

UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR, WIEN  
Department für Wald- und Bodenwissenschaften  
Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz

MASTERARBEIT

Beregnung von mit Buchdruckern (*Ips typographus*)  
befallenen Fichtenstämmen zur Verhinderung der  
Entwicklung und des Ausflugs adulter Käfer

Verfasst und eingereicht von  
Kerstin Thür, BSc  
Studienrichtung Phytomedizin (422)

betreut von  
Priv.-Doz. DI Dr. Gernot Hoch

März 2019

# Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Diese Masterarbeit wurde durch Unterstützung des BFW (Bundesforschungszentrum für Wald) ermöglicht. Für die Betreuung dieser Masterarbeit, die zahlreichen Ratschläge und Unterstützung bedanke ich mich besonders bei Priv.-Doz. DI Dr. Gernot Hoch und DI Jasmin Putz. Bei DI Veronika Neidel und James Connell möchte ich mich für die Hilfe während des Versuches, aber auch dafür, dass ihr mit eurer Anwesenheit die Arbeit im Labor um einiges leichter gemacht habt, bedanken. Ein besonderer Dank gilt meiner Familie, besonders meinen Eltern, die mir das Studium ermöglicht haben, mir die Freiheit gegeben haben eigenständig Erfahrungen zu sammeln und mich in meinen Entscheidungen stets unterstütz haben. Bedanken möchte ich mich bei meinen Studienkollegen und Arbeitskollegen, die in schwierigen Situationen immer ermutigende Worte gefunden haben. Nicht zuletzt möchte ich mich bei Christian für die Unterstützung und Rückhalt während des gesamten Studiums bedanken.

# Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

---

Datum

---

Unterschrift

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 Einleitung .....</b>                                                         | <b>1</b>  |
| 1.1 Einführung und Problematik .....                                              | 1         |
| 1.2 Ziel dieser Arbeit und Forschungsfrage.....                                   | 2         |
| 1.3 Stand des Wissens .....                                                       | 3         |
| 1.3.1 Entwicklung – <i>Ips typographus</i> .....                                  | 3         |
| a) Brutanlage .....                                                               | 3         |
| b) Photoperiode und Überwinterung.....                                            | 4         |
| c) Flugaktivität und Ausbreitung .....                                            | 6         |
| 1.3.2 Bekämpfungstechnische Maßnahmen.....                                        | 7         |
| <b>2 Material und Methoden.....</b>                                               | <b>11</b> |
| 2.1 Überblick .....                                                               | 11        |
| 2.2 Beregnungsversuch Sommer 2016.....                                            | 14        |
| 2.2.1 Fangbäume .....                                                             | 14        |
| 2.2.2. Aufbau der Versuchsanlage.....                                             | 14        |
| 2.2.3 Allfällige Probleme durch die Bewässerungsanlage.....                       | 16        |
| 2.2.4 Kontrolle und Absammletermine .....                                         | 16        |
| 2.2.5 Versuchsabschluss.....                                                      | 17        |
| 2.3 Fortsetzung Beregnungsversuch Sommer 2016 im Frühjahr 2017 .....              | 17        |
| 2.4 Beregnungsversuch Sommer 2017.....                                            | 18        |
| 2.4.1 Fangbäume .....                                                             | 18        |
| 2.4.2 Aufbau der Versuchsanlage.....                                              | 19        |
| 2.5. Auswertung der Brutbilder.....                                               | 20        |
| 2.5.1 Analyse der Brutbilder Beregnungsversuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017..... | 20        |
| 2.5.2 Analyse der Brutbilder Beregnungsversuch Sommer 2017.....                   | 21        |
| 2.6 Statistische Analyse .....                                                    | 22        |
| <b>3 Ergebnisse .....</b>                                                         | <b>23</b> |
| 3.1 Beregnungsversuch Sommer 2016.....                                            | 23        |
| 3.1.2 Anzahl geschlüpfter Buchdrucker pro Stammstück .....                        | 24        |

|                                                                                            |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2 Beregnungsversuch Frühjahr 2017.....                                                   | 25        |
| 3.2.1 Ausschlupf und Temperatursummen von <i>I. typographus</i> im Frühjahr 2017 .....     | 26        |
| 3.2.2 Anzahl geschlüpfter Buchdrucker pro Stammstück .....                                 | 27        |
| 3.3 Beregnungsversuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017.....                                   | 28        |
| 3.3.1 Unter der Rinde verbliebener Buchdrucker Versuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017 ..... | 29        |
| 3.4 Beregnungsversuch Sommer 2017.....                                                     | 34        |
| 3.4.1 Anzahl geschlüpfter Buchdrucker pro Stammstück .....                                 | 35        |
| 3.4.2 Unter der Rinde verbliebener Buchdrucker Versuch Sommer 2017.....                    | 36        |
| <b>4 Diskussion .....</b>                                                                  | <b>42</b> |
| 4.1 Schlupf von <i>Ips typographus</i> .....                                               | 42        |
| 4.2 Brutbiologische Parameter.....                                                         | 44        |
| <b>5 Literatur .....</b>                                                                   | <b>48</b> |
| <b>6 Anhang.....</b>                                                                       | <b>52</b> |

# Kurzfassung

Beregnung von mit Buchdruckern (*Ips typographus*) befallenen Fichtenstämmen zur Verhinderung der Entwicklung und des Ausflugs adulter Käfer

In einem Versuch unter kontrollierten Freilandbedingungen wurde die Wirkung von Beregnung mit verschiedener Beregnungsmenge auf den Schlupf von *Ips typographus* aus befallenen Fichtenstämmen untersucht. Die natürlich befallenen Stämme wurden in 50 cm lange Stücke geschnitten und einzeln in Käfigen gelagert und zwei unterschiedlichen Beregnungsvarianten (B1 und B2) unterzogen. Die Kontrollstücke wurden nicht beregnet. Alle Käfige wurden mit einer Plane von natürlichem Niederschlag abgeschirmt. Der erste Beregnungsversuch im Sommer 2016 wurde mit einer Niederschlagsmenge von 4,3 l/m<sup>2</sup>/Tag für B1 und 11,1 l/m<sup>2</sup>/Tag für B2 durchgeführt. Die Beregnung begann zu einem Zeitpunkt, als die Buchdrucker in den Brutbildern im späten Larvenstadium, sowie zum Teil bereits im Puppen- und Jungkäferstadium waren. Bis in den Herbst 2016 schlüpften in Summe 178 (pro Stammstück 14,8±8,3) Buchdrucker aus B1 und 171 (pro Stammstück 14,2±9,4) aus B2 (kein signifikanter Unterschied). Die Kontrolle hatte im Gegensatz eine signifikant höhere Schlupfanzahl mit 2.407 (pro Stammstück 200,6±258,4) Buchdrucker. Die Versuchsstämme wurden ab Mitte Oktober regengeschützt im Freiland überwintert und im Frühjahr 2017 erneut der jeweiligen Beregnungsvariante unterzogen, um den Schlupf der in der Rinde überwinterten Käfer zu erheben. Dabei schlüpften 1.679 Buchdrucker (pro Stammstück 139,9±72,6) bei B1 bzw. 1.596 (pro Stammstück 133,0±60,0) bei B2 und bei der Kontrolle 1.132 (pro Stammstück 94,3±106,3). Wird der Beregnungsversuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017 zusammengezählt, zeigt sich zwischen Kontrolle und B2 ein signifikanter Unterschied in der Gesamtzahl der Käfer, nicht jedoch relativiert auf die Zahl pro Muttergang. Im Sommer 2017 wurde der Versuch mit neuen, natürlich befallenen Stammstücken und höherer Beregnungsintensität wiederholt (Niederschlagsmenge von 12,8 l/m<sup>2</sup>/Tag bei B1 und 23,9 l/m<sup>2</sup>/Tag bei B2. Es schlüpften 1.676 (pro Stammstück 139,7±69,4) Buchdrucker bei B1, respektive 611 (pro Stammstück 50,9±23,7) bei B2 und bei der Kontrolle 2.645 (pro Stammstück 220,4±134,7). Dies ergab signifikante Unterschiede zwischen B1 und B2, sowie zwischen der Kontrolle und B2. Um nachzuweisen, wie sich die Beregnung auf das Brutsystem und die Entwicklung auswirkt, wurden diese Versuchsstämme anschließend entrindet und analysiert. Im Versuch Sommer 2016 befanden sich in der Rinde der Kontrollstämme signifikant weniger Buchdrucker als bei der Beregnung 1 und Beregnung 2. Auch im Versuch Sommer 2017 verblieben signifikant mehr Käfer in der Rinde der Beregnungsvarianten als bei der Kontrolle. Die Mortalität der Käfer war durch die Beregnung im Sommer 2016, sowie im Sommer 2017 signifikant erhöht. Insgesamt zeigte sich, dass die Beregnung den Schlupf der sich in den Stammstücken entwickelnden Käfer im Sommer 2016 und 2017 signifikant aber nicht vollständig unterdrückt. Viele Käfer verbleiben unter der Rinde um zu überwintern, die Beregnung im Frühjahr vermag den Schlupf der überwinterten Käfer aber nicht vollständig zu vermindern.

Schlüsselworte: *Ips typographus*, Fichtenrundholzlager, Beregnung, Verhinderung von Ausschlupf und Entwicklung

# Abstract

Irrigation of spruce trunks infested with the eight-toothed spruce bark beetles (*Ips typographus*) to prevent the development and the dispersal of adult beetles

In an experiment under controlled outdoor conditions, the effect of irrigation with different quantities of irrigation on the emergence of *I. typographus* from infested spruce trunks was investigated. The naturally infested trunks were cut into 50 cm long pieces, stored in cages and subjected to two types of irrigation (B1 and B2). The control pieces were not irrigated. All cages were shielded from natural precipitation by a tarpaulin. The first irrigation experiment in summer 2016 was carried out with a precipitation of 4.3 l/m<sup>2</sup>/day for B1 and 11.1 l/m<sup>2</sup>/day for B2. The irrigation began when the bark beetles were already in the late larval stage and partly in the late pupa and young beetle stage. Until autumn 2016, a total of 178 (per trunk 14.8±8.3) bark beetles emerged from B1 and 171 (per trunk 14.25±9.4) from B2 (no significant difference). The non irrigated trunks had a significantly higher number of emerged beetles with 2,407 (per trunk 200.6±258.4). From mid-october the trunks remained outdoors for the winter, protected from rain. In spring 2017, they were again subjected to the respective irrigation treatment in order to survey the emergence of the beetles hibernating in the bark. 1,679 beetles emerged (per trunk 139.9±7.6) at B1, 1,596 beetles at B2 (per trunk 133.0±60.0) and 1,132 (per trunk 94.3±106.3) at the non irrigated trunks. By summing up the results from summer 2016 and spring 2017, there is a significant difference between the non irrigated trunks and B2. In summer 2017, the experiment was repeated with naturally infested trunks and a higher irrigation intensity (irrigation increased to 12.8 l/m<sup>2</sup>/day for B1 and 23.9 l/m<sup>2</sup>/day for B2). 1,676 (per trunk 139.7±69.4) beetles emerged at irrigation B1 and 611 (per trunk 50.9±23.7) beetles at irrigation B2, while 2,645 (per trunk 220.4±134.4) emerged at the non irrigated trunks. There is a significant difference between B1 and B2 and also between the non irrigated reference and B2. In the experiment summer 2016, there were significantly fewer bark beetles at the non irrigated trunks than in B1 and B2. Also in the experiment summer 2017, significantly more beetles of the irrigation variants remained in the bark than in the non irrigated reference trunks. The mortality of the beetles was significantly increased by irrigation in summer 2016 and summer 2017. Overall, it showed that irrigation significantly although not completely suppressed the emergence of beetles developing in the stem pieces in summer 2016 and 2017. Many beetles remained under the bark for hibernation but the spring irrigation did not reduce the emergence of the wintering beetles.

Keywords: *Ips typographus*, spruce log storage, sprinkling, prevention of emergence and development

# 1 Einleitung

## 1.1 Einführung und Problematik

Fichtenrundholzlager können ein Forstschutzrisiko für umliegende Waldbestände darstellen. Ein besonderes Problem stellt vor allem in Rinde gelagertes Rundholz, welches besonders mit Borkenkäfern (*Ips typographus*) befallen ist, dar. Laut Forstgesetz müssen zur Verhinderung gefahrendrohender Forstschädlingsvermehrung solche Hölzer rasch aufgearbeitet, aus dem Wald entfernt und entrindet oder sonst für eine gefahrendrohende Forstschädlingsvermehrung ungeeignet gemacht werden (Forstgesetz 1975, §45 Abs 2). Holz, das von Forstschädlingen in gefahrdrohendem Ausmaß befallen ist und bekämpfungstechnisch nicht behandelt wurde, ist an einem zum Zwecke der unverzüglichen bekämpfungstechnischen Behandlung geeigneten und entsprechend ausgestatteten Ort zu verbringen. Eine Zwischenlagerung des befallenen Holzes ist verboten (Forstschutzverordnung 2003, §4). Nach Extremwetterereignissen kann es jedoch plötzlich zu großen Mengen an Schadholz kommen, welches nicht immer zeitgerecht aufgearbeitet werden kann. Auch in der Zellstoffproduktion wird der Baumstamm nicht gleich bei der Anlieferung, sondern erst im Zuge der Weiterverarbeitung entrindet. Die Stämme vor der Produktion beziehungsweise gleich nach der Anlieferung, zu entrinden und danach bis zur Produktion wieder zwischenzulagern, stellt einen großen Aufwand dar und wird daher in der Praxis nicht durchgeführt. Der Buchdrucker hat daher die Möglichkeit aus solchem gelagerten Holz auszufliegen und sich in umliegenden Waldbeständen auszubreiten. Eine vorangegangene Untersuchung im Zuge des Forschungsprojektes „Ausbreitungsverhalten des Buchdruckers von Holzlagern als Grundlage zur Risikoabschätzung und forstliche Aufklärung“ hat bereits gezeigt, dass es durch in Rinde gelagertem Rundholz zu einer Ausbreitung des Käfers in umliegende Waldbestände kommt. Dazu wurde ein Freilassungs-Wiederfang-Experiment an einem Holzlagerplatz einer Zellstoffproduktionsfirma durchgeführt (Putz, 2014). Eine besondere Gefahr besteht, wenn die Anzahl der Buchdrucker, welche sich noch in der Rinde des Lagerholzes befinden, sehr hoch ist. Dies kann zu einem Stehendbefall von umliegenden Fichten führen. In der vorliegenden Arbeit wurde nun untersucht, ob eine leichte Beregnung die Entwicklung und den Ausflug der Käfer von in Rinde gelagertem Rundholz verhindert, beziehungsweise unterdrückt. Sollte das zutreffen, stellt dies eine alternative Methode zum Einsatz von chemischen

Behandlungsmaßnahmen wie Insektiziden von befallenen Fichtenrundholz dar. Vorangegangene Freilandversuche zeigten bereits, dass eine starke Beregnung der befallenen Fichtenstämme eine mögliche Bekämpfungsmaßnahme darstellt (Böhm-Bezing, 1998).

## 1.2 Ziel dieser Arbeit und Forschungsfrage

Ziel dieser Arbeit war es, in einem Versuch unter kontrollierten Freilandbedingungen nachzuweisen, ob sich eine leichte, kontrollierte Beregnung auf die Entwicklung und in weiterer Folge auf den Schlupf adulter Buchdrucker mit in Rinde gelagertem Holz auswirkt.

Dazu wurden folgende Forschungsfragen definiert:

- **Wirkt sich eine leichte Beregnung von befallenen Fichtenstämmen auf die Brutentwicklung aus?**
- **Wirkt sich in weiterer Folge eine leichte Beregnung auf den Ausschluß der Käfer aus den befallenen Fichtenstämmen aus?**

Um vergleichen zu können, ob es Unterschiede bezüglich Beregnungsintensitäten gibt, wurden zwei verschiedene Beregnungsvarianten mit unterschiedlichen Beregnungsmengen angewendet. Weiters wurde untersucht, ob sich im Gegensatz zu der in der Praxis üblichen Dauerberegnung bereits mehrmalige kurze Beregnungsphasen auf den Schlupf und die Entwicklung der Käfer auswirken. Die geringe Beregnungsintensität würde den Wasserverbrauch und das anfallende Abwasser bei der Nasslagerung von Borkenkäferholz verringern.

### 1.3 Stand des Wissens

Der achtzählige Fichtenborkenkäfer *I. typographus* (Buchdrucker) ist einer der gefährlichsten und wirtschaftlich bedeutendsten Forstschädlinge in Europa (Christiansen und Bakke, 1988). Vor allem Fichten werden bevorzugt befallen und zum Absterben gebracht (Forster et al., 2003). Eine Voraussetzung für die Entstehung einer Gradation ist ausreichendes Brutmaterial. Durch eine hohe Populationsdichte kann selbst eine vitale Fichte zum Absterben gebracht werden (Christiansen und Bakke, 1988). Ein Massenbefall wird vor allem durch extreme abiotische Schadereignisse wie Windwurf, Schneebruch und Trockenstress in Kombination mit optimalen klimatischen Bedingungen zur Entwicklung der Käfer begünstigt (Führer und Coeln, 1998). In Österreich verursachte *I. typographus* im Jahr 2017 eine Schadholzmenge von 3,5 Millionen Festmeter. Dies ist der höchste Wert seit Beginn der Meldungen durch die Bezirksforstinspektionen. Im Vergleich zum Jahr 2016 ergibt dies eine Zunahme an Schadholz von 34% in Österreich (BFW, 2017). Durch jährlich steigende Temperaturen wird eine erhöhte Reproduktion, geringere Mortalität durch Frost und ein früheres Erreichen der Schwärmtemperatur bei *I. typographus* möglich sein. Zusätzlich wird die Fichte durch die heißen Temperaturen und fehlendem Niederschlag geschwächt (Jakoby et al., 2015). All diese Faktoren lassen erahnen, dass der Buchdrucker weiter an Bedeutung gewinnt und auch zukünftig mit erhöhten Schadholzmengen zu rechnen ist.

#### 1.3.1 Entwicklung – *Ips typographus*

##### a) Brutanlage

Ab einer Temperatur von  $>16,5^{\circ}\text{C}$  werden die männlichen Buchdrucker aktiv und suchen einen geeigneten Wirtsbaum für die Brutanlage (Lobinger, 1994). Die Männchen bohren ein Eingangsloch und sind für die Anlage der verdeckt liegenden Rammelkammer zuständig. Die Weibchen nagen von der Rammelkammer ausgehend je einen bis zu 15 cm langen Muttergang (Postner, 1974). Die bis zu 80 Eier werden entlang des Mutterganges in die eingesnagten Einischen abgelegt (Wermelinger, 2004). Die Embryonalentwicklung dauert 1,5 bis 2 Wochen, die anschließende Larvenentwicklung 3 bis 4 Wochen, wobei die Feuchtigkeit der Rinde großen Einfluss auf die Entwicklung ausübt (Postner, 1974; Schwerdtfeger, 1981). Die Larven legen im Bast, den Splint nur leicht schürfend, Fraßgänge an und nach 2 bis 3 Wochen entwickelt sich ein hell gefärbter Jungkäfer. Durch den unter der Rinde durchgeführten Reifungsfraß speichert der

Käfer Reservestoffe, wird geschlechtsreif und wandelt sich zum adulten Buchdrucker (Postner, 1974). Nach vollführtem Reifungsfraß bohrt sich der Buchdrucker durch die Rinde um zu schlüpfen (Schwerdtfeger, 1981). Die gesamte Entwicklungsdauer einer Generation beträgt zwischen sieben und zwölf Wochen. Ein Borkenkäferweibchen ist im Stande über mehrere Generationen tausende Nachkommen zu produzieren (Nierhaus-Wunderwald, Forster 2004).

In einer Laborstudie von Wermelinger und Seifert (1999) wurde die Auswirkung der Temperatur als limitierender Faktor auf die Reproduktion von *I. typographus* untersucht. Der untere Schwellenwert zur Reproduktion liegt bei 7,9°C, der oberste bei 33,7°C und die Optimaltemperatur bei 28,9°C. Unter 12°C und über 33°C, konnte keine wesentliche Eiablage beobachtet werden. Die Muttergänge wurden unterhalb einer Temperatur von 12°C kaum verlängert und es erfolgte nur vereinzelt eine Eiablage. Ab 35°C erfolgt keine Eiablage mehr. Das Populationswachstum ist jedoch nicht nur von Reproduktion und optimalen Bedingungen zur Eiablage abhängig, sondern auch von der weiteren Entwicklung, Geschlechtsverhältnis und von der Sterblichkeit (Wermelinger und Seifert, 1999).

Extrem hohe Sommertemperaturen, die zu einer raschen Austrocknung der Rinde befallener Bäume führen, lassen die Larvensterblichkeit der Rindenbrüter, vor allem durch Sonneneinstrahlung auf den Stamm, stark ansteigen. Ebenso wirkt sich nach anhaltendem Niederschlag der hohe Feuchtigkeitsgehalt der Rinde oder des Holzes nachteilig auf die Entwicklung der Brutten oder indirekt durch Beeinträchtigung des Wachstums der Ambrosiapilze auf die Entwicklung von *I. typographus* aus (Postner, 1974). Vergesellschaftet ist der Buchdrucker mit Bläuepilzen, die zu den Ascomyceten-Gattungen *Ophiostoma* und *Ceratocystis* gehören. Die Ascomyceten verursachen die Blaufärbung des Splintholzes, wodurch in weiterer Folge ökonomische Verluste in der Holzwirtschaft entstehen (Kirisits, 2004).

#### b) Photoperiode und Überwinterung

Der Buchdrucker hat eine obligate oder eine fakultativ ausgeprägte Diapause. Buchdrucker mit einer obligaten Diapause bilden nur eine Generation pro Jahr aus, und Buchdrucker mit einer fakultativen Diapause bis zu drei Generationen. Die Diapause wird durch Umweltsignale wie Temperatur und Photoperiode ausgelöst. Dabei wird eine Gonadendiapause vollzogen und es werden Reservestoffe für den Winter angereichert. In mitteleuropäischen Tieflagenpopulationen kommen hauptsächlich fakultativ diapausierende Käfer vor, in Hochlagen ist der Anteil an obligat diapausierenden Buchdrucker höher. Der Anteil an fakultativ diapausierenden Buchdrucker in

einer Population hat somit auch eine wesentliche Bedeutung für das Schadpotenzial des Buchdruckers (Schebeck et al., 2017; Dobart, 2017). Multivoltine Populationen schlüpfen signifikant vermehrt unter Langtagbedingungen. Bei der Geschlechtsreife lässt sich bei multivoltinen Populationen jedoch nach der vollzogenen Diapause keinen Unterschied zwischen Langtag- und Kurztagbedingungen feststellen. Die Photoperiode wirkt sich daher auf den Schlupf, jedoch nicht auf die Geschlechtsreife und die Reproduktion aus. Bei einer univoltinen, skandinavischen Population zeigte sich sowohl bei Langtag- als auch bei Kurztagbedingungen nach einer Abkühlphase ein erhöhter Schlupf mit geschlechtsreifen Buchdruckern (Dobart, 2017).

Bei Langtagbedingungen oberhalb der kritischen Tageslänge von 14,7 Stunden Licht wird die Geschlechtsreifung von *I. typographus* stimuliert und die entwickelten Buchdrucker werden dazu angeregt, das Brutsystem zu verlassen und zu schlüpfen (Dolezal und Sehnal, 2007). Bei Kurztagbedingungen tritt eine Diapause ein und der Buchdrucker reduziert den Stoffwechsel und entwickelt eine Frosthärte (Schopf und Kritsch, 2010).

Für noch nicht fertig entwickelte Jungstadien, wie Ei, Larve oder Puppe kommt es bereits bei leichtem Frost zu einer Mortalität von 100% (Schopf und Kritsch, 2010). Die hohe Mortalität der Larven wird auf eine Sepsis durch den nicht entleerten Darm zurückgeführt. Die Ursache bei Puppen und Jungkäfern wird aber auf das Kontaktgefrieren zurückgeführt (Schopf und Kritsch, 2010). Das zeigt, dass nur adulte Käfer in der Lage sind zu überwintern. Um sich vor Frost zu schützen, beginnen die adulten Käfer bereits im Herbst, hohe Konzentrationen an Äthylenglykol zu produzieren (Nierhaus-Wunderwald und Forster, 2004). Die adulten Käfer sind daher in der Lage auch tiefe Temperaturen im Winter, bis -21°C zu überleben (Netherer, 2003). Die durchschnittliche Mortalitätsrate bei überwinternden Buchdruckern liegt dennoch bei 50% (Wermelinger, 2004). Auch bei Schopf und Kritsch (2010) konnte während der Wintermonate eine Mortalitätsrate bei den Parentalkäfer von 50% bis 60% festgestellt werden.

Štefková et al. (2017) untersuchte anhand eines Labor- und Freilandexperiments die Entwicklung und Überwinterung von *I. typographus* bei Temperaturen von 0°C, 5°C und 10°C. Bei einer Temperatur von 10°C konnte sich *I. typographus* am schnellsten entwickeln. Aber auch bei Temperaturen von 0°C und 5°C im Labor, konnten nach 12 Wochen entwickelte Buchdrucker vorgefunden werden. Was daraus schließen lässt, dass anders als bei Wermelinger und Seifert (1998) angenommen, auch bei Temperaturen von 0°C und 5°C eine Entwicklung, jedoch eine langsamere als bei Temperaturen von 10°C stattfindet (Štefková et al., 2017). Für die Entwicklung

des Buchdruckers spielt daher die Photoperiode, sowie Temperatur eine wichtige Rolle (Schopf, 1989; Wermelinger, 2004; Dolezal und Sehnal, 2007). Um dem Schadpotenzial bereits vor dem Schlupf entgegenwirken zu können bzw. um rechtzeitige forsttechnische Maßnahmen zu setzen, wurde das PHENIPS Modell entwickelt. Mit dem Modell von Baier et al. (2007) kann der Schwärm- und Befallsbeginn im Frühjahr, die Entwicklung der Brut, der Beginn von Geschwisterbruten, die Anlage von Folgegenerationen und die Überwinterungsfähigkeit auf Basis von Temperaturmessungen abgeschätzt werden. Durch das Aufsummieren der effektiven Temperatur kann der Zeitpunkt zwischen Eiablage bis zum adulten Käfer vorhergesagt werden. Für die Entwicklung von Ei zur Puppe werden 334 Gradtage über einem Entwicklungsnullpunkt von 8,3°C benötigt. Wobei ein Gradtag aus der Different Tagesmitteltemperatur – 8,3°C (Entwicklungsnullpunkt) berechnet wird. Der obere Entwicklungsnullpunkt liegt bei 38,9°C. Für die gesamte Entwicklung vom Ei bis zum Jungkäfer sind 557 Gradtage notwendig (Baier et al., 2007, Wermelinger und Seifert 1989). Überwintern die Buchdrucker in Rinde, setzt der Schlupf nach Beobachtungen von Baier et al. bei 60,54 Graddtagen und anschließender Lufttemperatur von >16,5°C ein. Akkumuliert wird dabei die Temperatursumme (Tagesmaximum - 8,3°C), beginnend ab 1. April.

### c) Flugaktivität und Ausbreitung

*I. typographus* fliegt im Frühjahr, nach dem Überwintern und im späten Sommer, wenn ein Ort zum Überwintern gesucht wird (Botterweg, 1982). Für den Beginn des Schlupfes und das Schwärmen der Käfer ist maßgeblich die Temperatur und Witterung verantwortlich. Für die meisten Borkenkäferarten befindet sich diese zwischen 9°C bis 18°C (Postner, 1974). Die Tagesflugaktivität der Buchdrucker liegt zwischen 9:00 Uhr und 21:00 Uhr, wobei ein Maximum zu Mittag beziehungsweise am frühen Nachmittag verzeichnet werden kann (Wermelinger, 2004). Nach Lobinger (1994) setzt die Flugaktivität zu Mittag um 13:30 Uhr, bei einem Erreichen der Temperaturschwelle von 16,5°C ein. Bei einem Temperaturrückgang unterhalb dieses Wertes, ab einer Uhrzeit von 17:30 Uhr verbleibt der Buchdrucker in der Rinde. Der Flugzeitpunkt von *I. typographus* spielt eine wichtige Rolle für die Bekämpfung von in Rinde gelagertem Rundholz. Der Buchdrucker ist in der Lage sich innerhalb eines Tages über eine Entfernung von bis zu 750m (Botterweg, 1982) auszubreiten. Forsse und Solbrek (1985) beobachteten anhand von Laboruntersuchungen, dass *I. typographus* beträchtliche Distanzen mit Hilfe von Wind

zurücklegen kann. Duelli et al. (1997) untersuchte die Migration von *I. typographus* mit Hilfe von Pheromonfallen in Abständen von 5m, 200m und 500m. Dabei wurden im Nahebereich des Freilassungsortes die höchsten Fangzahlen festgestellt. Mit zunehmender Distanz nahmen die Fangzahlen ab. Von 2.201 wiedergefangenen Buchdruckern mit Flugerfahrung wurden 94,0% in 5m, 4,3% in 200m und 1,6% in 500m entfernten Fallen vorgefunden. Von 3.290 wiedergefangenen Buchdrucker ohne Flugerfahrung wurden, 74,3% im Umkreis von 5m, 19,8% in 200m und 5,9% in 500m Entfernung wiedergefangen. Um festzustellen, ob sich der Buchdrucker von einem Holzlagerplatz in umliegende Fichtenwälder ausbreitet, wurde von Putz (2014) ein Freilassungs-Wiederfang-Experiment durchgeführt. Der höchste Wert des Wiederfangs zeigte sich dabei im Nahbereich des Holzlagerplatzes. 69,3% der Käfer landeten in Fallen, die innerhalb von 100m des Freilassungsortes lagen, und 90,2% innerhalb von 500m. Der Wiederfang nahm mit zunehmender Distanz exponentiell ab und ab Distanzen von mehr als 1 km konnten nur noch knapp 1% der ausgelassenen Buchdrucker in Fallen vorgefunden werden. Ein weiteres Freilassung-Wiederfang-Experiment wurde von Hoch et al. (2013) an einem Holzlagerplatz durchgeführt. Von 5.718 freigelassenen Buchdruckern wurden 109 wiedergefangen. Von den 109 wiedergefangenen landeten 94,5% in den Fallen am Lagerplatz und 5,5% in Fallen der umliegenden Umgebung.

### 1.3.2 Bekämpfungstechnische Maßnahmen

Ist ein Befall von *I. typographus* vorhanden, müssen geeignete Forstschutzmaßnahmen gesetzt werden, um eine Massenvermehrung zu verhindern. Nach §2 der Forstschutzverordnung 2003 muss Schadholz in Österreich unverzüglich vom Stock getrennt, aus dem Wald entfernt und bekämpfungstechnisch behandelt werden. Zu den bekämpfungstechnischen Maßnahmen zählen Entrinden, Einwässern, Beregnen, Zerkleinern, Verbrennen, künstliche Trocknung, Pflanzenschutzmittel und Begasen (Forstschutzverordnung, §3). Nierhaus-Wunderwald und Forster (2004) geben als Forstschutzmaßnahme an, frisch befallene Bäume sofort zu fällen und vor dem Ausflug aus dem Wald zu entfernen und zu entrinden. Sind bereits Jungkäfer vorhanden, muss eine Entrindung maschinell erfolgen, und die Rinde mitsamt den Käfern gehäckselt oder verbrannt werden (Nierhaus-Wunderwald und Forster, 2004). Die Mortalität durch eine mechanische Entrindung liegt bei 93% (Wermelinger, 2004).

Eine bedeutende Forstschutzmaßnahme, um Fichten in Rinde zu lagern, stellt die Nasslagerung dar. Die Nasslagerung ist eine umweltschonende Lagerungsform, da auf Pestizide verzichtet wird.

Gelagert werden hauptsächlich nicht entrindete, unbefallene Holzstämmе, die mit Wasser beregnet werden, um das Holz vor qualitätsminderndem Schädlingsbefall zu schützen (Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, 2016). Durch die andauernde Beregnung des gelagerten Holzes wird die Holzfeuchte so hoch gehalten, dass Pilze und Insekten es nicht besiedeln können. Damit einem Pilzbefall vorgebeugt werden kann, muss eine ausreichende Beregnung erfolgen (Schmidt et al. 1987), sonst kann eine geringe Feuchte, einen Pilzbefall fördern (Kollmann et al. 1957). Das Porensystem der eingelagerten Hölzer bleibt mit Wasser gefüllt und verhindert damit ein Eindringen der Luft bzw. den Zutritt von Sauerstoff. Holzschädigenden Pilzen und Insekten wird damit die Lebensgrundlage entzogen (Odenthal-Kahabka, 2005). Das Holz kann somit bis zu zwei Jahre gelagert werden (Perny, 2010). Im Vordergrund bei diesen Maßnahmen steht in erster Linie der Werterhalt der Hölzer. Gleichzeitig dienen die Nasslager dazu, den Holzmarkt zu entlasten und die Holzpreise auf Dauer zu stabilisieren und den Insektizideinsatz zu vermeiden (Morigl, 2014). Zu den Vorteilen der Nasslagerung zählt, dass die Holzkonservierung bei sachgerechter Durchführung große Mengen Holz, die durch Extremwetterereignisse oder andere Kalamitäten anfallen, über mehrere Jahre hinweg unter Beibehaltung der Holzqualität gelagert werden können (Odenthal-Kahabka, 2005). Es soll ausschließlich frisches Holz eingelagert werden. Die Zeitspanne zwischen Bereitstellung des Holzes und Einlagerung sollte zwei Wochen nicht überschreiten, wobei Seehöhe und Witterung dabei zu beachten ist. Die Überprüfung der Holzfeuchte ist daher ratsam (Deutschman et al., 2008). Bei einem Nasslager kann zwischen temporär und permanent betriebenen Nassholzlager, sowie zwischen offenem und geschlossenem Beregnungssystem unterschieden werden (Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, 2016). Bei einem geschlossenen Beregnungssystem (Kreislaufbetrieb) wird das bei der Beregnung ausgebrachte Wasser wieder aufgefangen und zur weiteren Beregnung verwendet, während bei einem offenen System das Wasser abläuft. Die Entnahme von Wasser aus Oberflächengewässern oder dem Grundwasser ist bewilligungspflichtig (Wasserrechtsgesetz 1959, § 32). Die Bewilligung wird üblicherweise zeitlich befristet und auf ein bis höchstens zwei Jahre erteilt. Zuständig für die Erteilung ist die Bezirkshauptmannschaft (Deutschman et al., 2008). In Österreich ist das Einleiten von Beregnungswasser aus Nassholzlager nicht explizit festgelegt (Nipitsch, 2016). Bei einem geschlossenen Beregnungssystem (Kreislaufsystem) wird das Wasser zur Beregnung gesammelt und wiederverwendet. Der Nachteil besteht darin, dass sich das Wasser sehr stark mit Schadstoffen

anreichert (Peek, 1989). Zu den Schadstoffen, die im Abwasser vorgefunden werden, zählen vor allem holzbürtige Stoffe wie Harzsäure, Gerbstoffe (Phenolverbindungen), Tannin, Lignin sowie bestimmte Fettsäuren und Schwermetalle (Schmutz, 2009). Wird das Wasser mit angereicherten Schadstoffen in Fließgewässer eingeleitet, kann das Auswirkungen auf die Fischfauna und andere im Gewässer lebende Tiere haben. Die vorhandene Konzentration eines Schadstoffes hängt auch davon ab, wie groß der Lagerplatz ist und wie viel Holz gelagert wird (Orban et al., 2002). Die Abwasserqualität kann gesteigert werden, indem das Abwasser über ein Absetzbecken in den Vorfluter geführt wird. Hier können unerwünschte Partikel wie Rinde und Sand vorgefiltert werden (Peek, 1989). Die größte Sicherheit in Bezug auf Schutz des Gewässers wird durch ein geschlossenes Beregnungssystem (Recyclingsystem) erzielt, da das Ablaufwasser wieder zur weiteren Beregnung verwendet wird. Dies hat auch den Vorteil des geringeren Wasserbedarfs, da nur das verdunstete Wasser wieder zugeführt werden muss (Schmutz, 2009).

Die Beregnung dient nicht nur zum Schutz von Schadholz vor einem Befall von Schädlingen, sondern kann auch dazu dienen, bereits in Rinde befindliche Schädlinge am Schlupf zu hindern. Um die Unterdrückung des Ausfluges von bereits befallenen Fichtenstämmen durch Beregnung zu belegen, wurden Labor- sowie Freilandversuche durchgeführt. Bei den durchgeführten Freilandversuchen wurde nachgewiesen, dass eine Beregnung der Versuchsstämme eine Verzögerung bzw. Hemmung der Brutsystementwicklung verursachte. Böhm-Bezing (1998) führte Labor- und Freilandversuche mit unterschiedlichen Beregnungsmengen durch. Die Beregnungsintervalle waren 15 Minuten Beregnung und 30 Minuten ohne Beregnung über 24 Stunden. Das sind 8 Stunden Bewässerung pro Tag. Dabei konnte eine Mortalitätsrate bei Larven und Altkäfern von 100% mit einer Beregnungsmenge von 300 – 550 l/m<sup>2</sup>/Tag von durchschnittlich 21 Tagen Beregnung im Labor festgestellt werden. Im zweiten Laborversuch mit 28 Tagen Beregnungszeit konnte bei den Larven eine Mortalitätsrate von 96% – 100% und für Altkäfer eine Mortalität von 90%-100% festgestellt werden. Im dritten Laborversuch mit einem Versuchszeitraum von 75 Tagen bei einer niedrigeren Beregnungsmenge von 240 – 300 l/m<sup>2</sup>/Tag konnte nach zweiwöchiger Brutanlage eine Mortalität von 100% bei Larven, Puppen und Jungkäfern und 96% bei Altkäfern festgestellt werden. Auffällig ist, dass auch die Kontrollstämmen eine Mortalitätsrate bei den Altkäfern von 43% aufweist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich auch lange Trockenheit negativ auf die Brut auswirkt. Bei einem Freilandversuch von Böhm-Bezing (1998) mit Beregnungsmengen von 500 – 750 l/m<sup>2</sup>/Tag konnte bei einer durchschnittlichen

Beregnungsdauer von 31 Tagen eine Mortalitätsrate von 100% bei Larven, Puppen und Altkäfern erreicht werden. Mit einem längeren Beregnungszeitraum von 59 Tagen war die Mortalitätsrate der Larven ebenfalls bei 100%.

In einem Versuch von Friedl (2008) wurde unter kontrollierten Freilandbedingungen die Auswirkung von Niederschlag auf die Entwicklung der Buchdrucker erhoben. Die Beregnungsmenge der Fichtenstämme lag bei 140 l/m<sup>2</sup>/Monat (~4,6 l/m<sup>2</sup>/Tag) und 350 l/m<sup>2</sup>/Monat (~11,6 l/m<sup>2</sup>/Tag). Die Versuchsstämme wurden je nach Beregnungsvariante 4 Mal pro Tag für 12 bzw. 23 Minuten über einen Zeitraum von 28 bis 33 Tage beregnet. Die Ergebnisse zeigten, dass bei der Kontrollvariante eine geringere Larvenmortalität und eine schnellere Entwicklung der Nachkommen stattgefunden hat, im Vergleich zu den beregneten Stämmen (Friedl, 2008). Die bereits durchgeführten Versuche zeigten, dass die Beregnung von Schadholz Einfluss auf *I. typographus* hat.

Mit diesem Versuch soll herausgefunden werden, ob bereits eine leichte, kontrollierte Beregnung unter Freilandbedingungen Einfluss auf die Entwicklung und den Schlupf adulter Buchdrucker mit in Rinde gelagertem Holz zeigt.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Überblick

Die Auswirkung künstlicher Beregnung auf Entwicklung und Ausflug des Buchdruckers wurde mit Hilfe eines Freilandversuches getestet. Dieser Beregnungsversuch fand am Gelände des Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), 1130 Wien statt.

Im Sommer 2016 wurden erstmals vom Buchdrucker natürlich befallene Stammstücke (Fangbäume) aus Naßwald (Niederösterreich) für den Beregnungsversuch herangezogen. Die kontrollierte Beregnung in zwei Intensitäten wurde bis in den Herbst 2016 durchgeführt. Anschließend wurden die Baumstämme zur Überwinterung geschützt unter einem Flugdach am Gelände des BFW im Trockenen zwischengelagert und im Frühjahr erneut der jeweiligen Beregnungsvariante unterzogen, um den weiteren Schlupf der überwinternden Buchdrucker aufzuzeichnen (Abb. 1).

Im Sommer 2017 wurde der Beregnungsversuch mit neuen Fangbäumen aus dem Forstgut Walpersdorf (Niederösterreich) wiederholt (Abb.2).

Nach dem Beenden der Versuche wurden die Baumstämme entrindet und die in der Rinde verbliebenen Käfer sowie die angelegten Brutsysteme gezählt.

Abb. 1: Beregnungsversuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017

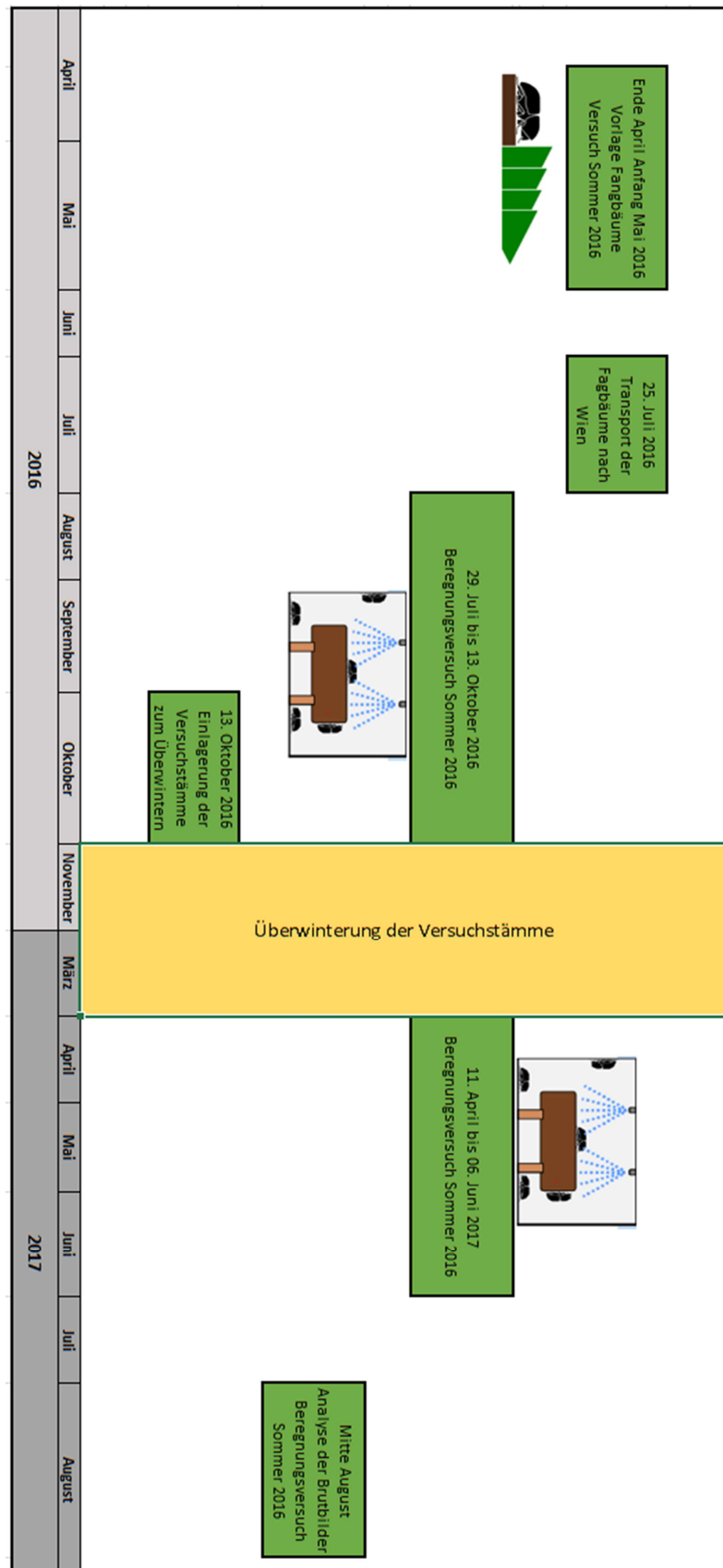
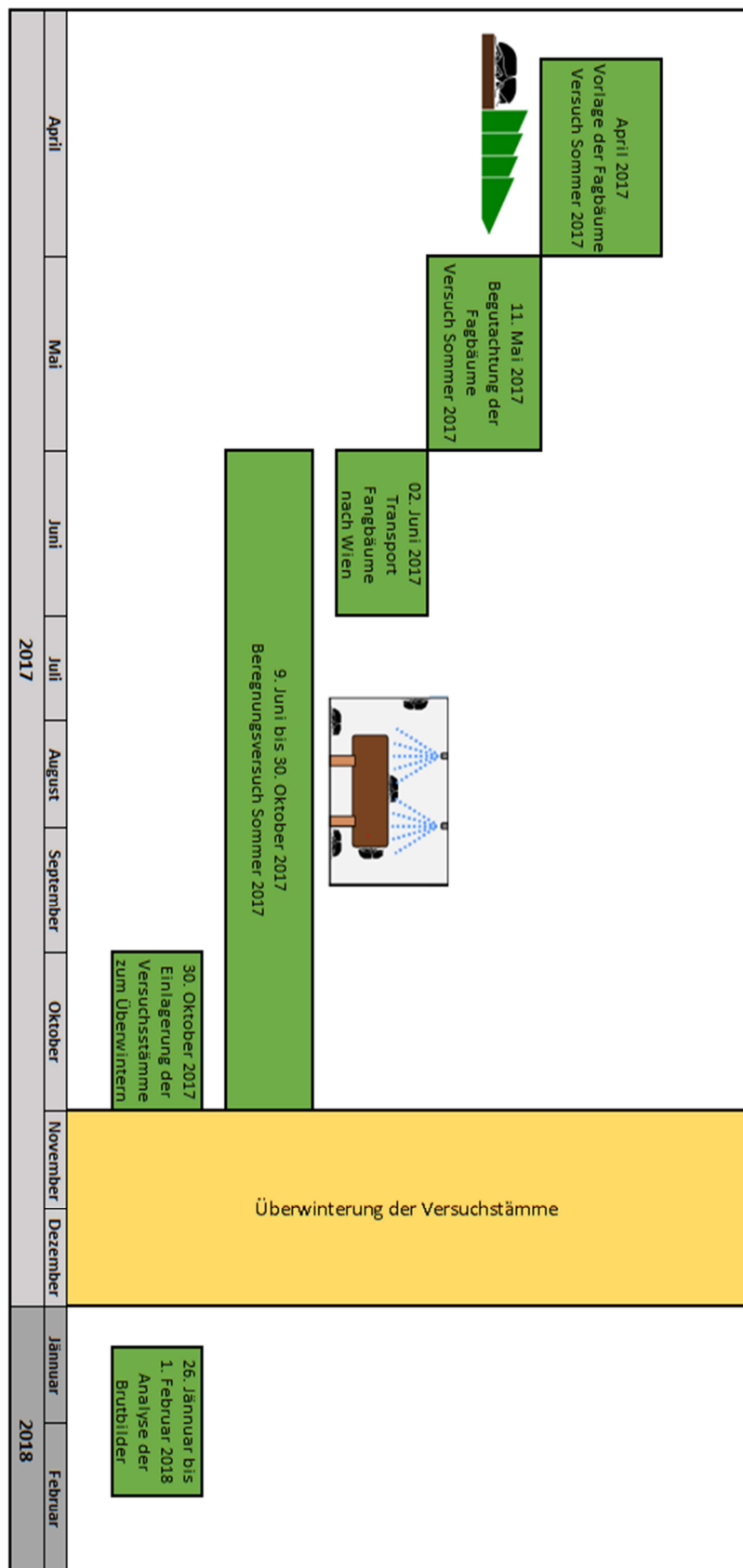


Abb. 2: Beregnungsversuch Sommer 2017



## 2.2 Beregnungsversuch Sommer 2016

Der Beregnungsversuch Sommer 2016 wurde von DI Putz und Dr. Hoch vom BFW angelegt und durchgeführt. Die Versuchsstämme wurden von mir nach der Überwinterung übernommen und 2017 weiter untersucht. Die im Sommer 2016 erhobenen Daten wurden für die Auswertung im Rahmen der vorliegenden Arbeit zur Verfügung gestellt.

### 2.2.1 Fangbäume

Die für den Versuch im Sommer 2016 verwendeten Fangbäume stammen aus Naßwald (Bezirk Neunkirchen, NÖ). Die Fangbäume wurden auf zwei verschiedenen Standorten in einer Seehöhe zwischen 1000 und 1200 m Ende April bzw. Anfang Mai 2016 zur natürlichen Besiedelung durch *I. typographus* vorgelegt. Für den Versuch wurden am 25. Juli 2016 vier gut mit *I. typographus* besiedelte Fichtenstammstücke (S1, S2, S4, S6) ausgewählt und an den Versuchsstandort nach Wien transportiert. Der Status der Brutentwicklung war zum einen Teil spätes Larvenstadium bzw. Puppenstadium und zum anderen Teil waren bereits Jungkäfer vorhanden. Die Stämme wurden auf eine Durchschnittslänge von 50 cm abgelängt und in Folge auf die Beregnungsvarianten B1, B2 und Kontrolle aufgeteilt. Der durchschnittliche Durchmesser war 19,80 cm. In Summe befanden sich von den Stämmen (S2, S4, S6) jeweils zwei 50 cm Stücke und von Stamm (S1) jeweils sechs 50 cm Stücke in jeder Versuchsvariante.

### 2.2.2. Aufbau der Versuchsanlage

Der Beregnungsversuch Sommer 2016 fand unter kontrollierten Freilandbedingungen von 29. Juli 2016 bis 13. Oktober 2016 statt. Dies ergibt einen Beregnungszeitraum von 73 Tagen.

#### Versuchsvarianten:

- Beregnung 1 (B1) mit einer durchschnittlichen Beregnungsmenge von 4,3 l/m<sup>2</sup>/Tag
- Beregnung 2 (B2) mit einer durchschnittlichen Beregnungsmenge von 11,1 l/m<sup>2</sup>/Tag
- Kontrolle ohne Beregnung

Pro Variante wurden zwölf Käfige verwendet, in denen die Baumstämme einzeln gelagert waren, um den Schlupf der Buchdrucker pro Baumstück zu dokumentieren und genau nachvollziehen zu können. Für die beregneten Stammstücke wurden vierundzwanzig Holzkäfige angefertigt, welche mit einem feinmaschigen (<4mm) Metallgitter ummantelt wurden. Die Varianten mit Bewässerung hatten einen Bewässerungsschlauch, der durch alle zwölf Käfige ging und pro Käfig befanden sich zwei Düsen in gleichmäßigem Abstand (Abb. 3). Außerdem wurden alle Käfige mit einem Dichtungsband abgedichtet, was das Ausfliegen der Buchdrucker an den Käfigöffnungen

verhinderte. Die Baumstämme der nicht beregneten Kontrolle, kamen ebenfalls einzeln in Käfige und wurden unter einer Plane vor Niederschlag geschützt platziert. Der Beregnungsversuch 1 und 2 wurde am Gelände des BFW in zwei parallelen Reihenangelegt (Abb. 3). Die Anlage wurde mit Plastikplanen überdacht, um den Versuch vor äußeren natürlichen Ereignissen wie Niederschlag zu schützen. Bei der Bewässerung handelte es sich um kein geschlossenes System, das Wasser wurde aus einer Wasserleitung vor Ort entnommen und nach der Beregnung konnte das Wasser durch den Käfigboden ablaufen. Die Stämme der Beregnung wurden waagrecht in den Käfig auf zwei Holzstaffel gelegt, somit gab es keinen Kontakt zum Käfigboden und das Wasser konnte abtropfen. Dies sollte die Eventualität von im Wasser liegenden Stämmen verhindern. Die Tröpfchenbewässerung erfolgte mit einer GARDENA Nebeldüse des Micro-Drip-Systems (Artikelnummer 1371-20). Von 29.7.2016 bis 18.8.2016 wurde die Bewässerung mittels zweier Bewässerungscomputer (Galcon 9001D, Israel) durchgeführt, die die vorgelegten Holzstämme täglich in vier Zyklen (1:00, 7:00, 13:00 und 19:00 Uhr) je eine (B1) bzw. zwei (B2) Minuten lang bewässerten. Die Berieselungsmenge pro Käfig wurde mittels Auffangbehältnissen gemessen. Wegen eines Defekts musste ab dem 18.08.2016 ein neues Bewässerungssystem (GARDENA FlexControl, Artikelnummer 1883-20) eingesetzt werden. Die Versuchsstämme wurden drei Mal täglich in einem Intervall von sechs Stunden zu den Zeiten 6:00, 14:00 und 22:00 Uhr beregnet. Die Beregnung wurde für Beregnungsvariante 1 mit einer Beregnungsdauer von einer Minute und für Beregnungsvariante 2 mit zwei Minuten gewählt. Um die Durchflussmenge an Wasser messen zu können, wurde pro Beregnungscomputer und -variante ein GARDENA Wassermengenzähler verwendet. Die Wassermenge wurde bei jedem Absammeltermin notiert und die Durchflussmenge berechnet. Dies war notwendig, um Auskunft über die Beregnungsmenge pro Käfig und jeweiliger Beregnungsvariante zu geben. Zur Erhebung der Temperaturdaten wurde zu Beginn des Versuches ein Temperatur-Datalogger unter der Plane bei den Beregnungsvarianten und ein weiterer in einem Käfig der Kontrollstämme befestigt, welcher stündliche die Lufttemperatur aufzeichnete. Verwendet wurde dazu der Datalogger EasyLog (LASCAR electronics, England).



Abb. 3: Links: Holzkäfige, zweireihig angeordnet, mit jeweils 12 Stück pro Beregnungsvariante. Die Plastikplanen dienten dazu, den Versuch vor natürlichem Niederschlag zu schützen. Die Käfige waren mit einem Metallgitter (<4mm) ummantelt und jede Bewässerungsvariante war mit einem durchgehenden Bewässerungsschlauch mit zwei Düsen verbunden. Rechts: Versuchsstamm der Beregnung 1 während einer Beregnung.

### 2.2.3 Allfällige Probleme durch die Bewässerungsanlage

Da es sich bei diesem Versuch um eine offene Bewässerungsanlage handelte, wurde für die Beregnung der Baumstämme, Wasser aus der Wasserleitung entnommen. Durch Druckunterschiede in der Bewässerungsanlage gab es teilweise eine ungleichmäßige Beregnung der Baumstämme. Es kam auch vor, dass die Düsen der Beregnungsanlage nach der Beregnung nicht sofort aufhörten zu tropfen. Die Folge war, dass Versuchsstämme teilweise stärker durchnässt bei dem darauffolgenden Absammeltermin vorgefunden wurden. Bei jedem Absammeltermin wurde daher darauf geachtet, ob die Düsen in gleichen Abständen und auch nach unten gerichtet waren, um eine gleichmäßige Beregnung sicher zu stellen. Um allfällige Unterschiede auszugleichen wurden die Baumstämme wöchentlich rotiert und die Position in den Käfigen gewechselt.

### 2.2.4 Kontrolle und Absammeltermine

Eine Kontrolle fand zwei Mal pro Woche statt. Bei stark nachlassender Schlupfintensität im Herbst wurden die Kontrollen nur mehr wöchentlich durchgeführt. Die Käfer wurden mit Hilfe einer Federpinzette einzeln aus den Käfigen gesammelt und danach in einem Behälter mit Drehverschluss aufbewahrt, und anschließend im Labor näher analysiert. Zu sehr starken Schlupfzeitpunkten konnte bemerkt werden, dass sich die Buchdrucker immer wieder in die Abdichtungen fraßen und teilweise auch in das Holz der Käfige. Die Dichtungen mussten daher ständig kontrolliert werden, zum einen ob sich Buchdrucker darin befanden und zum anderen, um Käfer am Ausflug zu hindern. Die Kontrollkäfige wurden bei jedem Absammeltermin aufgrund der

hohen Anzahl an ausgeschlüpften Käfern mit einem Handstaubsauger der Firma BOSCH ausgesaugt. Dazu wurde im Inneren des Saugers ein Hygia Favorit II Filterpapier mit einem Gummiring befestigt, um alle Buchdrucker und weitere Insekten einzusaugen.

#### 2.2.5 Versuchsabschluss

Der Beregnungsversuch Sommer 2016 wurde am 13. Oktober 2016 beendet und alle Stammstücke wurden zur Überwinterung unter einem Flugdach am Gelände des BFW trocken und unter Freilandlufttemperaturen in Käfigen gelagert. Im Zeitraum der Überwinterung fand keine Überprüfung der geschlüpften Käfer statt. Zum Aufzeichnen der Temperatur wurde der DatenLogger (EasyLog, LASCAR electronics, England) in einem der Käfige angebracht.

### 2.3 Fortsetzung Beregnungsversuch Sommer 2016 im Frühjahr 2017

Der im Sommer 2016 begonnene Beregnungsversuch wurde im Frühjahr 2017 unter kontrollierten Freilandbedingungen in einem Zeitraum von 11. April 2017 bis 06. Juni 2017 fortgesetzt. Dies ergibt einen neuerlichen Beregnungszeitraum von 57 Tagen.

#### Versuchsvarianten:

- Beregnung 1 (B1) mit einer durchschnittlichen Beregnungsmenge von 6,15 l/m<sup>2</sup>/Tag
- Beregnung 2 (B2) mit einer durchschnittlichen Beregnungsmenge von 10,83 l/m<sup>2</sup>/Tag
- Kontrolle ohne Beregnung

Im Frühjahr 2017 wurden die überwinterten Baumstämme, welche im Sommer 2016 erstmals vorgelegt wurden, wieder in die Käfige der jeweiligen Beregnungsvarianten untergebracht. Am 11.4. 2017 fand der erste Absammlertermin nach der Überwinterung der Baumstämme statt. Die Beregnung fand drei Mal täglich in einem Intervall von acht Stunden zu den Uhrzeiten 8:00, 16:00 und 24:00 statt. Die Beregnungsdauer der Beregnung 1 war eine Minute und Beregnung 2 zwei Minuten. Die Absammlertermine fanden im Versuchszeitraum jeweils am Montag, Mittwoch und Freitag statt. Um allfällige Unterschiede in Beregnungsintensität und Temperatur auszugleichen, wurden die Stämme einmal pro Woche - am Mittwoch- rotiert. Das bedeutet jeder Baumstamm rückte um einen Käfig innerhalb der jeweiligen Beregnungsvariante weiter. Außerdem wurden bei jedem Absammlertermin die Baumstämme mit der trockenen Oberseite nach oben in den Käfig gelegt, um eine gleichmäßige Beregnung zu gewährleisten. Der Beregnungsversuch Frühjahr 2017 mit den Versuchsstämmen von Sommer 2016 wurde am 6. Juni abgeschlossen. In weiterer Folge

wurden die Baumstämme im August 2017 entrindet und die Brutsysteme und die in der Rinde verbliebenen Buchdrucker analysiert.

## 2.4 Beregnungsversuch Sommer 2017

### 2.4.1 Fangbäume

Der Beregnungsversuch wurde im Sommer 2017 wiederholt. Die Fichtenstämme wurden im Forstgut Walpersdorf, Revier Landersdorf auf einer Seehöhe zwischen 300 bis 400 m, im April 2017 vorgelegt (Abb. 4).



Abb. 4: Vorgelegte Fichtenstämme im Forstgut Walpersdorf auf einer Seehöhe zwischen 300 bis 400 m. Die Versuchsstämme wurden nach erfolgter Besiedelung durch *I. typographus* in 50 cm Abständen abgelängt und anschließend auf die jeweiligen Versuchsvarianten im Versuch Sommer 2017 aufgeteilt.

Am 11. Mai 2017 wurde eine erste Begutachtung der Fangbäume, um das Entwicklungsstadium der bereits angelegten Brutsysteme zu ermitteln, vorgenommen. Dabei wurden fünf Stämme (S1, S2, S3, S4, S5) bereits für den Versuch ausgesucht und in 50 cm Abständen markiert. Die Durchschnittslänge aller Baumstämme war 49,2 cm und sie hatten einen durchschnittlichen Durchmesser von 23,3 cm. In Summe befanden sich von den Stämmen (S1, S3, S4, S5) jeweils zwei 50 cm Stammstücke und von Stamm (S2) jeweils vier 50 cm Stücke in jeder Versuchsvariante. Pro Variante wurden somit je zwölf Stammstücke verwendet, welche zum Start des Versuches zum einen Teil spätes Larvenstadium und zum anderen Teil bereits Puppenstadium aufwiesen (Abb. 5).



Abb. 5: Brutsystem nach dem Öffnen eines Probestammes am 02. Juni 2017. Pro Variante wurden je zwölf Stammstücke verwendet, welche zum Start des Versuches zum einen Teil spätes Larvenstadium und zum anderen Teil bereits Puppenstadium aufwiesen.

Am 2. Juni 2017 wurden die befallenen Baumstücke abgeholt, in Stücke geschnitten und mit einem Netzgitter unter dem Flugdach am Gelände des BFW zwischengelagert. Jeder Baumstamm erhielt eine dreistellige Nummer, um den dazugehörigen Schlupf der Käfer nachvollziehen zu können.

#### 2.4.2 Aufbau der Versuchsanlage

Der Beregnungsversuch Sommer 2017 fand unter kontrollierten Freilandbedingungen in einem Zeitraum von 9. Juni 2017 bis 30. Oktober 2017 statt. Dies ergibt einen Beregnungszeitraum von 143 Tagen.

##### Versuchsvarianten:

- Beregnung 1 (B1) mit einer durchschnittlichen Beregnungsmenge von 12,8 l/m<sup>2</sup>/Tag
- Beregnung 2 (B2) mit einer durchschnittlichen Beregnungsmenge von 23,9 l/m<sup>2</sup>/Tag
- Kontrolle ohne Beregnung

Für die Wiederholung des Beregnungsversuches wurde abermals die Beregnungsanlage am BFW in Betrieb genommen. Mit dem Start des neuen Versuches wurden jedoch die Kontrollkäfige, um die gleichen Bedingungen wie bei den Beregnungen zu schaffen, welche sonnig platziert waren, an einen weniger schattigen Platz innerhalb des Geländes am BFW übersiedelt. Auch bei diesem Versuch wurden die Baumstämme einmal pro Woche rotiert. Die Materialien, wie Bewässerungscomputer, Bewässerungsdüsen, Staubsauger, Beregnungszähler und Datenlogger, wurden wie oben dargestellt verwendet. Die Beregnungsmengen wurden jedoch im Vergleich zum vorhergehenden Versuch bei Beregnung 1 auf zwei Minuten und Beregnung 2 auf vier Minuten erhöht, da dadurch eine höhere Beregnungsintensität erreicht wird. Aufgrund der Beobachtung,

dass die Stämme über Mittag, vor allem im Sommer, rasch trockneten, wurden auch die Beregnungszeitpunkte auf 6:00, 13:00 und 21:00 Uhr umgestellt. Die Erhöhung der Beregnungsmengen und die Änderung der Beregnungszeiten sollte eine gleichmäßigere Befeuchtung der Stammstücke gewährleisten. Am 7. Juni 2017 wurden die Baumstämme erstmals in die Käfige gelegt und um 21:00 Uhr fand die erste Beregnung statt. Der erste Absammeltermin des neuen Beregnungsversuches war der 9. Juni 2017. Abgesammelt wurde jeden Montag, Mittwoch und Freitag. Im Herbst wurden die Abstände der einzelnen Termine, aufgrund niedrigerer Schlupfintensität erhöht. Ab 4. September 2017 wurden die Käfer immer montags und donnerstags abgesammelt. Rotiert wurde ab September immer am Donnerstag. Eine weitere Umstellung erfolgte ab dem 9. Oktober, ab diesem Zeitpunkt wurde nur mehr jeden Montag abgesammelt. Beendet wurde der Beregnungsversuch am 30. Oktober 2017.

## 2.5. Auswertung der Brutbilder

### 2.5.1 Analyse der Brutbilder Beregnungsversuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017

Nachdem die Buchdrucker pro Käfig abgesammelt wurden, konnten weitere Arbeitsschritte im Entomologielabor des BFW erfolgen. Diese fanden für den Versuch Sommer 2016/Frühjahr 2017 und Sommer 2017 gleichermaßen statt. Aufgezeichnet wurde dabei die Anzahl der pro Stamm geschlüpften Buchdrucker und allenfalls geschlüpfte Parasitoide, Prädatoren und andere Insekten. Die Stämme des Beregnungsversuches Sommer 2016 und Frühjahr 2017 wurden im Sommer 2017 entrindet, und in weiterer Folge wurden die Brutbilder analysiert. Beim Entrinden der Versuchsbaumstämme wurde die Rinde, je nach Beschaffenheit, auf einmal oder in Stücken vom Splint entfernt. Es musste dabei besonders vorsichtig vorgegangen werden, um die Muttergänge und die Käfer nicht zu zerstören, welche sich noch in der Rinde befanden. Die Rinde wurde mit einem spitzen Messer am Ende des Baumstammes angeschnitten und danach mit einer Spachtel vom Splint geschält beziehungsweise leicht angehoben und vom Baumstamm entfernt. Nach dem Ablösen wurden die Rindenstücke so wie sie auch am Stamm angeordnet waren aneinandergelegt, damit die Anzahl der Muttergänge besser gezählt und Doppelzählungen vermieden werden konnten. Bei einigen Baumstücken ließ sich die Rinde nur sehr schwer ablösen. Hier wurde die Rinde befeuchtet, um dies zu erleichtern.

Pro Versuchsstamm wurden folgende Parameter erfasst:

- Anzahl der Muttergänge
- Anzahl an Buchdrucker hell
- Anzahl an Buchdrucker dunkel
- Anzahl an Buchdrucker verpilzt
- Anzahl an Buchdrucker parasitiert

Alle gezählten Buchdrucker wurden nach dem Öffnen tot in der Rinde vorgefunden. Die Rinde war an vielen Stellen durch Reifungsfraß bzw. den sogenannten Schlechtwetterfraß stark zerstört, so dass Larvengänge kaum zu erkennen waren. Daher konnte keine über die Anzahl der Muttergänge hinausgehende Analyse der Brutbilder gemacht werden. Mutterganglänge oder Zahl der Larvengänge waren nicht in hinreichender Qualität festzustellen. An manchen, besonders zerfressenen Stellen war sogar die Ermittlung der einzelnen Muttergänge schwierig.

#### 2.5.2 Analyse der Brutbilder Beregnungsversuch Sommer 2017

Die Stämme des Beregnungsversuches Sommer 2017 wurden von 30. Oktober 2017 bis 26. Jänner in Käfigen unter einem Flugdach am Gelände des BFW untergebracht.

Die Versuchsstämme waren dadurch von äußeren Umwelteinflüssen wie Regen und Schnee geschützt. Entrindet wurden die Versuchsstämme im Zeitraum von 26. Jänner bis 1. Februar 2018. Entrindung und Analyse wurden wie bei den Versuchsstämmen für den Beregnungsversuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017 durchgeführt. Um die Anzahl der überwinternden und noch nicht geschlüpften Käfer in der Rinde zu analysieren wurde zusätzlich erfasst, ob die Buchdrucker lebend oder tot in der Rinde vorgefunden wurden.

Pro Versuchsstamm wurden daher folgende erweiterte Parameter erfasst:

- Anzahl der Muttergänge
- Anzahl an Buchdrucker hell tot
- Anzahl an Buchdrucker hell lebend
- Anzahl an Buchdrucker dunkel tot
- Anzahl an Buchdrucker dunkel lebend
- Anzahl an Buchdrucker verpilzt
- Anzahl an Buchdrucker parasitiert

Bei den Baumstämmen des Versuches gab es auch einzelne Baumstücke, welche nur sehr wenig besiedelt waren und sich daher die Rinde sehr schlecht ablösen ließ. Die Muttergänge mit den zugehörigen Larvengängen in der Rinde waren jedoch im Vergleich zu den Versuchsstämmen Sommer 2016 und Frühjahr 2017 gut zu erkennen.

## 2.6 Statistische Analyse

Für die Datenanalyse und graphische Darstellung der Ergebnisse wurde das Statistikprogramm R in der Version 3.4.2. (28.09.2017) verwendet.

Statistisch ausgewertet wurde die Anzahl der geschlüpften *I. typographus* pro Versuchsvariante, sowie die in der Rinde verblieben sind. Die Auswertungen erfolgten pro Stammstück sowie pro Muttergang pro Stammstück.

Mittels Shapiro-Wilk-Test wurden die Datensätze in einem ersten Arbeitsschritt auf Normalverteilung geprüft. Waren alle Daten normalverteilt, folgte eine einfaktorielle ANOVA mit Überprüfung auf Varianzhomogenität (Levene-Test). Zeigt die ANOVA signifikante Unterschiede (Signifikanzlevel  $P \leq 0,05$ ) wurde anschließend der Dunnett T3 Test durchgeführt, wobei das Signifikanzlevel mit der Bonferroni-Methode korrigiert wurde ( $P < 0,05/3$ ) (Abdi, 2007).

War einer der Datensätze nicht normalverteilt, wurde der Kruskal-Wallis-Test (Signifikanzlevel  $P \leq 0,05$ ) angewendet. Ergab dieser Test signifikante Unterschiede, wurde anschließend ein paarweiser Mann-Whitney-U-Test durchgeführt, bei der die Signifikanz mit der Bonferroni-Methode korrigiert wurde ( $P < 0,05/3$ ) (Abdi, 2007).

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Beregnungsversuch Sommer 2016

#### Geschlüpfte Buchdrucker im Versuch Sommer 2016

Mit dem Einsetzen des Schlupfes lag die wöchentliche Zahl der geschlüpften Buchdrucker bei der Kontrolle deutlich über der der Beregnungsvarianten (Abb. 6). In der Kalenderwoche 33 (15.08.2016 - 21.08.2016) zeigte sich erstmals ein deutlich erhöhter Schlupf bei den unbehandelten Kontrollvarianten. In der Kalenderwoche 34 (22.08.2016 - 28.08.2016), schlüpften in den Kontrollstämmen 400 Buchdrucker. Ein deutlich erhöhter Schlupf konnte weiters in der Kalenderwoche 40 (03.10.2016 - 09.10.2016) mit 428 Buchdruckern festgestellt werden. Deutlich zu erkennen ist die niedrige Schlupfanzahl der Buchdrucker in den Beregnungsvarianten (Abb. 6).

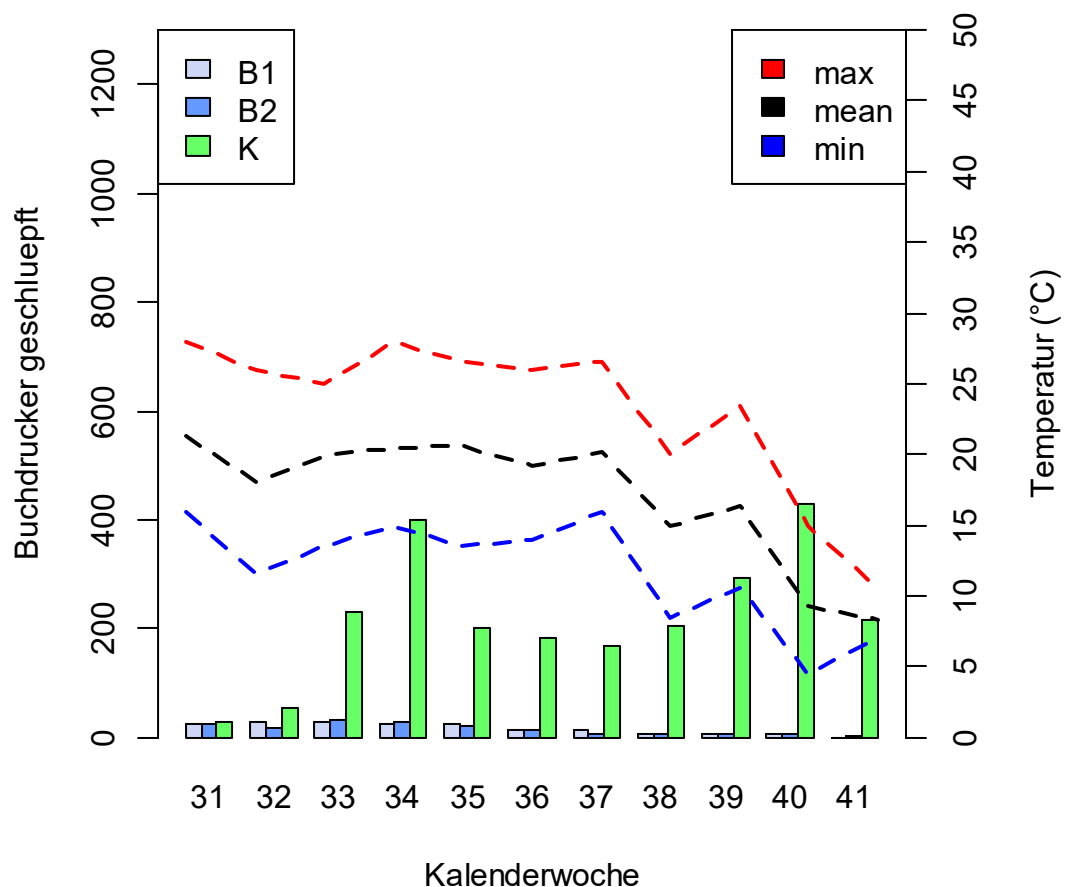


Abb. 6: Ausschlupf von *I. typographus* für den Beregnungsversuch Sommer 2016 pro Versuchsvariante pro Kalenderwoche, sowie die Darstellung der maximalen, minimalen und mittleren Wochentemperatur.

### 3.1.2 Anzahl geschlüpfter Buchdrucker pro Stammstück

Die Zahl der im Sommer 2016 insgesamt pro Stammstück geschlüpften Buchdrucker zeigt große Unterschiede zwischen den Beregnungsvarianten und der nicht beregneten Kontrolle. Viele Buchdrucker verblieben in den Beregnungsvarianten unter der Rinde, um zu überwintern und schlüpften daher nicht. Um dies nachzuweisen, wurden die Versuchsstämme aus dem Versuch Sommer 2016 überwintert und im Frühjahr 2017 erneut der jeweiligen Beregnungsvariante unterzogen.

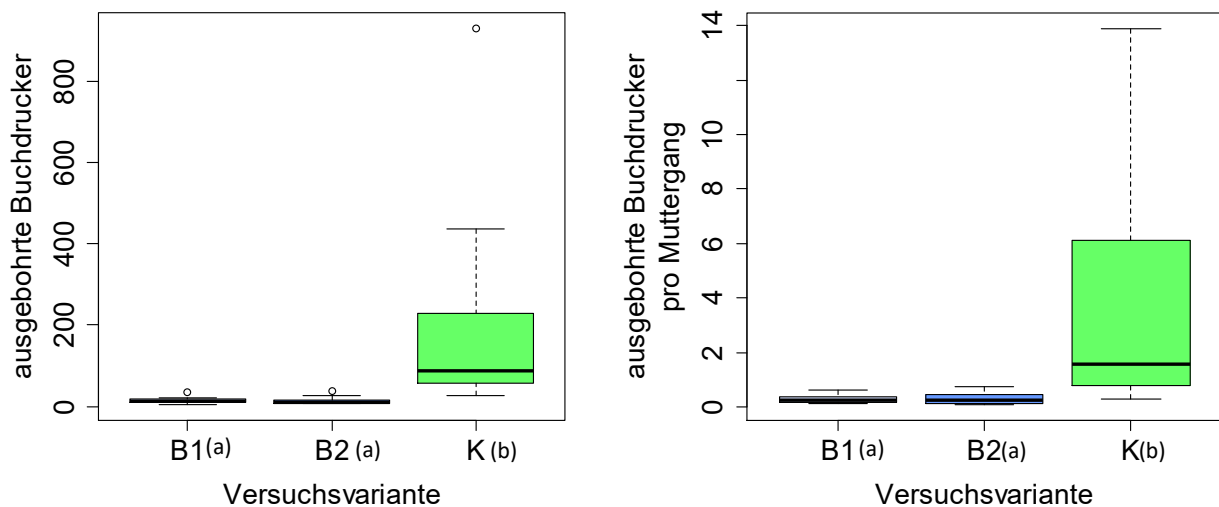


Abb. 7: Anzahl an im Sommer 2016 ausgebohrten Buchdruckern bei den verschiedenen Beregnungsvarianten. Pro Versuchsvariante wurde die Anzahl an ausgebohrten Buchdruckern von jeweils 12 Stammstücken erhoben. Die unterschiedlichen Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede des Parameters zwischen den Versuchsstämmen. Linke Graphik Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,603$ , K zu B2:  $P < 0,001$ , K zu B1:  $P < 0,001$ . Rechte Graphik Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,602$ , K zu B2:  $P < 0,001$ , K zu B1:  $P < 0,001$ .

In der Beregnung 1 schlüpften im gesamten Versuchszeitraum von 29. Juli 2016 bis 13. Oktober 2016 eine Anzahl von 178 Buchdrucker. Im selben Versuchszeitraum wurde eine ähnlich niedrige Anzahl von 171 Buchdrucker bei der Beregnung 2 gezählt. Vergleicht man dies mit den Buchdruckern der Kontrolle, ergibt sich einen deutlich höheren Ausschluß mit 2.407 ausgebohrten Käfern. Der Schlupf aus den Stämmen beider Beregnungsvarianten (B1 und B2) war signifikant geringer als aus den nicht beregneten Kontrollstämmen. Zwischen den Beregnungsvarianten B1 und B2 gab es jedoch keinen signifikanten Unterschied (Abb. 7). Relativiert man die ausgebohrten Buchdrucker pro Muttergang, zeigt dies ebenfalls signifikant höhere Ausschlußzahlen bei der Kontrolle im Vergleich zu den Beregnungsvarianten.

### 3.2 Beregnungsversuch Frühjahr 2017

Die Baumstämme aus dem Versuch Sommer 2016 wurden, nachdem der Versuch am 13.10.2016 beendet wurde, überwintert und anschließend im Frühjahr wieder der jeweiligen Beregnungsvariante unterzogen. Ein erhöhter Schlupf der Beregnungsvarianten setzt im Vergleich zur Kontrolle mit einer Verzögerung von drei Wochen ein (Abb. 8). In der Kalenderwoche 20 (15.05.2017 - 21.05.2017) erreichte der Schlupf ein Maximum bei Beregnung 1 von 1.234 und bei Beregnung 2 von 1.002 geschlüpften Buchdruckern.

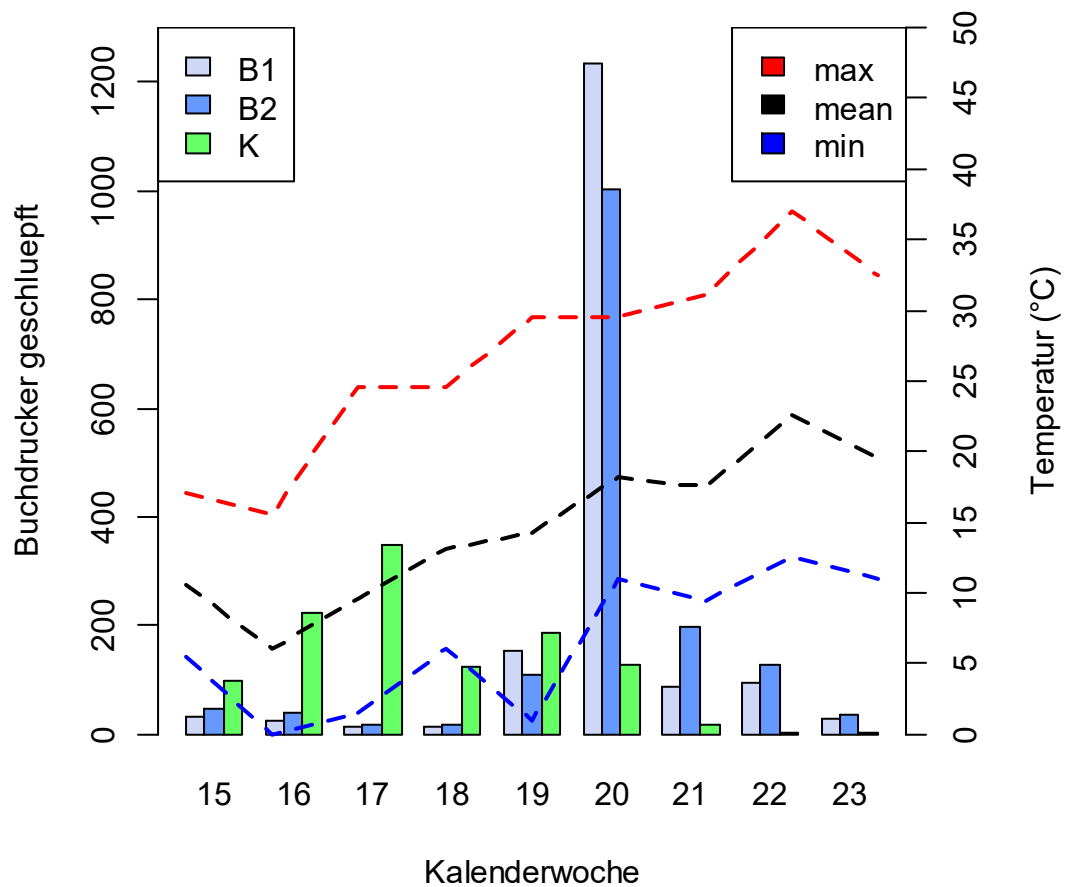


Abb. 8: Ausschupf von *I. typographus* für den Beregnungsversuch Frühjahr 2017 pro Versuchsvariante und Kalenderwoche, sowie die Darstellung der maximalen, minimalen und mittleren Wochentemperatur über den gesamten Versuchszeitraum.

### 3.2.1 Ausschlupf und Temperatursummen von *I. typographus* im Frühjahr 2017

Anhand der Daten aus dem Versuch Frühjahr 2017 wurde der Ausschlupf von *I. typographus* nach dem Phänologie-Modell PHENIPS (Baier et al., 2007) berechnet. Alle Temperaturangaben beziehen sich auf die Lufttemperatur.

Tab. 2: Daten an dem die Hälfte des Schlupfes für die jeweilige Versuchsvariante von *I. typographus* im Versuch Frühjahr 2017 erreicht wurde. Die Temperaturwärmesumme errechnet sich, indem die Tagesdurchschnittstemperatur - 8,3°C beginnend ab 01.04.2017 bis zum 50% Schlupfzeitpunkt je Versuchsvariante, akkumuliert wird.

|                                         | Berechnung 1 | Berechnung 2 | Kontrolle  |
|-----------------------------------------|--------------|--------------|------------|
| Zeitpunkt 50% Schlupf                   | 14.05.2017   | 15.05.2017   | 26.04.2017 |
| Temperaturwärmesumme<br>(Tmean - 8,3°C) | 145,00       | 154,53       | 64,32      |

Mit der Ermittlung des optimalen Schlupfzeitpunktes nach dem Modell von PHENIPS ist es möglich den optimalen Schlupfzeitpunkt mit dem tatsächlichen Schlupfzeitpunkt aus diesem Versuch zu vergleichen. Die Flugaktivität setzt bei überwinternden Buchdrucker nach Beobachtung von Baier et al. (2007) bei 60,54 Gradtagen und anschließender Lufttemperatur von >16,5°C ein. Es wurde daher die Tagesmaximaltemperatur – 8,3°C akkumuliert und anschließend der Zeitpunkt an dem 60,54 Gradtage und Lufttemperatur >16,5°C erreicht waren, ermittelt. Demnach waren aufgrund der vorherrschenden Temperaturen ab 1. April 2017 die Bedingungen für den Ausschlupf von *I. typographus* erstmals am 9. April 2017 gegeben. Die optimalen Schlupfbedingungen herrschten daher bereits vor dem Beginn des Versuches, am 11. April 2017. Wird der tatsächliche Schlupfzeitpunkt der verschiedenen Versuchsvarianten verglichen, zeigt sich in der Kontrolle ein früherer Schlupf. Die Buchdrucker der Berechnungen schlüpften mit einer zeitlichen Verzögerung von ca. 3 Wochen (Tab. 2). Zwischen den Berechnungsvarianten gab es bis auf einen Tag unterschied, keine Schlupfverzögerung. Die Buchdrucker aus den Berechnungsvarianten benötigen eine mehr als doppelt so hohe Temperaturwärmesumme als die Kontrolle, um den Median des Schlupfes zu erreichen.

### 3.2.2 Anzahl geschlüpfter Buchdrucker pro Stammstück

Im Versuchszeitraum von 11.04.2017 bis 06.06.2017 schlüpften bei der Beregnung 1, 1.679 Buchdrucker, während bei der Beregnung 2 eine ähnliche Anzahl von 1.596 Buchdruckern gezählt wurde. Bei der Kontrolle konnte in Summe eine geringere Schlupfzahl von 1.132 ausgebohrten Buchdruckern festgestellt werden.

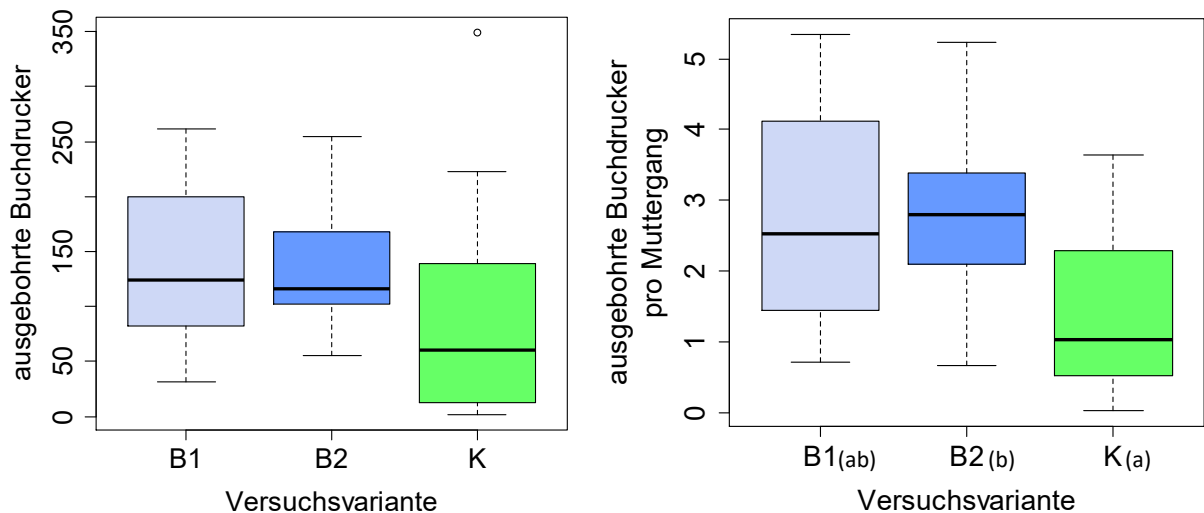


Abb. 9: Summe der pro Stammstück im Frühjahr 2017 ausgebohrten Buchdrucker bei unterschiedlichen Beregnungsintensitäten für die jeweiligen Beregnungsvarianten B1, B2 und die Kontrolle. Pro Versuchsvariante wurden die ausgebohrten Buchdrucker von jeweils 12 Stammstücken erhoben. Linke Graphik: Kruskal-Wallis-Test:  $P = 0,103$ . Zwischen der Anzahl an ausgebohrten Buchdruckern pro Versuchsvariante gab es keine signifikanten Unterschiede. Rechte Graphik: Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,977$ , K zu B2:  $P = 0,014$ , K zu B1:  $P = 0,017$ .

Im Versuch Frühjahr 2017 gibt es bei den ausgebohrten Buchdruckern keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten (Abb. 9). Relativiert man die Anzahl der geschlüpften Buchdrucker pro Muttergang, ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen der Kontrolle und der Beregnung 2. Demnach schlüpften in der Kontrolle signifikant weniger Buchdrucker als bei der Beregnung 2.

### 3.3 Beregnungsversuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017

Werden die geschlüpften Buchdrucker aus dem Versuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017 summiert, ergibt dies eine gesamte Schlupfzahl bei der Beregnung 1 von 1.857, bei der Beregnung 2 von 1.767 und bei der Kontrolle von 3.539 Buchdruckern.

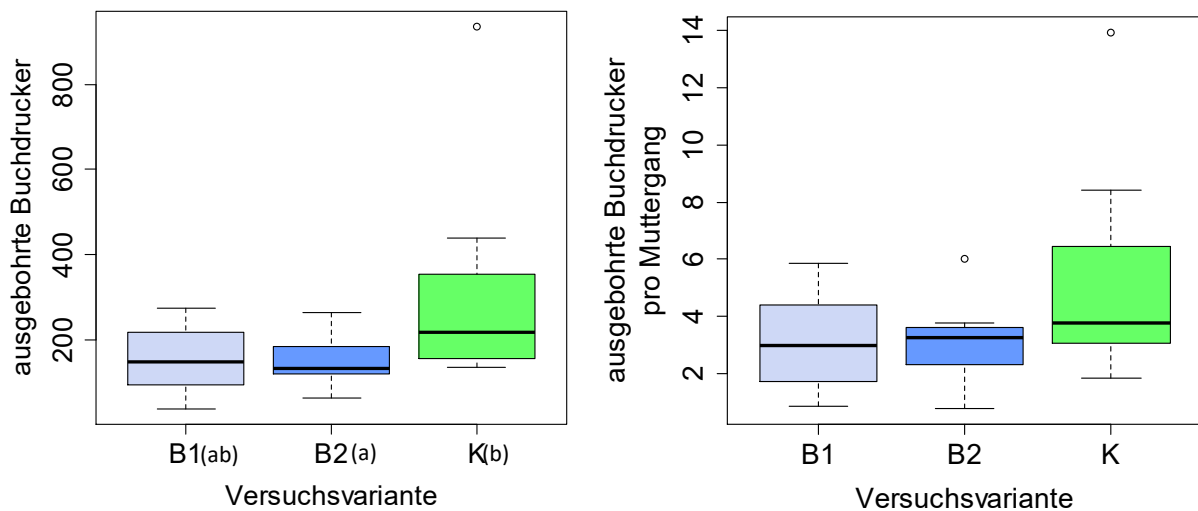


Abb. 10: Anzahl im Frühjahr 2016 und Sommer 2017 ausgebohrten Buchdrucker bei den verschiedenen Beregnungsvarianten. Pro Versuchsvariante wurde die Anzahl an ausgebohrten Buchdrucker von jeweils 12 Stammstücken erhoben. Die Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede. Linke Graphik: Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,977$ , K zu B2:  $P = 0,009$ , K zu B1:  $P = 0,045$ . Rechte Graphik: Kruskal-Wallis-Test:  $P = 0,107$ . Zwischen der Anzahl an ausgebohrten Buchdrucker pro Muttergang gibt es keine signifikanten Unterschiede.

Betrachtet man die in Summe ausgeschlüpften Buchdrucker aus dem Versuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017 gemeinsam, ergibt sich bei der Kontrolle ein signifikant höherer Schlupf als bei der Beregnung 2. Die Kontrolle und Beregnung 1, sowie die Beregnungsvarianten unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Betrachtet man die ausgebohrten Buchdrucker pro Muttergang, so ergeben sich in Summe für den Versuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017 keine signifikanten Unterschiede (Abb. 10).

### 3.3.1 Unter der Rinde verbliebener Buchdrucker Versuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017

Um den Effekt der verschiedenen Beregnungsvarianten auf die Entwicklung der Buchdrucker in der Rinde zu erheben, wurden die Baumstämme nach dem Beenden des Versuches entrindet und die Brutbilder analysiert. Erhoben wurden dabei pro Versuchsstamm die Anzahl der Muttergänge, Buchdrucker dunkel, Buchdrucker hell, Buchdrucker verpilzt und parasitierte Buchdrucker. In den Stämmen aus dem Versuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017 befanden sich nach dem Entrinden im Sommer 2017 nur tote Buchdrucker in Rinde.

Tab. 3: Summe der ausgebohrten und in der Rinde verbliebenen *I. typographus* aller Versuchsvarianten für den Versuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017. Die Versuchsstämme Sommer 2017 wurden im Frühjahr 2017 noch einmal vorgelegt und anschließend das Brutbild und die sich in Rinde befindlichen *I. typographus* analysiert. Der Versuch Sommer 2016 dauerte von 29.06.2016 bis 13.10.2016 das entspricht einer Beregnungsdauer von 73 Tagen. Der Versuch Frühjahr 2017 dauerte von 11.04.2017 bis 06.06.2017 das entspricht einer Beregnungsdauer von 57 Tagen. (Sum = Summe, MG = Muttergang, BD = Buchdrucker)

| Variante    | Sum BD geschlüpft<br>gesamt + Sum BD<br>in Rinde | Sum BD<br>geschlüpft<br>Sommer<br>2016 | % Sum BD<br>geschlüpft<br>Sommer<br>2016 | Sum BD<br>geschlüpft<br>Frühjahr<br>2017 | % Sum BD<br>geschlüpft<br>Frühjahr<br>2017 | Sum MG | Sum BD<br>in Rinde | % Sum<br>BD in<br>Rinde |
|-------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|--------|--------------------|-------------------------|
| Beregnung 1 | 2731                                             | 178                                    | 6,52                                     | 1.679                                    | 61,48                                      | 644    | 874                | 32,00                   |
| Beregnung 2 | 2638                                             | 171                                    | 6,48                                     | 1.596                                    | 60,50                                      | 644    | 871                | 33,02                   |
| Kontrolle   | 3893                                             | 2.407                                  | 61,83                                    | 1.132                                    | 29,08                                      | 720    | 354                | 9,09                    |

Tab. 4: Summe an unter der Rinde verbliebenen Buchdrucker aufgelistet nach den einzelnen brutbiologischen Parametern. Die Prozentangaben beziehen sich auf die Gesamtzahl an Käfern in Rinde laut Tabelle 3.

| Variante    | BD dunkel | % BD dunkel | BD hell | % BD hell | BD verpilzt | % BD verpilzt | BD<br>parasitiert | % BD<br>parasitiert |
|-------------|-----------|-------------|---------|-----------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|
| Beregnung 1 | 183       | 6,70        | 526     | 19,26     | 151         | 5,53          | 14                | 0,51                |
| Beregnung 2 | 337       | 12,77       | 369     | 13,99     | 164         | 6,22          | 1                 | 0,04                |
| Kontrolle   | 177       | 4,55        | 141     | 3,62      | 27          | 0,69          | 9                 | 0,23                |

### Muttergänge pro Versuchsvariante

Für die weiteren Vergleiche zwischen den verschiedenen Versuchsvarianten war es wichtig, dass die Baumstämme möglichst homogen befallen waren, um Ergebnisse bezüglich Ausschluß und in der Rinde verbliebenen Buchdrucker vergleichen zu können. Zu Beginn wurde daher die Anzahl der Muttergänge aller 36 Versuchsstämme erhoben. In der Beregnungsvariante B1 und B2 wurde exakt die gleiche Anzahl an Muttergängen von 644 festgestellt. Bei der unbehandelten Kontrolle konnte eine höhere Anzahl von 720 Muttergängen gezählt werden. Die angelegten Muttergänge je Versuchsvarianten unterscheiden sich laut Kruskal-Wallis und zusätzlich durchgeführter ANOVA

nicht signifikant voneinander (Abb. 11). Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die Stammstücke, bevor sie der jeweiligen Versuchsvariante unterzogen wurden, in ähnlich hoher Intensität befallen waren.

### Buchdrucker gesamt in Rinde

Die Anzahl der Buchdrucker, die gesamt in Rinde verblieben sind, ergibt 874 für die Berechnung 1 und 871 für Berechnung 2. Die Kontrolle hatte eine signifikante, geringere Anzahl von 354 Buchdruckern in Rinde. Alle Käfer, die sich zum Zeitpunkt der Analyse nach dem Öffnen der Baumstämme, in der Rinde befanden, waren tot. Bei der unbehandelten Kontrolle waren signifikant weniger Buchdrucker in Rinde als bei der Berechnung 1 und bei der Berechnung 2. Zwischen den Berechnungsvarianten konnte man keine signifikanten Unterschiede bezogen auf in Rinde verbliebene Buchdrucker feststellen (Abb. 12). Bei den in Rinde verbliebenen Buchdruckern pro Muttergang zeigt die Kontrolle ebenfalls eine signifikant geringere Anzahl an Buchdruckern im Vergleich zu den Berechnungsvarianten B1 und B2.

### Buchdrucker dunkel in Rinde

In Summe wurden für alle Stammstücke 697 dunkle Buchdrucker in Rinde gezählt, davon fallen 183 Buchdrucker auf die B1 und 337 auf die B2. Die unbehandelte Kontrolle hatte eine Anzahl von 177 dunklen Buchdruckern in Rinde. In der Kontrolle und Berechnung 1 blieben signifikant weniger dunkle Buchdrucker in Rinde. Das bedeutet, dass in der Berechnung 2 signifikant mehr Buchdrucker in Rinde verblieben sind. Durch die Korrektur des Signifikanzlevels mittels Bonferroni-Methode gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den dunklen in Rinde verbliebenen Buchdruckern pro Muttergang (Abb. 13).

### Buchdrucker hell in Rinde

Eine hohe Anzahl an hellen Buchdruckern in Rinde konnte man bei der Beregnung 1 mit 526 Käfern feststellen. Die Beregnung 2 folgte mit einer Anzahl von 369 und die Kontrolle zeigte 141 helle Buchdrucker, die in der Rinde gezählt wurden. In der Kontrolle und in der Beregnungsvariante 2 befinden sich in Summe signifikant weniger helle Buchdrucker als in der Beregnungsvariante 1. Zwischen den Beregnungsvarianten konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Abb. 14). Vergleicht man die hellen Buchdrucker in Rinde pro Muttergang, ergibt dies ein differenziertes Ergebnis: Demnach hat die Kontrolle signifikant weniger helle Buchdrucker in Rinde als die B1 und die B2.

### Buchdrucker verpilzt in Rinde

Bei der Beregnung 1 konnten 151 und bei der Beregnung 2 wurden 164 verpilzte Buchdrucker in Rinde gezählt. In der Kontrolle gab es mit 27 verpilzten Buchdruckern, eine signifikant geringere Anzahl, verglichen mit den Beregnungen. Zwischen den Beregnungsvarianten gibt es hingegen keine signifikanten Unterschiede (Abb. 15). Betrachtet man somit die verpilzten Buchdrucker pro Muttergang, bekommt man das gleiche Ergebnis. Von den insgesamt entwickelten Buchdruckern befanden sich 5,53% (B1), 6,22% (B2) und 0,69% (K) verpilzt, in Rinde (Tab. 4).

### Buchdrucker parasitiert in Rinde

Der Anteil an durch Hymenoptera, parasitierten Buchdruckern in Rinde war gering. Während bei der Beregnung 1, 14 parasitierte Buchdrucker und bei der Kontrolle 9 parasitierte Buchdrucker vorgefunden wurde, wurden bei Beregnung 2 nur 1 parasitierter Käfer gezählt. Es gab weder bei der absoluten Anzahl an Buchdrucker, noch pro Muttergang signifikante Unterschiede zwischen B1, B2 und der Kontrolle (Abb.16). Wird die Anzahl der parasitierten Buchdrucker pro Muttergang betrachtet, bestätigt sich das Ergebnis und es gibt keine signifikanten Unterschiede.

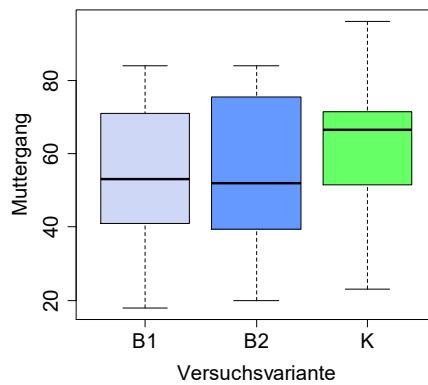


Abb. 11: Anzahl an im Sommer 2016 angelegten Muttergängen bei unterschiedlichen Beregnungsintensitäten für die jeweiligen Beregnungsvarianten B1, B2 und die Kontrolle. Pro Versuchsvariante wurden die angelegten Muttergänge von jeweils 12 Stammstücken erhoben. Kruskal-Wallis-Test:  $P = 0,742$ . Einfaktorielle ANOVA mit  $P = 0,706$ . Zwischen den angelegten Muttergängen pro Variante gibt es keine signifikanten Unterschiede.

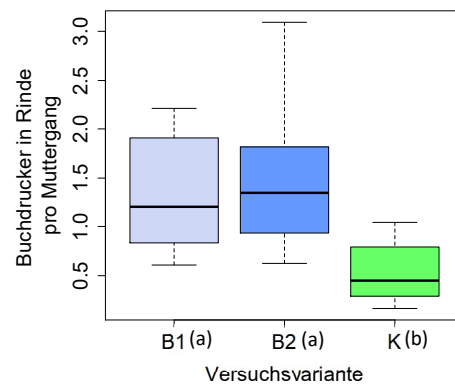
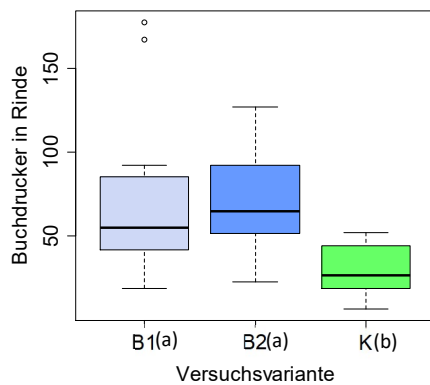


Abb. 12: Anzahl der Buchdrucker die im Sommer 2016 in der Rinde verblieben ( $n=12$ ). Die Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede. Linke Graphik: Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,564$ , K zu B2:  $P = 0,001$ , K zu B1:  $P = 0,007$ . Rechte Graphik: Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,551$ , K zu B2:  $P = 0,001$ , K zu B1:  $P = 0,005$ .

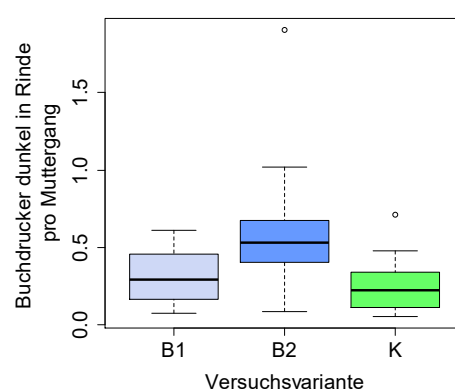
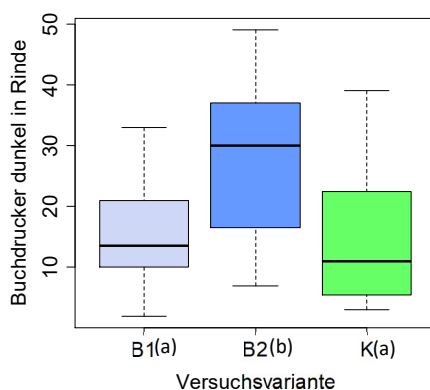


Abb. 13: Anzahl der dunklen Buchdrucker, die nach dem Sommer 2016 und im Frühjahr 2017 in der Rinde verblieben ( $n=12$ ). Die Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede. Linke Graphik: Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,022$ , K zu B2:  $P = 0,015$ , Kontrolle zu B1:  $P = 0,685$ . Rechte Graphik: Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,020$ , K zu B2:  $P = 0,028$ , K zu B1:  $P = 0,885$ . Zwischen der Anzahl an dunklen Buchdrucker in Rinde pro Muttergang gab es keine signifikanten Unterschiede.

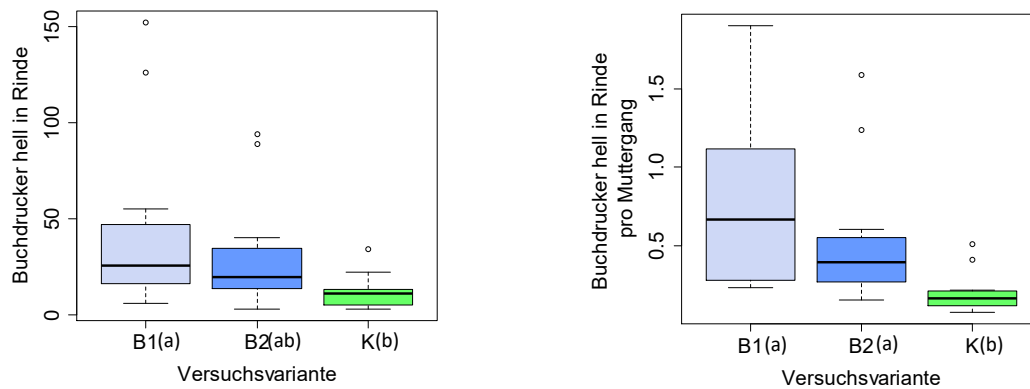


Abb. 14: Anzahl an hellen Buchdrucker die nach dem Versuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017 in der Rinde verblieben (n=12). Die Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede. Linke Graphik: Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,436$ , K zu B2:  $P = 0,026$ , K zu B1:  $P = 0,003$ . Rechte Graphik: Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,272$ , K zu B2:  $P = 0,009$ , K zu B1:  $P < 0,001$ .

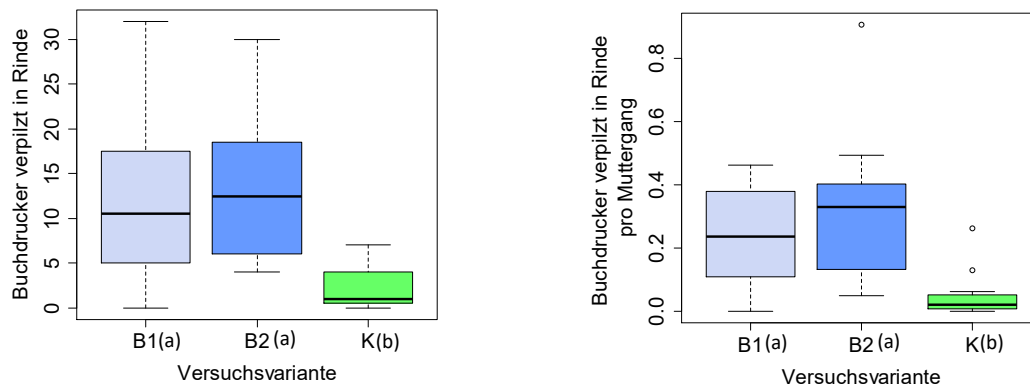


Abb. 15: Anzahl an verpilzten Buchdruckern, die nach dem Versuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017 in der Rinde verblieben (n=12). Die Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede. Linke Graphik: Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,623$ , K zu B2:  $P < 0,001$ , K zu B1:  $P = 0,003$ . Rechte Graphik: Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,477$ , K zu B2:  $P < 0,001$ , K zu B1:  $P = 0,005$ .

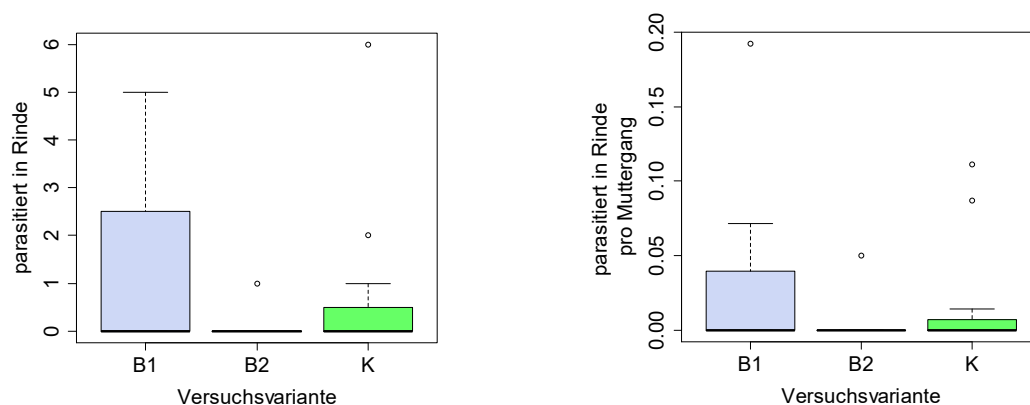


Abb. 16: Anzahl der parasitierten Buchdrucker, die nach dem Versuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017 in der Rinde verblieben (n=12). Linke Graphik: Kruskal-Wallis-Test  $P = 0,265$ . Rechte Graphik: Kruskal-Wallis-Test  $P = 0,334$ . Zwischen der Anzahl an ausgebohrten Buchdruckern pro Versuchsvariante gab es keine signifikanten Unterschiede.

### 3.4 Beregnungsversuch Sommer 2017

#### Geschlüpfte Buchdrucker Versuch Sommer 2017

Für den Beregnungsversuch Sommer 2017 wurden neue Versuchsstammstücke vorgelegt und anschließend wurden die 36 Stämme erneut den jeweiligen Versuchsvarianten unterzogen. Der erste erhöhte Schlupf konnte in der Kalenderwoche 26 (26.06.2017 - 02.07.2017) bei den unbehandelten Kontrollstämmen mit 621 Buchdruckern festgestellt werden. Auch bei B1 schlüpften 270 Buchdrucker, während bei B2 nur 38 Buchdrucker schlüpften. In Summe wurden zwischen Kalenderwoche 26 und 28 (26.06. 2017 – 16.07.2017) 1.303 Buchdrucker bei der Beregnung 1, 300 bei der Beregnung 2 und 2.037 bei der Kontrolle gezählt. Die höchste Schlupfzahl erfolgte dabei bei den Kontrollstämmen in Kalenderwoche 28 mit 879 Buchdruckern (Abb. 17).

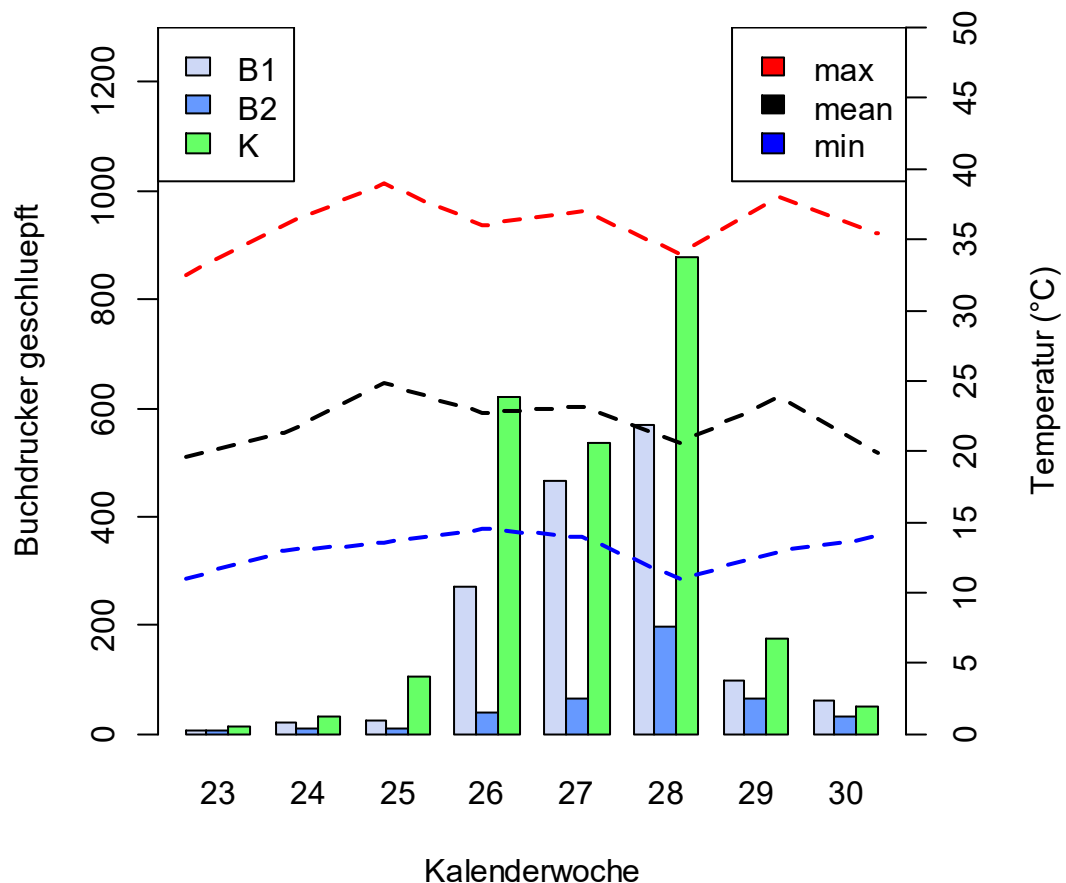


Abb. 17: Ausschluß von *I. typographus* für den Beregnungsversuch Sommer 2017 pro Versuchsvariante und Kalenderwoche, sowie die Darstellung der maximalen, minimalen und mittleren Wochentemperatur über den gesamten Versuchszeitraum.

### 3.4.1 Anzahl geschlüpfter Buchdrucker pro Stammstück

Im Versuchszeitraum 09.06.2017 bis 30.10.2017 schlüpften in Summe 4.931 Buchdrucker. Davon 1.676 bei Beregnung 1, und 611 bei Beregnung 2. Die Kontrolle zeigte die höchste Anzahl an geschlüpften Buchdruckern mit 2.645.

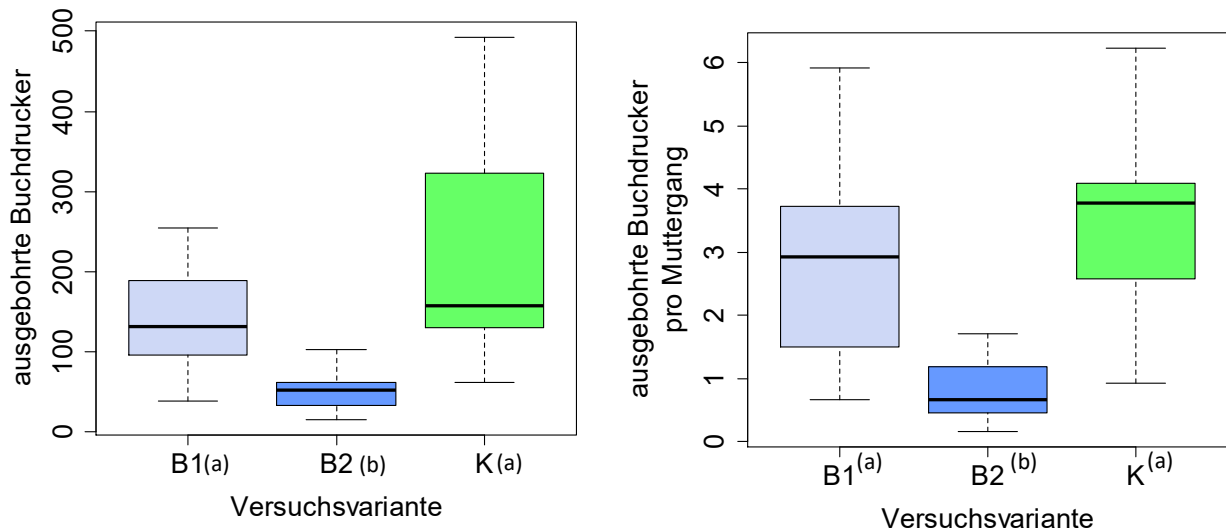


Abb. 18: Anzahl an im Sommer 2017 ausgebohrten Buchdruckern bei den verschiedenen Beregnungsvarianten. Pro Versuchsvariante wurde die Anzahl an ausgebohrten Buchdruckern von jeweils 12 Stammstücken erhoben. Die unterschiedlichen Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede des Parameters zwischen den Versuchsstämmen. Linke Graphik: Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,001$ , K zu B2:  $P < 0,001$ , K zu B1:  $P = 0,089$ . Rechte Graphik: Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P < 0,001$ , K zu B2:  $P < 0,001$ , K zu B1:  $P = 0,266$ .

Im Sommer 2017 schlüpften somit in der Kontrolle und in der Beregnung 1 signifikant mehr Buchdrucker als in der Beregnung 2. Berechnet man die ausgebohrten Buchdrucker pro Muttergang, widerspiegelt sich das Ergebnis (Abb. 18).

### 3.4.2 Unter der Rinde verbliebener Buchdrucker Versuch Sommer 2017

Auch im Berechnungsversuch Sommer 2017 wurden im Anschluss alle 36 Stammstücke entrindet und die Brutbilder analysiert. Erhoben wurden dabei pro Versuchsstamm folgende Parameter: Anzahl der Muttergänge, Buchdrucker dunkel tot, Buchdrucker dunkel lebend, Buchdrucker hell tot, Buchdrucker hell lebend, verpilzte und parasitierte Buchdrucker. Es wurden in keinem der Baumstämme lebende, helle Buchdrucker vorgefunden, jedoch einige lebende, adulte Buchdrucker gezählt.

Tab. 6: Summe der ausgebohrte und in der Rinde verbliebenen *I. typographus* aller Versuchsvarianten für den Versuch Sommer 2017. Der Versuch Sommer 2017 dauerte von 09.06.2017 bis 30.10.2017 das entspricht einer Berechnungsdauer von 143 Tagen. (Sum = Summe, MG = Muttergang, BD = Buchdrucker)

| Versuchsvariante | Sum BD geschlüpft + Sum BD in Rinde | Sum BD geschlüpft | % Sum BD geschlüpft | Sum MG | Sum BD in Rinde | % Sum BD in Rinde |
|------------------|-------------------------------------|-------------------|---------------------|--------|-----------------|-------------------|
| Berechnung 1     | 2.127                               | 1.676             | 78,80               | 682    | 451             | 21,20             |
| Berechnung 2     | 1.168                               | 611               | 52,31               | 872    | 557             | 47,69             |
| Kontrolle        | 2.919                               | 2.645             | 90,61               | 761    | 274             | 9,39              |

Tab. 7: Summe an unter der Rinde verbliebenen Buchdrucker aufgelistet nach den einzelnen brutbiologischen Parametern. Die Prozentangaben beziehen sich auf die Gesamtzahl an Käfern in Rinde laut Tabelle 6.

| Versuchs-variante | BD dunkel tot | % BD dunkel tot | BD dunkel lebend | % BD Dunkel lebend | BD hell tot | % BD hell tot | BD verpilzt | % BD verpilzt | BD parasitiert | % BD parasitiert |
|-------------------|---------------|-----------------|------------------|--------------------|-------------|---------------|-------------|---------------|----------------|------------------|
| Berechnung 1      | 154           | 7,24            | 90               | 4,23               | 106         | 4,98          | 79          | 3,71          | 22             | 1,03             |
| Berechnung 2      | 136           | 11,64           | 118              | 10,1               | 237         | 20,29         | 44          | 3,77          | 22             | 1,88             |
| Kontrolle         | 78            | 2,67            | 10               | 0,34               | 35          | 1,2           | 129         | 4,42          | 22             | 0,75             |

### Muttergänge pro Versuchsvariante

Für weitere Vergleiche bezüglich des Ausschlupfes und Mortalität zwischen den verschiedenen Versuchsvarianten war auch im Versuch Sommer 2017 eine homogene Befallsdichte wichtig. Zu Beginn wurden daher, wie auch schon im Versuch Sommer 2016, die Muttergänge aller 36 Stammstücke erhoben. Bei der Berechnungsvariante 1 wurden in Summe 682 Muttergänge und bei der Berechnungsvariante 2 wurden 872 Muttergänge angelegt. Die unbehandelte Kontrolle hatte eine Anzahl von 761 Muttergängen. Die angelegten Muttergänge zwischen den Versuchsvarianten unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (Abb. 19). Es wird daher davon ausgegangen, dass die Stammstücke, bevor sie der jeweiligen Versuchsvariante unterzogen wurden, in ähnlich hoher Intensität befallen waren.

### Buchdrucker gesamt in Rinde

In der Beregnung 1 konnten 451 und in der Beregnung 2 konnten 557 Buchdrucker in Rinde gezählt werden. Die Kontrolle hatte eine geringere Anzahl mit 274 Buchdruckern. Demnach blieben in Summe in den unbehandelten Stammstücken deutlich weniger Käfer in der Rinde, im Vergleich zu den Beregnungsvarianten. In der Beregnung 1 und in der Beregnung 2 befanden sich in Summe signifikant mehr Buchdrucker im Vergleich zur Kontrolle. Vergleicht man die Beregnungsversuche untereinander, ergab dies keine signifikanten Unterschiede (Abb. 20). Auch bei den Buchdruckern pro Muttergang widerspiegelt sich dieses Ergebnis.

### Buchdrucker dunkel tot in Rinde

In den Beregnungsvarianten konnte eine höhere Anzahl dunkel gefärbter Buchdrucker in der Rinde vorgefunden werden als im Vergleich zu den unbehandelten Kontrollstücken. Dabei wurden bei der Beregnung 1 154 Buchdrucker und bei der Beregnung 2 136 Buchdrucker gezählt. Die Kontrolle hatte eine Anzahl von 78 toten, dunklen Buchdruckern in Rinde. In den Beregnungsvarianten befanden sich somit signifikant mehr dunkel gefärbte, tote Buchdrucker als in der Kontrolle. Vergleicht man die Beregnungsvarianten miteinander, ergibt dies keine signifikanten Unterschiede (Abb. 21). Die Zahl der dunkel gefärbten, toten Buchdrucker pro Muttergang bestätigt dieses Ergebnis.

### Buchdrucker dunkel, lebend in Rinde

Im Versuch Sommer 2017 konnten, im Vergleich zum Versuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017, lebende, dunkle Buchdrucker in Rinde vorgefunden werden. Es konnten bei B1 eine Anzahl von 90 und bei B2 eine Anzahl von 118 lebenden Buchdruckern gezählt werden. Die Kontrolle hatte mit 10 Buchdruckern, im Vergleich zu den Beregnungsvarianten, eine deutlich geringere Anzahl an lebenden, adulten Käfern in Rinde. In den unbehandelten Kontrollstämmen befanden sich signifikant weniger dunkle, lebende Buchdrucker in Rinde als bei Beregnung 1 und Beregnung 2. Zwischen den beiden Beregnungsvarianten gibt es keine signifikanten Unterschiede (Abb. 22). Die Zahl der dunkel gefärbten, lebenden Buchdrucker pro Muttergang bestätigt dieses Ergebnis.

### Buchdrucker hell, tot in Rinde

Während bei B1 106 helle, tote Buchdrucker gezählt wurden, wurde bei B2 eine höhere Anzahl von 237 gezählt. Die Kontrolle hatte die geringste Anzahl von 35 in Rinde verbliebenen Käfern. In der Abbildung 23, links unterscheiden sich alle Versuchsvarianten signifikant voneinander. Die meisten hellen, toten Buchdrucker befanden sich dabei in B2, gefolgt von B1 und der Kontrolle. Betrachtet man hingegen die hellen, toten Buchdrucker pro Muttergang, so gibt das in der Berechnung 2 signifikant mehr helle Buchdrucker als bei der Kontrolle. Die Berechnung 1 unterscheidet sich weder von der Kontrolle noch von der Berechnung 2 signifikant.

### Buchdrucker verpilzt in Rinde

Die höchste Anzahl an verpilzten Buchdruckern befand sich mit einer Anzahl von 129 Buchdrucker, in der Kontrolle. In der Berechnung 1 wurden 79 und in der Berechnung 2 wurden 44 verpilzte Buchdrucker gezählt. Zwischen den verschiedenen Versuchsvarianten gab es, wie in Abbildung 24 ersichtlich ist, keine signifikanten Unterschiede. Sowohl in den Berechnungen, als auch bei den unbehandelten Kontrollstämmen, traten verpilzte Buchdrucker auf. Von den insgesamt entwickelten Buchdruckern befanden sich 3,71% (B1), 3,77% (B2) und 4,42% (K) verpilzte Käfer, in Rinde (Tab. 7).

### Buchdrucker parasitiert in Rinde

In jeder Versuchsvariante (B1, B2, K) wurde die gleiche Anzahl von 22 durch Hymenoptera, parasitierte Buchdrucker vorgefunden. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten (Abb. 25).

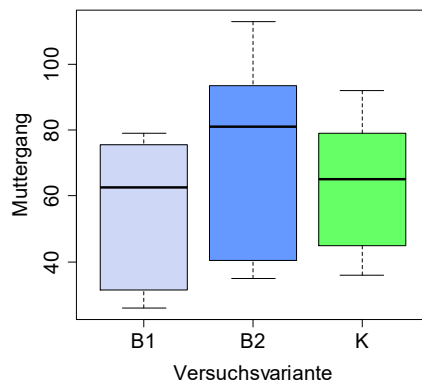


Abb. 19: Anzahl an im Sommer 2017 angelegten Muttergängen bei unterschiedlichen Beregnungsintensitäten für die jeweiligen Beregnungsvarianten B1, B2 und die Kontrolle. Pro Versuchsvariante wurden die angelegten Muttergänge von jeweils 12 Stammstücken erhoben. Kruskal-Wallis-Test:  $P = 0,147$ . Zwischen der Anzahl an angelegten Muttergängen pro Variante gab es keine signifikanten Unterschiede.

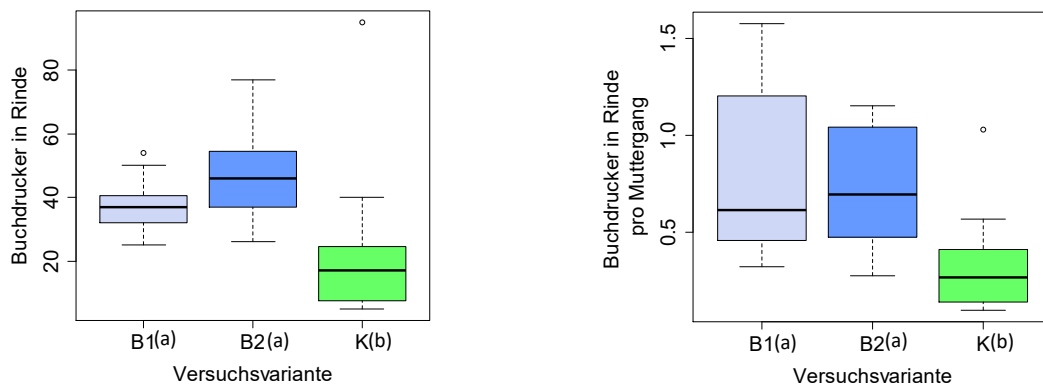


Abb. 20: Anzahl an Buchdruckern die nach dem Sommer 2017 in der Rinde verblieben ( $n=12$ ). Die Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede. Linke Graphik: Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,068$ , K zu B2:  $P = 0,001$ , K zu B1:  $P = 0,004$ . Rechte Graphik: Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,266$ , K zu B2:  $P = 0,001$ , K zu B1:  $P = 0,006$ .

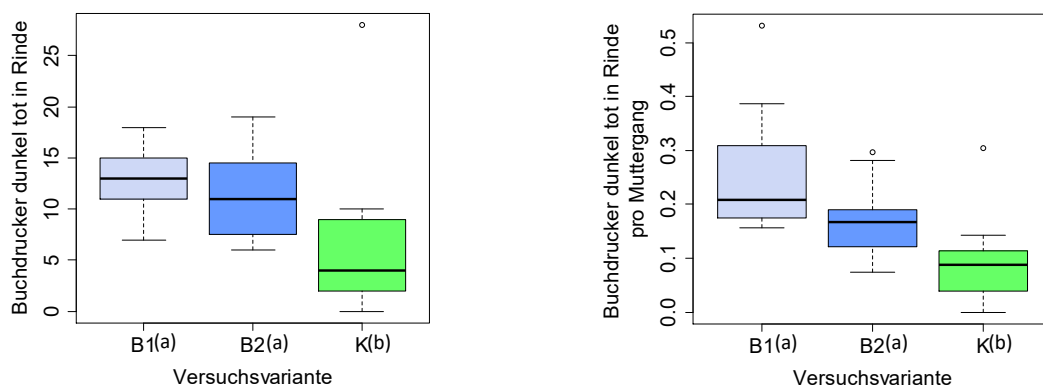


Abb. 21: Anzahl an dunklen toten Buchdruckern die nach dem Sommer 2017 in der Rinde verblieben ( $n=12$ ). Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede. Linke Graphik: Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,297$ , K zu B2:  $P = 0,007$ , K zu B1:  $P = 0,002$ . Rechte Graphik: Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,402$ , K zu B2:  $P = 0,002$ , K zu B1:  $P < 0,001$ .

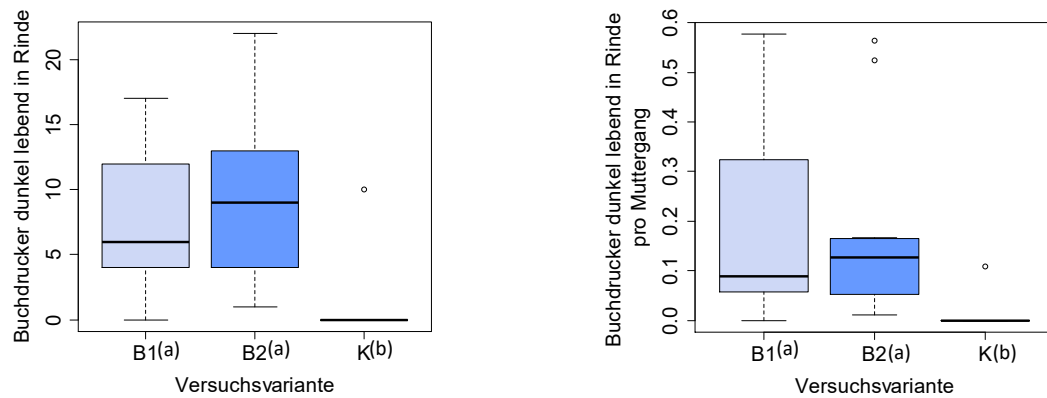


Abb. 22: Anzahl an dunklen lebenden Buchdruckern die nach dem Sommer 2017 in der Rinde verblieben (n=12). Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede. Linke Graphik: Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,581$ , K zu B2:  $P < 0,001$ , K zu B1:  $P < 0,001$ . Rechte Graphik: Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,443$ , K zu B2:  $P < 0,001$ , K zu B1:  $P < 0,001$ .

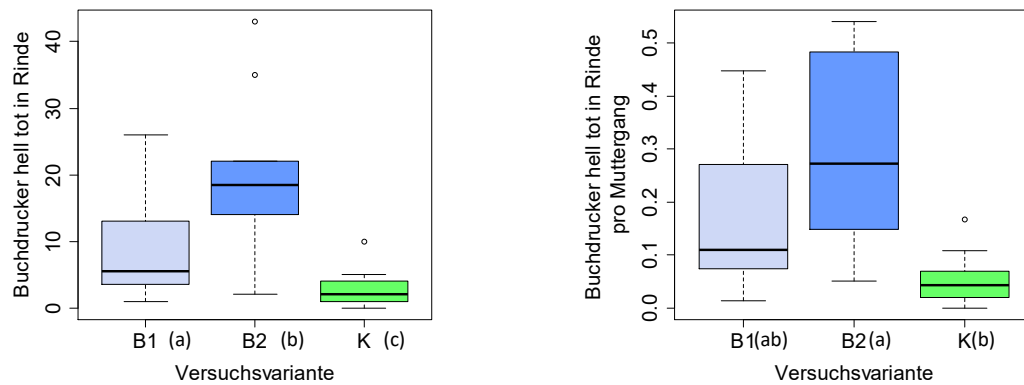


Abb. 23: Anzahl an toten, hellen Buchdruckern die nach dem Sommer 2017 in der Rinde verblieben (n=12). Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede. Linke Graphik: Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,016$ , K zu B2:  $P < 0,001$ , K zu B1:  $P = 0,011$ . Rechte Graphik: Kruskal-Wallis-Test mit post hoc Mann Whitney-U-Test; B1 zu B2:  $P = 0,020$ , K zu B2:  $P < 0,001$ , K zu B1:  $P = 0,015$ .

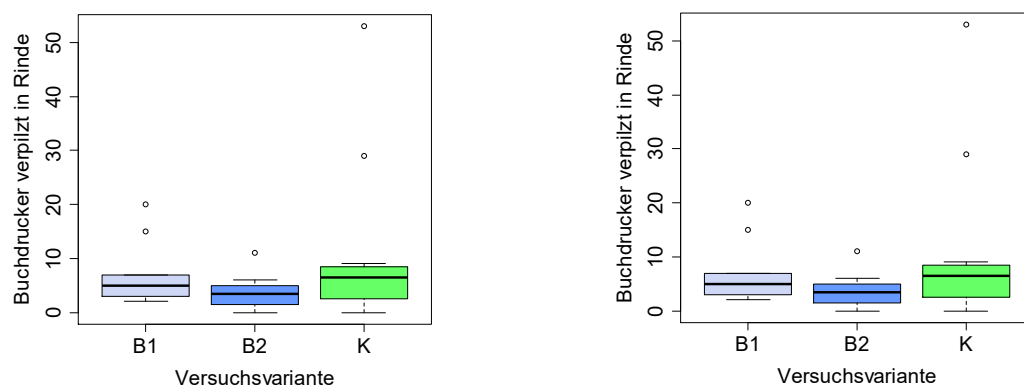


Abb. 24: Anzahl an verpulten Buchdrucker die nach dem Sommer 2017 in der Rinde verblieben (n=12). Linke Graphik: Kruskal-Wallis-Test  $P = 0,207$ . Rechte Graphik: Kruskal-Wallis-Test  $P = 0,193$ . Zwischen der Anzahl an verpulten Buchdrucker pro Versuchsvariante gab es keine signifikanten Unterschiede.

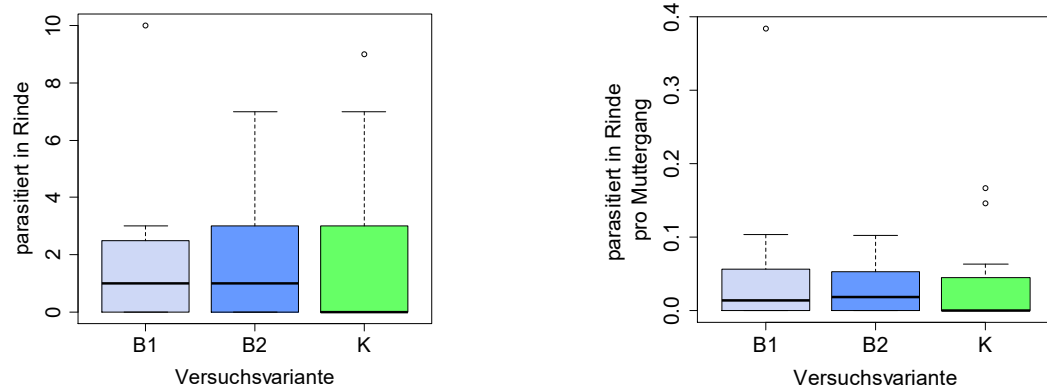


Abb. 25: Anzahl an parasitierten Buchdruckern in nach dem Sommer 2017 der Rinde verblieben (n=12). Linke Graphik: Kruskal-Wallis-Test  $P = 0,560$ . Rechte Graphik: Kruskal-Wallis-Test  $P = 0,630$ . Es gab keine signifikanten Unterschiede.

## 4 Diskussion

### 4.1 Schlupf von *Ips typographus*

Bei den Kontrollstämmen kam es im Sommersversuch 2016 in der Kalenderwoche (KW) 33 erstmals mit 232 Buchdruckern zu einem deutlich erhöhten Schlupf. Die Temperatur war im Sommer 2016 durchgehend hoch, sodass für *I. typographus* günstige Entwicklungsbedingungen herrschten. Von Mitte August bis Mitte Oktober 2016 kam es in der Kontrolle zu einem kontinuierlichen Schlupf mit wöchentlich über 150 Buchdruckern, während es trotz gegebener, optimaler Flugtemperatur von über 16,5°C (Lobinger, 1994) bei den Beregnungsvarianten zu einem deutlich verringerten Schlupf über den gesamten Beregnungsversuch im Sommer 2016 kam. In Summe schlüpften in den Kontrollstämmen 2.407 Buchdrucker, in der Beregnung 1 (4,3 l/m<sup>2</sup>/Tag) 178 und Beregnung 2 (11,1 l/m<sup>2</sup>/Tag) 171 Buchdrucker. Dies zeigt einen signifikant höheren Schlupf in der Kontrolle, verglichen mit den Beregnungsvarianten.

Erfolge einer Unterdrückung der Entwicklung durch eine Bewässerung konnten bereits bei Böhm-Bezing (1998) nachgewiesen werden. Bei einer Beregnungsmenge im Freiland von 500-750 l/m<sup>2</sup>/Tag mit einer Versuchsdauer von 31-33 bzw. 59-62 Tagen wurde die Brut zu 90-100% vernichtet. Die erhobenen Daten in diesem Versuch belegen jedoch, dass bereits bei einer Beregnungsmenge von 4,3 l/m<sup>2</sup>/Tag (B1) bzw. von 11,1 l/m<sup>2</sup>/Tag (B2) der Schlupf signifikant unterdrückt wird. Das bedeutet, *I. typographus* verbleibt trotz geeigneten Entwicklungs- und Flugtemperaturen in der Rinde und bereitet sich auf die Überwinterung vor. Um dies genauer zu analysieren, wurden die Versuchsstämme überwintert. Über den Winter konnten im Jänner 2017 sehr tiefe Temperaturen gemessen werden. Über einige Tage hinweg kam es zu Temperaturen unter Null Grad Celsius. Die tiefste Temperatur wurde dabei am 11.01.2017 mit -11,5°C gemessen. Hätten sich vor dem Überwintern Larven in den Baumstämmen befunden, wären diese durch die tiefen Temperaturen im Jänner vernichtet worden (Schopf und Kritsch, 2010). Nachdem die Versuchsstämme überwinterten, wurden diese im Frühjahr erneut den Beregnungsvarianten B1 (6,15 l/m<sup>2</sup>/Tag) und B2 (10,83 l/m<sup>2</sup>/Tag), unterzogen. Dabei kam es in der Kalenderwoche 20, Mitte Mai bei den Beregnungsvarianten zu hohen Schlupfzahlen. Mit dem Modell von PHENIPS nach Baier et al. (2007) wurde berechnet, dass zu Versuchsbeginn am 11. April 2017 bereits optimale Schlupfbedingungen herrschten. Die Buchdrucker der Beregnungen schlüpften jedoch mit einer zeitlichen Verzögerung von ca. 3 Wochen. Während 50% der Buchdrucker der Kontrolle

bereits am 26.04.2017 schlüpften, kam es bei den Beregnungen erst am 14.05. bzw. 15.05.2017 dazu. Auch der Vergleich der Wärmesummen zeigte, dass die Buchdrucker der Beregnungsvarianten eine mehr als doppelt so hohe Temperaturwärmesumme als die Kontrolle benötigen, um den Median des Schlupfes zu erreichen.

Im Beregnungsversuch Frühjahr 2017 kam es bei den Stämmen nach der Überwinterung in Summe zu keinen signifikanten Unterschieden bei den Schlupfzahlen. Ausschlaggebend dafür war der hohe Schlupf von *I. typographus* in der KW 20, bei den Beregnungen. Werden die Schlupfzahlen pro Muttergang betrachtet, zeigt sich, dass der Schlupf bei Beregnung 2 signifikant höher ist, als bei der unbehandelten Kontrolle. In Summe sind im Versuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017 1.857 Buchdrucker in B2, 1.767 in B1 und 3.539 in der Kontrolle geschlüpft. Das ergibt in Summe einen signifikant niedrigeren Schlupf bei der Beregnung 2, im Vergleich zu den unbehandelten Kontrollstämmen. Wird die Schlupfzahl mit den Muttergängen relativiert, ergibt dies keinen signifikanten Unterschied zwischen den verschiedenen Versuchsvarianten. Der Versuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017 zeigte, dass der Schlupf verzögert werden konnte, die Buchdrucker jedoch trotzdem im darauffolgenden Jahr schlüpften.

Im Versuch Sommer 2017 schlüpften in der Beregnung 1 und in der Kontrolle in Summe und pro Muttergang signifikant mehr Buchdrucker als in der Beregnung 2. Da die Tagesflugaktivität der Buchdrucker zwischen 9 Uhr morgens und 9 Uhr abends liegt, wobei ein Maximum zu Mittag beziehungsweise am frühen Nachmittag angenommen wird (Wermelinger 2004), und die Hauptflugaktivität zu Mittag einsetzt (Lobinger, 1994) wurden die Beregnungszeiten auf 6, 13 und 21 Uhr geändert. Auch die Beregnungsmengen wurden im Vergleich zum Versuch Sommer 2016 bei der Beregnung 1 auf zwei Minuten und bei der Beregnung 2 auf vier Minuten erhöht. Die Beregnung 1 hatte im Versuch Sommer 2017 eine erhöhte Beregnungsmenge von 12,8 l/m<sup>2</sup>/Tag und die Beregnung 2 23,9l/m<sup>2</sup>/Tag. Es schlüpften in der B1 eine Anzahl von 1.676 und bei B2 611 Buchdrucker. In der der unbehandelten Kontrolle schlüpften 2.645 Käfer. In B1 und der Kontrolle schlüpften pro Stammstück, aber auch pro Muttergang, signifikant mehr Buchdrucker als in der Beregnung 2. Eine Tendenz zur Unterdrückung bezogen auf den Schlupf der Buchdrucker durch die Beregnung ist zu erkennen, dennoch schlüpften in den Beregnungsvarianten eine hohe Anzahl an Buchdruckern. Dieses Ergebnis stellt wiederum den Erfolg einer Unterdrückung des Ausschlupfes in Frage. Der erhöhte Schlupf der Beregnungsvarianten im Sommer 2017 im Vergleich zum Ansatz im Sommer 2016 könnte zum einen auf die Herkunft der Käfer

zurückzuführen sein. Im Versuch Sommer 2016 kamen die befallenen Fichtenstämme aus Hochlagen. Daher könnten die Populationen zum Teil univoltin gewesen sein. Auch die Mehrzahl der aus den Kontrollen geschlüpften Käfer konzentrierte sich auf wenige Stammstücke. Da univoltine Buchdrucker eine gewisse Abkühlphase benötigen, um zu schlüpfen, ist anzunehmen, dass diese keinen Anreiz zu schlüpfen verspürten und daher im Brutbild verblieben (Dobart, 2017). Zum anderen kann es durch die im Sommer 2017 nur mehr dreimalige, statt viermalige Beregnung pro Tag zum Austrocknen der Rindenoberfläche gekommen sein. Die Käfer hätten dadurch die Möglichkeit diese Trockenperioden zu nützen und auszufliegen.

## 4.2 Brutbiologische Parameter

Wie sich die Beregnung auf die Brut auswirkte, konnte nach dem Öffnen der Baumstämme im Sommer 2017 analysiert werden. Obwohl sich die Zahl der Muttergänge in allen drei Versuchsvarianten nicht signifikant unterschied, befanden sich in der Kontrolle in Summe signifikant weniger Buchdrucker in Rinde. Die Muttergänge waren nach dem Entrinden teilweise, vor allem bei den Beregnungsvarianten, nur mehr sehr schwer zu erkennen. Zurückzuführen ist dies sowohl auf den Reifungsfraß sowie auf den Schlechtwetterfraß, von in der Rinde verbleibenden *I. typographus* (Nierhaus-Wunderwald und Forster 2004; Postner, 1974). Womöglich konnten dadurch einige angelegte Muttergänge gar nicht mehr erkannt und gezählt werden. Zum Zeitpunkt der Entrindung im August 2017, konnten bei keinem der drei Versuchsvarianten lebende Buchdrucker in Rinde vorgefunden werden. Der Anteil an in Rinde verbliebener, toter Buchdrucker beträgt in der Beregnung 2 33,02% und in der Beregnung 1 32,00%. Die Kontrolle hatte im Gegensatz einen deutlich geringeren Anteil an in Rinde verbliebener Buchdrucker mit 9,09%. Unsere Beregnung führte also zu einer erhöhten Mortalität. Diese liegt jedoch deutlich unter den 90% in der Starkberegnungs-Variante von Böhm-Bezing (1998) oder dem Bekämpfungserfolg einer mechanischen Entrindung mit 93% (Wermelinger, 2004).

Der Anteil an adulten, dunklen Buchdruckern in Rinde lag in der Beregnung 2 mit 12,77% am höchsten, gefolgt von der Beregnung 1 mit 6,70%. In der Beregnung 1 konnten die meisten hellen Buchdrucker, gefolgt von Beregnung 2, gezählt werden. Diese hohe Anzahl lässt zum einen vermuten, dass die Beregnung die Entwicklung verzögerte und dadurch mehr helle Buchdrucker in Rinde vorgefunden werden konnten. Zum anderen könnte es aber auch bedeuten, dass durch

die Beregnung die Käfer früher bzw. vor dem Ausfärben gestorben sind. Obwohl die Beregnung 2 eine höhere Beregnungsintensität hatte, wurden weniger helle Buchdrucker in Rinde vorgefunden als in der Beregnung 1. Bei Böhm-Bezing (1998) wirkte sich die erhöhte Wassermenge besonders auf die sensible Brut aus. Die Eier zeigten unterschiedliche Verfärbungen und Larven waren teilweise geschrumpft und aufgebläht. Ein Vergleich, dass sich die Beregnung auf die sensible Brut auswirkt und deshalb weniger helle Buchdrucker in Beregnung 2 vorgefunden wurde kann ist nicht zulässig, da sich die Brut in diesem Versuch bereits im späten Larvenstadium bis Puppenstadium befunden hat.

Die Anzahl an verpilzten Buchdruckern war bei beiden Beregnungen, B1 (5,53%) und B2 (6,22%) signifikant höher als bei der Kontrolle mit 0,69%. Schon beim Öffnen der Borke konnte man in etlichen Stammstücken verpilzte Stellen erkennen. Um welche Pilze es sich hierbei handelte, wurde nicht näher untersucht. Vermutlich handelte es sich hierbei um entomopathogene Pilze. Vor allem *Beauveria bassiana* tritt häufig bei *I. typographus* auf (Wegensteiner, 2004). Die Parasitierungsrate durch Parasitoide bei B1 lag bei 0,51%, gefolgt von der unbehandelten Kontrolle mit 0,23% und B2 mit 0,04%. Im Laufe des Versuches konnten bei den Absammelterminen immer wieder Hautflügler (*Hymenoptera*) in den Käfigen aufgefunden werden. Auch vorgekommen sind Räuber wie die Larven des Ameisenbunkkäfers (*Thanasimus formicarius*) und selten auch Kamelhalsfliegen (*Raphidioptera*). Werden die Ergebnisse der Brutbilder mit den Schlupfzahlen im Versuch Sommer 2016 und Frühjahr 2017 verglichen, kann gesagt werden, dass die Beregnung den Schlupf von *I. typographus* unterdrückt und sich die Käfer in den Kontrollstämmen schneller entwickeln konnten. Vor allem bei den Beregnungsvarianten (B1) und (B2) gab es mit einem Anteil von 19,26% bzw. 13,99% eine erhöhte Anzahl an hellen Buchdrucker in Rinde.

Die Baumstämme aus dem Versuch Sommer 2017 wurden am 26.01.2018 entrindet und analysiert. In der unbehandelten Kontrolle waren signifikant weniger Buchdrucker in der Rinde. In den Beregnungsvarianten verblieben viele Käfer, um zu überwintern, das konnte man vor allem an der hohen Anzahl an lebenden Buchdrucker, nach dem Öffnen, in Rinde erkennen. Bei den lebenden Buchdruckern konnten jedoch nur adulte bzw. dunkel gefärbte Buchdrucker gezählt werden. Das bedeutet, dass keine Jungkäfer erfolgreich überwinterten, obwohl im Dezember milde Temperaturen herrschten. Eine Mortalität durch Kontaktgefrieren des noch nicht ausgereiften Chitinpanzers (Schopf und Kritsch, 2010) ist durch die milden Temperaturen eher

unwahrscheinlich. In Summe verblieben bei B1 451 (21,20%) bei B2 557 (47,69%) und bei der Kontrolle 274 (9,39%) Buchdrucker in Rinde. Die Mortalitätsrate beträgt bei B1 16,97% bei B2 37,59% und bei der Kontrolle 9,05%. Die Beregnung 1 hatte die höchste Anzahl an toten, dunklen Buchdrucker mit 154 (7,24%) Käfern, gefolgt von der Beregnung 2 mit 136 (11,64%). Die Kontrolle hatte eine deutlich niedrigere Anzahl mit 78 Buchdrucker bzw. 2,67%. In den Beregnungsvarianten befanden sich daher signifikant mehr tote Buchdrucker in Rinde, als bei den unbehandelten Kontrollstämmen. Der hohe Anteil an dunklen, toten Buchdruckern bei der Beregnung 1 und der toten, hellen Buchdrucker in Beregnung 2, ist ein Zeichen, dass die Beregnung den Schlupf verzögerte und die Buchdrucker in der Rinde blieben. In der Kontrolle befanden sich in Summe signifikant weniger dunkle, lebende Buchdrucker in Rinde als bei den beregneten Versuchsstämmen. Dieses Ergebnis lässt darauf schließen, dass der Schlupf der lebenden, dunklen Buchdrucker der Beregnungsvarianten unterdrückt wurde.

Auffällig hoch ist im Versuch Sommer 2017 die Anzahl an verpilzten Buchdruckern in der Kontrolle, die in diesem Jahr sogar etwas höher als bei den beregneten Varianten war. Auch hier wird vermutet, dass es sich hierbei um entomopathogene Pilze handelt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Schlupf vor allem im Versuch Sommer 2016 deutlich durch die Beregnungen unterdrückt werden konnte. Die Kontrolle hatte 2.407 ausgebohrte Buchdrucker, während die Beregnung 1 im selben Versuchszeitraum eine Anzahl von 178 bzw. Beregnung 2 von 171 Buchdrucker aufwies. Werden Schlupf im Sommer 2016 und Frühjahr 2017 summiert, ergab sich jedoch nur insgesamt und nicht pro Muttergang gerechnet, signifikante Unterschiede zwischen der Kontrolle und der Beregnungsvariante 2. Das bedeutet, der Schlupf von *I. typographus* konnte verzögert jedoch nicht unterdrückt werden, da im Versuch Frühjahr 2017 die Buchdrucker mit einer zeitlichen Verzögerung verglichen zur Kontrolle, schlüpften. Auch im Versuch Sommer 2017 schlüpften in der Kontrolle signifikant mehr Buchdrucker als bei der Beregnung 2. Bezogen auf den Schlupf kann daher gesagt werden, dass die Beregnung 2 den Schlupf effektiv unterdrückt. Es ist daher möglich mit geringen Beregnungsmengen, im Vergleich zur gängigen Praxis, den Schlupf zu unterdrücken und somit Zeit zur Aufarbeitung von Schadholz zu gewinnen. Gänzlich verhindert wird der Schlupf jedoch im durchgeführten Versuch nicht. 2017 blieb auch bei der starken Beregnung nur etwa die Hälfte der Käfer unter der Rinde. Die Beregnung wirkte sich weiters auf die Entwicklung der Buchdrucker aus.

Bei den Versuchsstämmen aus dem Versuch Sommer 2016 konnten in der Kontrolle signifikant weniger Buchdrucker in Rinde vorgefunden werden.

In den Beregnungen waren daher pro Muttergang signifikant mehr Buchdrucker in Rinde. Dies lässt auf eine verzögerte Entwicklung in den Stämmen bzw. unter der Rinde schließen. Im Versuch Sommer 2017 befanden sich in Summe pro Muttergang signifikant weniger Buchdrucker in der Kontrolle, wobei bei den Beregnungen signifikant mehr lebende dunkle Käfer vorgefunden wurden. Auch in diesem Versuch konnte daher festgestellt werden, dass sich die Beregnungen auf die Entwicklung auswirkte. Das bedeutet, die leichte Beregnung beeinträchtigt sowohl den Schlupf als auch die Entwicklung von *I. typographus*.

Eine leichte Beregnung von befallenem, nicht entrindetem Rundholz stellt daher eine erfolgsversprechende alternative Maßnahme zur Lagerung für einen gewissen Zeitraum zur dar. Für einen praxistauglichen, bekämpfungstechnischen Einsatz sind allerdings noch Verbesserungen nötig. Für die Beregnungsintervalle ist durchaus relevantes Verbesserungspotenzial gegeben. Eine Empfehlung wäre eine häufigere, gleichmäßige Beregnung während der Tagesstunden, damit die Rindenoberfläche nicht trocken fallen kann und den Käfern dadurch keine Möglichkeit zum Schlüpfen gegeben wird. Für die Praxis relevant zur Errichtung eines Nasslagers sind daher neben den rechtlichen Aspekten und der Infrastruktur auch eine ausreichende Wasserverfügbarkeit, da die Stämme durchgehend leicht beregnet werden sollten.

## 5 Literatur

- Abdi, H. (2007): Bonferroni and Sidak corrections for multiple comparisons. In: N.J. Salkind (ed.) Encyclopedia of Measurement and Statistics, 1-9.
- 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, 17-186.
- 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.
- BFW – Bundesforschungszentrum für Wald, (2017): Borkenkäfer 2017.  
<https://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=10380> (besucht am 30.03.2018).
- 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.
- Christiansen, E., Bakke, A. (1988): The spruce bark beetle of Eurasia. In: Berryman, A.A. Dynamics of Forest Insect Populations. Plenum Press, New York, 479-503.
- Deutschmann, M., Höbarth, M., Rothleitner, G., Wöhrle, M. (2008): Merkblatt: Anlage, Aufbau, Betrieb und Auflösung eines Nasslagers. Forst Holz Papier, 1-16.
- 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.
- Dolezal, P., Sehnal, F. (2007): Effects of photoperiod and temperature on the development and diapause of the bark beetle *Ips typographus*. Journal of Applied Entomology 131, 165-173.
- 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.
- Forster, B. Meier F., Gall, R. und Zahn, C. (2003): Erfahrungen im Umgang mit Buchdrucker-Massenvermehrungen *Ips typographus* L. nach Sturmereignissen in der Schweiz. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 154, 431-436.

Forstgesetz (1975): Bundesgesetz vom 3. Juli 1975. Mit dem das Forstwesen geregelt wird (Forstgesetz 1975). In: BGBl. Nr. 440/1975 zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 56/2016.

Forstschutzverordnung (2003): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über den Schutz des Waldes vor Forstschädlingen (Forstschutzverordnung). In: BGBl. II Nr. 56/2016

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.

Forsse, E., Solbrek, C. (1985): Migration in the bark beetle *Ips typographus* L.: duration, timing and height of flight. Journal of Applied Entomology 100, 47-57.

Führer, E., Coeln, M. (1998): Thermoenergetisches Modell zur Fernüberwachung der Borkenkäferentwicklung. Allgemeine Forstzeitschrift 2, 59-62.

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.

Jakoby, O., Wermelinger, B., Stadelmann, G., Lischke, H. (2015): Borkenkäfer im Klimawandel – Modellierung des künftigen Befallsrisikos durch den Buchdrucker (*Ips typographus*). Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, 1-45.

Kirisits, T. (2004): Fungal associates of European bark beetles with special emphasis on the ophiostomatoid fungi. In: Bark and wood boring insects in living trees, a synthesis, F. Lieutier, K. R. Day, A. Battisti, J.-C. Grégoire & H. Evans (Eds.). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 181-235.

Kollmann, F., Lampson, P. (1957): Maßnahmen und Verfahren zum Schutz lagernden Faserholzes, Holz als Roh- und Werkstoff, 15.JG, Heft 2, 86-91.

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.

- Morigl, R. (2014): Das Nasslagerkonzept der Bayerischen Staatsforsten. Vortrag am 6. Bayerischen Waldbesitzertag in Freising-Weihenstephan.  
[https://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/holz/lagerung/lwf\\_nasslagerkonzept\\_baysf/index\\_DE](https://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/holz/lagerung/lwf_nasslagerkonzept_baysf/index_DE) (besucht am 29.04.2018).
- Netherer, S. (2003): Modelling of bark beetle development and of site- and strain-related predisposition to *Ips typographus* (L.) (Coleoptera; Scolytidae). A Contribution to risk assesment. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien, 1-98.
- Nierhaus-Wunderwald, D. und Forster B. (2004): Zur Biologie der Buchdruckerarten. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, 18, 2-8.
- Nipitsch, M. (2016): Arbeitsdokument zur Umweltmerkblätterstellung für temporär betriebene Nassholzlager, 1-15.
- Odenthal-Kahabka, J. (2005): Handreichung Sturmschadensbewältigung. Hrsg. Landesforstverwaltung Baden-Württemberg und Landesforsten Rheinland-Pfalz.
- Orban, J.L., Kozak, R.A., Sidle, R.C., Duff, S.J.B. (2002): Assessment of relative environmental risk from logyard run-off in British Columbia. Forest chronicle 78/1, 146-151.
- Peek, R.D. (1989): Abwasserqualität von Beregnungsplätzen. Holz Zentralblatt 153/1989, 2423-2426.
- Perny, B. (2010): Bekämpfungsmöglichkeiten und Holzlagerung. BFW-Praxisinformation Nr. 21 – 201, 19-21.
- Postner, M. (1974): Scolytidae. In: Die Forstschädlinge Europas - Käfer. Herausgegeben von Schwenke, W. Bd. 2. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey, 334 – 465.
- Putz, J. (2014): Dispersion des Buchdruckers, *Ips typographus*, von einem Holzlager in Wälder der Umgebung. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien, 1-59.
- Schebeck, M., Dobart, N., Ragland, G., Schopf, A., Stauffer, C. (2017): Diapause und Voltinismus des Buchdruckers: Ein genomischer Ansatz. Forstschutz Aktuell, Wien, 62, 9-12.
- Schopf, A., Kritsch, P. (2010): Kältehärtung und Überwinterung des Buchdruckers. Forstschutz Aktuell, Wien, 50, 11-16.

- Schopf, A. (1989): Die Wirkung der Photoperiode auf die Induktion der Imaginaldiapause von *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae). Journal of Applied Entomology 107, 275-288.
- Schmidt, O., Wahl, G. (1987): Vorkommen von Pilzen und Bakterien um Stammholz von geschädigten Fichten nach zweijähriger Berieselung, Holz als Roh- und Werkstoff, 45, 441-444.
- Schmutz, S. (2009): Gutachten – Einfluss von Nasslagern auf den ökologischen Zustand und die Fischfauna von Fließgewässern. Im Auftrag des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung Fachabteilung 10C Forstwesen, 2-57.
- Schwerdtfeger, F. (1981): Die Waldkrankheiten. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 4. Auflage, 191 – 192.
- Štefková, K., Okrouhlík, J., Doležal, P. (2017): Development and survival of the spruce bark beetle, *Ips typographus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) at low temperatures in the laboratory and the field. European Journal of Entomology 114, 1-6.
- Wasserrechtsgesetz 1959. In: BGBl. Nr. 215/1959
- Wegensteiner, R. (2004): Pathogens in bark beetles In: Bark and wood boring insects in living trees, a synthesis, F. Lieutier, K. R. Day, A. Battisti. J.-C. Grégoire & H. Evans (Eds.). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 291-313.
- 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. und Seifert, M. (1999): Temperature-development reproduction of the spruce bark beetle *Ips typographus* and analysis of the potential population growth. Ecological Entomology 24, 103-110.
- Wermelinger, B. (2004): Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. Forest Ecology and Management 202 (2004) 67–82.

## 6 Anhang

### Daten zum Schlupf Versuch Sommer 2016

Anzahl an geschlüpften Buchdrucker pro Stammstück und Versuchsvariante zum jeweiligen Absammlertermin. (B1 = Beregnung 1, B2 = Beregnung 2, K = Kontrolle)

| Baumstamm | Stammnr. | Treatment | 01.08. | 03.08. | 08.08. | 16.08. | 18.08. | 22.08. | 25.08. | 29.08. | 01.09. | 05.09. | 08.09. |
|-----------|----------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1         | 187      | B1        | 0      | 0      | 1      | 0      | 1      | 2      | 1      | 2      | 2      | 1      | 0      |
| 1         | 188      | B1        | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2      | 3      | 1      | 2      | 0      |
| 1         | 189      | B1        | 0      | 0      | 2      | 3      | 2      | 1      | 1      | 2      | 0      | 2      | 1      |
| 1         | 190      | B1        | 0      | 0      | 3      | 5      | 1      | 2      | 1      | 2      | 3      | 0      | 0      |
| 1         | 191      | B1        | 0      | 0      | 4      | 2      | 1      | 1      | 4      | 0      | 0      | 1      | 0      |
| 1         | 192      | B1        | 0      | 1      | 6      | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      |
| 2         | 327      | B1        | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 328      | B1        | 0      | 0      | 2      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 333      | B1        | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 2      | 0      | 0      | 1      | 3      | 0      |
| 4         | 334      | B1        | 3      | 1      | 3      | 1      | 0      | 0      | 0      | 3      | 0      | 0      | 0      |
| 6         | 339      | B1        | 7      | 4      | 5      | 5      | 1      | 1      | 3      | 1      | 0      | 1      | 0      |
| 6         | 340      | B1        | 5      | 0      | 2      | 3      | 2      | 1      | 0      | 2      | 1      | 3      | 1      |
| 1         | 193      | B2        | 0      | 0      | 1      | 2      | 1      | 3      | 2      | 0      | 1      | 2      | 0      |
| 1         | 194      | B2        | 1      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 1      | 2      | 0      |
| 1         | 195      | B2        | 1      | 0      | 0      | 3      | 0      | 1      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      |
| 1         | 196      | B2        | 1      | 0      | 1      | 2      | 2      | 4      | 0      | 1      | 0      | 1      | 0      |
| 1         | 197      | B2        | 2      | 0      | 1      | 2      | 0      | 1      | 1      | 0      | 1      | 2      | 0      |
| 1         | 198      | B2        | 3      | 0      | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      |
| 2         | 329      | B2        | 0      | 2      | 1      | 1      | 1      | 0      | 1      | 2      | 1      | 3      | 0      |
| 2         | 330      | B2        | 2      | 0      | 0      | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 1      | 1      | 0      |
| 4         | 335      | B2        | 0      | 1      | 0      | 1      | 1      | 1      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 336      | B2        | 1      | 1      | 0      | 1      | 0      | 1      | 0      | 0      | 2      | 0      | 0      |
| 6         | 341      | B2        | 3      | 4      | 4      | 3      | 6      | 7      | 2      | 6      | 0      | 0      | 1      |
| 6         | 342      | B2        | 4      | 0      | 10     | 1      | 3      | 2      | 0      | 3      | 0      | 2      | 0      |
| 1         | 321      | K         | 0      | 1      | 1      | 3      | 1      | 2      | 5      | 1      | 0      | 1      | 1      |
| 1         | 322      | K         | 0      | 0      | 1      | 4      | 0      | 4      | 2      | 2      | 0      | 2      | 0      |
| 1         | 323      | K         | 0      | 0      | 2      | 3      | 2      | 0      | 0      | 6      | 11     | 5      | 1      |
| 1         | 324      | K         | 6      | 0      | 0      | 0      | 2      | 10     | 6      | 14     | 6      | 11     | 1      |
| 1         | 325      | K         | 0      | 0      | 21     | 72     | 14     | 40     | 20     | 29     | 13     | 4      | 2      |
| 1         | 326      | K         | 0      | 0      | 4      | 15     | 5      | 13     | 6      | 2      | 8      | 5      | 3      |
| 2         | 331      | K         | 0      | 2      | 1      | 1      | 1      | 2      | 1      | 9      | 6      | 2      | 2      |
| 2         | 332      | K         | 5      | 1      | 6      | 0      | 0      | 1      | 2      | 8      | 5      | 1      | 4      |
| 4         | 337      | K         | 3      | 0      | 3      | 61     | 24     | 196    | 76     | 22     | 20     | 60     | 67     |
| 4         | 338      | K         | 0      | 1      | 2      | 4      | 2      | 2      | 1      | 9      | 9      | 2      | 2      |
| 6         | 343      | K         | 11     | 0      | 5      | 11     | 3      | 3      | 2      | 4      | 3      | 4      | 0      |
| 6         | 344      | K         | 0      | 0      | 7      | 4      | 0      | 2      | 4      | 10     | 3      | 2      | 1      |

| Baumstamm | Stammnr. | Treatment | 12.09. | 15.09. | 19.09. | 22.09. | 26.09. | 29.09. | 03.10. | 06.10. | 10.10. | 13.10. |
|-----------|----------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1         | 187      | B1        | 0      | 0      | 1      | 0      | 2      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 188      | B1        | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 189      | B1        | 1      | 1      | 2      | 0      | 1      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 190      | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 191      | B1        | 1      | 0      | 2      | 1      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 192      | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 327      | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 328      | B1        | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      |
| 4         | 333      | B1        | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 334      | B1        | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 6         | 339      | B1        | 5      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      |
| 6         | 340      | B1        | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 193      | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 194      | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      |
| 1         | 195      | B2        | 0      | 1      | 0      | 0      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 196      | B2        | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      |
| 1         | 197      | B2        | 3      | 0      | 0      | 0      | 1      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 198      | B2        | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 329      | B2        | 0      | 0      | 2      | 0      | 0      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 330      | B2        | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 335      | B2        | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 336      | B2        | 1      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 6         | 341      | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 6         | 342      | B2        | 1      | 0      | 0      | 1      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 321      | K         | 1      | 0      | 1      | 0      | 1      | 1      | 0      | 1      | 5      | 2      |
| 1         | 322      | K         | 2      | 0      | 2      | 1      | 0      | 1      | 6      | 7      | 1      | 3      |
| 1         | 323      | K         | 0      | 0      | 2      | 2      | 1      | 1      | 5      | 5      | 5      | 3      |
| 1         | 324      | K         | 2      | 0      | 0      | 1      | 5      | 2      | 3      | 0      | 2      | 7      |
| 1         | 325      | K         | 1      | 2      | 5      | 10     | 6      | 6      | 16     | 8      | 1      | 2      |
| 1         | 326      | K         | 2      | 2      | 1      | 1      | 4      | 1      | 2      | 3      | 4      | 2      |
| 2         | 331      | K         | 7      | 4      | 14     | 17     | 30     | 13     | 14     | 22     | 28     | 8      |
| 2         | 332      | K         | 2      | 1      | 10     | 12     | 8      | 15     | 21     | 22     | 14     | 9      |
| 4         | 337      | K         | 68     | 60     | 42     | 56     | 85     | 39     | 22     | 8      | 19     | 0      |
| 4         | 338      | K         | 6      | 1      | 6      | 18     | 32     | 31     | 163    | 68     | 60     | 17     |
| 6         | 343      | K         | 3      | 0      | 1      | 0      | 2      | 4      | 12     | 9      | 8      | 9      |
| 6         | 344      | K         | 2      | 1      | 2      | 1      | 0      | 5      | 4      | 7      | 1      | 6      |

### Daten zum Schlupf Versuch Frühjahr 2017

Anzahl an geschlüpften Buchdrucker pro Stammstück und Versuchsvariante zum jeweiligen Absammeltermin. (B1 = Beregnung 1, B2 = Beregnung 2, K = Kontrolle)

| Baumstamm | Stammnr. | Treatment | 13.04. | 18.04. | 21.04. | 24.04. | 26.04. | 28.04. | 02.05. | 05.05. | 08.05. | 10.05. | 12.05. |
|-----------|----------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1         | 187      | B1        | 6      | 2      | 1      | 1      | 3      | 1      | 1      | 1      | 10     | 3      | 7      |
| 1         | 188      | B1        | 2      | 1      | 0      | 0      | 0      | 2      | 0      | 1      | 9      | 4      | 4      |
| 1         | 189      | B1        | 2      | 4      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2      | 1      | 11     | 1      | 5      |
| 1         | 190      | B1        | 4      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 8      | 0      | 3      |
| 1         | 191      | B1        | 1      | 2      | 0      | 0      | 1      | 0      | 1      | 0      | 21     | 1      | 2      |
| 1         | 192      | B1        | 1      | 3      | 3      | 0      | 1      | 0      | 0      | 1      | 15     | 1      | 0      |
| 2         | 327      | B1        | 3      | 2      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 1      | 0      | 1      | 1      |
| 2         | 328      | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 5      | 0      | 0      |
| 4         | 333      | B1        | 10     | 1      | 1      | 0      | 3      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 1      |
| 4         | 334      | B1        | 0      | 3      | 0      | 0      | 1      | 0      | 1      | 1      | 5      | 2      | 0      |
| 6         | 339      | B1        | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 21     | 1      | 3      |
| 6         | 340      | B1        | 1      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 1      | 5      | 1      | 2      |
| 1         | 193      | B2        | 3      | 5      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 3      | 1      | 0      |
| 1         | 194      | B2        | 8      | 8      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 4      | 0      | 3      |
| 1         | 195      | B2        | 9      | 6      | 0      | 1      | 1      | 0      | 1      | 1      | 6      | 3      | 2      |
| 1         | 196      | B2        | 4      | 0      | 0      | 1      | 2      | 1      | 0      | 3      | 21     | 2      | 1      |
| 1         | 197      | B2        | 5      | 6      | 0      | 1      | 0      | 1      | 1      | 3      | 14     | 1      | 0      |
| 1         | 198      | B2        | 1      | 4      | 2      | 2      | 0      | 0      | 0      | 1      | 3      | 0      | 3      |
| 2         | 329      | B2        | 2      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 5      | 0      | 0      |
| 2         | 330      | B2        | 4      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 2      | 0      |
| 4         | 335      | B2        | 0      | 0      | 0      | 2      | 1      | 0      | 0      | 0      | 1      | 1      | 2      |
| 4         | 336      | B2        | 10     | 4      | 0      | 1      | 0      | 1      | 3      | 0      | 7      | 2      | 1      |
| 6         | 341      | B2        | 1      | 1      | 1      | 1      | 0      | 0      | 1      | 2      | 18     | 0      | 1      |
| 6         | 342      | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2      | 1      | 1      |
| 1         | 321      | K         | 21     | 39     | 7      | 0      | 35     | 26     | 24     | 12     | 40     | 24     | 29     |
| 1         | 322      | K         | 4      | 22     | 14     | 40     | 17     | 25     | 17     | 16     | 14     | 20     | 9      |
| 1         | 323      | K         | 7      | 18     | 11     | 45     | 37     | 5      | 14     | 10     | 24     | 4      | 3      |
| 1         | 324      | K         | 4      | 21     | 9      | 22     | 11     | 5      | 10     | 4      | 3      | 0      | 0      |
| 1         | 325      | K         | 15     | 23     | 1      | 9      | 5      | 0      | 1      | 0      | 3      | 0      | 0      |
| 1         | 326      | K         | 11     | 9      | 4      | 8      | 7      | 7      | 5      | 1      | 3      | 1      | 2      |
| 2         | 331      | K         | 0      | 2      | 3      | 1      | 0      | 2      | 0      | 0      | 2      | 0      | 0      |
| 2         | 332      | K         | 3      | 2      | 1      | 0      | 1      | 1      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 337      | K         | 1      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 338      | K         | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      |
| 6         | 343      | K         | 12     | 13     | 4      | 7      | 8      | 2      | 1      | 3      | 1      | 0      | 2      |
| 6         | 344      | K         | 19     | 11     | 10     | 9      | 8      | 4      | 2      | 3      | 2      | 0      | 0      |

| Baumstamm | Stammnr. | Treatment | 15.05. | 17.05. | 19.05. | 22.05. | 24.05. | 26.05. | 29.05. | 31.05. | 02.06. | 06.06. |
|-----------|----------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1         | 187      | B1        | 117    | 23     | 4      | 1      | 5      | 2      | 3      | 1      | 3      | 2      |
| 1         | 188      | B1        | 137    | 24     | 33     | 9      | 4      | 6      | 7      | 5      | 7      | 7      |
| 1         | 189      | B1        | 109    | 42     | 13     | 1      | 7      | 0      | 4      | 8      | 2      | 2      |
| 1         | 190      | B1        | 123    | 34     | 17     | 2      | 4      | 0      | 2      | 1      | 2      | 1      |
| 1         | 191      | B1        | 118    | 22     | 15     | 2      | 2      | 0      | 4      | 3      | 1      | 1      |
| 1         | 192      | B1        | 36     | 19     | 15     | 2      | 0      | 3      | 3      | 4      | 3      | 2      |
| 2         | 327      | B1        | 24     | 13     | 12     | 5      | 1      | 4      | 0      | 1      | 8      | 7      |
| 2         | 328      | B1        | 15     | 9      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 1      | 1      | 0      |
| 4         | 333      | B1        | 20     | 6      | 7      | 3      | 2      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 334      | B1        | 69     | 13     | 5      | 0      | 3      | 1      | 0      | 0      | 0      | 1      |
| 6         | 339      | B1        | 68     | 12     | 18     | 0      | 4      | 2      | 3      | 4      | 0      | 0      |
| 6         | 340      | B1        | 21     | 8      | 13     | 3      | 4      | 2      | 4      | 4      | 3      | 7      |
| 1         | 193      | B2        | 77     | 32     | 42     | 9      | 5      | 6      | 10     | 8      | 3      | 5      |
| 1         | 194      | B2        | 88     | 43     | 17     | 3      | 16     | 3      | 1      | 3      | 0      | 3      |
| 1         | 195      | B2        | 145    | 42     | 7      | 2      | 4      | 12     | 5      | 1      | 5      | 2      |
| 1         | 196      | B2        | 30     | 8      | 8      | 3      | 4      | 5      | 6      | 2      | 4      | 1      |
| 1         | 197      | B2        | 44     | 11     | 13     | 7      | 4      | 3      | 7      | 7      | 3      | 4      |
| 1         | 198      | B2        | 69     | 17     | 5      | 3      | 6      | 2      | 5      | 2      | 2      | 2      |
| 2         | 329      | B2        | 26     | 12     | 11     | 4      | 3      | 22     | 9      | 6      | 3      | 5      |
| 2         | 330      | B2        | 17     | 23     | 4      | 1      | 3      | 1      | 4      | 2      | 1      | 1      |
| 4         | 335      | B2        | 21     | 11     | 3      | 5      | 1      | 2      | 2      | 1      | 0      | 2      |
| 4         | 336      | B2        | 34     | 7      | 11     | 8      | 4      | 3      | 2      | 3      | 4      | 6      |
| 6         | 341      | B2        | 25     | 30     | 21     | 4      | 2      | 5      | 0      | 2      | 2      | 4      |
| 6         | 342      | B2        | 21     | 11     | 16     | 2      | 10     | 20     | 4      | 6      | 2      | 2      |
| 1         | 321      | K         | 40     | 31     | 12     | 7      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 1      |
| 1         | 322      | K         | 8      | 6      | 5      | 3      | 0      | 1      | 0      | 1      | 0      | 1      |
| 1         | 323      | K         | 6      | 3      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 324      | K         | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 325      | K         | 1      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 326      | K         | 2      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 331      | K         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 332      | K         | 2      | 1      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      |
| 4         | 337      | K         | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 338      | K         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 6         | 343      | K         | 0      | 1      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      |
| 6         | 344      | K         | 2      | 0      | 2      | 1      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |

### Daten zum Schlupf Versuch Sommer 2017

Anzahl an geschlüpften Buchdrucker pro Stammstück und Versuchsvariante zum jeweiligen Absammeltermin. (B1 = Beregnung 1, B2 = Beregnung 2, K = Kontrolle)

| Baumstamm | Stammnummer | Treatment | 09.06. | 12.06. | 14.06. | 16.06. | 19.06. | 21.06. | 23.06. | 26.06. | 28.06. | 30.06. | 03.07. |
|-----------|-------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1         | 921         | B1        | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 2      | 14     |
| 1         | 922         | B1        | 0      | 3      | 2      | 1      | 0      | 0      | 1      | 4      | 23     | 38     | 34     |
| 2         | 927         | B1        | 0      | 0      | 1      | 0      | 1      | 0      | 13     | 11     | 24     | 5      | 3      |
| 2         | 928         | B1        | 1      | 1      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 1      | 1      | 5      | 13     |
| 2         | 929         | B1        | 2      | 3      | 3      | 0      | 0      | 0      | 0      | 4      | 17     | 13     | 25     |
| 2         | 930         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 3      | 5      | 27     | 5      | 6      |
| 3         | 939         | B1        | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 5      |
| 3         | 940         | B1        | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 1      | 2      |
| 4         | 945         | B1        | 2      | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      | 4      | 16     | 16     | 35     |
| 4         | 946         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 4      | 13     | 20     | 9      | 36     |
| 5         | 951         | B1        | 0      | 0      | 2      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 2      | 2      | 9      |
| 5         | 952         | B1        | 0      | 0      | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2      |
| 1         | 923         | B2        | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 5      | 1      | 4      |
| 1         | 924         | B2        | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 1      | 0      | 1      | 0      | 3      |
| 2         | 931         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 8      | 0      | 1      |
| 2         | 932         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 1      | 0      | 3      | 2      | 2      |
| 2         | 933         | B2        | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 9      | 0      | 0      |
| 2         | 934         | B2        | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 1      | 0      | 0      |
| 3         | 941         | B2        | 0      | 0      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 3         | 942         | B2        | 1      | 1      | 1      | 0      | 1      | 2      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      |
| 4         | 947         | B2        | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 4      | 0      | 2      |
| 4         | 948         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 5      |
| 5         | 953         | B2        | 1      | 1      | 1      | 0      | 1      | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 5         | 954         | B2        | 1      | 0      | 0      | 1      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      |
| 1         | 925         | K         | 9      | 12     | 5      | 2      | 0      | 2      | 1      | 11     | 33     | 29     | 44     |
| 1         | 926         | K         | 1      | 1      | 0      | 1      | 0      | 0      | 14     | 24     | 41     | 5      | 22     |
| 2         | 935         | K         | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 10     | 10     | 22     | 36     | 5      | 17     |
| 2         | 936         | K         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 15     | 27     | 25     | 24     | 38     |
| 2         | 937         | K         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2      | 25     | 0      | 59     | 16     | 10     |
| 2         | 938         | K         | 2      | 1      | 0      | 1      | 0      | 2      | 1      | 1      | 71     | 8      | 2      |
| 3         | 943         | K         | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 3      | 7      | 21     | 3      | 6      |
| 3         | 944         | K         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 12     | 1      | 2      |
| 4         | 949         | K         | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 1      | 1      | 8      | 10     | 4      | 18     |
| 4         | 950         | K         | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 12     | 20     | 21     | 13     | 20     |
| 5         | 955         | K         | 2      | 1      | 0      | 2      | 1      | 1      | 0      | 1      | 3      | 19     | 51     |
| 5         | 956         | K         | 1      | 2      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 2      | 18     | 20     | 50     |

| Baumstamm | Stammnummer | Treatment | 05.07. | 07.07. | 10.07. | 12.07. | 14.07. | 17.07. | 19.07. | 21.07. | 24.07. | 26.07. | 28.07. |
|-----------|-------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1         | 921         | B1        | 4      | 27     | 37     | 10     | 2      | 1      | 3      | 3      | 0      | 1      | 0      |
| 1         | 922         | B1        | 55     | 0      | 21     | 17     | 6      | 0      | 11     | 6      | 4      | 1      | 0      |
| 2         | 927         | B1        | 1      | 10     | 11     | 7      | 3      | 2      | 6      | 1      | 1      | 0      | 0      |
| 2         | 928         | B1        | 2      | 15     | 17     | 5      | 2      | 0      | 0      | 2      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 929         | B1        | 13     | 10     | 24     | 6      | 1      | 0      | 1      | 2      | 8      | 0      | 1      |
| 2         | 930         | B1        | 9      | 15     | 31     | 14     | 6      | 4      | 4      | 2      | 0      | 2      | 0      |
| 3         | 939         | B1        | 0      | 4      | 13     | 6      | 2      | 1      | 1      | 0      | 2      | 1      | 0      |
| 3         | 940         | B1        | 3      | 8      | 13     | 9      | 3      | 1      | 2      | 4      | 3      | 0      | 0      |
| 4         | 945         | B1        | 25     | 19     | 53     | 32     | 6      | 2      | 9      | 0      | 5      | 1      | 0      |
| 4         | 946         | B1        | 13     | 32     | 46     | 15     | 4      | 0      | 2      | 5      | 13     | 0      | 2      |
| 5         | 951         | B1        | 7      | 3      | 52     | 14     | 6      | 3      | 6      | 4      | 17     | 0      | 0      |
| 5         | 952         | B1        | 0      | 7      | 58     | 10     | 5      | 6      | 3      | 0      | 3      | 0      | 0      |
| 1         | 923         | B2        | 0      | 10     | 1      | 30     | 2      | 0      | 4      | 4      | 13     | 2      | 0      |
| 1         | 924         | B2        | 3      | 4      | 8      | 6      | 3      | 4      | 5      | 0      | 0      | 0      | 3      |
| 2         | 931         | B2        | 4      | 10     | 13     | 14     | 1      | 0      | 3      | 7      | 4      | 1      | 1      |
| 2         | 932         | B2        | 4      | 1      | 5      | 2      | 1      | 2      | 7      | 1      | 4      | 2      | 1      |
| 2         | 933         | B2        | 0      | 0      | 16     | 11     | 1      | 0      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 934         | B2        | 1      | 2      | 5      | 3      | 1      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 3         | 941         | B2        | 0      | 0      | 2      | 3      | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 3         | 942         | B2        | 1      | 0      | 3      | 2      | 0      | 0      | 2      | 4      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 947         | B2        | 0      | 1      | 11     | 8      | 0      | 0      | 4      | 1      | 3      | 1      | 0      |
| 4         | 948         | B2        | 1      | 2      | 12     | 7      | 1      | 0      | 1      | 6      | 1      | 0      | 0      |
| 5         | 953         | B2        | 0      | 0      | 0      | 2      | 0      | 2      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 5         | 954         | B2        | 0      | 4      | 5      | 10     | 7      | 0      | 2      | 0      | 1      | 0      | 0      |
| 1         | 925         | K         | 6      | 25     | 50     | 34     | 4      | 6      | 6      | 6      | 5      | 2      | 0      |
| 1         | 926         | K         | 11     | 18     | 107    | 67     | 5      | 8      | 7      | 5      | 2      | 0      | 0      |
| 2         | 935         | K         | 6      | 14     | 12     | 7      | 1      | 1      | 1      | 2      | 1      | 0      | 1      |
| 2         | 936         | K         | 15     | 4      | 4      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 937         | K         | 1      | 14     | 12     | 7      | 2      | 1      | 3      | 1      | 1      | 0      | 0      |
| 2         | 938         | K         | 3      | 4      | 0      | 9      | 2      | 2      | 1      | 1      | 0      | 2      | 0      |
| 3         | 943         | K         | 4      | 3      | 0      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 2      |
| 3         | 944         | K         | 1      | 4      | 6      | 4      | 0      | 1      | 2      | 0      | 0      | 0      | 1      |
| 4         | 949         | K         | 4      | 15     | 20     | 24     | 6      | 1      | 3      | 0      | 0      | 0      | 1      |
| 4         | 950         | K         | 3      | 16     | 60     | 44     | 6      | 11     | 5      | 3      | 4      | 0      | 5      |
| 5         | 955         | K         | 18     | 38     | 99     | 108    | 11     | 18     | 32     | 13     | 21     | 1      | 9      |
| 5         | 956         | K         | 16     | 14     | 65     | 97     | 3      | 13     | 11     | 13     | 9      | 0      | 1      |

| Baumstamm | Stammnummer | Treatment | 31.07. | 02.08. | 04.08. | 07.08. | 09.08. | 11.08. | 14.08. | 16.08. | 18.08. | 21.08. | 23.08. |
|-----------|-------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1         | 921         | B1        | 7      | 0      | 1      | 7      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 922         | B1        | 2      | 2      | 0      | 1      | 2      | 0      | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      |
| 2         | 927         | B1        | 3      | 5      | 0      | 3      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 928         | B1        | 2      | 4      | 4      | 5      | 0      | 1      | 1      | 1      | 0      | 0      | 1      |
| 2         | 929         | B1        | 5      | 3      | 2      | 9      | 0      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 930         | B1        | 0      | 0      | 1      | 1      | 2      | 1      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 3         | 939         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 3         | 940         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 945         | B1        | 1      | 5      | 3      | 8      | 5      | 3      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 946         | B1        | 2      | 5      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      |
| 5         | 951         | B1        | 3      | 0      | 5      | 2      | 8      | 2      | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      |
| 5         | 952         | B1        | 3      | 2      | 1      | 3      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 923         | B2        | 2      | 6      | 4      | 6      | 6      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 924         | B2        | 5      | 3      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 1      | 0      | 0      |
| 2         | 931         | B2        | 0      | 1      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 2      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 932         | B2        | 1      | 0      | 2      | 0      | 3      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 933         | B2        | 1      | 4      | 0      | 2      | 1      | 2      | 2      | 3      | 1      | 0      | 0      |
| 2         | 934         | B2        | 1      | 0      | 5      | 2      | 1      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 3         | 941         | B2        | 0      | 3      | 0      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 3         | 942         | B2        | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 1      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 947         | B2        | 1      | 1      | 2      | 3      | 2      | 0      | 1      | 1      | 3      | 1      | 0      |
| 4         | 948         | B2        | 3      | 4      | 4      | 6      | 3      | 4      | 2      | 1      | 1      | 0      | 0      |
| 5         | 953         | B2        | 2      | 4      | 3      | 2      | 6      | 2      | 2      | 2      | 2      | 1      | 1      |
| 5         | 954         | B2        | 4      | 2      | 4      | 3      | 3      | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 925         | K         | 1      | 0      | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 926         | K         | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 3      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 935         | K         | 0      | 0      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      |
| 2         | 936         | K         | 0      | 0      | 1      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      |
| 2         | 937         | K         | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 938         | K         | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 3         | 943         | K         | 0      | 0      | 0      | 2      | 1      | 1      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 3         | 944         | K         | 0      | 0      | 1      | 2      | 1      | 3      | 1      | 2      | 1      | 0      | 0      |
| 4         | 949         | K         | 3      | 1      | 1      | 3      | 1      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 950         | K         | 2      | 2      | 0      | 1      | 1      | 1      | 2      | 2      | 3      | 3      | 0      |
| 5         | 955         | K         | 3      | 1      | 3      | 4      | 3      | 5      | 1      | 2      | 0      | 1      | 0      |
| 5         | 956         | K         | 5      | 1      | 0      | 3      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

| Baumstamm | Stammnummer | Treatment | 25.08. | 28.08. | 30.08. | 01.09. | 04.09. | 07.09. | 11.09. | 14.09. | 18.09. | 21.09. | 25.09. |
|-----------|-------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1         | 921         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 922         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 927         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 928         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 929         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 930         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 3         | 939         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 3         | 940         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 945         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 946         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 5         | 951         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 5         | 952         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 923         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 924         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 931         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 932         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 933         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 934         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 3         | 941         | B2        | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 3         | 942         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 947         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 948         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 5         | 953         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 5         | 954         | B2        | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 925         | K         | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      |
| 1         | 926         | K         | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 935         | K         | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 936         | K         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 937         | K         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 2      | 0      | 0      |
| 2         | 938         | K         | 0      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 3         | 943         | K         | 0      | 0      | 1      | 0      | 2      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 2      |
| 3         | 944         | K         | 0      | 1      | 2      | 0      | 1      | 1      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 949         | K         | 0      | 2      | 0      | 0      | 1      | 1      | 0      | 2      | 1      | 1      | 2      |
| 4         | 950         | K         | 0      | 4      | 0      | 3      | 3      | 2      | 1      | 1      | 2      | 0      | 4      |
| 5         | 955         | K         | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 1      | 1      | 0      | 1      | 0      | 2      |
| 5         | 956         | K         | 0      | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 2      | 3      | 1      | 0      | 0      |

| Baumstamm | Stammnummer | Treatment | 28.09. | 02.10. | 05.10. | 09.10. | 16.10. | 24.10. | 30.10. |
|-----------|-------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1         | 921         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 922         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 927         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 928         | B1        | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 929         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 930         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 3         | 939         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 3         | 940         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 945         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 946         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 5         | 951         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 5         | 952         | B1        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 923         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 924         | B2        | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 931         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 932         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2      |
| 2         | 933         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 934         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 3         | 941         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      |
| 3         | 942         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 947         | B2        | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      |
| 4         | 948         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 5         | 953         | B2        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      |
| 5         | 954         | B2        | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 925         | K         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 1         | 926         | K         | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 2      | 0      |
| 2         | 935         | K         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 936         | K         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 937         | K         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2         | 938         | K         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 3         | 943         | K         | 0      | 1      | 2      | 0      | 1      | 0      | 0      |
| 3         | 944         | K         | 0      | 3      | 0      | 1      | 5      | 0      | 0      |
| 4         | 949         | K         | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 0      | 0      |
| 4         | 950         | K         | 1      | 1      | 0      | 0      | 2      | 0      | 1      |
| 5         | 955         | K         | 0      | 4      | 1      | 1      | 3      | 3      | 2      |
| 5         | 956         | K         | 0      | 2      | 2      | 1      | 5      | 0      | 0      |

## Brutbiologische Daten Versuch Sommer 2016

Anzahl an in Rinde verbliebener Buchdrucker pro Stammstück und Versuchsvariante.

| Stammnummer | Treatment | Muttergang | Buchdrucker hell<br>in Rinde | Buchdrucker dunkel<br>in Rinde | Buchdrucker<br>verpilzt in Rinde | parasitiert<br>in Rinde | Buchdrucker<br>in Rinde |
|-------------|-----------|------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 187         | B1        | 84         | 23                           | 18                             | 6                                | 4                       | 51                      |
| 188         | B1        | 49         | 55                           | 24                             | 13                               | 0                       | 92                      |
| 189         | B1        | 40         | 28                           | 15                             | 16                               | 0                       | 59                      |
| 190         | B1        | 63         | 15                           | 33                             | 29                               | 2                       | 79                      |
| 191         | B1        | 55         | 17                           | 18                             | 8                                | 0                       | 43                      |
| 192         | B1        | 42         | 12                           | 11                             | 15                               | 3                       | 41                      |
| 327         | B1        | 18         | 20                           | 11                             | 4                                | 0                       | 35                      |
| 328         | B1        | 26         | 6                            | 2                              | 6                                | 5                       | 19                      |
| 333         | B1        | 79         | 126                          | 9                              | 32                               | 0                       | 167                     |
| 334         | B1        | 80         | 152                          | 6                              | 19                               | 0                       | 177                     |
| 339         | B1        | 57         | 39                           | 24                             | 3                                | 0                       | 66                      |
| 340         | B1        | 51         | 33                           | 12                             | 0                                | 0                       | 45                      |
| 193         | B2        | 61         | 26                           | 33                             | 30                               | 0                       | 89                      |
| 194         | B2        | 84         | 16                           | 44                             | 26                               | 0                       | 86                      |
| 195         | B2        | 75         | 19                           | 34                             | 10                               | 0                       | 63                      |
| 196         | B2        | 48         | 29                           | 49                             | 17                               | 0                       | 95                      |
| 197         | B2        | 40         | 20                           | 30                             | 15                               | 0                       | 65                      |
| 198         | B2        | 42         | 13                           | 21                             | 18                               | 0                       | 52                      |
| 329         | B2        | 21         | 6                            | 40                             | 19                               | 0                       | 65                      |
| 330         | B2        | 20         | 3                            | 12                             | 7                                | 1                       | 23                      |
| 335         | B2        | 82         | 40                           | 7                              | 4                                | 0                       | 51                      |
| 336         | B2        | 56         | 89                           | 30                             | 8                                | 0                       | 127                     |
| 341         | B2        | 76         | 94                           | 27                             | 5                                | 0                       | 126                     |
| 342         | B2        | 39         | 14                           | 10                             | 5                                | 0                       | 29                      |
| 321         | K         | 96         | 11                           | 27                             | 6                                | 0                       | 44                      |
| 322         | K         | 72         | 12                           | 4                              | 2                                | 1                       | 19                      |
| 323         | K         | 69         | 11                           | 7                              | 1                                | 0                       | 19                      |
| 324         | K         | 49         | 4                            | 4                              | 0                                | 0                       | 8                       |
| 325         | K         | 55         | 11                           | 39                             | 0                                | 0                       | 50                      |
| 326         | K         | 54         | 22                           | 17                             | 7                                | 6                       | 52                      |
| 331         | K         | 23         | 5                            | 11                             | 6                                | 2                       | 24                      |
| 332         | K         | 24         | 3                            | 3                              | 1                                | 0                       | 7                       |
| 337         | K         | 67         | 34                           | 11                             | 0                                | 0                       | 45                      |
| 338         | K         | 71         | 14                           | 9                              | 1                                | 0                       | 24                      |
| 343         | K         | 66         | 5                            | 24                             | 1                                | 0                       | 30                      |
| 344         | K         | 74         | 9                            | 21                             | 2                                | 0                       | 32                      |

## Brutbiologische Daten Versuch Sommer 2017

Anzahl an in Rinde verbliebener Buchdrucker pro Stammstück und Versuchsvariante.

| Stammnummer | Treatment | Muttergang | Buchdrucker dunkel tot<br>in Rinde | Buchdrucker dunkel lebend in<br>Rinde | Buchdrucker hell tot in<br>Rinde |
|-------------|-----------|------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| 921         | B1        | 79         | 13                                 | 4                                     | 26                               |
| 922         | B1        | 77         | 14                                 | 0                                     | 5                                |
| 927         | B1        | 32         | 17                                 | 13                                    | 5                                |
| 928         | B1        | 29         | 7                                  | 7                                     | 13                               |
| 929         | B1        | 26         | 8                                  | 15                                    | 3                                |
| 930         | B1        | 31         | 12                                 | 17                                    | 3                                |
| 939         | B1        | 58         | 18                                 | 4                                     | 6                                |
| 940         | B1        | 61         | 12                                 | 2                                     | 13                               |
| 945         | B1        | 64         | 10                                 | 7                                     | 21                               |
| 946         | B1        | 78         | 13                                 | 5                                     | 1                                |
| 951         | B1        | 73         | 16                                 | 5                                     | 6                                |
| 952         | B1        | 74         | 14                                 | 11                                    | 4                                |
| 923         | B2        | 93         | 11                                 | 1                                     | 10                               |
| 924         | B2        | 113        | 14                                 | 5                                     | 18                               |
| 931         | B2        | 42         | 6                                  | 22                                    | 15                               |
| 932         | B2        | 37         | 11                                 | 6                                     | 20                               |
| 933         | B2        | 35         | 6                                  | 4                                     | 18                               |
| 934         | B2        | 39         | 11                                 | 22                                    | 2                                |
| 941         | B2        | 96         | 19                                 | 12                                    | 19                               |
| 942         | B2        | 73         | 12                                 | 4                                     | 35                               |
| 947         | B2        | 88         | 16                                 | 12                                    | 43                               |
| 948         | B2        | 78         | 8                                  | 4                                     | 22                               |
| 953         | B2        | 94         | 7                                  | 12                                    | 13                               |
| 954         | B2        | 84         | 15                                 | 14                                    | 22                               |
| 925         | K         | 79         | 9                                  | 0                                     | 5                                |
| 926         | K         | 92         | 28                                 | 10                                    | 4                                |
| 935         | K         | 37         | 2                                  | 0                                     | 4                                |
| 936         | K         | 36         | 3                                  | 0                                     | 2                                |
| 937         | K         | 48         | 3                                  | 0                                     | 2                                |
| 938         | K         | 42         | 1                                  | 0                                     | 1                                |
| 943         | K         | 75         | 0                                  | 0                                     | 0                                |
| 944         | K         | 54         | 5                                  | 0                                     | 4                                |
| 949         | K         | 60         | 6                                  | 0                                     | 10                               |
| 950         | K         | 70         | 10                                 | 0                                     | 1                                |
| 955         | K         | 79         | 9                                  | 0                                     | 2                                |
| 956         | K         | 89         | 2                                  | 0                                     | 0                                |

| Stammnummer | Treatment | Buchdrucker verpilzt in Rinde | parasitiert in Rinde |
|-------------|-----------|-------------------------------|----------------------|
| 921         | B1        | 7                             | 0                    |
| 922         | B1        | 6                             | 0                    |
| 927         | B1        | 2                             | 2                    |
| 928         | B1        | 7                             | 3                    |
| 929         | B1        | 5                             | 10                   |
| 930         | B1        | 5                             | 0                    |
| 939         | B1        | 4                             | 3                    |
| 940         | B1        | 2                             | 0                    |
| 945         | B1        | 15                            | 1                    |
| 946         | B1        | 20                            | 1                    |
| 951         | B1        | 4                             | 0                    |
| 952         | B1        | 2                             | 2                    |
| 923         | B2        | 1                             | 3                    |
| 924         | B2        | 2                             | 1                    |
| 931         | B2        | 4                             | 0                    |
| 932         | B2        | 4                             | 1                    |
| 933         | B2        | 3                             | 3                    |
| 934         | B2        | 6                             | 4                    |
| 941         | B2        | 1                             | 7                    |
| 942         | B2        | 4                             | 0                    |
| 947         | B2        | 6                             | 0                    |
| 948         | B2        | 11                            | 2                    |
| 953         | B2        | 0                             | 0                    |
| 954         | B2        | 2                             | 1                    |
| 925         | K         | 8                             | 5                    |
| 926         | K         | 53                            | 0                    |
| 935         | K         | 0                             | 0                    |
| 936         | K         | 1                             | 1                    |
| 937         | K         | 9                             | 7                    |
| 938         | K         | 3                             | 0                    |
| 943         | K         | 8                             | 0                    |
| 944         | K         | 3                             | 9                    |
| 949         | K         | 6                             | 0                    |
| 950         | K         | 29                            | 0                    |
| 955         | K         | 2                             | 0                    |
| 956         | K         | 7                             | 0                    |