

Wirkung leichter Beregnung auf den Ausschlußf des Buchdruckers

Jasmin Putz, Kerstin Thür, Heinz Lick, Gernot Hoch

Kurzfassung | In drei zusammenhängenden Versuchen wurde der Schlupf von *Ips typographus* aus beregneten und unberegneten Stammstücken untersucht. Der Beregnungsversuch im Sommer 2016 ergab bei Beregnungsmengen von 4,3 l/m²/d (B1) bzw. 11,1 l/m²/d (B2) einen signifikant geringeren Schlupf pro Muttergang aus den beregneten Versuchsstämmen (B1: 0,37 ± 0,05; B2: 0,39 ± 0,07) im Vergleich zur unberegneten Kontrolle (3,94 ± 1,22). Fortgesetzte Beregnung im Frühjahr 2017 mit leicht geänderten Beregnungsmengen (B1: 6,2 l/m²/d; B2: 10,8 l/m²/d) verzögerte den Schlupf der überwinterten Käfer (50 % des Schlupfes bei B1 und B2 wurden drei Wochen später erreicht als bei der Kontrolle). Dann setzte dieser sprunghaft ein, so dass für diesen Zeitraum bei B2 (2,76 ± 0,33) ein signifikant höherer Schlupf pro Muttergang als bei der Kontrolle (1,38 ± 0,34) auftrat. Insgesamt jedoch verblieb nach einem Jahr bei den beregneten Stammstücken ein signifikant höherer Anteil der Käfer tot unter der Rinde (B1: 31,4 %; B2: 32,5 %) als bei unberegneten (9,0 %). Im Versuch im Sommer 2017 wurden neu befallene Versuchsstämme mit der doppelten Beregnungsmenge behandelt (B1: 12,8 l/m²/d; B2: 23,9 l/m²/d). Es zeigte sich lediglich für B2 (0,82 ± 0,15) ein signifikant geringerer Schlupf pro Muttergang verglichen mit B1 (2,78 ± 0,45) und der Kontrolle (3,41 ± 0,42). Wieder verblieb insgesamt ein signifikant höherer Anteil von Käfern bei den beregneten Stammstücken unter der Rinde (B1: 21,2 %; B2: 47,7 %) als bei der unberegneten Kontrolle (9,1 %). Eine leichte Beregnung ist also nicht imstande, den Schlupf von Käfern gänzlich zu verhindern, kann ihn aber unterdrücken und damit zeitlich verzögern. Bei entsprechender Logistik kann diese Methode zur gefahrlosen, temporären Lagerung von Käferholz eingesetzt werden.

Schlüsselworte | Schlupf, *Ips typographus*, Beregnung, befallene Stämme, temporäre Lagerung

Einleitung

Die enormen Schadholzmengen, die in den letzten Jahren aufgrund der Buchdruckerkalamität vor allem in den nördlichen Bundesländern Österreichs anfielen, stellten die österreichische Forst- und Holzwirtschaft vor große pflanzen-gesundheitliche und logistische Herausforderungen: Konnte im Jahr 2016 noch ein Rückgang der eingeschlagenen Schadholzmenge auf 5,4 Millionen Erntefestmeter verzeichnet werden (BMLFUW 2017), so stieg der Schad-

holzanteil in den darauffolgenden Jahren massiv an: 2017 betrug der Anstieg 20,9 % (BMNT 2018), 2018 steigerte er sich um weitere 53,3 % gegenüber dem Vorjahr, was mehr als der Hälfte des Gesamteinschlags von 19,2 Millionen Erntefestmeter ohne Rinde in diesem Jahr entsprach (BMNT 2019). Im Jahr 2019 wurde zwar ein Rückgang des Gesamteinschlags von 1,5 % im Vergleich zu 2018 verzeichnet, die Schadholzmenge stieg jedoch abermals um 18,2 % auf 11,7 Millionen Erntefestmeter und somit

Abstract

Effect of light irrigation on the emergence of *Ips typographus*

We studied the emergence of *Ips typographus* from irrigated and non-irrigated logs in three consecutive trials. By applying irrigation at rates of 4.3 l/m²/d (B1) and 11.1 l/m²/d (B2), respectively, the trial carried out in summer 2016 resulted in a significantly lower emergence of beetles per gallery from irrigated logs (B1: 0.37 ± 0.05, B2: 0.39 ± 0.07) compared to non-irrigated logs (3.94 ± 1.22). A continuation of irrigation in spring 2017 at slightly changed rates (B1: 6.2 l/m²/d, B2: 10.8 l/m²/d) delayed emergence of overwintered beetles (50 % of emergence occurred three weeks later in B1 and B2 than in controls). After an abrupt rise of emergence from irrigated logs, the number of beetles emerged per gallery from B2 (2.76 ± 0.33) was significantly higher than in control logs (1.38 ± 0.34). However, after one year in total, a significantly higher share of beetles remained dead

under the bark of irrigated logs (B1: 31.4 %, B2: 32.5 %) than in dry control logs (9.0 %). The trial in summer 2017 was carried out with newly infested logs and doubled irrigation rates (B1: 12.8 l/m²/d, B2: 23.9 l/m²/d). Irrigation led to significantly lower emergence of beetles per gallery from B2 (0.82 ± 0.15) compared to B1 (2.78 ± 0.45) and control logs (3.41 ± 0.42). Overall, the percentage of beetles that remained under the bark was again significantly higher in irrigated (B1: 21.2 %, B2: 47.7 %) than in non-irrigated logs (9.1 %). In conclusion, light irrigation does not completely prevent beetles from leaving their breeding material but it can suppress their emergence up to a certain point in time. Using appropriate logistics the method can be used for safe temporary storage of bark beetle infested wood.

Keywords | Emergence, *Ips typographus*, irrigation, infested logs, temporary storage

62,1 % des Gesamteinschlags an. Als Hauptschadfaktoren im Jahr 2019 sind Borkenkäfer (36,3 %) und Stürme (37,6 %) angeführt (BMLRT 2020). Im Fall beider angegebener Hauptschadfaktoren ist der umgehende Abtransport des befallenen bzw. fängischen Holzes oder eine bekämpfungstechnische Behandlung dessen erforderlich – wozu das Forstgesetz Waldbesitzer*innen bzw. Inhaber*innen des Holzes verpflichtet –, damit ein Ausfliegen von Borkenkäfern aus befallenen Stämmen sowie eine Besiedlung von befallsfähigem Brutmaterial verhindert werden kann. Holzlagerplätze können sowohl Quelle von Borkenkäfern als auch Ziel für sich in umliegenden Wäldern entwickelnde Käfer sein (Hoch et al. 2012, Putz 2014). Nachdem Nasslagerung eine anerkannte Methode zur konservierenden Lagerung von befallenen Holz ist, stellte sich die Frage, ob eine künstliche Beregnung von befallenen Fichtenstämmen mit geringen Wassermengen einen negativen Einfluss auf die Entwicklung und den Schlupf des Buchdruckers (*Ips typographus*) haben. Eine solche Berieselung könnte eine Alternative zum Insektizideinsatz auf Holzlagerplätzen darstellen. Diesbezügliche frühere Studien ergaben, dass eine Beregnung mit sehr großen täglichen Wassermengen (> 300 l/m² und Tag) eine Mortalität von bis 100 % bei Larven und Altkäfern bewirkte (Böhm-Bezing 1998). Friedl (2008) konnte zeigen, dass durch die Beregnung von mit Buchdruckern befallenen Stammstücken die Anzahl der Jungkäfer pro Muttergang signifikant geringer war, und dass sich die Entwicklungsgeschwindigkeit von *I. typographus* verlangsamt.

Wir untersuchten in insgesamt drei Beregnungsversuchen, die 2016 und 2017 am Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) in Wien stattfanden, inwieweit die Entwicklung und der Schlupf von bereits weit entwickelten Bruten von *I. typographus* durch eine geringe Beregnung verhindert oder verzögert werden können.

Material und Methoden

Versuchsstämme

Für die Versuche im Sommer 2016 und Frühjahr 2017 wurden Ende April bzw. Anfang Mai 2016 Fangbäume auf zwei verschiedenen Standorten in Naßwald (Bezirk Neunkirchen) auf 1000 bis 1200 m Seehöhe zur natürlichen Besiedlung durch *I. typographus* vorgelegt. Am 25.07.2016 wurden vier gut mit *I. typographus* besiedelte Fichtenblöcke an den Versuchsstandort nach Wien transportiert, auf eine Länge von 50 cm abgelängt (durchschnittlicher Durchmesser von 19,8 cm), und zu jeweils gleichen Teilen auf die Käfige der drei Versuchsvarianten aufgeteilt (Set 1). Der Entwicklungszustand von *I. typographus* in den Stammstücken reichte vom späten Larven-, über Puppen- bis hin zum Jungkäferstadium.

Für den Versuch im Sommer 2017 wurden im April 2017 Fichtenstämmen auf einer Seehöhe von 300 bis 400 m im Revier Landersdorf des Forstgutes Walpersdorf vorgelegt. Am 02.06.2017 wurden fünf gut mit *I. typographus* befallene Fichtenstämmen an den Versuchsstandort nach Wien transportiert, und wiederum auf eine Länge von 50 cm abgelängt (durchschnittlicher Durchmesser 23,3 cm) und zu jeweils gleichen Teilen auf die Käfige der drei Versuchsvarianten aufgeteilt (Set 2). Der Entwicklungszustand von *I. typographus* in den Stammstücken war teils spätes Larvenstadium, teils befanden sich die Tiere bereits im Puppenstadium.

Versuchsaufbau und -ablauf

Die Versuchsanlage bestand aus einem Set von insgesamt 36 mit *I. typographus* befallenen Stammstücken von 50 cm Länge, die auf drei Versuchsvarianten aufgeteilt wurden: Beregnung 1 (B1), Beregnung 2 (B2) und unberegnete Kontrolle.

Für die zu beregnenden Stämme der Versuchsvarianten B1 und B2 wurden insgesamt 24 Käfige aus Holz gefertigt, mit feinmaschigem Metallgitter (< 4 mm)



überzogen, gegen den Ausflug von Käfern abgedichtet und in zwei Reihen nebeneinander platziert, sodass sich pro Beregnungsvariante ein Käfigstrang mit jeweils zwölf Käfigen ergab. Pro Käfigstrang wurde ein Bewässerungsschlauch durch die einzelnen Käfige gezogen, an dem jeweils zwei Nebeldüsen (Micro-Drip-System, Gardena) pro Käfig montiert wurden. Durch das Metallgitter konnte überschüssiges Wasser in den Käfigen ungehindert abfließen, die einzelnen Stammstücke wurden zudem auf Unterlagshölzern platziert, um ein flächiges Aufliegen am Käfigboden zu verhindern (Abbildung 1). Die nicht beregneten Stämme der Kontrolle wurden ebenfalls einzeln in Metallkäfigen mit feinmaschigem Metallgitter gelagert. Eine Überdachung aus Planen diente zur Abschirmung aller Käfige der Versuchsanlage von natürlichem Niederschlag. Jeweils ein EasyLog USB-2+ Datalogger (LASCAR Electronics, England), angebracht unter der Plane der beregneten Käfige sowie bei den Kontrollstämmen, zeichnete stündliche Temperaturwerte auf.

Die Bewässerung erfolgte mittels Bewässerungscomputern. Aufgrund eines Defektes mussten die Computer des Typs Galcon 7001 D gewechselt werden, entsprechend änderten sich einige Parameter bei der Beregnung mittels der ab 18.08.2016 eingesetzten Computer des Typs Gardena FlexControl (siehe Tabelle 1). Abhängig von Käferaktivität und Jahreszeit fanden Kontrollen der Stammstücke und Absammlung der geschlüpf-

ten Käfer ein- bis mehrmals wöchentlich statt. Um allfällige Unterschiede in der Wassermenge zwischen einzelnen Positionen auszugleichen, wurden die Stammstücke im Zuge der Kontrolle wöchentlich in andere Käfige gegeben und so platziert, dass die zuvor trockene Seite oben zu liegen kam.

Da aus den Versuchsstämmen von Set 1 während des Versuchszeitraumes im Sommer 2016 nicht alle Käfer die Brutsysteme verlassen hatten, wurden die Versuchsstämme ab 13.10.2016 unter einem Flugdach trocken und unter Freilandtemperaturen in Käfigen gelagert. In den Wintermonaten fand keine Überprüfung der Versuchsstämme statt, die Temperatur wurde weiterhin aufgezeichnet.

Berechnung der Wärmesumme zum Zeitpunkt des 50%-Schlupfes aus den Versuchsstämmen

In Anlehnung an Baier et al. (2007) wurden für den Versuch im Frühjahr 2017 die effektiven Wärmesummen für *I. typographus* in den beregneten (B1 und B2) und unberegneten (K) Versuchsstämmen anhand der von den beiden Dataloggern aufgezeichneten Lufttemperaturen berechnet. Dazu wurde ab 01.04.2017 die tägliche Differenz von aufgezeichneter Tagesmaximaltemperatur und Entwicklungsnullpunkt des Buchdruckers (8,3 °C) errechnet und bis zu jenem Tag akkumuliert, an dem in der jeweiligen Versuchsvariante 50 % der Käfer geschlüpft waren.

Abbildung 1: Links: Bewässerungsstrang B1, bestehend aus jeweils zwölf Holzkäfigen mit durchgezogenem Bewässerungsschlauch, darüber Planenkonstruktion zum Abhalten von natürlichem Niederschlag. Bewässerungsstrang B2 direkt hinter B1 ist am Bild nicht sichtbar. Rechts: Befallenes Stammstück eines Fichtenbloches in einem Käfig während der Beregnung.

Figure 1: Left: Irrigation line B1 consisting of irrigation tube running through twelve cages; a tarp protects from natural precipitation; irrigation line B2 is located behind B1, not visible on the photo. Right: Infested piece of a spruce log inside a cage during irrigation.

Tabelle 1: Parameter, die sich zwischen den einzelnen Berechnungsversuchen unterscheiden (d=Tage).

Table 1: Parameters differing between individual trial periods (d=days). trial period (= Versuchszeitraum), irrigation computer (= Bewässerungscomputer), irrigation rates of trial variants (= Berechnungsmenge der Versuchsvariante), watering cycles per day [time of day] (= Bewässerungszyklen pro Tag [Zeitpunkte der Berechnung]), in summer 2016 (I), summer 2016 (II), spring 2017, and summer 2017.

	Versuchszeitraum	Bewässerungscomputer	Berechnungsmenge der Versuchsvarianten	Bewässerungszyklen pro Tag [Zeitpunkte der Berechnung]
Sommer 2016 (I)	29.07.-18.08. (21 d)	Galcon 7001 D	B1: 4,3 l/m ² /d B2: 11,1 l/m ² /d K: keine Berechnung	4/d [01:00, 07:00, 13:00, 19:00]
Sommer 2016 (II)	18.08.-13.10. (56 d; I+II gesamt 77 d)	Gardena FlexControl	B1: 4,3 l/m ² /d B2: 11,1 l/m ² /d K: keine Berechnung	3/d [06:00, 14:00, 22:00]
Frühjahr 2017	11.04.-06.06. (57 d)	Gardena FlexControl	B1: 6,2 l/m ² /d B2: 10,8 l/m ² /d K: keine Berechnung	3/d [00:00, 08:00, 16:00]
Sommer 2017	09.07.-30.10. (143 d)	Gardena FlexControl	B1: 12,8 l/m ² /d B2: 23,9 l/m ² /d K: keine Berechnung	3/d [06:00, 13:00, 21:00]

Auswertung der Brutbilder

Um Aussagen über die unter der Rinde liegenden Brutsysteme von *I. typographus* treffen zu können, wurden die Versuchsstämme jeweils nach Versuchsende entrindet (Set 1: Sommer 2017, Set 2: Jänner/Februar 2018). Es wurden folgende Parameter erhoben: Anzahl der Muttergänge, Anzahl heller bzw. dunkler Buchdrucker (unterschieden nach tot und lebendig), Anzahl verpilzter und parasitierter Buchdrucker.

Statistische Analyse

Datenanalyse und grafische Darstellung der Ergebnisse erfolgte mit R (R Core Team). Die Normalverteilung der Datensätze wurde mittels Shapiro-Wilk-Test getestet. War diese gegeben, folgte eine einfaktorielle ANOVA mit Überprüfung auf Varianzhomogenität mittels Levene-Test. Ergab die ANOVA signifikante Unterschiede ($p \leq 0,5$), folgte ein Dunnett-T3-Test inklusive Bonferroni-Korrektur des Signifikanzlevels ($p \leq 0,5/3$) (Abdi 2007). Nicht normalverteilte Datensätze wurden mittels Kruskal-Wallis-Test analysiert, gefolgt von paarweisen Mann-Whitney-U-Tests, wiederum mit Bonferroni-Korrektur des Signifikanzlevels ($p \leq 0,5/3$) (Abdi 2007).

Ergebnisse

Anzahl geschlüpfter Käfer: Berechnungsversuch Set 1 im Sommer 2016 und Frühjahr 2017

Abbildung 2a zeigt den Schlupfverlauf der Käfer der drei Versuchsvarianten im Sommer 2016, Abbildung 3a den signifikant höheren Ausschluß von Käfern pro Muttergang in der unberechneten Kontrollvariante gegenüber den berechneten Versuchsstämmen von B1 und B2. Da eine große Anzahl von Käfern unter der Rinde der Versuchsstämme von B1 und B2 verblieb, wurde der Berechnungsversuch im Frühjahr 2017 mit leicht veränderten Berechnungsmengen (Tabelle 1) fortgesetzt. Während in den ersten Wochen des Jahres 2017 (KW 15 bis 18, Abbildung 2b) die Schlupfzahlen in der Kontrollvariante kontinuierlich anstiegen, setzte der vermehrte Schlupf aus den berechneten Stämmen von B1 und B2 erst in KW 19 ein und erreichte in der darauffolgenden KW 20 seinen Höhepunkt: In dieser Woche schlüpften aus den berechneten Versuchsstämmen rund 1234 (B1) bzw. 1002 (B2) Käfer von *I. typographus*, was mehr als 45 % bzw. 38 % aller Käfer (Summe aus geschlüpften und unter der Rinde verbliebenen Käfern) dieser Varianten in

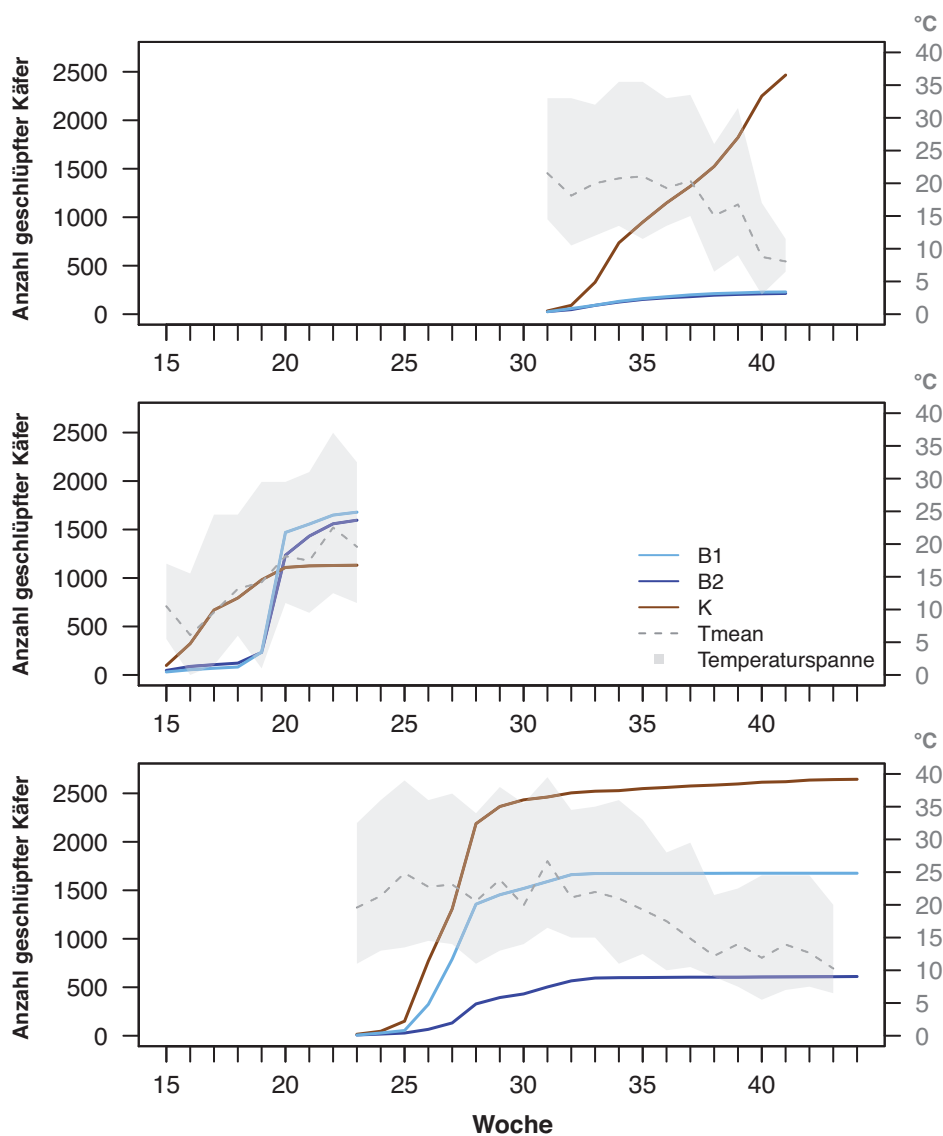


Abbildung 2: Kumulierte wöchentliche Schlupfzahlen von *I. typographus* der Versuchsvarianten Beregnung 1 (B1), Beregnung 2 (B2) und Kontrolle (K), mittlere Wochentemperatur (strichlierte Linie) und Temperaturspanne zwischen Minimum und Maximum (graue Fläche) für die Beregnungsversuche der befallenen Stammstücke aus Set 1 im (a) Sommer 2016 und (b) Frühjahr 2017 sowie von Set 2 im (c) Sommer 2017.

Figure 2: Cumulative emergence of *I. typographus* from spruce logs of treatments irrigation 1 (B1), irrigation 2 (B1) and dry control (K) from Set 1 in (a) summer 2016 and (b) spring 2017 as well as from Set 2 in (c) summer 2017, mean weekly temperature (dashed line) and temperature range (grey area).

Set 1 entsprach. 50 % der Käfer in der Kontrollvariante schlüpften bereits am 26.04.2017 bei einer Wärmesumme (bezogen auf die Lufttemperatur) von 64,3 Gradtagen aus den Versuchsstämmen, während dies bei den beregneten Stämmen erst am 14. bzw. 15.05.2017 bei Wärmesummen von 145,0 bzw. 154,5 Gradtagen der Fall war. Die Hälfte des Schlupfes der Käfer von *I. typographus* der beregneten Varianten war somit erst zweieinhalb Wochen später sowie bei einer 2,2- bzw. 2,4-fachen Wärmesumme als in der Kontrolle gegeben.

Bei Betrachtung der ausgebohrten Käfer pro Muttergang im Frühjahr 2017

ergibt sich ein signifikant geringerer Schlupf von Käfern aus den Kontrollstämmen gegenüber jenen aus Beregnung 2 (Abbildung 3b), was bereits aus dem Schlupfverlauf (Abbildung 2b) abzulesen war.

Anzahl geschlüpfter Käfer: Beregnungsversuch Set 2 im Sommer 2017

Abbildung 2c zeigt den Schlupfverlauf der Käfer der drei Versuchsvarianten im Sommer 2017, in dem sich der unterdrückte und zeitlich verzögerte Auschlupf von Käfern nur bei der stärker beregneten Versuchsvariante B2 abzeich-

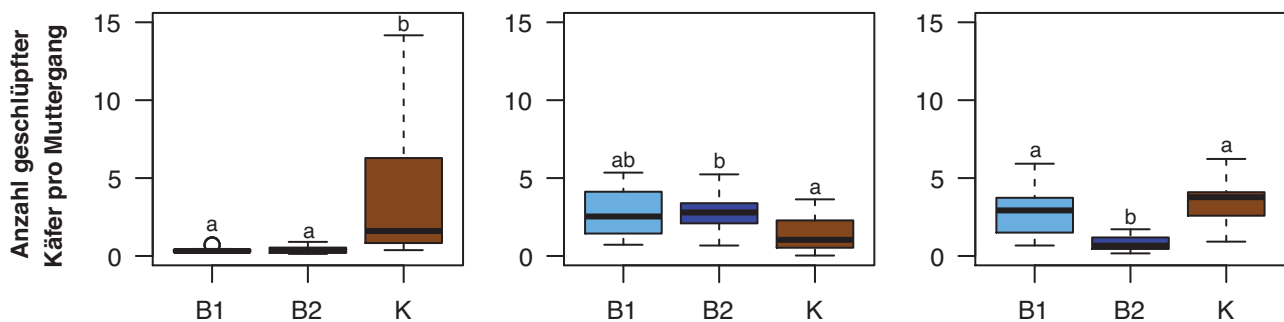


Abbildung 3: Boxplots (Median, 25%- und 75%-Perzentile) der Schlupfzahlen von *I. typographus* pro Muttergang der Versuchsvarianten Beregnung 1 (B1), Beregnung 2 (B2) und Kontrolle (K) für Set 1 im (a) Sommer 2016 und (b) Frühjahr 2017 sowie für Set 2 im (c) Sommer 2017. Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den Varianten.

Figure 3: Number of emerged *I. typographus* per mother gallery in treatments irrigation 1 (B1), irrigation 2 (B1) and dry control (K) in Set 1 in (a) summer 2016 and (b) spring 2017 as well as in Set 2 in (c) summer 2017. Letters indicate significant differences ($p \leq 0,05$) between treatments.

net. Die Zahl der ausgebohrten Käfer pro Muttergang war bei der Variante B2 signifikant geringer als bei den anderen Varianten (Abbildung 3c).

Analyse der Brutsysteme nach Versuchsende: Beregnungsversuch Set 1 im Sommer 2016 und Frühjahr 2017

Die Aufstellung aller Buchdrucker – ausgebohrt und unter der Rinde verblieben – aus dem Set 1 (Tabelle 2) zeigt deutlich die Unterdrückung des Schlupfes durch die Beregnung im ersten Jahr.

Unter der Rinde der beregneten Versuchsstämme wurden signifikant mehr Buchdrucker pro Muttergang vorgefunden als in den Kontrollstämmen. Alle Käfer waren zum Zeitpunkt der Entrindung öfter verpilzt (5,5 bzw. 6,2 %) als in der Kontrolle (0,7 %). Zwischen den Beregnungsvarianten gab es hingegen keine signifikanten Unterschiede. Die Parasitierungsrate durch parasitische Wespen lag in allen drei Versuchsvarianten unter 1 %, es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Die Zahl der Muttergänge pro Stamm unterschied sich nicht signifikant zwischen den Versuchsvarianten, weshalb von einer homogenen Befallsintensität der Versuchsstämme ausgegangen werden kann.

Analyse der Brutsysteme nach Versuchsende: Beregnungsversuch Set 2 im Sommer 2017

Die Aufstellung aller Buchdrucker – ausgebohrt und unter der Rinde verblieben

– aus dem Set 2 (Tabelle 3) zeigt lediglich für Beregnung 2 eine Unterdrückung des Schlupfes, wobei sich trotz der im Vergleich zu Set 1 in etwa verdoppelten Beregnungsmengen mehr als die Hälfte (52,3 %) aller in diesen Versuchsstämmen festgestellten Käfer ausgebohrt hatte. Aus den Versuchsstämmen von Beregnung 1 hatten sich rund 79 % der Käfer ausgebohrt, obwohl diese in der Variante des Sets 2 mit 12,9 l/m²/d einer höheren Beregnungsmenge ausgesetzt waren als die Stämme der stärker beregneten Variante (B2) in Set 1: Hier schlüpften bei einer Beregnungsmenge von 11,1 bzw. 10,8 l/m²/d im Schlupf 2017 rund 60 % der Käfer.

Während der Entrindung der Versuchsstämme von Set 2 im Winter 2018 wurden noch einige dunkle lebende Käfer von *I. typographus* vorgefunden. Auch in Set 2 unterschied sich die Anzahl der angelegten Muttergänge je Versuchsvariante nicht signifikant voneinander, weshalb von einer homogenen Befallsintensität ausgegangen werden kann. Es zeigte sich jedoch während der Entrindung, dass einzelne Versuchsstämme wenig besiedelt waren, weshalb sich die Rinde nur schwer lösen ließ. Mutter- und Larvengänge waren jedoch im Gegensatz zu Set 1 gut erkennbar.

Unter der Rinde der beregneten Versuchsstämme wurden erneut signifikant mehr Buchdrucker pro Muttergang vorgefunden als in den Kontrollstämmen. Zwischen den beregneten Versuchsvarianten gab es keinen signifikanten Unterschied. Hinsichtlich Parasitierung und

	Summe aller Käfer	Schlupf 2016 [%]	Schlupf 2017 [%]	Käfer in Rinde [%]	Anzahl Muttergänge
Beregnung 1	2782	8,2	60,4	31,4	644
Beregnung 2	2681	8,0	59,5	32,5	644
Kontrolle	3952	62,4	28,6	9,0	720

Verpilzung konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Versuchsvarianten festgestellt werden.

Diskussion und Schlussfolgerung

Eine leichte Beregnung von mit *I. typographus* befallenen Fichtenstammstücken mittels geringer Wassermengen kann den Ausschluß von *I. typographus* trotz gegebener Schwärmttemperaturen bis zu einem gewissen Zeitpunkt unterdrücken, wie die stärkere Beregnungsvariante B2 im Vergleich zur Kontrolle in den Beregnungsversuchen Sommer 2016 und Sommer 2017 zeigte. Hat sich *I. typographus* jedoch fertig entwickelt und herrschen im Frühjahr optimale Schwärmttemperaturen, vermag die getestete Berieselung die Käfer nicht vollständig am Ausschluß und Schwärmen zu hindern, wie die Ergebnisse des Beregnungsversuches im Frühjahr 2017 verdeutlichen. Lediglich eine zeitliche Verzögerung war festzustellen (etwa drei Wochen bezogen auf den Median des Schlupfzeitpunktes).

Um hohe Mortalitätsraten bei verschiedenen Entwicklungsstadien von *I. typographus* zu erreichen, ist eine Beregnung mit großen Wassermengen notwendig, wie Böhm-Bezing (1998) zeigte. In Bezug auf die Beregnungsversuche, die mit den Versuchsstämmen des Set 1 (Sommer 2016 und Frühjahr 2017) durchgeführt wurden, ist jedenfalls die Herkunft der Fangbäume zu berücksich-

tigen, da davon auszugehen ist, dass *I. typographus* im Herkunftsgebiet der Fangbäume teils nur noch eine Generation pro Jahr ausbildet. Univoltine Populationen von *I. typographus* benötigen vor dem Schlupf eine Abkühlphase (Dobart 2017). Im Sommer 2016 schlüpften aus den unberegneten Kontrollstämmen lediglich ca. 60 % der insgesamt in Set 1 festgestellten Buchdrucker, was ein Hinweis auf eine möglicherweise teils univoltine Population ist. Es zeichnete sich aber auch im Frühjahr 2017 die verzögernde Wirkung einer leichten Beregnung auf den Schlupf ab, da dieser erst deutlich später und nach Erreichen einer mehr als doppelt so hohen Wärmesumme (bezogen auf die Lufttemperatur) als bei der unberegneten Kontrolle einsetzte. Auch Friedl (2008) konnte eine Verzögerung der Brutentwicklung von *I. typographus* in den beregneten Varianten beobachten. Die dabei zur Beregnung verwendeten Wassermengen von 140 bzw. 354 mm Niederschlag/Monat sind vergleichbar mit jenen, die in unseren Beregnungsversuchen Sommer 2016 und Frühjahr 2017 angewandt wurden.

In der Zuordnung der Versuchsstämme auf die einzelnen Versuchsvarianten wurde besonders darauf geachtet, dass jeweils gleich viele Stammstücke eines Fangbaumes je Versuchsvariante vorgelegt wurden, um eine homogene Befallsdichte der Versuchsstämme für alle Versuchsvarianten zu gewährleisten. Die nicht signifikant unterschiedliche Zahl der Muttergänge bestätigt dieses Vorgehen.

	Summe aller Käfer	Schlupf 2017 [%]	Tote Käfer in Rinde [%]	Lebende Käfer in Rinde [%]	Anzahl Muttergänge
Beregnung 1	2127	78,8	17,0	4,2	682
Beregnung 2	1168	52,3	37,6	10,1	872
Kontrolle	2919	90,6	9,1	0,3	761

Tabelle 2: Summe aller in Set 1 festgestellten Buchdrucker (Käfer geschlüpft und unter der Rinde verblieben), prozentuelle Anteile des Schlupfes (Sommer 2016 und Frühjahr 2017) und der unter der Rinde verbliebenen Käfer (alle tot) sowie Anzahl der festgestellten Muttergänge.

Table 2: Sum of all *I. typographus* (emerged plus remaining in bark) in Set 1 (= Summe aller Käfer), percentage of beetles emerged in 2016 (= Schlupf 2016), emerged in spring 2017 (= Schlupf 2017), and beetles remaining under the bark (= Käfer in Rinde) – all of which were dead – as well as number of mother galleries (= Anzahl Muttergänge).

Tabelle 3: Summe aller in Set 2 festgestellten Buchdrucker (Käfer geschlüpft und unter der Rinde verblieben), prozentuelle Anteile des Schlupfes und der unter der Rinde verbliebenen toten und lebenden Käfer sowie Anzahl der festgestellten Muttergänge.

Table 3: Sum of all *I. typographus* (emerged plus remaining in bark) in Set 2 (= Summe aller Käfer), percentage of beetles emerged in 2017 (= Schlupf 2017), dead (= Tote Käfer in Rinde) and living beetles remaining under the bark (= Lebende Käfer in Rinde), as well as number of mother galleries (= Anzahl Muttergänge).

Jasmin Putz,
Gernot Hoch,
Bundesforschungszentrum für
Wald, Institut für Waldschutz,
Seckendorff-Gudent-Weg 8,
1131 Wien, Österreich,
Tel.: +43-1-87838 1132,
jasmin.putz@bfw.gv.at
gernot.hoch@bfw.gv.at

Kerstin Thür,
Universität für Bodenkultur
Wien, Department für Wald-
und Bodenwissenschaften,
Peter-Jordan-Straße 82,
1190 Wien

Heinz Lick,
Amt der Steiermärkischen
Landesregierung,
Abteilung 10 Land- und
Forstwirtschaft,
Referat Landesforstdirektion
Ragnitzstraße 193, 8047 Graz,
Österreich,
Tel.: +43 (316) 877-4534,
heinz.lick@stmk.gv.at

Bei beiden Sets an Versuchsstämmen wurde nach Versuchsende im Zuge der Entrindung festgestellt, dass lediglich ca. 9 % der Käfer von *I. typographus* unter der Rinde der Kontrollstämmen verblieben waren, während in den beregneten Versuchsstämmen in Summe signifikant mehr Buchdrucker (21-48 %) unter der Rinde vorgefunden wurden (Tabellen 2 und 3). Obwohl im Beregnungsversuch Sommer 2017 kein signifikanter Unterschied zwischen den Schlupfzahlen der Versuchsvarianten B1 und K festgestellt werden konnte, verblieben doch signifikant mehr Käfer unter der Rinde der beregneten Variante B1 als bei der Kontrolle.

Beregnung mit geringen Wassermengen kann eine Methode darstellen, um von Borkenkäfern befallenes Holz über einige Zeit gefahrlos zu lagern. Im vorliegenden Versuch erfolgte der Test der Methode unter möglichst kontrollierten Bedingungen. Eine technische Herausforderung bleibt die praktische Umsetzung einer geringen Beregnung mehrerer Meter hoher Polter auf großen Holzlagerplätzen im Sinne einer gleichmäßigen Befeuchtung der verschiedenen Polterebenen bei laufender Ein- und Auslagerung von Holz. Vor allem bei oben am Polter liegenden, am stärksten sonnenexponierten Stämmen ist daher besonders auf eine möglichst durchgehende und konstante Befeuchtung zu

achten. Wie die Variante mit geringer Beregnung im Sommer 2017 zeigte, boten sich durch das temporäre Abtrocknen der Stämme in den sieben- bzw. achtstündigen Pausen zwischen den Beregnungen immer wieder geeignete Bedingungen für den Ausflug der Käfer. Die Beregnung sollte daher in häufigeren Zyklen erfolgen, um dies zu verhindern. Der vorliegende Versuch lässt keinen Schluss auf die exakt mögliche Pause zwischen den Beregnungen zu. Wenn diese während der Tagesstunden nicht länger als eine Stunde ist, sollte jedoch genügend Befeuchtung gegeben sein.

Danksagung

Die Arbeiten fanden im Rahmen des vom Land Steiermark finanzierten Forschungsprojektes „Beregnung von mit Borkenkäfern befallenen Fichtenstämmen“ (GZ: ABT10-174175/2016-2) statt. Wir danken Univ.-Prof. Axel Schopf (Univ. BOKU Wien) für die Gespräche zu früheren Beregnungsversuchen und die Überlassung eines Beregnungscomputers für die ersten Versuche. Besonderer Dank gilt Franz Schmidt (BFW) für die Anfertigung der Käfige für den Versuch und allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des BFW, die bei der Gewinnung des Versuchsmaterials und der Betreuung des Versuches unterstützend mitwirkten.



Literatur

- Abdi, H. 2007: Bonferroni and Sidak corrections for multiple comparisons. In: Salkind, N. J. (ed.): Encyclopedia of Measurement and Statistics. SAGE Publications, Thousand Oaks: 1-9.
- Baier, P., Pennerstorfer, J., 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: 17-186.
- Böhm-Bezing, A. 1998: Untersuchungen über die Auswirkungen einer Berieselung von Fichtenrundholz (*Picea abies* Karst.) befallen mit Buchdrucker (*Ips typographus* L.): eine kurative Maßnahme? Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien: 1-85.
- Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT) 2020: Holzeinschlagsmeldung über das Kalenderjahr 2019. Verfügbar unter: <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:057c342e-3444-4541-acac-faa21ddd98d5/Holzeinschlag%202019.pdf> (Zugriff: 10.07.2021).
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT) 2018: Holzeinschlagsmeldung über das Kalenderjahr 2017. Verfügbar unter: <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:76a1a1da-ba38-4ebe-ab9c-4c471dafde8d/Holzeinschlag%202017.pdf> (Zugriff: 10.07.2021).
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT) 2019: Holzeinschlagsmeldung über das Kalenderjahr 2018. Verfügbar unter: https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:513674fd-543f-4d64-b877-e73fd14f6631/Holzeinschlag%202018_BF.pdf (Zugriff: 10.07.2021).
- Dobart, N. 2017: Regulation of diapause and reproductive activity of the European Spruce Bark Beetle, *Ips typographus* (Col., Scolytinae), Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien: 1-106.
- Friedl, S. 2008: Zum Einfluss von Niederschlag und Feuchtigkeit auf die Entwicklung von *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytinae). Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien: 1-103.
- Hoch, G., Menschhorn, P., Krehan, H. 2012: Ausbreitung des Buchdruckers, *Ips typographus*, von einem großen Holzlager in umliegende Wälder. Forstschutz Aktuell, Wien, 57/58: 3-8.
- Ministerium für ein lebenswertes Österreich (BMLFUW) 2017: Holzeinschlagsmeldung über das Kalenderjahr 2016. Verfügbar unter: https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:4be1feae-84ff-432c-8707-b333920f2f40/Holzeinschlag_2016%20CI%20mit%20BF.pdf (Zugriff: 10.07.2021)
- Putz, J. 2014: Dispersion des Buchdruckers, *Ips typographus*, von einem Holzlager in Wälder der Umgebung. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien: 1-59.