waren, gegeben und gelangten per Paketdienst nach Wien.

2.2.3 Untersuchung unter UV-Licht

Nach Erhalt der Proben fand je nach Feuchtezustand eine Trocknung im Trockenschrank bei 50°C statt. Anschließend wurden der Beifang aussortiert und die Gesamtfangzahl mittels eines Messbechers bestimmt. Um die gemessenen Millili-

ter in Stück Käfer umrechnen zu können, erfolgte die Auszählung verschiedener Messergebnisse und die Bestimmung des Umrechnungsfaktors von 40 Käfern für einen gemessenen Milliliter. Daraufhin wurden die Käfer in einem dunklen Raum auf einer UV-Lichtquelle des Typs UV-Transilluminator (UVP Ultra Violet Products, USA) untersucht, um markierte Käfer von nicht markierten unterscheiden zu können. Käfer, die gewertet wurden, wiesen am Kopf, am Pronotum, auf den Elytren, am Absturz oder auf den Sterniten eine starke Markierung mit Farbpartikeln auf (siehe Abbildungen 2.4 und 2.5).

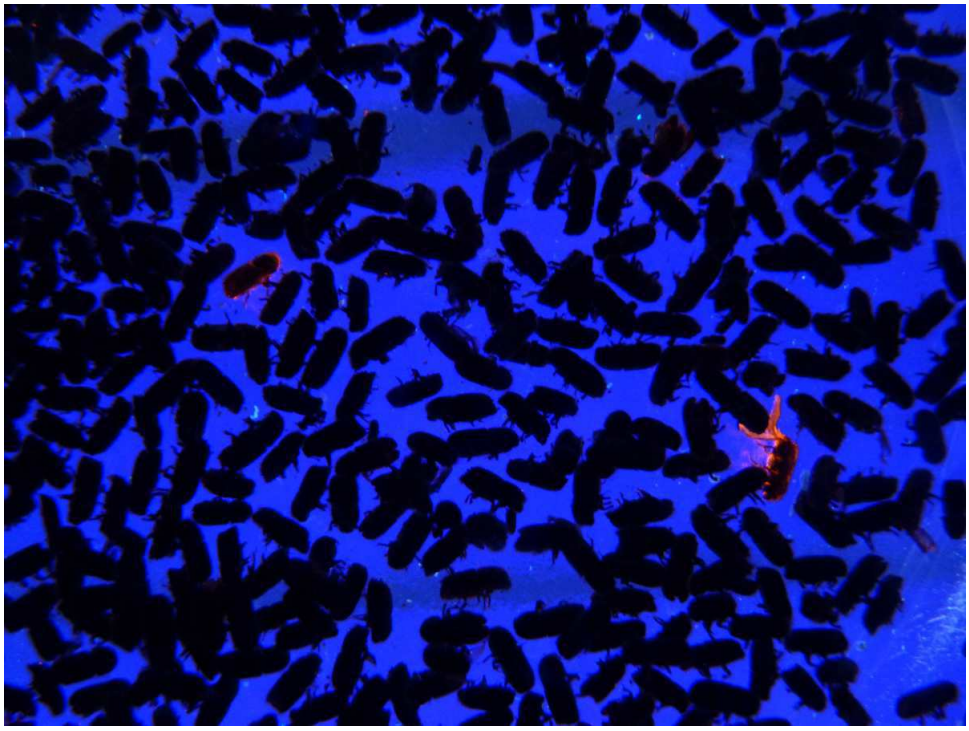


Abbildung 2.4: Pink markierte Individuen von *I. typographus* unter nicht markierten Käfern auf einer UV-Lichtquelle.

Käfer, die nur einen oberflächlichen Schimmer aufwiesen, wurden nicht gewertet, da die Färbung auch erst in der Falle stattgefunden haben könnte. Die Aufbewahrung markierter Käfer erfolgte in mit Fallennummer und Leerungsdatum versehenen Eppendorf-Röhrchen.

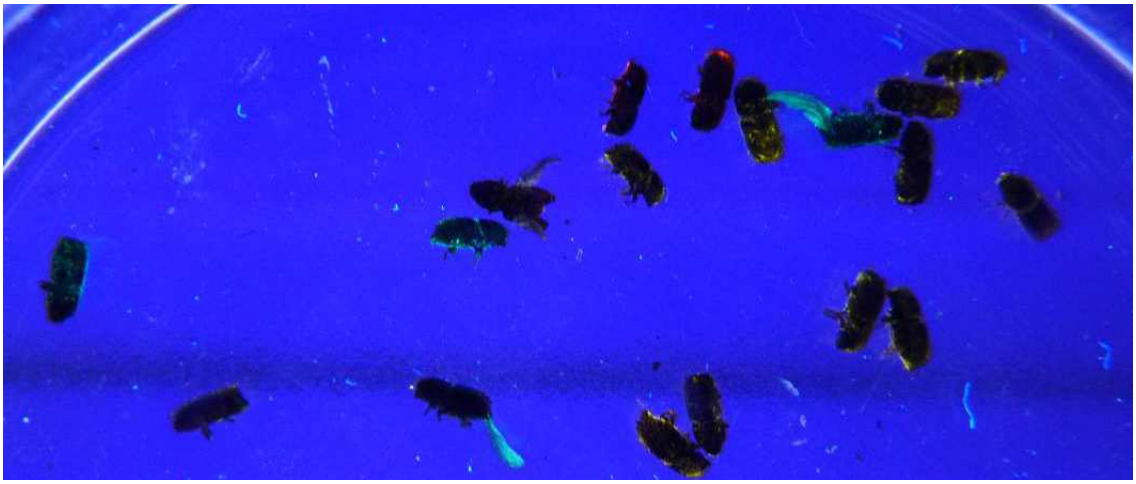


Abbildung 2.5: Markierte Individuen von *I. typographus* auf einer UV-Lichtquelle.

2.3 Meteorologische Daten

Am orangen Freilassungsort wurde ein Temperaturdatenlogger des Typs EL-USB-2 (Lascar Electronics Ltd., Großbritannien) unter der Plane angebracht, um die Temperatur aufzuzeichnen. Diese Aufzeichnungen wurden mit den Temperaturdaten der Messstation am Reiterberg (Land Steiermark - Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2014) verglichen. Die verwendeten Niederschlagswerte stammen von der Messstation Oberwölz und wurden von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik zur Verfügung gestellt.

Um die Korrelation zwischen Temperatur bzw. Niederschlag und Wiederfang bestimmen zu können, wurde Kendall's τ zwischen den meteorologischen Daten und dem durchschnittlichen Wiederfang von *I. typographus* pro Falle am Lager und im Wald, sowie den Fangzahlen grün, orange und pink markierter Individuen von *I. typographus* ermittelt. Die Berechnung der Wochenmitteltemperatur erfolgte aus den stündlichen Aufzeichnungen des Datenloggers, und den Tagesmittelwerten der ZAMG-Station Oberwölz und der Messstation am Reiterberg.

Für die Ermittlung eines möglichen Zusammenhanges zwischen der Flugdistanz markierter Käfer und der Temperatur bzw. dem Niederschlag, wurde für jede Wo-

che die Distanz anhand folgender Formel nach dem Wiederfang gewichtet:

$$D_{gew} = \frac{\sum_{i=1}^{44} D_i * N_i}{\sum_{i=1}^{44} N_i} \tag{2.1}$$

D_{gew} beschreibt die gewichtete Distanz, D die Distanz der Falle zum Freilassungsort und N die Fangzahl in der jeweiligen Falle und Woche. Anschließend wurde Kendall's τ zwischen den gewichteten Distanzen und der Temperatur, sowie dem Niederschlag berechnet.

2.4 Datenanalyse

Zur Datenanalyse und grafischen Darstellung der Ergebnisse wurde R (R Core Team, 2013) verwendet. Der Lageplan entstand mithilfe des kartografischen Materials aus World Imagery (ESRI et al., 2014) und dem GIS Steiermark (GIS-Steiermark®, 2014), die weitere Verarbeitung erfolgte mithilfe von ArcGIS (Environmental Systems Research Institute, 2014).

2.4.1 Abschätzung der Zahl an ausgebohrten *I. typographus*

Zur Abschätzung der Zahl an ausgebohrten *I. typographus* aus den befallenen Fichtenstammstücken dienten zwei Auszählfelder pro Stamm mit einer Größe von 20 x 30 cm, die repräsentative Stichproben der Ausbohrlöcher des jeweiligen Stammes darstellten. Diese Zählung fand am 21. Oktober 2013 für beide Blochsätze statt. Die in den Auszählfeldern ermittelte, gemittelte Anzahl der Ausbohrlöcher pro Bloch wurde auf die Rindenoberfläche der einzelnen Bloche aufgerechnet. Schließlich wurde die Gesamtsumme der Ausbohrlöcher für den orangen, pinken und grünen Blochsatz errechnet. Da bei hoher Brutdichte von *I. typographus* fast der

gesamte Bast konsumiert wird, ist es oft der Fall, dass die Larvengänge und Puppenwiegen sehr eng beieinander liegen. Dies ermöglicht es den Käfern, bereits angelegte Ausbohrlöcher zu benutzen. Die Anzahl geschlüpfter Käfer von *I. typographus* pro Ausbohrloch ist dichteabhängig, bei einer Dichte von zwei Mutterkäfern/100 cm^2 kann angenommen werden, dass zwei Käfer dasselbe Ausbohrloch verwenden, um das Brutsystem zu verlassen (Schlyter et al., 1984). Dementsprechend gingen wir bei unseren markierten Blochen von zwei geschlüpften Käfern pro Ausbohrloch aus.

2.4.2 Wiederfang nach Fallenstandort

Zur Bestimmung des Wiederfanges nach Fallenstandort wurde eine Einteilung der Fallen in die Kategorien Fallen am Lager (Lager, kurz: L), Fallen im lagernahen Bereich des Waldes (lagernah, kurz: LN) und Fallen im lagerfernen Bereich des Waldes (lagerfern, kurz: LF) vorgenommen. Die Kategorie Lager umfasste die Fallen mit den Nummern 1 bis 29, zu den lagernahen Fallen zählten die Nummern 30, 34, 38, 40, 41 und 42 mit einer Entfernung von weniger als 250 m vom Lager, die Kategorie lagerferne Fallen enthielt die Nummern 31, 32, 33, 35, 36, 37, 39, 43 und 44, die eine Entfernung von mehr als 250 m vom Lager aufwiesen. Anschließend erfolgte die Zuteilung der Standorts-Attribute zu den jeweiligen Fallennummern und Fangzahlen und die Berechnung des Wiederfanges nach Kategorie und Markierungsfarbe.

2.4.3 Wiederfang nach Entfernung zum Freilassungsort

Ausgehend von den drei Freilassungsorten wurden Radien von 100, 250, 500 und 1000 m um den jeweiligen Freilassungsort festgelegt und die Fallenanzahl, sowie der Wiederfang in Prozent innerhalb der Radien bestimmt. Die Auswahl der Radien

erfolgte in Anlehnung an die Ergebnisse von Kautz et al. (2011), wonach mehr als 65% des Neubefalles von *I. typographus* in einem unbewirtschafteten Wald innerhalb der ersten 100 m von der Quelle auftreten, und mehr als 96% innerhalb der ersten 500 m. Der Zwischenschritt von 250 m ergab sich dadurch, dass vom grünen Freilassungsort aus gesehen keine Falle innerhalb von 100 m lag. Da im Fall aller drei Freilassungsorte weniger als die Hälfte der Fallen im Radius von 500 m lag, kam es schließlich zur Ergänzung des 1000 m Radius.

2.4.4 Ausbreitung markierter Käfer von *I. typographus*

Als Ausgangsgleichung für die Beschreibung des abnehmenden Wiederfanges markierter Käfer mit zunehmender Distanz zum Freilassungsort diente eine Diffusions-Funktion von Wallace (1966, aus Taylor 1978), die auch von Duelli et al. (1997) verwendet wurde. Sie geht davon aus, dass die individuelle Flugdistanz nicht zufällig ist:

$$N = \exp(a + b * \sqrt{X}) \tag{2.2}$$

Nach Logarithmieren der Gleichung ist das Modell linear:

$$logN = a + b * \sqrt{X} \tag{2.3}$$

N gibt die Anzahl wiedergefangener Käfer wider, a und b sind Konstanten, X beschreibt die Distanz zum Freilassungsort. Die Distanzen zwischen den Freilassungsorten und den Fallenstandorten wurden mithilfe der 3D Analyst-Funktion in ArcGIS aus der Karte berechnet.

2.4.5 Gesamtfang von *I. typographus* in Waldfallen

Da Gleichung 2.3 eine gute Beschreibung der Ausbreitung markierter Käfer zeigte, wurde sie auch auf den wöchentlichen Gesamtfang von *I. typographus* in den Fallen 30 bis 44 angewendet, mit der Unterstellung, dass das Lager die alleinige Quelle der Gesamtheit der gefangenen markierten und unmarkierten Käfer sei. Dazu wurden die geradlinigen, kürzesten Distanzen zwischen den Waldfallen und dem Holzlagerplatz ebenfalls mithilfe der 3D Analyst-Funktion in ArcGIS berechnet.

3 Ergebnisse

3.1 Abschätzung der Zahl an ausgebohrten Käfern von *I. typographus*

Die Mengen ausgebohrter Käfer und der Wiederfang jener, sowie einige zur Berechnung herangezogenen Parameter sind Tabelle 3.1 zu entnehmen. Pink markierte Käfer konnten im höchsten Ausmaß wiedergefangen werden, gefolgt von orange und grün markierten Individuen von *I. typographus*.

Tabelle 3.1: Rindenoberfläche (A_{Rinde}), Anzahl der Ausbohrlöcher (N_{ABL}), geschätzte Anzahl ausgebohrter Käfer (N_{AK}) und prozentueller Wiederfang (WF_{AK}) des orange, pink und grün markierten Blochsatzes.

	Blochsatz		
	Orange	Pink	Grün
A_{Rinde} $[m^2]$	27,96	16,87	24,13
N_{ABL} $[Stk.]$	16.504	8.283	15.690
N_{AK} $[Stk.]$	33.008	16.565	31.379
WF_{AK} [%]	3,9	6,94	2,33

3.2 Wiederfang markierter Käfer und Gesamtfang von *I. typographus*

Von den aus den befallenen, markierten Blochen ausgeflogenen Käfern von *I. typographus* konnten innerhalb des Versuchszeitraumes von 16. Mai bis 14. Oktober 2013 rund 3.168 Käfer in Fallen am Lager und im Wald wiedergefangen werden. Von diesen 3.168 Käfern waren 732 Stück grün markiert, 1.286 Stück orange und 1.150 Stück pink. Alle 44 Fallen fingen pink markierte Käfer, bei grün und orange markierten Käfern gab es jeweils eine Falle, die nicht angeflogen wurde: Falle Nr. 30 fing keinen grün markierten, Falle Nr. 24 keinen orange markierten Käfer.

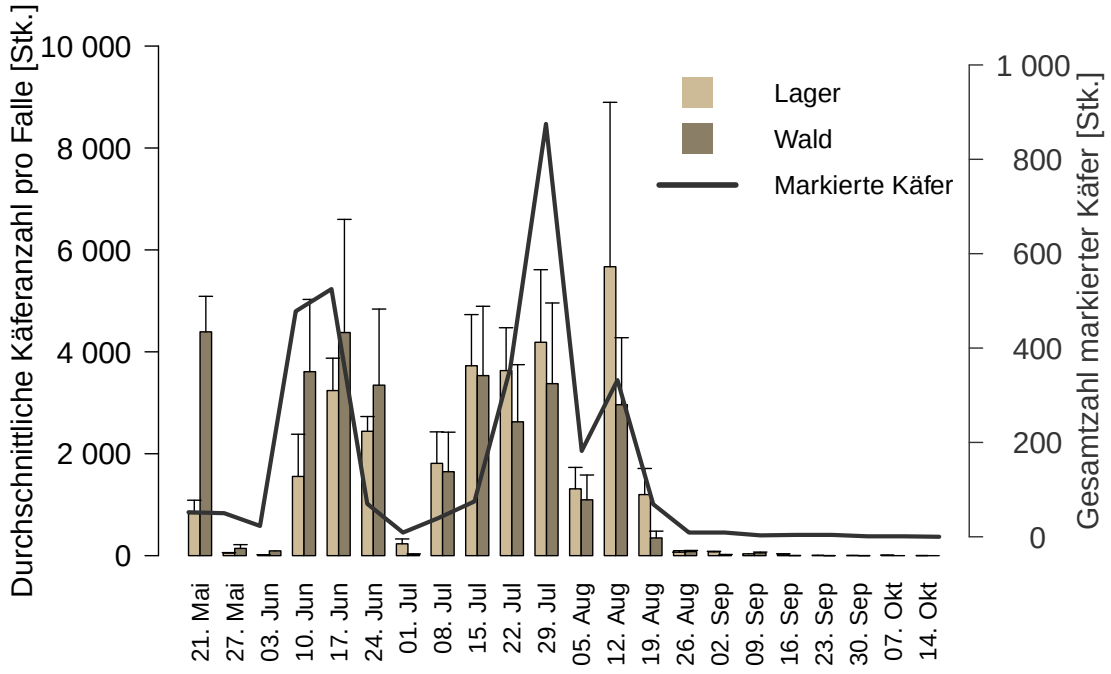


Abbildung 3.1: Mittlere Käferanzahl von *I. typographus* (markiert und unmarkiert) pro Falle am Lager und im Wald. Die Linie stellt den Gesamtfang markierter Käfer von *I. typographus* in der jeweiligen Woche dar.

Die Zahlen des Wiederfanges markierter Käfer und des Gesamtfanges folgen während der Saison einem sehr ähnlichen Verlauf (Abbildung 3.1) mit zwei Peaks: Der erste zeichnete sich Mitte Juni mit den Sammeldaten 10. und 17. Juni 2013 ab, der zweite Peak folgte im Juli und dauerte 4 Wochen an (Sammeldaten 22. und 29. Juli, 5. und 12. August 2013), wobei die Wiederfangzahl in der ersten Augustwoche auf unter 200 markierte Käfer zurückging, in der folgenden aber wieder auf mehr als 300 markierte Käfer anstieg. Diese zwei Peaks machten rund 86,7% des Wiederfanges der 3.168 markierten Käfer von *I. typographus* aus.

Zu Beginn des Versuches war die durchschnittliche Käferanzahl pro Falle im Wald höher als am Lager. Das Holzlager füllte sich zu diesem Zeitpunkt erst allmählich. Ab 1. Juli 2013 wurden in den Fallen am Lager im Durchschnitt mehr Käfer gefangen als in den Fallen im Wald, was sich (mit Ausnahme der Woche mit dem Sammeldatum 9. September 2013) auch bis zum Ende des Versuches nicht änderte. Über den gesamten Versuchszeitraum gesehen wurden in den 44 am Lager und im Wald positionierten Fallen rund 1.347.136 markierte und unmarkierte Käfer gefangen. Die 29 am Lager gelegenen Fallen enthielten insgesamt 874.403 Käfer von *I. typographus*, die 15 Fallen im Wald in Summe 472.733 Käfer. Der Anteil markierter Käfer am Gesamtfang betrug 0,2%.

Die gesamt gefangenen Käfer der jeweiligen Farbe pro Falle sind in Abbildung 3.2 dargestellt. Die Abbildungen 3.3, 3.4 und 3.5 zeigen die räumliche Verteilung des Wiederfanges der jeweiligen Markierungsfarbe, wobei die Punktgröße die über den angegebenen Zeitraum summierte Fangzahl der jeweiligen Falle und Farbe angibt. Die Wiederfangzahlen der dargestellten Monate Mai, Juni, Juli und August 2013 sind Tabelle A.3 im Anhang zu entnehmen.

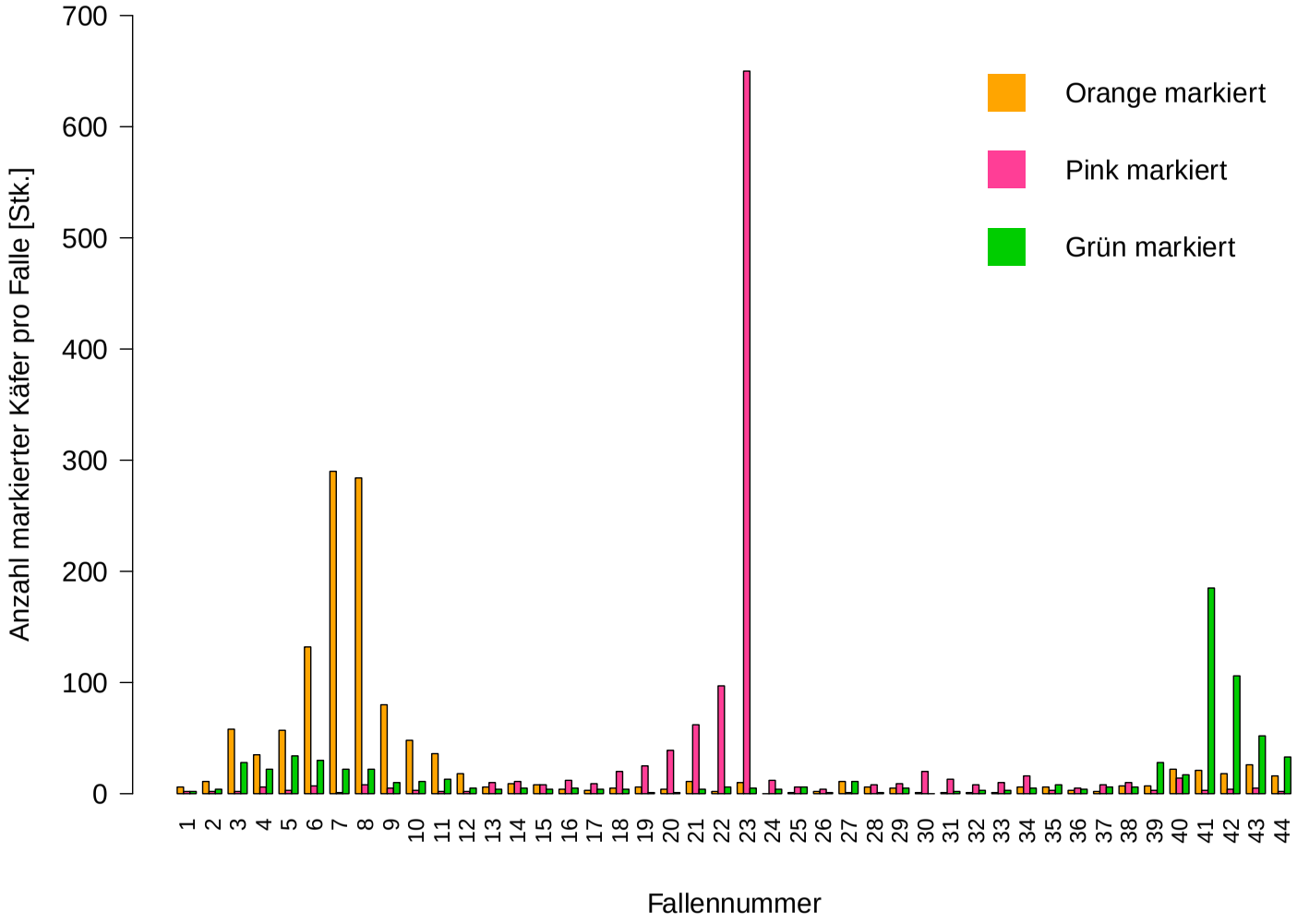


Abbildung 3.2: Wiederfang orange, pink und grün markierter Individuen von *I. typographus* nach Fallennummer (Falle 1-29: Lager, Falle 30-44: Wald).

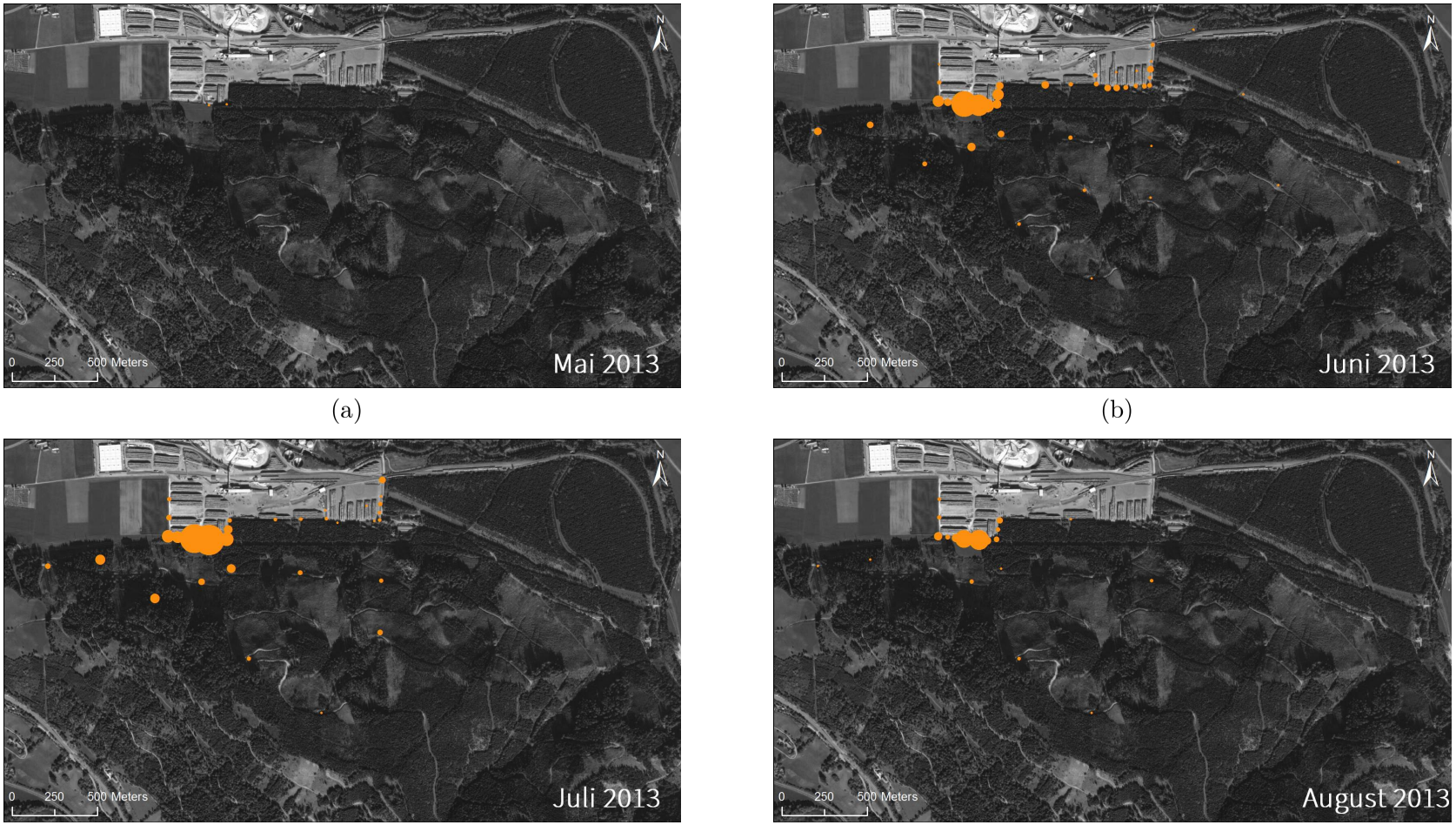
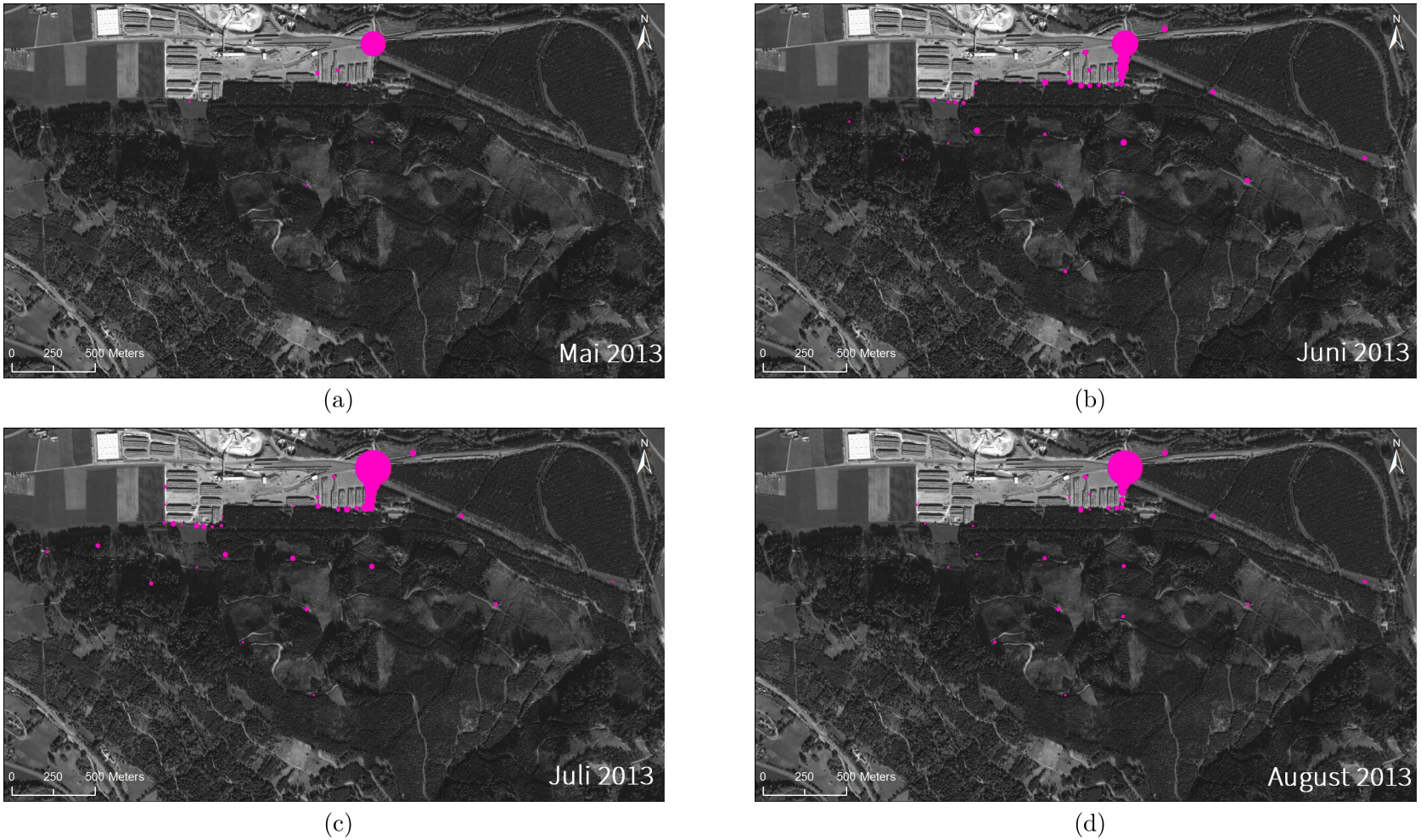


Abbildung 3.3: Wiederfang orange markierter Käfer von *I. typographus* nach Fallen: (a) Mai (Sammeldaten 21.5.-3.6.), (b) Juni (10.6.-1.7.), (c) Juli (8.7.-29.7.) und (d) August 2013 (5.8.-26.8.). Die Punktgröße stellt die Wiederfangzahl dar. min=0 Käfer/Falle; max=142 Käfer/Falle (Basis der Karte: ESRI et al. 2014, GIS Steiermark 2014)



(a) (b) (c) (d)

Abbildung 3.4: Wiederfang pink markierter Käfer von *I. typographus* nach Fallen: (a) Mai (Sammeldaten 21.5.-3.6.), (b) Juni (10.6.-1.7.), (c) Juli (8.7.-29.7.) und (d) August 2013 (5.8.-26.8.). Die Punktgröße stellt die Wiederfangzahl dar. min=0 Käfer/Falle; max=214 Käfer/Falle (Basis der Karte: ESRI et al. 2014, GIS Steiermark 2014)

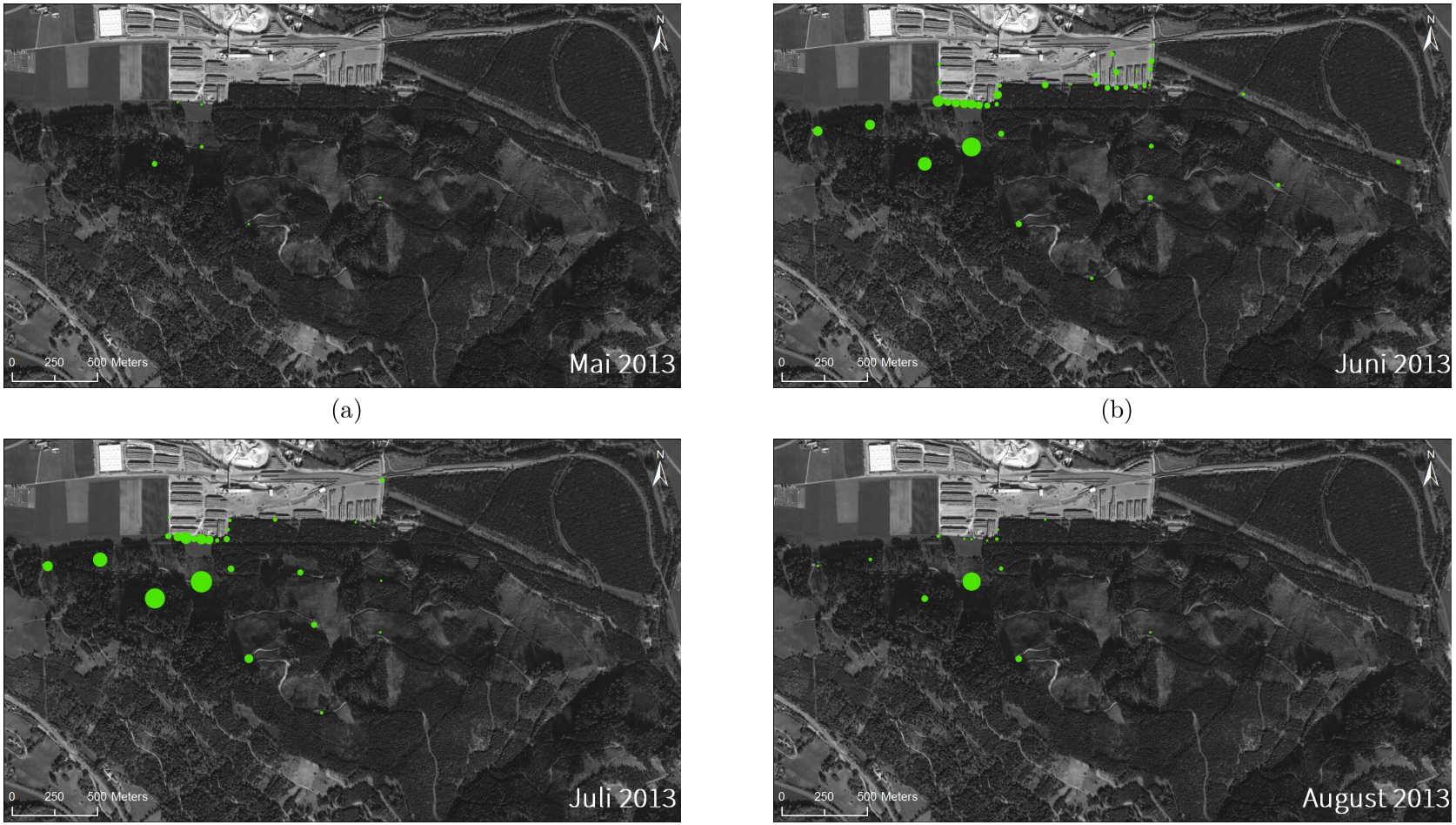


Abbildung 3.5: Wiederfang grün markierter Käfer von *I. typographus* nach Fallen: (a) Mai (Sammeldaten 21.5.-3.6.), (b) Juni (10.6.-1.7.), (c) Juli (8.7.-29.7.) und (d) August 2013 (5.8.-26.8.). Die Punktgröße stellt die Wiederfangzahl dar. min=0 Käfer/Falle; max=72 Käfer/Falle (Basis der Karte: ESRI et al. 2014, GIS Steiermark 2014)

3.3 Wiederfang nach Fallenstandort

Für die wiedergefangenen, orange und pink markierten Käfer von *I. typographus* ergibt sich ein sehr ähnliches Bild (siehe Abbildung 3.6): Im Fall der 1.286 wiedergefangenen, orange markierten Käfer konnten am Lager 1.148 Individuen gefangen werden. In die Fallen im lagernahen Bereich gingen 75 Käfer, in jene im lagerfernen Bereich 63 orange markierte Käfer. Von den 1.150 wiedergefangenen, pink markierten Individuen von *I. typographus* fingen die Fallen am Lager 1.026 Käfer, die lagernahen Fallen enthielten über den gesamten Versuchszeitraum gesehen 67 Käfer, jene im lagerfernen Bereich 57 Stück.

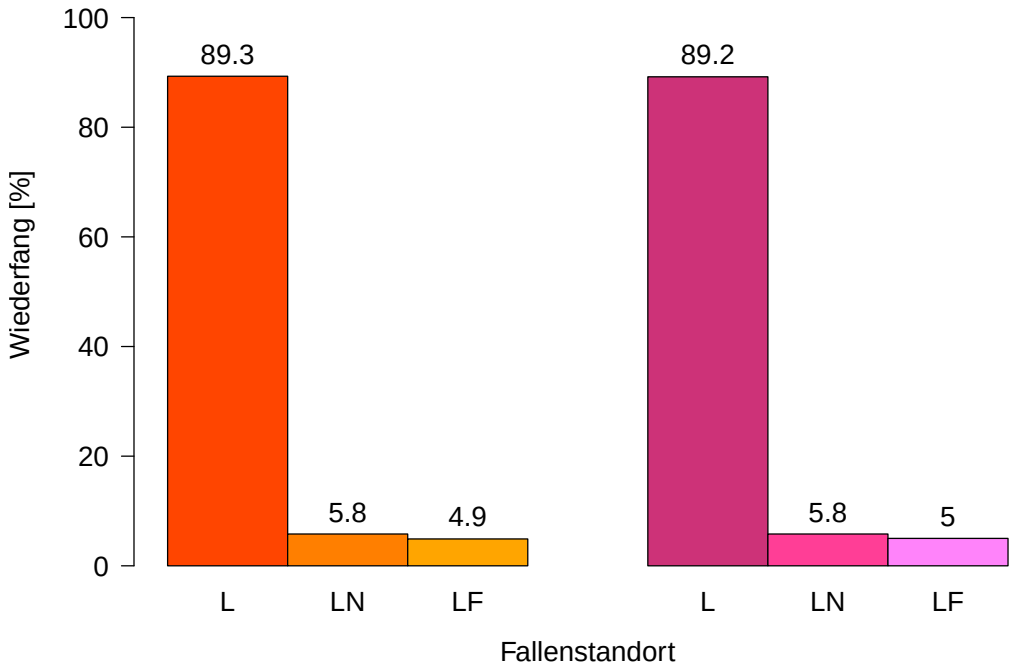


Abbildung 3.6: Wiederfang orange und pink markierter Käfer von *I. typographus* in Fallen am Lagerplatz (L), sowie in lagernahen (LN) und lagerfernen (LF) Fallen in Prozent. n_{orange}=1.286; n_{pink}=1.150;

Von den insgesamt 732 wiedergefangenen, grün markierten Käfern von *I. typographus* wurden 274 Stück in Fallen am Lager gefangen. Der höchste Wiederfang grün markierter Käfer konnte mit 319 Käfern im lagernahen Bereich des Waldes erzielt

werden, die Fallen im lagerfernen Bereich fingen 139 grün markierte Käfer. Die entsprechenden Anteile in Prozent sind Abbildung 3.7 zu entnehmen.

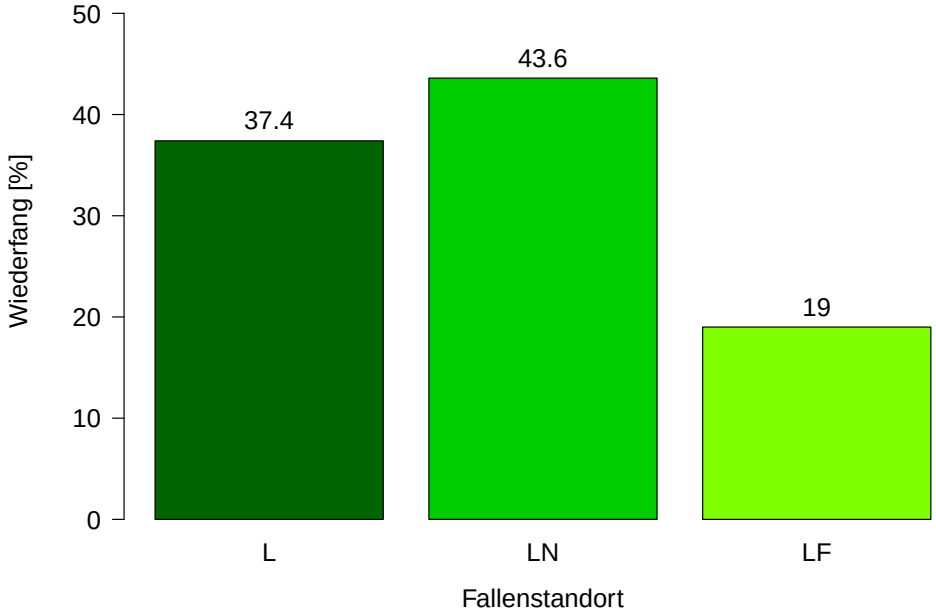


Abbildung 3.7: Wiederfang grün markierter Käfer von *I. typographus* in Fallen am Lagerplatz (L), sowie in lagernahen (LN) und lagerfernen (LF) Fallen in Prozent. n=732;

3.4 Wiederfang nach Entfernung zum Freilassungsort

Für den Wiederfang nach Entfernung zum Freilassungsort ergeben sich für den ersten Radius, 100 m, nur Werte für den orangen und pinken Freilassungsort, da sich vom grünen Freilassungsort aus gesehen keine Falle innerhalb der ersten 100 m befand. Der kumulierte Wiederfang in Prozent innerhalb der einzelnen Radien ist Abbildung 3.8 zu entnehmen.

Vergleicht man die Ergebnisse aller drei Freilassungsorte, so ergeben sich erst in einer Distanz von 1000 m zum jeweiligen Freilassungsort vergleichbare Ergebnisse.

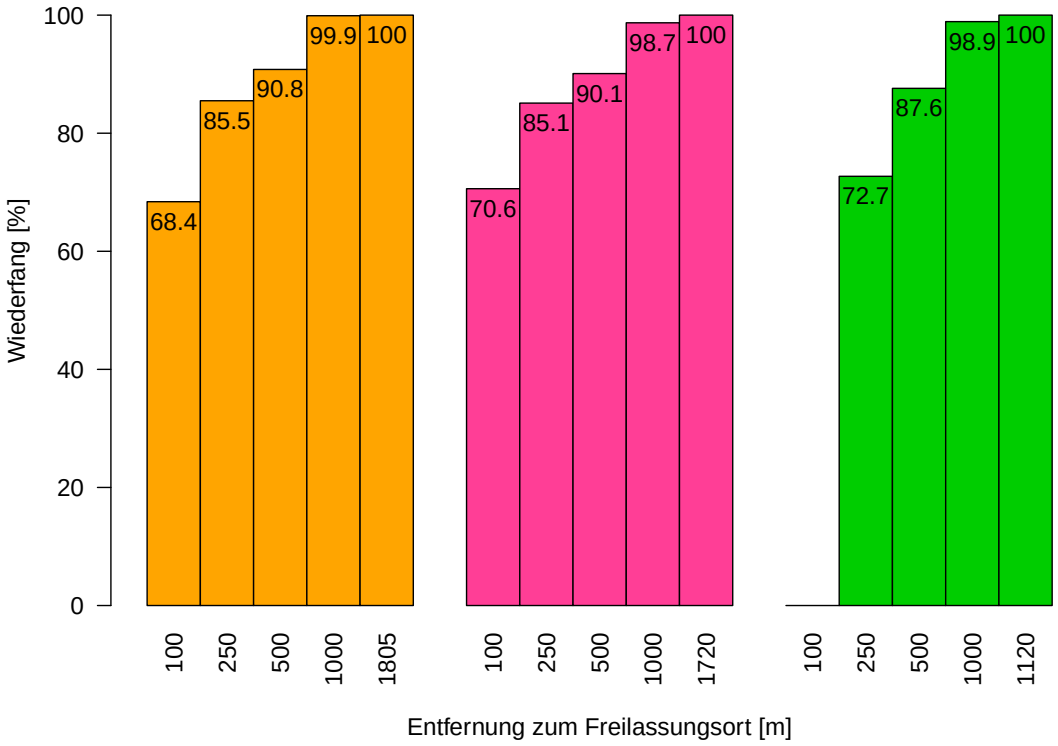


Abbildung 3.8: Kumulierter Wiederfang markierter Individuen von *I. typographus* in 100 m, 250 m, 500 m und 1000 m Distanz zu ihrem Freilassungsort in Prozent. Der jeweils fünfte Balken stellt die Distanz dar, innerhalb der alle Käfer der jeweiligen Farbe gefangen wurden. n_{orange}=1.286; n_{pink}=1.150; $n_{\text{grün}}$=732;

Betrachtet man jedoch nur die Ergebnisse des orangen und pinken Freilassungsortes, so ähneln sich diese bereits ab dem 100 m-Radius. Stellt man die Ergebnisse des grünen Freilassungsortes jenen des orangen und pinken Freilassungsortes gegenüber, zeigt sich ein besonders großer Unterschied in den ersten drei Radien: Der Wiederfang im 250 m-Radius des grünen Freilassungsortes ist nur etwas höher als jener in den 100 m-Radien der anderen beiden Freilassungsorte. Dasselbe gilt für den 500 m-Radius des grünen Freilassungsortes, verglichen mit den 250 m-Radien des orangen und pinken Freilassungsortes. Hier muss jedoch auch die variierende Fallenanzahl innerhalb der Radien berücksichtigt werden, die in Tabelle 3.2 dargestellt ist.

Tabelle 3.2: Kumulierte Fallenanzahl innerhalb der Radien der jeweiligen Freilassungsorte.

	Freilassungsort		
Radius [m]	Orange	Pink	Grün
100	6	3	0
250	14	14	12
500	19	20	20
1000	41	40	40

3.5 Ausbreitung markierter Käfer von *I. typographus*

Für die Beschreibung des abnehmenden Wiederfanges mit zunehmender Distanz zum Freilassungsort nach der Diffusions-Funktion ergeben sich für die Ausbreitung markierter Käfer von *I. typographus* von allen drei Freilassungsorten aus hochsignifikante Parameter, die Tabelle 3.3 zu entnehmen sind.

Tabelle 3.3: Bestimmtheitsmaße (R^2), Werte der F-Statistik und p-Werte für die Beschreibung der Ausbreitung nach Gleichung 2.3 (modifiziert nach Wallace, 1966), für den orangen, pinken und grünen Freilassungsort, sowie für alle markierten Käfer von *I. typographus* zusammen (Gesamt).

	Orange	Pink	Grün	Gesamt
R^2	0,714	0,533	0,536	0,601
F-Statistik	105	47,9	48,5	195,7
p-Wert	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Die Originaldaten und transformierten Daten mit den zugehörigen Regressionsgeraden für orange, pink und grün markierte Käfer, sowie für den Gesamtfang markierter Käfer sind in Abbildung 3.9 und 3.10 dargestellt. Die Regressionsgleichungen sind jeweils den rechten Abbildungen zu entnehmen.

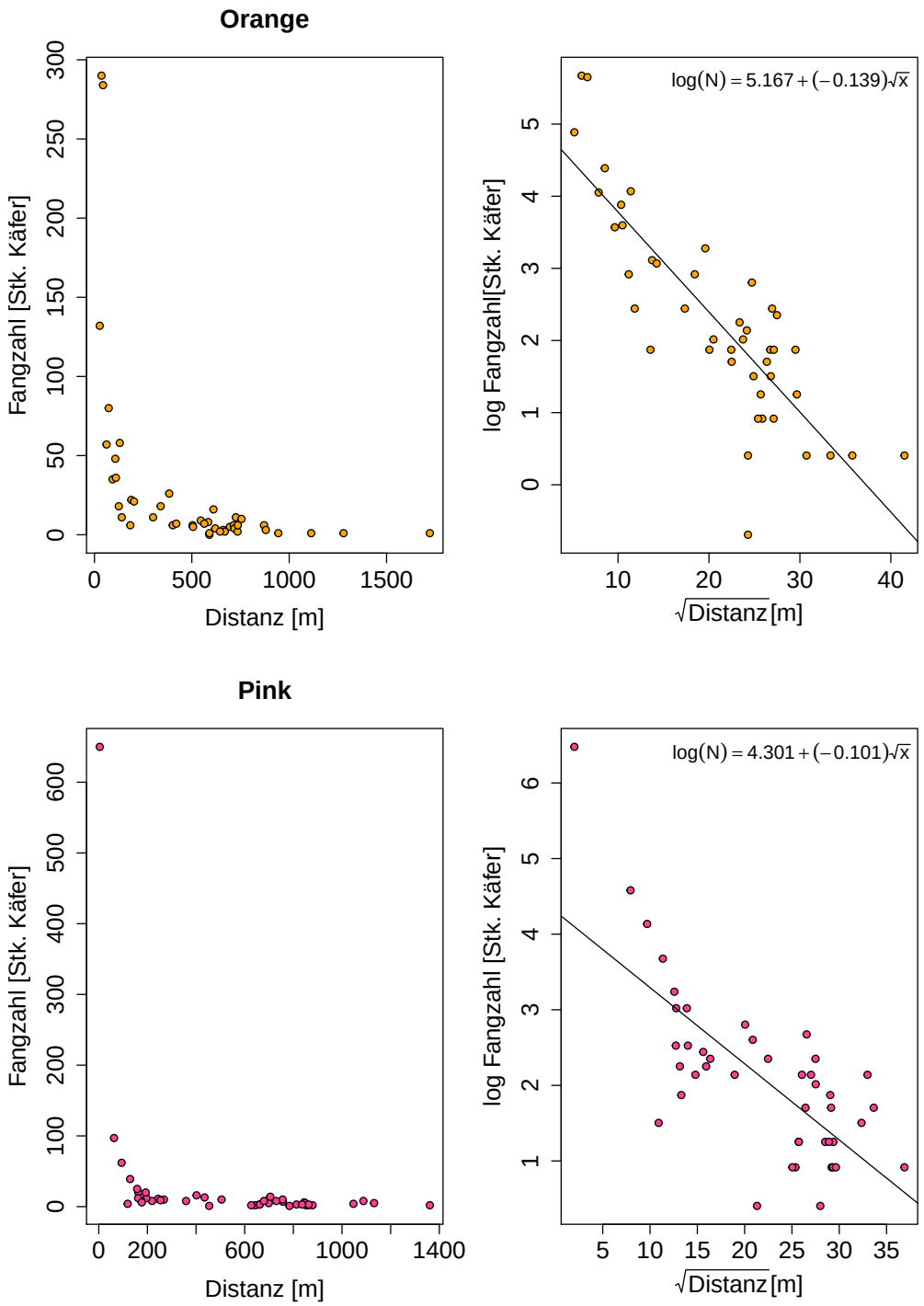


Abbildung 3.9: Fangzahlen (Wiederfang markierter Käfer) in Abhängigkeit von der Distanz der Falle zum Freilassungsort: Originaldaten (linke Abbildungen) und transformierte Daten entsprechend der Diffusions-Funktion (rechts) mit Darstellung der Regressionsgeraden für den orangen und pinken Freilassungsort.

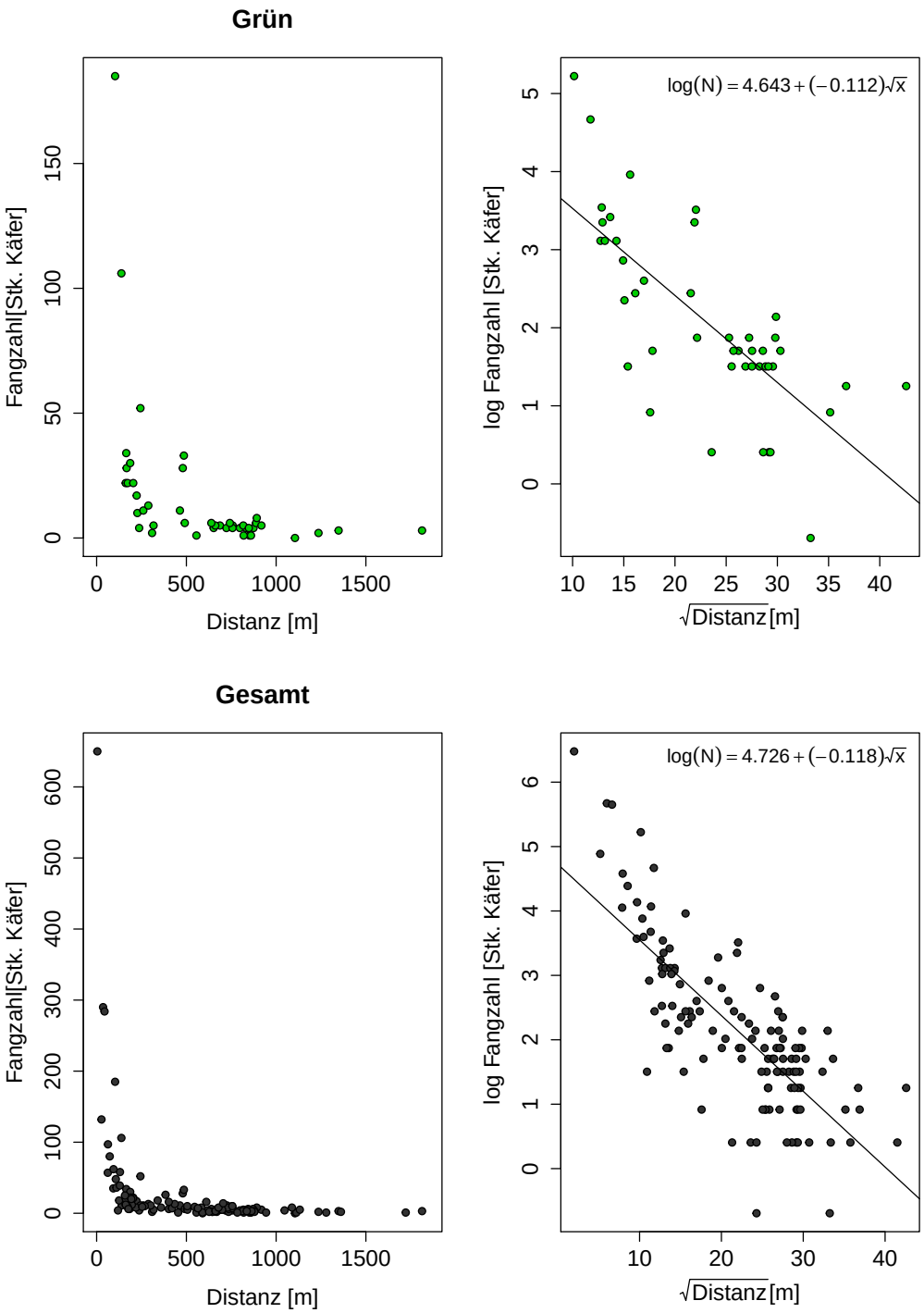


Abbildung 3.10: Fangzahlen (Wiederfang markierter Käfer) in Abhängigkeit von der Distanz der Falle zum Freilassungsort: Originaldaten (linke Abbildungen) und transformierte Daten entsprechend der Diffusions-Funktion (rechts) mit Darstellung der Regressionsgeraden für den pinken Freilassungsort und alle markierten Individuen von *I. typographus* zusammen (Gesamt).

3.6 Gesamtfang von *I. typographus* in Waldfallen

Die Anwendung von Gleichung 2.3 auf den wöchentlichen Gesamtfang markierter und unmarkierter Käfer in den Waldfallen ergab in den meisten Wochen keinen Zusammenhang zwischen abnehmendem Fang mit zunehmender Distanz vom Lager. Als Beispiel ist die Woche mit dem Sammeldatum 21. Mai 2013 in Abbildung 3.11 dargestellt. Die Käfer, die in diesen Wochen in den Fallen 30 bis 44 gefangen wurden, stammten demnach nicht ausschließlich vom Holzlagerplatz.

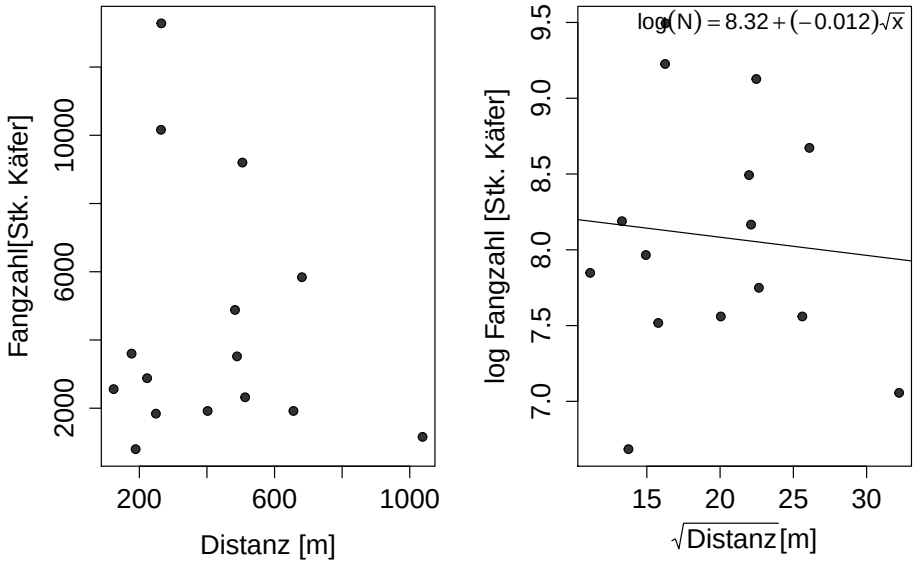


Abbildung 3.11: Gesamtfangzahlen (Sammeldatum: 21.05.2013) in Abhängigkeit von der Distanz der Falle zum Lagerplatz: Originaldaten (linke Abbildungen) und transformierte Daten entsprechend der Diffusions-Funktion (rechts) mit Darstellung der Regressionsgeraden.

In den beiden Wochen mit den Sammeldaten 8. und 15. Juli 2013 sind hingegen abnehmende Fangzahlen mit zunehmender Distanz vom Lager gegeben (siehe Abbildung 3.12). In diesen Wochen scheint es, dass ein Einfluss von Käfern, die

vom Holzlagerplatz stammten, auf die Fangzahlen gegeben war. Die Ergebnisse der Regressionsanalyse für die einzelnen Wochen sind Tabelle 3.4 zu entnehmen.

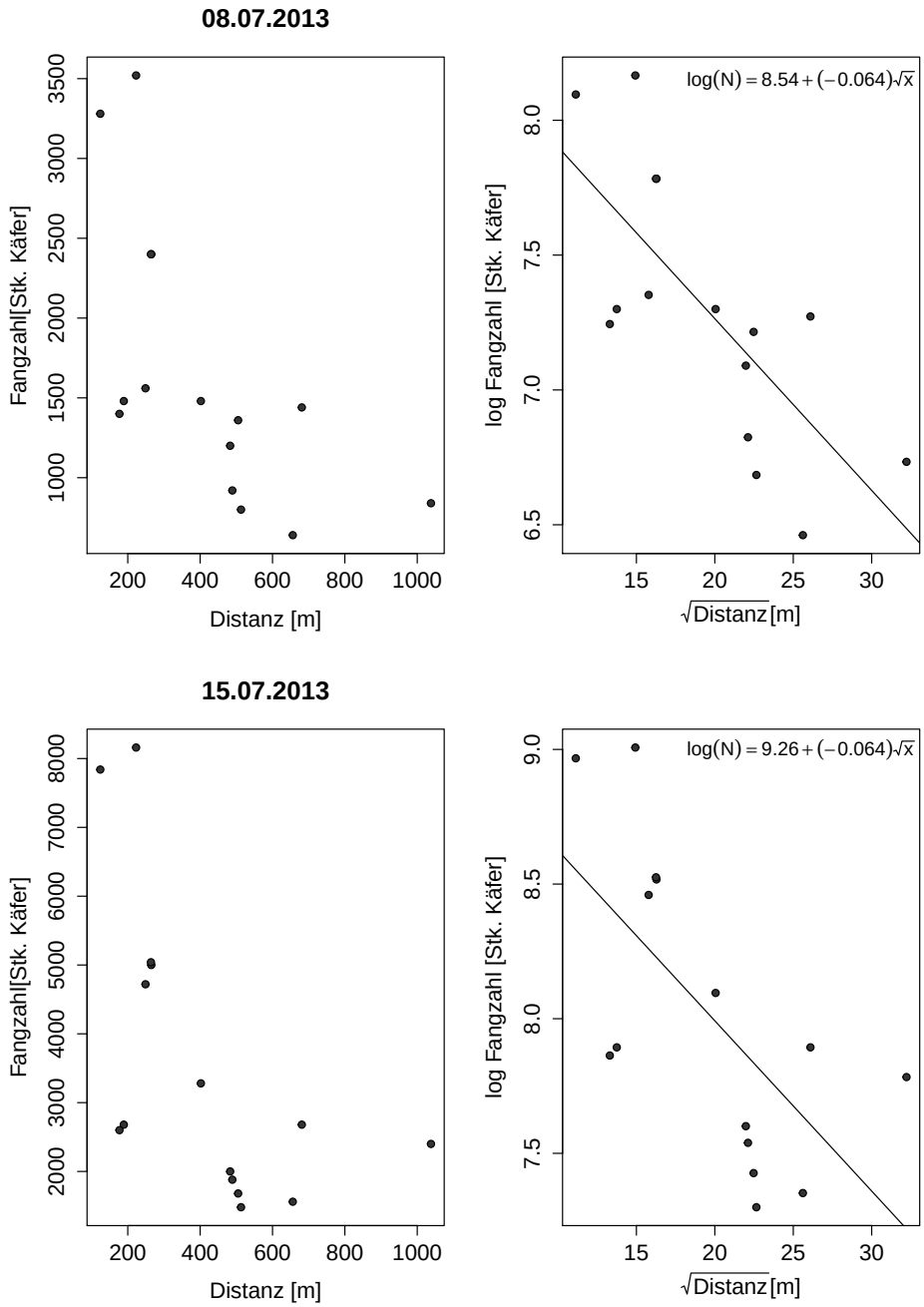


Abbildung 3.12: Gesamtfangzahlen (Sammeldaten: 08./15.07.2013) in Abhängigkeit von der Distanz der Falle zum Lagerplatz: Originaldaten (linke Abbildungen) und transformierte Daten entsprechend der Diffusions-Funktion (rechts) mit Darstellung der Regressionsgeraden.

Tabelle 3.4: Bestimmtheitsmaße (R^2), Werte der F-Statistik und p-Werte für die Beschreibung der Ausbreitung der in den Waldfallen (Fallennummern 30 bis 44) gefangenen Käfer von *I. typographus* in den einzelnen Wochen nach Gleichung 2.3 (modifiziert nach Wallace, 1966) unter der Annahme, dass der Holzlagerplatz eine Punktquelle darstellte. Mit 16.09.2013 wurden das letzte Mal alle Waldfallen geleert. Wochen mit signifikanten Ergebnissen ($p \leq 0.01$) sind mit ** versehen.

	Sammeldatum					
	21.05.	27.05.	03.06	10.06.	17.06.	24.06.
R^2	0,008	0,012	0,016	0,008	0,055	0,233
F-Statistik	0,097	0,157	0,217	0,097	0,763	3,64
p-Wert	0,785	0,699	0,649	0,758	0,398	0,081

	01.07.	08.07.**	15.07.**	22.07.	29.07.	05.08.
R^2	0,064	0,541	0,428	0,181	0,037	0,003
F-Statistik	0,882	15,3	9,71	2,87	0,502	0,04
p-Wert	0,365	0,002	0,008	0,114	0,491	0,846

	12.08.	19.08.	26.08.	02.09.	09.09.	16.09.
R^2	0,056	0,107	0,077	8,28E-05	2,44E-03	9,27E-03
F-Statistik	0,774	1,56	1,08	1,08E-03	0,032	0,122
p-Wert	0,395	0,234	0,317	0,974	0,861	0,733

3.7 Auswirkung von Temperatur und Niederschlag auf den Flug

Der ermittelte Korrelationskoeffizient nach Pearson zwischen den Temperaturaufzeichnungen der Messstation am Reiterberg und jenen des Datenloggers am Holzlager beträgt 0,92. Da sich trotz der hohen Korrelation dieser beiden Aufzeichnungen die berechneten Korrelationskoeffizienten zwischen Temperatur und Wiederfang zum Teil erheblich unterscheiden, sind die Ergebnisse der Berechnungen für beide Temperaturdatenquellen in Tabelle 3.5 angegeben.

Tabelle 3.5: Berechnete Korrelationskoeffizienten nach Kendall zwischen mittlerem Fallenfang (markiert und unmarkiert), sowie dem Fang markierter Käfer von *I. typographus* und Temperaturdaten (D: Datenlogger, R: Station Reiterberg), sowie Niederschlag (N).

	T_D	T_R	N
Mittlerer Fallenfang$_{Lager}$	0.66	0.59	-0.17
Mittlerer Fallenfang$_{Wald}$	0.47	0.38	-0.10
Orange markierte Käfer	0.63	0.54	-0.30
Pink markierte Käfer	0.46	0.41	-0.12
Grün markierte Käfer	0.52	0.41	-0.17

Eine mittelstarke Korrelation mit den Temperaturdaten ergibt sich lediglich für den mittleren Fallenfang am Lager und für den Fang orange markierter Käfer, alle anderen (Wieder-)Fangdaten korrelieren nur mäßig mit den gegebenen Temperaturdaten.

Für den Zusammenhang zwischen nach Fallenfang gewichteter Flugdistanz der markierten Käfer (Formel 2.1) und der Temperatur, sowie dem Niederschlag, ergibt sich in keinem Fall eine hohe Korrelation (siehe Tabelle 3.6).

Tabelle 3.6: Berechnete Korrelationskoeffizienten nach Kendall zwischen nach Fallenfang gewichteter Flugdistanz orange, pink und grün markierter Käfer und der Temperatur (D: Datenlogger), sowie dem Niederschlag (N).

	T_D	N
Orange markierte Käfer	0.26	-0.12
Pink markierte Käfer	0.37	-0.27
Grün markierte Käfer	0.01	-0.20

Die Abbildungen 3.13 und 3.14 zeigen den Fangverlauf markierter Käfer von *I. typographus* (wöchentliche Summe aller drei Markierungsfarben) bzw. den Gesamtfang, sowie die mittlere Wochentemperatur und den Wochenniederschlag über den gesamten Untersuchungszeitraum.

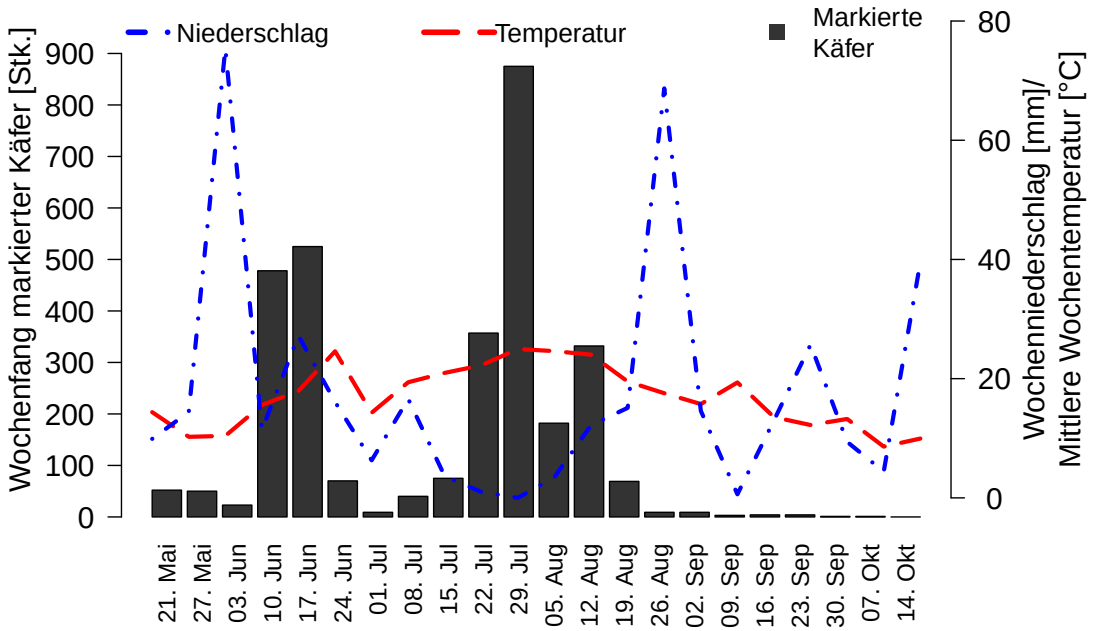


Abbildung 3.13: Wochenfang markierter Individuen von *I. typographus*, sowie Darstellung des Wochenniederschlages und der mittleren Wochentemperatur.

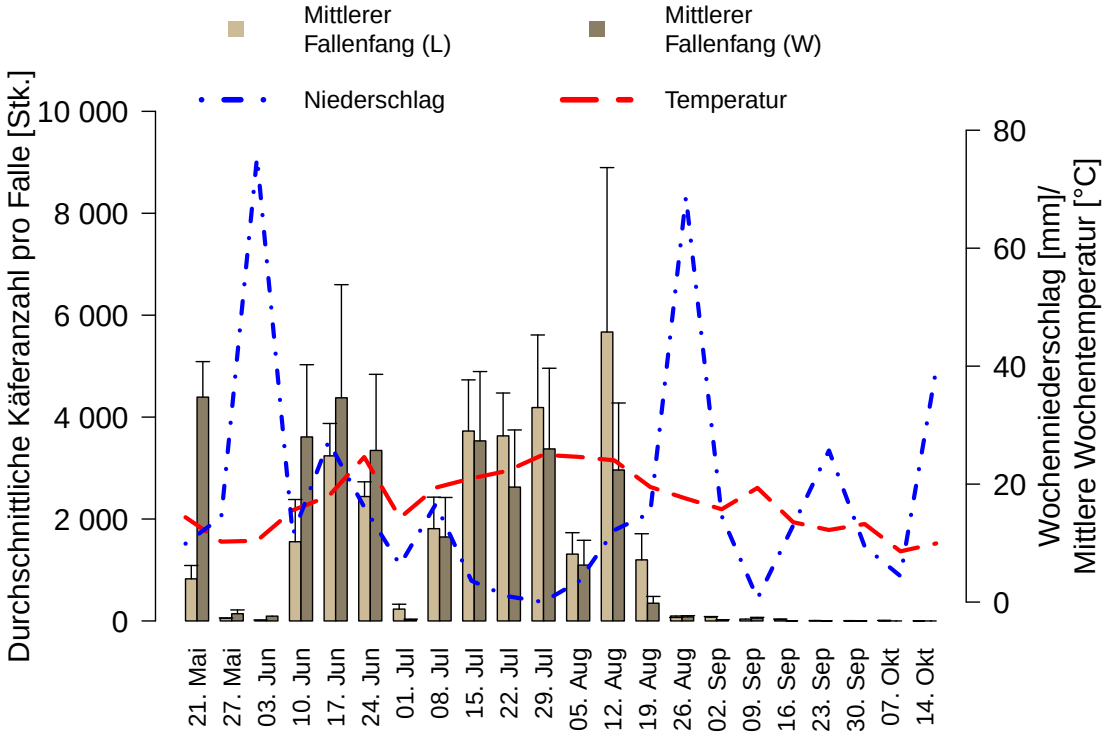


Abbildung 3.14: Mittlere Käferanzahl (markiert und unmarkiert) von *I. typographus* pro Falle am Lager (L) und im Wald (W), sowie Darstellung des Wochenniederschlages und der mittleren Wochentemperatur.

4 Diskussion

Jeweils mehr als 89% der orange und pink markierten, wiedergefangenen Käfer wurden in Fallen des lagerumschließenden Fallengürtels gefangen und konnten somit daran gehindert werden, in die umliegenden Wälder abzuwandern. Die restlichen 10,7% bzw. 10,8% überflogen den Fallengürtel am Lager und gingen in Fallen, die im Wald angeordnet waren. Der größte Teil grün markierter, wiedergefangener Käfer (43,6%) ging in Fallen im südlichen Nahbereich des Holzlagerplatzes, wo auch die Freilassungsstelle lag. Mit 37,4% Wiederfang in Fallen am Lager ist jedoch eine deutliche Bewegung grün markierter Käfer in Richtung dessen erkennbar. Diese Verteilungen des Wiederfanges beziehen sich jedoch lediglich auf 3,9% der freigelassenen orange markierten Käfer, 6,9% der freigelassenen pink markierten Käfer und 2,3% der freigelassenen grün markierten Käfer. In anderen Experimenten in bzw. in der Nähe von Fichtenbeständen reichen die Wiederfangraten von 1,9% (Hoch et al., 2012) bis zu 8,4% (Zolubas et al., 1995). Blackwell et al. (2013) konnten im Wildnisgebiet Dürrenstein rund 22% der freigelassenen, markierten Käfer in Fallen wiederfangen. Im Experiment von Duelli et al. (1997) ohne Einfluss natürlicher Pheromonquellen betrug der Wiederfang aller freigelassenen Käfer 43% bei jenen Käfern mit Flugerfahrung und 47,7% im Fall jener ohne Flugerfahrung. Botterweg (1982) hingegen fing in seinem ebenfalls in einem Kiefernbestand mit konzentrisch etablierten Fallengürteln durchgeführten Versuch lediglich zwischen 5,5% und 17,8% der freigelassenen Käfer von *I. typographus* wieder. Die

Fallenabstände waren mit 78 m weiter angelegt, als bei Duelli et al. (1997), wo die Fallen zwischen 15 m und 40 m entfernt voneinander lagen.

Neben der Möglichkeit der Migration freigelassener, nicht wiedergefangener Käfer könnten Individuen auch am Lager verblieben sein und sich in dort lagernde Stämme eingebohrt haben (Hoch et al., 2012). In unmittelbarer Nähe der Ränder des Lagerplatzes befanden sich zudem Befallsnester, die mit Sicherheit auch attraktiv waren, da auch der erfolgreiche Befall eines Wirtsbaumes die Ausbreitung freigelassener Käfer von *I. typographus* beeinflussen kann (Franklin et al., 2000). Ein Teil der freigelassenen Käfer wird schließlich natürlicher Mortalität oder Prädatoren erlegen oder auf sonstige Art und Weise verloren gegangen sein (Duelli et al., 1997).

Der niedrige Wiederfang freigelassener, grün markierter Käfer ist sicherlich auch bedingt durch die weiteren Fallenabstände um den Freilassungsort: Die Fallen um den grünen Freilassungsort wiesen im Durchschnitt eine Entfernung von 94 m zueinander auf. Gehen wir, wie Duelli et al. (1997), davon aus, dass der Attraktionsradius pro Pheromonfalle 20 m beträgt, so überschritt der Fallenabstand diesen angenommenen Radius deutlich und die Käfer konnten den Freilassungsort ohne Kontakt mit dem Pheromon verlassen.

Im Gegensatz dazu folgten die Fallen am Lager dessen Rändern, wodurch sich eine linienförmige Anordnung ergab, und nicht eine räumliche. Das trifft vor allem für den westlichen Teil des Lagerplatzes zu, in dem der orange Freilassungsort lag. Die 12 Fallen, die dort an der Süd- und Westseite des Lagerplatzes platziert waren, wiesen einen durchschnittlichen Abstand von 59 m auf. Im Inneren dieses Teiles des Holzlagerplatzes und entlang der Nordseite waren keine Fallen angeordnet. Käfer, die in Richtung Norden abwanderten, konnten somit den Holzlagerplatz verlassen, ohne mit dem Pheromon in Berührung gekommen zu sein.

Der mittlere Teil des Lagerplatzes war mit nur zwei Fallen abgedeckt, die einen

Abstand von 102 m voneinander aufwiesen, und von den Fallen im westlichen Teil des Lagerplatzes rund 181 m, von jenen im östlichen Teil rund 103 m entfernt lagen. Im östlichen Teil des Lagerplatzes folgte der Großteil der Fallen erneut den Rändern (Nr. 13 bis 22), hier waren jedoch auch drei Fallen (Nr. 25, 26 und 29) im Inneren des Holzlagerplatzes angeordnet, und zwei Fallen an der Nordseite (Nr. 23 und 24). Der Abstand zwischen den Fallen betrug im Durchschnitt 53 m. Die näheste Falle lag hier nur 4 m vom Freilassungsort entfernt, weshalb davon auszugehen ist, dass alle Käfer nach ihrem Schlupf aus den markierten Stämmen mit dem Pheromon in Verbindung gekommen sind. Für alle freigelassenen pink markierten Käfer, die nicht wiedergefangen wurden, bedeutet dies, dass sie die vorhandenen Pheromonquellen ignoriert haben müssen. Dies gilt sicherlich auch für einen Teil der freigelassenen orange und grün markierten Käfer. Bei Duelli et al. (1997) ignorierten rund 53,2% der freigelassenen Käfer ohne Flugerfahrung die angebotenen Lockstoffe, Botterweg (1982) fing zwischen 82,2% und 94,5% der freigelassenen Individuen von *I. typographus* nicht wieder.

Die Beschreibung der Ausbreitung markierter Käfer nach Gleichung 2.3 ergibt für Käfer aller drei Markierungsfarben eine exponentielle Abnahme der Fangzahl mit zunehmender Distanz, wie auch in anderen Experimenten zuvor gezeigt werden konnte (Botterweg, 1982; Zolubas et al., 1995; Duelli et al., 1997). Die Wiederfangzahlen orange markierter Käfer weisen im vorliegenden Versuch das höchste Bestimmtheitsmaß (R^2=0,714) auf, gefolgt von den grün (R^2=0,536) und pink markierten Käfern (R^2=0,533). Im Fall von Orange ist der Wiederfang somit besser durch die Distanz zum Freilassungsort erklärt, als für Pink und Grün.
Im Fall von Pink und Grün fingen die 3 bzw. 2 dem Freilassungsort nächstgelegenen Fallen die meisten Käfer, danach beginnt eine starke Variation der Fangzahlen mit zunehmenden Distanzen. Im Gegensatz dazu zeigte bei Orange die näheste Falle

nicht den höchsten Wiederfang: Nummer 6, in 27 m Entfernung südlich des orangen Freilassungsortes gelegen, konnte anteilsmäßig nur 10,3% Wiederfang erzielen. Falle 7 hingegen, 36 m entfernt, wies einen Anteil von 22,5% aller orange markierten, wiedergefangenen Käfer auf, gefolgt von Falle 8 (44 m entfernt) mit 22%. Durch den Umstand, dass weiter entfernte Fallen zum Teil mehr Käfer fingen, als näher gelegene und somit Fallen in sehr unterschiedlichen Distanzen zum Teil gleiche Fangzahlen aufwiesen, kam es zu Über- bzw. Unterschätzungen der Fangzahlen in bestimmten Distanzen durch das Modell. Falle 23 stellt im Fall der pink markierten Käfer die näheste Falle dar und weist auch den höchsten Wiederfang auf (56,5% = 650 Stück), der jedoch vom Modell weit unterschätzt wird (geschätzt: 60 Käfer). Bis auf die Fallen mit den Nummern 19 bis 23 wiesen alle restlichen nur einen Fang von maximal 20 pink markierten Käfern auf, und das in sehr unterschiedlichen Distanzen: So fingen beispielsweise Fallen in Entfernungen von 359 m (Nr. 28), 679 m (Nr. 37), 730 m (Nr. 8) und 1088 m (Nr. 32) je 8 pink markierte Käfer. Die Fallen 25 und 26, die innerhalb des Lagerplatzes lagen, wurden im Vergleich zu den anderen, im östlichen Teil gelegenen Fallen (13 bis 24 und 29) von pink markierten Käfern am wenigsten stark angeflogen, und das, obwohl sie nur 177 bzw. 119 m vom pinken Freilassungsort entfernt lagen. Möglich ist, dass hier die Ausrichtung der Polter eine Rolle spielte, ob also die Käfer zwischen den Poltern oder über die Polter flogen, oder bestimmte Fallen ungünstig hinter Poltern lagen, und deshalb nicht angeflogen wurden. Es zeichnet sich jedoch deutlich ab, dass der Wiederfang bei Orange und Grün von im Westen des Untersuchungsgebietes platzierten Fallen zu im Osten installierten Fallen abnahm, bei Pink genau umgekehrt. Das heißt für Orange und Pink, dass im dem Freilassungsort näher gelegenen Bereich des Lagers mehr wiedergefangen wurde.

Ein weiteres Problem könnte in diesem Zusammenhang die Lage der Fallen zum Freilassungsort sein: Im Fall grün markierter Käfer lagen die Fallen 1 bis 3 in einer

vertikalen Linie relativ vom Freilassungsort aus gesehen. Falle 3 (Entfernung: 167 m) wies mit 28 Käfern eine um ein Vielfaches höhere Fangzahl auf, als Falle 2 mit 4 Käfern (Entfernung: 237 m) und Falle 1 mit 2 Käfern (Entfernung: 309 m). Die Fangzahlen für Falle 1 und 2 wurden vom Modell stark überschätzt. Die geringen Fangzahlen dieser beiden Fallen zeigten sich auch bei den orange markierten Käfern, obwohl die Fallen hier vom Freilassungsort aus gesehen nicht in einer Vertikalen angeordnet waren, womöglich die Polter aber eine Barriere darstellten. Bei Pink zeigte sich im Gegensatz dazu, dass die Fallen mit den Nummern 19 bis 22, die ebenfalls in einer vertikalen Linie relativ zum Freilassungsort lagen, nach Falle 23 den höchsten Wiederfang aufwiesen, die Entfernungen waren jedoch geringer (zwischen 63 und 158 m) und es musste keiner der von Nord nach Süd ausgerichteten Polter überflogen werden.

Die Tatsache, dass anteilsmäßig der höchste Wiederfang im Nahbereich der Freilassungsstelle erzielt wird, ist konsistent mit den Ergebnissen vieler anderer Experimente (vgl. Botterweg, 1982; Zolubas et al., 1995; Duelli et al., 1997; Blackwell et al., 2013). In die Fallen innerhalb der ersten 100 m zum Freilassungsort gingen 68,4% der orange markierten und 70,6% der pink markierten, wiedergefangenen Käfer. Das ähnliche Wiederfangverhalten gründet sich zum Teil auf die vergleichbare Fallenanordnung um die beiden Freilassungsorte, wenn auch die Fallenanzahl variierte: Während sich der Wiederfang orange markierter Käfer auf sechs Fallen verteilte, waren im Fall pink markierter Käfer nur drei Fallen in diesem Radius angeordnet. Durch die sehr hohe Fängigkeit von Falle 23 ergab sich trotzdem ein etwas höherer Wiederfang als für Orange. Für grün markierte Käfer ergibt sich erst im 250 m-Radius ein vergleichbarer Wiederfang von 72,7%. Orange und grün markierte Käfer kamen erst nach dem Verlassen ihres Freilassungsortes in Verbindung mit Pheromonquellen, folgt man der Annahme des Attraktionsradius von 20 m pro Falle (Duelli et al., 1997). Für alle pink markierten Käfer, die in wei-

ter von ihrem Freilassungsort entfernten Fallen gefangen wurden, bedeutet das, dass sie näher am Freilassungsort gelegene Fallen ignorierten und überflogen. Im bereits beschriebenen Experiment von Duelli et al. (1997) reagierten rund 64,6% der freigelassenen Individuen von *I. typographus* ohne Flugerfahrung nicht auf die Pheromonquellen, die im 5 m-Radius um ihren Freilassungsort lagen. 9,4% bzw. 2,8% der Käfer konnten erst in den zwei äußeren Radien wiedergefangen werden, nachdem sie eine Flugstrecke von 200 m bzw. 500 m zurückgelegt hatten. Auch Gries (1985) zeigte, dass der Anteil von *I. typographus*, der sofort auf angebotene Pheromone reagiert, nur bei 26% liegt.

Orange und Pink zeigen über alle Radien ein sehr ähnliches Wiederfangverhalten: In Fallen des 100 m-Radius um den Freilassungsort gingen mehr als 68% der wiedergefangenen, orange markierten Käfer und mehr als 70% der wiedergefangenen, pink markierten Käfer. Innerhalb von 500 m zum Freilassungsort wurde ein Wiederfang von mehr als 85% der Käfer beider Markierungsfarben erzielt. Mehr als 50% der von Blackwell et al. (2013) wiedergefangenen Käfer gingen in Fallen, die innerhalb von 100 m zur Freilassungsstelle lagen, und mehr als 93% in jene, die maximal 500 m entfernt lagen.

Durch die unterschiedliche Fallenanordnung um den grünen Freilassungsort werden bei Grün die Ergebnisse, die bei Orange und Pink im 100 m- und 250 m-Radius erreicht werden, erst in den 250 m und 500 m entfernten Radien leicht überschritten. Vergleichbare Ergebnisse innerhalb desselben Radius für alle drei Markierungsfarben ergeben sich erst im 1000 m-Radius, in dem ca. 99% des Wiederfanges erreicht wurde.

Die Distanzen, in denen 100% aller markierten, wiedergefangenen Käfer in die Fallen gingen, hingen einzig von der Entfernung der einzelnen Freilassungsorte zu den Fallen ab. Ein Flugvermögen einzelner Individuen von mehr als 1 km zeigt sich bei Käfern aller drei Markierungsfarben: So flog ein orange markierter Käfer in

die von seinem Freilassungsort entfernteste Falle mit einer Distanz von 1.722 m. In Falle 44, die mit 1.361 m am weitesten entfernt vom pinken Freilassungsort lag, wurden zwei pink markierte Käfer gezählt. Falle 32, die mit 1.813 m die weiteste Distanz zum grünen Freilassungsort aufwies, enthielt 3 grün markierte Käfer.
In allen 44 Fallen konnten pink markierte Käfer wiedergefangen werden. Kein orange markierter Käfer landete nur in Falle 24, 590 m vom orangen Freilassungsort entfernt, obwohl es sich um einen exponierten Fallenstandort an der Nordseite des Lagerplatzes handelte, an der, 166 m entfernt, nur noch Falle 23 angeordnet war. Die einzige Falle, die von grün markierten Käfern nicht angeflogen wurde, war jene mit der Nummer 30, rund 1.105 m vom Freilassungsort entfernt. Ein Grund dafür könnte sein, dass sich diese Falle nordöstlich des Lagerplatzes befand, und die Käfer vor dem Erreichen dieses Fallenstandortes von einer der vielen anderen Fallen im östlichen Teil des Lagerplatzes gefangen wurden und somit den Lagerplatz nicht wieder verließen. Eine bevorzugte Ausbreitungsrichtung konnte für Käfer keiner Markierungsfarbe erkannt werden, was auch Duelli et al. (1997) und Franklin et al. (2000) zeigten. Allerdings war eine derartige Analyse im vorliegenden Experiment aufgrund der Fallenanordnung nicht gut möglich.

Die Einteilung in die drei Fallenstandorte erfolgte, um eventuelle Unterschiede im Wiederfang orange und pink markierter Käfer von *I. typographus* im lagernahen und lagerfernen Bereich des Waldes zu erkennen. Der Fallenstandort gibt jedoch keinen Aufschluss über die Lage und Entfernung zu den jeweiligen Freilassungsorten: Trotz unterschiedlicher Distanzen zwischen dem orangen bzw. pinken Freilassungsort und den Fallen im Wald, ergab sich im lagernahen Bereich ein identer Wiederfanganteil dieser beiden Markierungsfarben, im lagerfernen Bereich ein nahezu identer. Die Auswertung nach Fallenstandorten zeigte für die grün markierten Käfer, dass das Lager durchaus attraktiv für *I. typographus* ist: Mit 37,4% Wiederfang am Lager ist davon auszugehen, dass *I. typographus* auch von den umliegenden

Wäldern auf den Lagerplatz abwandert und dort lagernde befallstaugliche Bloche als Brutmaterial dienen können. Angelieferte Stämme, die bereits von *I. typographus* befallen sind, werden eine zusätzliche Attraktion bewirken (Franklin et al., 2000). Der hohe Wiederfang gründet sich zudem auf die Nähe der Fallen am Lager: Nur zwei lagernahe Fallen im Wald (Nr. 41: 103 m; Nr. 42: 138 m) lagen näher am grünen Freilassungsort, als die Fallen 3 bis 7 am Lager (Entfernungen zwischen 162 und 187 m). Zur geringen Entfernung einiger Lagerfallen kommt hinzu, dass diese in einer höheren Dichte vorhanden waren als im unmittelbaren Nahbereich des Freilassungsortes, als auch im lagerfernen Bereich.

Um abzuschätzen, ob die in den Waldfallen gefangenen Käfer (markierte sowie - vor allem - nicht markierte) von *I. typographus* vom Lager stammten, wurde der der Falle nächstgelegene Rand des Lagerplatzes als Punktquelle angenommen, und damit getestet, ob das Diffusionsmodell den Gesamtfang in den Waldfallen erklären könnte. Dementsprechend sind die Ergebnisse mit Bedacht zu beurteilen: Lediglich für die beiden Wochen mit den Sammeldaten 8. Juli und 15. Juli 2013 ergaben sich mäßig hohe Bestimmtheitsmaße und hoch signifikante Regressionsparameter. Es könnte sich hier um die Käfer der ausfliegenden ersten Generation (F1) gehandelt haben. Für diese beiden Wochen ist ein beträchtlicher Einfluss abwandernder Käfer vom Holzlagerplatz anzunehmen. Aufgrund der monatsweisen Erfassung der Holzeinlagerung durch das Werk kann keine Aussage über die exakte zeitliche und örtliche Einlagerung am Lagerplatz für diese beiden Wochen getroffen werden, zu Beginn des Versuches befand sich jedoch noch kein Holz am Lagerplatz. Die restlichen 16 Wochen hingegen zeigten keinen Zusammenhang zwischen zunehmender Distanz und abnehmendem Wiederfang. Dies lässt vermuten, dass die Käfer, die in diesen Wochen in den Waldfallen gefangen wurden, zu einem großen Teil aus lokalen Populationen und nicht nur vom Holzlagerplatz stammten. Angst et al. (2012)

untersuchten den Fang von *I. typographus* entlang von drei Transekten, die von befallenen Fichtenbeständen in Pufferzonen ohne Fichte führten. Die angewendete unlogarithmierte Form der Diffusions-Funktion zeigte einen starken Zusammenhang zwischen abnehmendem Fang und zunehmender Distanz.

Die Auswirkung von Temperatur und Niederschlag auf den Wiederfang markierter Käfer zeigt bei Betrachtung der Abbildungen 3.13 und 3.14 bis auf wenige Ausnahmen für die Temperatur eine positive Korrelation mit dem Wiederfang, für den Niederschlag eine negative. Die berechneten Korrelationskoeffizienten lassen einen geringen Einfluss des Niederschlages auf den Wiederfang und die mittlere Flugdistanz während des Untersuchungszeitraumes vermuten, denn es ergeben sich nur schwache Korrelationen. Besonders im Fall des Niederschlages bedeuten geringe Regenmengen nicht zwingend, dass der Wiederfang entsprechend hoch ist, wenn für den Flug ungünstige Temperaturen herrschen. Laut Lobinger (1994) liegt der untere Schwellenwert der Flugaktivität von *I. typographus* bei 16,5°C. Die Wochen, in denen dieser Wert an einem oder mehreren Tagen unterschritten wird, liegen vor allem am Beginn und am Ende des Versuchszeitraumes. Die Monate Juli und August boten laut Temperaturaufzeichnungen des Datenloggers äußerst günstige Flugbedingungen ohne temperaturbedingte Flugpausen, bis auf die letzte Augustwoche. Gleichzeitig bedeutet eine Zunahme der Niederschlagsmenge nicht unbedingt eine Abnahme der Wiederfangzahl. Ausschlaggebend werden hier der Zeitpunkt des Niederschlages, sowie die Dauer und Intensität sein.
Für den Zusammenhang zwischen Temperatur und Wiederfang ergeben sich im Vergleich dazu höhere Korrelationskoeffizienten, wenn auch nicht für alle drei Markierungsfarben und den mittleren Fallenfang in gleichem Maße. Die beiden Freilassungsorte am Lager waren in Bezug auf die Sonneneinstrahlung gegenüber jenem im Wald sicherlich begünstigt. Dennoch zeigt sich in diesem Fall kein Unterschied

im Zusammenhang zwischen der Temperatur und dem Wiederfang pink und grün markierter Käfer. Franklin et al. (2000) konnten im Wiederfang markierter Käfer einen Einfluss der Temperatur erkennen, bei den unmarkierten Käfern war dies nicht der Fall. Der Einfluss der Temperatur auf die mittlere Flugdistanz ist laut den berechneten Korrelationskoeffizienten ebenfalls ein geringer, für grün markierte Käfer ergibt sich kein Einfluss. Es ist außerdem zu bedenken, dass Käfer nicht zwingend in derselben Woche gefangen werden, in der sie ausfliegen. Da alle Korrelationskoeffizienten über den gesamten Versuchszeitraum berechnet wurden, muss auch berücksichtigt werden, dass es Zeiten mit geringerer Flugaktivität gab. Bedingt ist dies durch den Entwicklungsstatus von *I. typographus* in den markierten Blochen: Wie aufgrund der Biologie von *I. typographus* zu vermuten ist, zeichnen sich Peaks im Wiederfang und somit auch im Flug markierter Käfer ab. Abseits dieser Peaks zeigen die restlichen Wochen einen Wiederfang auf niedrigem Niveau. Die Temperatur und der Niederschlag haben somit nur Einfluss auf die zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhandenen, fliegenden Adultkäfer, deren Vorkommen von der Generationsentwicklung von *I. typographus* abhängig ist.

5 Schlussfolgerungen

Zusammenfassend ist zu sagen, dass nicht nur die umliegenden Wälder attraktiv für vom Lagerplatz abwandernde Käfer von *I. typographus* sind, sondern auch das Lager eine Anziehung auf Käfer aus lokalen Populationen bewirkt. Es zeigte sich ausgehend von allen drei Freilassungsorten eine Ausbreitung markierter Käfer in alle von Fallen erfassten Richtungen.

Aus den orange und pink markierten Blochen am Lager flogen insgesamt 49.573 Individuen von *I. typographus* aus, wovon 2.436 Käfer in Fallen wiedergefangen wurden. Von diesen 2.436 Käfern gingen 69,3% der Käfer in Fallen, die innerhalb von 100 m zu ihrem Freilassungsort lagen. Innerhalb von 500 m Entfernung zum Freilassungsort betrug der Wiederfang 90,2%. Nach Kautz et al. (2011) treten 65,7% eines Neubefalles von *I. typographus* in einem unbewirtschafteten Wald innerhalb der ersten 100 m zum Vorjahresbefall auf und 96,4% innerhalb der ersten 500 m. Auch wenn diese Ergebnisse mit jenen des vorliegenden Experimentes nicht direkt vergleichbar sind, zeigt sich eine Ähnlichkeit im Neubefall bzw. Wiederfang innerhalb der beiden Radien. Knapp 1% der 2.436 markierten, vom Lagerplatz kommenden Käfer von *I. typographus* legten Distanzen von mehr als 1 km zurück, ehe sie in einer Falle gefangen wurden. Die Zahl weiter abgewanderter Käfer wird beim Nichtvorhandensein lokaler Populationen wohl nicht ausreichen, um einen vitalen Baum erfolgreich zu attackieren. Bedenkt man jedoch die Analyse des Gesamtfanges von *I. typographus* in den Waldfallen, so lässt diese die Anwesen-

heit lokaler Populationen in den umliegenden Wäldern vermuten. Diese können die Situation am Lager, in dem bereits mit *I. typographus* befallene Stämme vorhanden sind, ebenfalls beeinflussen. 10% abwandernde Käfer stellen beträchtliche Mengen dar, die die Dichte lokaler Populationen erhöhen können. Die Frage, wie viele Käfer sich tatsächlich im Holz am Lager entwickeln und schließlich aus den Blochen ausfliegen, kann in dieser Arbeit nicht beantwortet werden. Davon hängt letztlich ab, wie viele Käfer in die Wälder abwandern, und wie hoch die von diesen ausgehende Gefahr ist. Die wichtigste Voraussetzung für die Entstehung einer Massenvermehrung ist jedoch das Vorhandensein von attraktivem Brutmaterial. In den angrenzenden Wäldern und besonders im Nahbereich der Ränder des Lagerplatzes sind deshalb alle Maßnahmen zu treffen, um gegebenenfalls vom Lager abwandernden Käfern keine Möglichkeit zu bieten, erfolgreich Bruten anzulegen.

Literatur

Altenkirch, W., Majunke, C. und Ohnesorge, B., 2002: *Waldschutz auf ökologischer Grundlage*. Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co.

Angst, A., Rüegg, R. und Forster, B., 2012: Declining bark beetle densities (*Ips typographus*, Coleoptera: Scolytinae) from infested Norway spruce stands and possible implications for management. *Psyche: A Journal of Entomology* 2012. DOI: 10.1155/2012/321084.

Baier, P., Pennerstorfer, J. und Schopf, A., 2007: PHENIPS—A comprehensive phenology model of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. *Forest Ecology and Management* 249, 171 – 186.

Blackwell, E., Wimmer, V., Baier, P. und Schopf, A., 2013: "Induction and Spread of a spruce bark beetle outbreak in the Wilderness Area Dürrenstein, Austria". *In: 5th Symposium Conference Volume for Research in Protected Areas*. Herausgegeben von Bauch, K. Nationalpark Hohe Tauern, Symposium Mittersill, 10 to 12 June 2013, 65–70.

Botterweg, P. F., 1982: Dispersal and flight behaviour of the spruce bark beetle *Ips typographus* in relation to sex, size and fat content. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 94, 466–489.

Byers, J. A., 1999: Effects of attraction radius and flight paths on catch of scolytid beetles dispersing outward through rings of pheromone traps. *Journal of Chemical Ecology* 25, 985–1005.

Duelli, P., Zahradnik, P., Knizek, M. und Kalinova, B., 1997: Migration in spruce bark beetles (*Ips typographus* L.) and the efficiency of pheromone traps. *Journal of Applied Entomology* 121, 297–303.

Dworschak, K., 2013: "Ecophysiology of the European spruce bark beetle (*Ips typographus* L.): Factors affecting individual fitness, dispersal and population dynamics". PhD Thesis. Technische Universität München.

Environmental Systems Research Institute, 2014: *ArcGIS® Version 10.2*. Redland: Environmental Systems Research Institute.

Faccoli, M., 2002: Winter mortality in sub-corticolous populations of *Ips typographus* (Coleoptera, Scolytidae) and its parasitoids in the south-eastern Alps. *Journal of Pest Science* 75, 62–68.

Forsse, E. und Solbreck, C., 1985: Migration in the bark beetle *Ips typographus* L.: duration, timing and height of flight. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 100, 47–57.

Franklin, A. J., Debruyne, C. und Grégoire, J.-C., 2000: Recapture of *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae) with attractants of low release rates: localized dispersion and environmental influences. *Agricultural and Forest Entomology* 2, 259–270.

GIS-Steiermark®, 2014: *Digitaler Atlas Steiermark*. URL: `http://www.gis.steiermark.at/cms/ziel/73679/DE/` (besucht am 07. 02. 2014).

Gries, G., 1985: Zur Frage der Dispersion des Buchdruckers (*Ips typographus* L.) *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 99, 12–20.

Hoch, G., Menschhorn, P. und Krehan, H., 2012: Ausbreitung des Buchdruckers, *Ips typographus*, von einem großen Holzlager in umliegende Wälder. *Forstschutz aktuell* 57/58, 3–8.

Öhrn, P., Långström, B., Lindelöw, A. und Björklund, N., 2014: Seasonal flight patterns of *Ips typographus* in southern Sweden and thermal sums required for emergence. *Agricultural and Forest Entomology* 16, 147–157.

Jactel, H., 1993: Individual variability on the flight potential of *Ips sexdentatus* Boern. (Coleoptera: Scolytidae) in relation to day of emergence, sex, size and lipid content. *The Canadian Entomologist* 125, 919–930.

Kautz, M., Dworschak, K., Gruppe, A. und Schopf, R., 2011: Quantifying spatio-temporal dispersion of bark beetle infestations in epidemic and non-epidemic conditions. *Forest Ecology and Management* 262, 598–608.

Land Steiermark - Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2014: *Reiterberg Temperaturmessung*. URL: `http://www.umwelt.steiermark.at/cms/beitrag/11864841/2061730/` (besucht am 04. 03. 2014).

Lobinger, G., 1994: Die Lufttemperatur als limitierender Faktor für die Schwärmaktivität zweier rindenbrütender Fichtenborkenkäferarten, *Ips typographus* L. und *Pityogenes chalcographus* L. (Col., Scolytidae). *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz* 67, 14–17.

Lobinger, G., 1996: Variations in sex ratio during an outbreak of *Ips typographus* (Col., Scolytidae) in Southern Bavaria. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz* 69, 51–53.

Piel, F., Gilbert, M., Franklin, A. J. und Grégoire, J.-C., 2005: Occurrence of *Ips typographus* (Col., Scolytidae) along an urbanization gradient in Brussels, Belgium. *Agricultural and Forest Entomology* 7, 161—167.

Postner, M., 1974: "Scolytidae". *In: Die Forstschädlinge Europas - Käfer*. Herausgegeben von Schwenke, W. Bd. 2. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey, 334–481.

R Core Team, 2013: *A Language and Environment for Statistical Computing*. Wien: R Foundation for Statistical Computing.

Schlyter, F., Anderbrant, O., Harding, S. und Ravn, H. P., 1984: Offspring per emergence hole at different attack densities in the Spruce Bark Beetle, *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 97, 244–248.

Schlyter, F., Byers, J. A. und Löfqvist, J., 1987a: Attraction to pheromone sources of different quantity, quality, and spacing: Density-regulation mechanisms in bark beetle *Ips typographus*. *Journal of Chemical Ecology* 13, 1503–1523.

Schlyter, F., Birgersson, G. und Leufvén, A., 1989: Inhibition of attraction to aggregation pheromone by verbenone and ipsenol - Density regulation mechanisms in bark beetle *Ips typographus*. *Journal of Chemical Ecology* 15, 2263–2277.

Schlyter, F., Birgersson, G., Byers, J. A., Löfqvist, J. und Bergström, G., 1987b: Field response of spruce bark beetle, *Ips typographus*, to aggregation pheromone candidates. *Journal of Chemical Ecology* 13, 701–716.

Stadelmann, G., Bugmann, H., Wermelinger, B. und Bigler, C., 2014: Spatial interactions between storm damage and subsequent infestations by the European spruce bark beetle. *Forest Ecology and Management* 318.0, 167 –174.

Tomiczek, C., Fürst, A., Hoch, G., Hoyer-Tomiczek, U., Krehan, H., Perny, B. und Steyrer, G., 2013: *Waldschutzsituation 2013 in Österreich: mehr, aber keine außergewöhnlich hohen Schäden*. URL: `http://bfw.ac.at/db/bfwcms.web?dok=9819` (besucht am 09. 06. 2014).

Wermelinger, B. und Seifert, M., 1998: Analysis of the temperature dependent development of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L) (Col., Scolytidae). *Journal of Applied Entomology* 122, 185–191.

Wermelinger, B., 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* — a review of recent research. *Forest Ecology and Management* 202, 67 –82.

Wermelinger, B. und Seifert, M., 1999: Temperature-dependent reproduction of the spruce bark beetle *Ips typographus* , and analysis of the potential population growth. *Ecological Entomology* 24, 103–110.

Zolubas, P. und Byers, J. A., 1995: Recapture of dispersing bark beetle *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae) in pheromone-baited traps: regression models. *Journal of Applied Entomology* 119, 285–289.

A Anhang

Tabelle A.1: Gesamtfang markierter und unmarkierter Käfer, sowie Gesamtwiederfang markierter Käfer von *I. typographus* in den Fallen 1 bis 44.

Falle	Gesamtfang	Wiederfang markierter Käfer	Falle	Gesamtfang	Wiederfang markierter Käfer
1	7.373	10	23	35.859	665
2	10.011	17	24	25.484	16
3	23.484	88	25	9.052	13
4	25.510	63	26	11.973	7
5	20.394	94	27	25.376	23
6	28.425	169	28	18.218	15
7	26.493	313	29	18.335	19
8	23.748	314	30	19.008	21
9	49.128	95	31	24.483	16
10	47.497	62	32	17.032	12
11	49.635	51	33	15.506	14
12	31.029	25	34	29.730	27
13	32.413	20	35	20.752	17
14	47.796	25	36	47.065	12
15	47.898	20	37	23.484	16
16	38.702	21	38	36.450	23
17	23.453	16	39	32.274	38
18	40.437	29	40	51.574	53
19	64.968	32	41	26.716	209
20	23.763	44	42	51.315	128
21	32.491	77	43	48.188	83
22	35.458	105	44	29.156	51

Tabelle A.2: Distanzen des orangen, pinken und grünen Freilassungsortes zu den jeweiligen Fallen.

	Distanzen [m] zu		
Falle	Orange	Pink	Grün
1	184	852	309
2	140	861	237
3	130	879	167
4	93	844	162
5	62	813	165
6	27	757	187
7	36	784	173
8	44	730	204
9	73	699	227
10	107	661	260
11	110	644	288
12	125	627	317
13	504	268	652
14	546	244	687
15	584	219	723
16	620	196	758
17	660	173	798
18	695	163	832
19	715	158	851
20	718	129	860
21	726	94	874
22	735	63	888

	Distanzen [m] zu		
Falle	Orange	Pink	Grün
23	755	4	918
24	590	162	757
25	590	177	742
26	669	119	819
27	301	454	464
28	402	359	556
29	506	254	661
30	944	193	1105
31	1113	435	1236
32	1722	1088	1813
33	1279	756	1348
34	736	402	817
35	871	662	892
36	880	849	848
37	645	679	639
38	420	505	491
39	564	863	480
40	189	705	223
41	203	836	103
42	340	1047	138
43	384	1132	244
44	611	1361	486

Tabelle A.3: Fangzahlen orange (o), pink (p) und grün (g) markierter Käfer in den jeweiligen Fallen und Zeiträumen.

	21.5.-3.6.13			10.6.-1.7.13			8.7.-29.7.13			5.8.-26.8.13		
FN	o	p	g	o	p	g	o	p	g	o	p	g
1	0	0	0	1	0	2	3	2	0	2	0	0
2	0	0	0	3	0	3	5	1	1	3	1	0
3	0	0	0	21	0	20	26	2	6	11	0	2
4	0	0	1	9	0	9	22	5	12	4	1	0
5	0	0	0	15	2	11	31	1	23	11	0	0
6	0	0	1	57	2	12	55	5	16	20	0	1
7	0	1	0	107	0	13	131	0	8	49	0	1
8	1	0	0	74	3	9	142	5	13	66	0	0
9	0	0	0	31	3	6	39	2	3	10	0	1
10	1	0	0	13	0	3	29	2	6	5	1	2
11	0	0	0	21	1	10	12	1	2	3	0	1
12	0	0	0	9	2	3	3	0	2	6	0	0
13	0	0	0	4	5	4	2	5	0	0	0	0
14	0	0	0	8	6	5	1	0	0	0	5	0
15	0	0	0	8	4	4	0	3	0	0	1	0
16	0	1	0	4	3	4	0	8	1	0	0	0
17	0	0	0	3	2	4	0	4	0	0	3	0
18	0	0	0	4	4	3	1	12	1	0	4	0
19	0	0	0	4	5	1	2	15	0	0	4	0
20	0	0	0	2	11	1	2	22	0	0	6	0
21	0	0	0	8	24	4	3	25	0	0	11	0
22	0	0	0	1	27	6	1	44	0	0	26	0
23	0	103	0	3	117	1	7	214	4	0	204	0
24	0	0	0	0	6	4	0	2	0	0	4	0
25	0	2	0	1	3	6	0	0	0	0	1	0
26	0	0	0	1	3	1	1	0	0	0	0	0
27	0	0	0	9	1	7	2	0	3	0	0	1
28	0	0	0	3	7	1	2	1	0	1	0	0
29	0	3	0	4	3	5	1	2	0	0	1	0
30	0	0	0	1	7	0	0	7	0	0	6	0
31	0	0	0	1	5	2	0	4	0	0	4	0
32	0	0	0	1	4	3	0	1	0	0	3	0
33	0	0	0	1	5	3	0	3	0	0	2	0
34	0	1	0	1	7	4	3	5	1	2	3	0
35	0	0	1	1	1	5	5	0	1	0	2	1
36	0	0	0	1	3	2	1	1	2	1	1	0
37	0	1	0	2	1	0	0	3	6	0	3	0
38	0	0	0	3	2	0	4	5	6	0	3	0
39	0	0	1	2	0	6	3	1	13	2	2	8
40	0	0	1	8	8	6	13	5	8	1	1	3
41	0	0	3	10	1	57	8	1	72	3	1	54
42	0	0	3	4	1	30	14	3	63	0	0	8
43	0	0	0	8	1	16	16	4	34	1	0	2
44	0	0	0	9	0	15	5	2	17	1	0	1