

# Schlussbericht

## zum Vorhaben

Thema:

**Erhebung wichtiger phänologischer Daten und korrespondierender Populationsdichten des Eichenprozessionsspinner (Thaumetopoea processionea L.) sowie Untersuchung des Einflusses seiner natürlichen Gegenspieler unter unterschiedlichen klimatischen Bedingungen in verschiedenen Regionen Deutschlands**

**im Rahmen des Verbundvorhabens: „Modellgestützte Gefährdungsabschätzung des Eichenprozessionsspinner im Klimawandel (ModEPSKlim)“**

Zuwendungsempfänger:

**Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt,  
Abteilung Waldschutz**

Förderkennzeichen:

**22WC409002**

Laufzeit:

**01.03.2016 bis 15.09.2020**

Monat der Erstellung:

**10/2021**



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger für den Waldklimafonds unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

# Schlussbericht

**Zum Teilprojekt 2A:**

---

**„Erhebung wichtiger phänologischer Daten und korrespondierender Populationsdichten des Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea* L.) sowie Untersuchung des Einflusses seiner natürlichen Gegenspieler unter unterschiedlichen klimatischen Bedingungen in verschiedenen Regionen Deutschlands“**

---

**im Rahmen des Verbundvorhabens:**

**„Modellgestützte Gefährdungsabschätzung des Eichenprozessionsspinner im Klimawandel (ModEPSKlim)“**

**Förderkennzeichen:**

22WC409002

29. Oktober 2021

**Zuwendungsempfänger:**

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt,  
Abteilung Waldschutz

---

**Laufzeit:**

01.03.2016 – 15.09.2020

**Berichtszeitraum:**

15.04.2016 – 15.09.2020

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) sowie die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.(FNR) als Projektträger für den Waldklimafonds unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Antragsteller für die NW-FVA: Prof. Dr. Hermann Spellmann

Bearbeiter: Marcel Mühlfeit

Schlussbericht: Marcel Mühlfeit, Sabine Rumpf, Dr. Martin Rohde, Dr. Pavel Plašil, Dr. Holger Sennhenn-Reulen

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt  
Abteilung Waldschutz  
Grätzelstr. 2  
37079 Göttingen

## I. Kurze Darstellung

### 1. Aufgabenstellung

Im Rahmen des Verbundprojekts „Modellgestützte Gefährdungsabschätzung des Eichenprozessionsspinner im Klimawandel“ (ModEPSKlim) sollte ein Online-Frühwarnsystem zur regional differenzierten Einschätzung der aktuellen Entwicklungsstadien (Phänologie) und Populationsdichten des Eichenprozessionsspinner (EPS; *Thaumetopoea processionea* L.) sowie der daraus resultierenden Gefahren für den Wald und die menschliche Gesundheit entwickelt werden. Durch die Verknüpfung phänologischer und populationsdynamischer Grundlagen der EPS-Entwicklung mit der Ausbreitung der Gifthaare in der Luft in Abhängigkeit von räumlicher Entfernung, Witterung und Wetterprognose sollte das gegenwärtige und zukünftige Risiko von Gifthaarbelastungen und Fraßschäden der Raupen abschätzbar werden. Die Nutzung des angestrebten Modells, welches prinzipiell eine Anwendbarkeit im gesamten Verbreitungsgebiet des EPS vorsieht, soll somit eine zeitgerechte und effektive Durchführung präventiver und regulierender Maßnahmen im Hinblick auf Pflanzen- und Gesundheitsschutz des Menschen ermöglichen und erleichtern.

Das Teilprojekt (TP2A) bearbeitete im Rahmen des Verbundvorhabens „Modellgestützte Gefährdungsabschätzung des Eichenprozessionsspinner im Klimawandel (ModEPSKlim)“ den Themenkomplex: „Erhebung wichtiger phänologischer Daten und korrespondierender Populationsdichten des Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea* L.) sowie Untersuchung des Einflusses seiner natürlichen Gegenspieler unter unterschiedlichen klimatischen Bedingungen in verschiedenen Regionen Deutschlands“.

Das Teilprojekt beinhaltet die folgenden Ziele:

- Untersuchung des Einflusses natürlicher Gegenspieler auf die Populationsdichte des EPS unter unterschiedlichen klimatischen Bedingungen in ausgewählten Regionen der Bundesländer Baden-Württemberg, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg
- Ermittlung der Parasitierungsraten und -spektren der Entwicklungsstadien Ei, Raupe bzw. Puppe des EPS auf den Untersuchungsflächen
- Literaturanalyse zur Rolle der Prädatoren in der Populationsdynamik des EPS
- Ermittlung phänologischer Daten der Entwicklungsstadien Ei, Raupe, Puppe und Falter sowie Populationsdynamik des EPS auf den Untersuchungsflächen
- Analyse des Zusammenhangs zwischen Witterungsdaten, Phänologie und Verlauf der Populationsdynamik des EPS in den ausgewählten Regionen

Untersucht wurden in den Jahren 2016-2019 neun Eichenbestände aus den Bundesländern: Brandenburg (zwei Bestände), Baden-Württemberg (zwei Bestände), Hessen (ein Bestand), Niedersachsen (zwei Bestände) und Sachsen-Anhalt (zwei Bestände). Der Schwerpunkt der Untersuchungen fand in den Flächen statt, die im Zuständigkeitsbereich der Trägerländer der NW-FVA (Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Hessen) liegen. Differenziert wurde jeweils, soweit möglich, in Bestände mit langfristigem und kurzfristigem Befall.

Phänologische Kenntnisse über den EPS wurden ermittelt, indem der Raupenschlupf witterungsabhängig mit Prognosemodellen geschätzt und mit Hilfe von Fotodokumentationen validiert wurde. Larven wurden in einem definierten Intervall gesammelt und das jeweilige Entwicklungsstadium bestimmt. Der Zeitraum des Falterfluges wurde mit Hilfe von Pheromonfallen bestimmt.

Um Schwankungen innerhalb der Population in den Untersuchungsbeständen während des Beobachtungszeitraumes feststellen zu können, wurde mit Hilfe in der Praxis üblicher Monitoringverfahren (Fraßkartierung, Nesterzählung, Falterflugüberwachung mit Pheromonfallen und Eigelegezählung) die Populationsdynamik und der zu erwartende Befalls- bzw. Fraßdruck erfasst bzw. ggf. geschätzt. Vorhandene Verfahren der NW-FVA wurden teilweise modifiziert.

Für die Bestimmung des Parasitierungsgrades und –spektrums wurden in den Untersuchungsbeständen Proben der Entwicklungsstadien Ei, Larve, Puppe und Falter genommen. Mögliche Prädatoren wurden mit Hilfe von Kreuzfensterfallen und Kameras erfasst sowie eine Literaturrecherche durchgeführt.

## English

Within the framework of the joint project 'Model-based risk assessment of the oak processionary moth (OPM) under conditions of climate change' (ModEPSKlim), an online early warning system was developed for regional assessment of current development stages (phenology) and population densities of the oak processionary moth (*Thaumetopoea processionea* L.), and the resulting dangers to forest and human health. Current and future health hazards of venomous caterpillar hair and defoliation extent should become predictable by linking phenological and population dynamics data of OPM development with distribution data of the venomous hair in the atmosphere, depending on distance, weather conditions and meteorological forecasts. Application of the envisaged model, which, on principle, would be possible on all OPM infested areas, should enable a timely and effective implementation of preventive and regulatory measures aimed at protecting plant and human health.

The sub-project (TP2A), in the context of the joint project 'Model-based risk assessment of the oak processionary moth under conditions of climate change' (ModEPSKlim) centred on the theme complex 'Acquisition of important phenological data and corresponding population densities of the oak processionary moth (*Thaumetopoea processionea* L.), as well as a study of the influence of their natural antagonists under differing climatic conditions in various regions of Germany.'

The sub-project included following objectives:

- Investigation of the influence of natural antagonists on oak processionary population density under differing climatic conditions in selected regions of the federal states of Baden-Wuerttemberg, Lower Saxony, Saxony-Anhalt and Brandenburg.
- Determination of the rate and range of parasitation of the development stages of egg, caterpillar, pupa and butterfly of the oak processionary.
- Analysis of publications on the role of predators on the population dynamics of the oak processionary.
- obtention of phenological data regarding OPM development stages of egg, caterpillar, pupa and moth, as well as of its population dynamics on experimental sites.
- Analysis of the relationship between weather data, phenology and population dynamics of OPM in selected regions.

Between 2016 and 2019 nine oak stands situated in the federal states of Brandenburg (2 stands), Baden-Wuerttemberg (2), Hesse (1), Lower Saxony (2) and Saxony-Anhalt (2) were investigated. The investigation centred on plots in the constituting states of the NW-FVA (Northwestern German Forestry Research Institute). These are Lower Saxony, Saxony-Anhalt and Hesse. As far as was possible, the investigation differentiated between plots with long-term and short-term infestation.

Phenological knowledge about OPM was acquired by estimating when the caterpillars would start to emerge, using a weather-based forecast model validated by photographic documentation. Larvae were collected at pre-determined times and their development stage checked. Pheromone trapping was used to record the period of the moth flight.

To detect whether fluctuations within the population occurred in the examined plots and during the observation period, the population dynamics and the expected infestation and defoliation were recorded or estimated using usual monitoring procedures (defoliation documentation, nest counting, flight monitoring using pheromone traps and egg count). Standard procedures used by the NW-FVA were partially modified.

In order to determine the degree and range of parasitism, samples of the various development stages of egg, larva, pupa and moth were taken. Potential predators were caught in cross-vanes traps and on camera. In addition, literature research was carried out.

## **2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA) führt regelmäßig Drittmittelprojekte durch und verfügt über alle personellen, technischen und wissenschaftlichen Voraussetzungen für die erfolgreiche Bearbeitung und verwaltungstechnische Abwicklung dieses umfangreichen und komplexen Projektes.

Für die Bearbeitung der Projektaufgaben wurde während der Laufzeit des Vorhabens eine Projektstelle eingerichtet, um dem hohen Arbeitsumfang gerecht zu werden. Für den Mitarbeiter wurde an der NW-FVA die notwendige Infrastruktur (Arbeitsplatz, Computer, Telefon) bereitgestellt. Weiterhin konnte der Mitarbeiter uneingeschränkt auf die umfangreichen Datengrundlagen der NW-FVA zugreifen.

## **3. Planung und Ablauf des Vorhabens**

Mit Zuwendungsbescheid vom 30.03.2016 wurde eine Projektlaufzeit vom 01.03.2016 bis 30.04.2019 bewilligt. Dem vorzeitigen Beginn wurde mit Schreiben vom 29.02.2016 zugestimmt. Es folgten nachstehend aufgeführte Änderungs- bzw. Aufstockungsbescheide:

- Änderungsbescheid vom 01.12.2016
- Änderungsbescheid vom 03.01.2018
- Aufstockungsbescheid vom 26.07.2019: Verlängerung bis 30.04.2020
- Aufstockungsbescheid vom 29.04.2020: Verlängerung bis 15.09.2020

Nachfolgend werden die Planung und der Projektablauf dargestellt (Tabelle A).



## **4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde**

### **4.1 Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden**

Es wurden innerhalb des Projektes keine schutzwürdigen Verfahren eingesetzt.

### **4.2 Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste**

Meteorologische Datensätze wie das vieljährige Mittel des Jahresniederschlages und die Tagesmitteltemperatur der jeweiligen Untersuchungsstandorte wurden vom Deutschen Wetterdienst (DWD) bezogen. Zusätzlich wurden Klimadaten von der Onlineplattform: [www.kachelmannwetter.com](http://www.kachelmannwetter.com) genutzt.

Für die Literaturrecherche wurden die Dienste der Georg-August-Universität Göttingen sowie das Internet ("Google Scholar") verwendet. Weitere Informationsquellen waren besuchte Konferenzen und Symposien sowie der Austausch mit anderen Fachwissenschaftlern. Der Umfang der verwendeten Fachliteratur spiegelt sich im ausführlichen Literaturverzeichnis des Schlussberichtes wieder.

## **5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Die NW-FVA war Projektpartner des Verbundvorhabens „Modellgestützte Gefährdungsabschätzung des Eichenprozessionsspinners im Klimawandel (ModEPSKlim)“. Im Projekt wurde eine intensive Zusammenarbeit und Vernetzung mit den folgenden Verbundpartnern gepflegt:

- Projektpartner 1: Forstliche Versuchs und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) in Freiburg (TP1)
- Projektpartner 3: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) (TP1)
- Projektpartner 4: Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) (TP1)
- Projektpartner 5: Julius Kühn-Institut Darmstadt (JKI) (TP2B)
- Projektpartner 6: Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) (Werkvertrag)

Diese Zusammenarbeit hatte bereits mit der Projektplanung begonnen und wurde während der gesamten Projektlaufzeit fortgesetzt. Regelmäßig stattfindende Projekttreffen ermöglichten zudem die Abstimmung der Arbeiten und die Festlegung und aktuelle Anpassung der Arbeitsplanung.

Zwischen den genannten Institutionen besteht bereits eine langjährige Zusammenarbeit sowohl bilateral als auch im Rahmen von fachbezogenen Arbeitsgruppen (z.B. AG Mäuse im Forst, AG Waldschutzverfahren). Die Zusammenarbeit im Verbundvorhaben wurde in einer Kooperationsvereinbarung geregelt.

## II Eingehende Darstellung

### Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Gesamtkoordination des Verbundprojektes .....</b>	<b>11</b>
1.1	Allgemeine Koordinationsaufgaben.....	11
1.2	Öffentlichkeitswirksame Auftritte .....	11
<b>2.</b>	<b>Problemstellung und Ziele .....</b>	<b>12</b>
<b>3.</b>	<b>Methoden.....</b>	<b>14</b>
3.1.	Versuchsflächen .....	14
3.2.	Versuchsdesign auf den Flächen .....	19
3.3.	Erfassung von Witterungsinformationen während des Untersuchungszeitraumes .....	20
3.4.	Probengenerierung zur Erfassung der Parasitoide der unterschiedlichen Entwicklungsstadien des EPS.....	21
3.4.1.	Eier .....	21
3.4.2.	Raupen .....	22
3.4.3.	Puppen .....	23
3.4.4.	Falter.....	23
3.4.5.	Prädatoren .....	23
3.5.	Erfassung der Phänologie und Populationsdynamik des EPS.....	24
3.5.1.	Eigelegemonitoring .....	24
3.5.2.	Ermittlung der unterschiedlichen Raupenstadien des EPS.....	26
3.5.3.	Nesterzählung.....	27
3.5.4.	Pheromonfallenfänge .....	27
3.5.5.	Fraßkartierung .....	28
3.6.	Statistik .....	28
<b>4.</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>30</b>
4.1.	Phänologie.....	30
4.1.1.	Schlupftermine der EPS-Raupen .....	30
4.1.2.	Entwicklung der EPS-Raupen .....	33
4.1.3.	Verpuppung und Falterschlupf .....	34
4.2.	Parasitoide der unterschiedlichen Entwicklungsstadien des EPS.....	37
4.2.1.	Eistadium .....	39

4.2.1.1.	<i>Arteninventar der Eiparasitoide</i> .....	40
4.2.1.2.	<i>Parasitierungsraten der EPS-Eier</i> .....	41
4.2.2.	Raupenstadium.....	41
4.2.2.1.	<i>Arteninventar der Raupenparasitoide</i> .....	41
4.2.2.2.	<i>Parasitierungsraten der EPS-Raupen</i> .....	42
4.2.3.	Puppen .....	43
4.2.3.1.	<i>Arteninventar der Puppenparasitoide</i> .....	44
4.2.3.2.	<i>Parasitierungsraten der EPS-Puppen</i> .....	45
4.3.	Untersuchung der EPS Prädatoren.....	48
4.3.1.	Fang der EPS-Prädatoren mit Hilfe von Kreuzfensterfallen.....	48
4.3.2.	Literaturstudie und Ergebnisse der Ermittlung der Prädatoren mit Hilfe von Kreuzfensterfallen auf den Untersuchungsflächen.....	52
4.3.2.1.	<i>Coleoptera (Käfer)</i> .....	53
4.3.2.2.	<i>Heteroptera (Wanzen)</i> .....	53
4.3.2.3.	<i>Asilidae (Raubfliegen)</i> .....	55
4.3.2.4.	<i>Aves (Vögel)</i> .....	55
4.3.2.5.	<i>Mammalia (Säugetiere)</i> .....	55
4.4.	Populationsdynamik des EPS auf den Untersuchungsflächen .....	56
4.4.1.	Fraßkartierung .....	56
4.4.2.	Nesterzählung.....	58
4.4.3.	Pheromonfallen.....	64
4.4.4.	Eigelegemonitoring .....	68
4.5.	Witterungsverhältnisse auf den Untersuchungsstandorten .....	71
<b>5.</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>75</b>
5.1.	Phänologie.....	75
5.2.	Populationsdynamik.....	76
5.3.	Natürliche Gegenspieler des Eichenprozessionsspinners.....	82
5.3.1.	Parasitoide.....	82
5.3.2.	Prädatoren .....	85
<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerung</b> .....	<b>89</b>
<b>7.</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>95</b>
<b>8.</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>103</b>

# 1. Gesamtkoordination des Verbundprojektes

## 1.1 Allgemeine Koordinationsaufgaben

Die Gesamtkoordination erfolgte durch die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) Baden-Württemberg. Sie sicherte ein größtmögliches Maß an Gemeinsamkeit bei den Vorgehensweisen und der Datenstruktur sowie die Einhaltung von Abgabeterminen, Besprechungen und sonstigen Vereinbarungen über das gesamte Verbundprojekt. Der Gesamtkoordinator hatte auch die wissenschaftliche Leitungsfunktion der Projektangestellten im Projekt „ModEPSKlim“ an der FVA. Darüber hinaus wurden diesem Bereich sämtliche administrative Tätigkeiten (Einzelberichte, Abschlussberichte, Organisation und Durchführung der Projekttreffen und Workshops) sowie die Pflege und Weiterentwicklung der Datenbank und Internetpräsenz des Projektes zugeordnet. Während der Projektlaufzeit wurden zahlreiche Projekttreffen sowie Beiträge (Vorträge, Poster etc.) auf Tagungen und Workshops organisiert.

## 1.2 Öffentlichkeitswirksame Auftritte

Während der gesamten Laufzeit des Verbundprojektes kam dem Wissenstransfer in die breite Öffentlichkeit sowie die Forstpraxis ein hoher Stellenwert zu. Zum Zwecke der allgemeinen Öffentlichkeitsarbeit wurden Projektergebnisse des Teilprojekts auf Fachtagungen präsentiert und die Ergebnisse in Informationen für Forstpraktiker verarbeitet (Tabelle 1).

Tabelle 1: Publikationen und Öffentlichkeitsarbeit im Teilprojekt TP2A während Projektlaufzeit 2016 bis 2020.

	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Wissenschaftliche Veröffentlichungen</b>					
<b>Zeitungs-, Fernseh- u. Radiobeiträge</b>					
<b>Vorträge/Poster auf Fachtagungen</b>		5	2	1	
<b>Vorträge/Informationen für Forstpraktiker</b>		1	1		1

## 2. Problemstellung und Ziele

Im Rahmen des Verbundprojekts „ModEPSKlim“ sollte ein Online-Frühwarnsystem zur regional differenzierten Einschätzung der aktuellen Entwicklungsbedingungen (Phänologie) und Populationsdichten des Eichenprozessionsspinner (EPS) sowie der daraus resultierenden Gefahren für den Wald und die menschliche Gesundheit entwickelt werden. Durch die Verknüpfung phänologischer und populationsdynamischer Grundlagen der EPS-Entwicklung mit der Ausbreitung der Gifthaare in der Luft in Abhängigkeit von räumlicher Entfernung, Witterung und Wetterprognose wird das gegenwärtige und zukünftige Risiko von Gifthaarbelastungen und Fraßschäden der Raupen abschätzbar. Die Nutzung des Modells, welches prinzipiell eine Anwendbarkeit im gesamten Verbreitungsgebiet des EPS vorsieht, ermöglicht und erleichtert somit eine zeitgerechte und effektive Durchführung präventiver und regulierender Maßnahmen im Hinblick auf Pflanzen-, sowie Gesundheitsschutz des Menschen.

Das Teilprojekt (TP2A) bearbeitet den Themenkomplex: „Erhebung wichtiger phänologischer Daten und korrespondierender Populationsdichten des Eichenprozessionsspinner sowie Untersuchung des Einflusses seiner natürlichen Gegenspieler unter unterschiedlichen klimatischen Bedingungen in verschiedenen Regionen Deutschlands“.

Das Teilvorhaben beinhaltet die folgenden Ziele:

- Untersuchung des Einflusses natürlicher Gegenspieler auf die Populationsdichte des EPS unter unterschiedlichen klimatischen Bedingungen in ausgewählten Regionen der Bundesländer Baden-Württemberg, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg
- Ermittlung der Parasitierungsraten und -spektren der Entwicklungsstadien Ei, Raupe bzw. Puppe des EPS auf den Untersuchungsflächen
- Literaturanalyse zur Rolle der Prädatoren in der Populationsdynamik des EPS
- Ermittlung phänologischer Daten der Entwicklungsstadien Ei, Raupe, Puppe und Falter sowie Populationsdynamik des EPS auf den Untersuchungsflächen
- Analyse des Zusammenhangs zwischen Witterungsdaten, Phänologie und Verlauf der Populationsdynamik des EPS in den ausgewählten Regionen

Die gewonnenen Erkenntnisse sollen Wissenslücken über regionale Unterschiede der Populationsdynamik und der Phänologie des EPS sowie die Einflüsse seiner natürlichen Gegenspieler schließen.

Vor allem über die Wechselwirkung von Parasiten/Parasitoiden und Prädatoren auf die Populationsdynamik des Eichenprozessionsspinner (EPS) war noch nicht viel bekannt (ROQUES 2015). Parasitoide des EPS scheinen allerdings insbesondere in der Latenz- und Progradationsphase eine wichtige regulative Wirkung zu haben. Es gab insgesamt nur wenige Informationen zum Grad der Parasitierung. Teilweise wird von Parasitierungsgraden von ca. 20-30% ausgegangen (HEINZE 1994, STIGTER et al. 1997, BOGENSCHÜTZ et al. 1988, TSCHORSNIG 1996). Die Untersuchung der Parasitierung ist allerdings mit großem Aufwand verbunden, da verschiedene Parasitoide unterschiedliche Entwicklungsstadien befallen (MAKSYMOW 1978). Übersichten der bisher festgestellten parasitoiden Arten bei der Gattung *Thaumetopoea* finden sich in MIRCHEV & TSANKOV (2005), BRÄSICKE (2013), SOB CZYK (2014) oder ROQUES (2015). Die Angaben sind allerdings meist nur qualitativer Natur. Betrachtet man bisherige Untersuchungen zur Parasitierung der verschiedenen Entwicklungsstadien des

EPS, wurden diesbezüglich Eigelege am häufigsten untersucht (PLUGARU 1968, STRATAN 1971, TIBERI & BIN 1988, TIBERI et al. 1991, MIRCHEV et al. 2003, WAGENHOFF & VEIT 2011, NOYES 2019). Bislang wurden dabei europaweit wenige Arten der Familie Encyrtidae (Hymenoptera), Eulophidae (Hym.), Trichogrammidae (Hym.) und Pteromalidae (Hym.) festgestellt. Dem Parasitierungsgrad der Raupen und Puppen des EPS wurde hingegen bislang weniger Beachtung geschenkt (BIN & TIBERI 1983, ZEEGERS 1997, ZWAKHALS 2005). Zusammenfassende Arbeiten wie MIRCHEV & TSANKOV (2005) differenzieren häufig nicht zwischen Raupen- und Puppenparasiten. Wann und in welchem Umfang eine Parasitierung dieser Stadien stattfindet und welche Auswirkung die Parasitierung auf die Gesamtpopulation des EPS hat, ist insgesamt wenig bis kaum erforscht.

Neben der Untersuchung parasitär lebenden Gegenspielern wurden auch Prädatoren in den Kontext des Projektes gebracht; dies geschah im Zuge einer intensiven Literaturrecherche und mit Hilfe von Fotodokumentationen auf den Flächen. Es ist eine Vielzahl natürlicher Prädatoren bekannt, zu denen vor allem Vögel, räuberische Käfer oder Raubwanzen gehören (BRÄSICKE 2013).

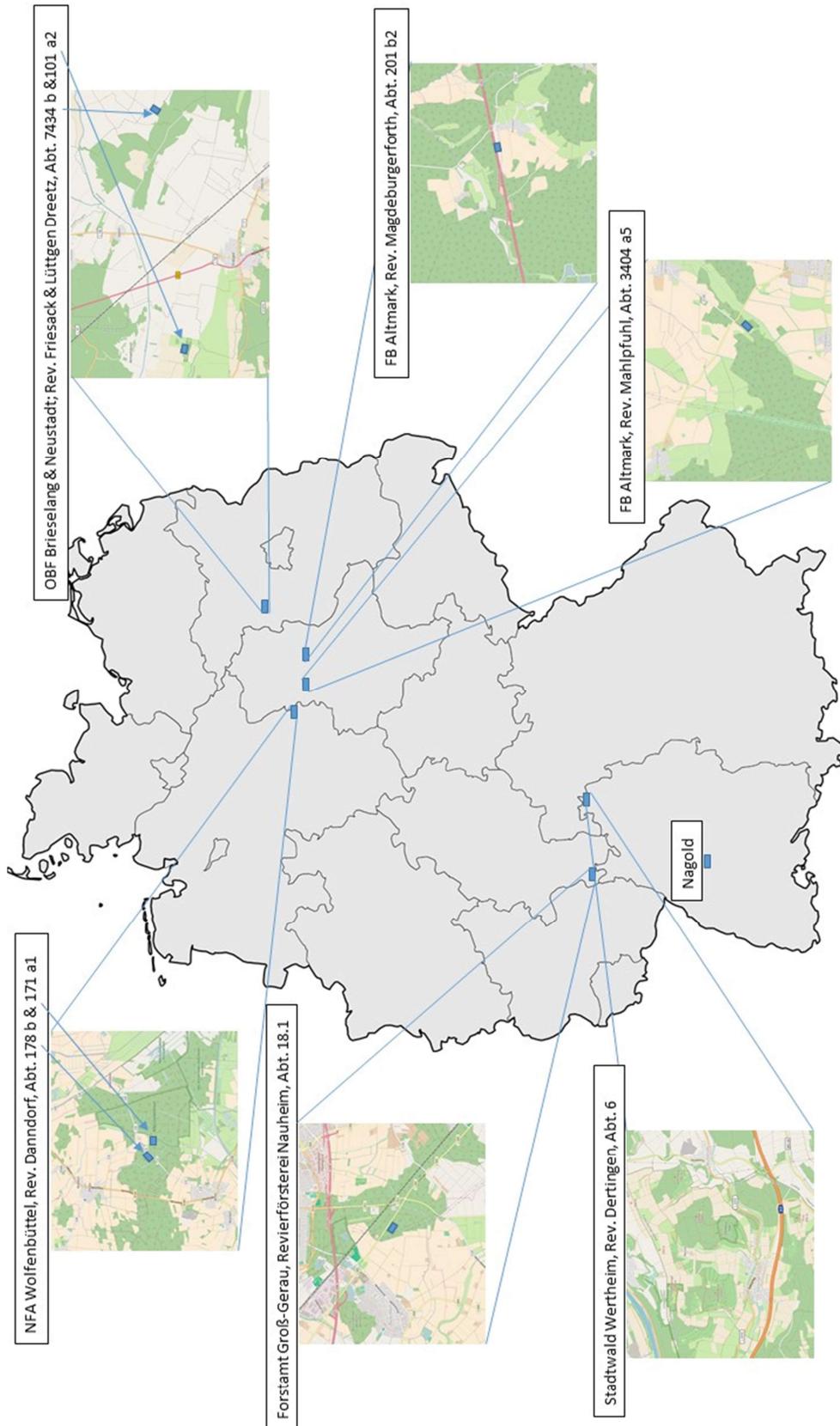
## 3. Methoden

### 3.1. Versuchsflächen

Ziel bei der Auswahl der Bestände war es, möglichst viele geografische Räume in Nord-, Süd-, Ost- und Westdeutschland in die Untersuchung mit einzubeziehen, so dass die Unterschiede zwischen diesen Räumen untersucht werden konnten. Ein wichtiges Kriterium war die Befallsdauer durch den EPS (Stand: 2016). Es wurde unterschieden zwischen „kurzfristigem“ (Befall seit weniger als 5 Jahren) sowie „langfristigem“ Befall (Befallsdauer: 5 Jahre und mehr). Einen Überblick über die Untersuchungsflächen und ihre geografische Lage bieten Tabelle 2 und Abbildung 1. Insgesamt wurden neun Untersuchungsbestände ausgewählt. Im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA waren es in den Bundesländern Niedersachsen und Sachsen-Anhalt jeweils zwei, in Hessen ein Untersuchungsbestand. Jeweils zwei Bestände befanden sich in Brandenburg und in Baden-Württemberg. In Nagold (Baden-Württemberg) wurden nur Proben entnommen. Es handelt sich hierbei nicht um einen bewirtschafteten Waldbestand, sondern um Einzelbäume auf einem Sportplatz.

**Tabelle 2:** Übersicht der Standorte der untersuchten Eichenbestände

ID	Bundesland	Forstamt/ Forstbetrieb/ Oberför- sterei	Revier	Abt./Uab t./Tfl.	Befalls dauer (Stand 2016)	Wuchsgebiet	Wuchsbezirk
1	Niedersachsen	Wolfenbüttel	Danndorf	178 b	≥ 5 Jahre	Süd-Ostniedersäch- sisches Tiefland	Ost-Heide
2	Niedersachsen	Wolfenbüttel	Danndorf	171 a <sub>1</sub>	< 5 Jahre	Süd-Ostniedersäch- sisches Tiefland	Ost-Heide
3	Sachsen-Anhalt	Altmark	Mahlpfuhl	3404 a <sub>5</sub>	< 5 Jahre	Mittleres Nordostdeutsches Altmoränenland	Elbe- Tangerwinkel- Niederung
4	Sachsen-Anhalt	Altmark	Magdebur- gerforth	201 b <sub>2</sub>	≥ 5 Jahre	Mittleres Nordostdeutsches Altmoränenland	Möckern- Ziesarsche Platte
5	Hessen	Groß Gerau	Nauheim	18.1	≥ 5 Jahre	Rhein-Main-Ebene	Hessische Rheinniederung
6	Brandenburg	Neustadt	Lüttgen Dreetz	101 a <sub>2</sub>	< 5 Jahre	Mittelbrandenburger Talsand- und Moränenland	Havelländisches Luch
7	Brandenburg	Brieselang	Friesack	7434 b	≥ 5 Jahre	Mittelbrandenburger Talsand- und Moränenland	Havelländisches Luch
8	Baden- Württemberg	Stadtwald Wertheim	Dertingen	6	≥ 5 Jahre	Fränkische Platte	Südliche Fränkische Platte
9	Baden- Württemberg	„Nagold“	/	/	< 5 Jahre	Neckarland	Oberes Gäu und Heckengäu



**Abbildung 1:** geographische Lage der Untersuchungsgebiete (Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Hessen, Baden-Württemberg und Brandenburg); Karte abgewandelt (David Liuzzo, [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Karte\\_Deutschland.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Karte_Deutschland.svg))

Die ausgewählten Bestände in Niedersachsen (NFA Wolfenbüttel, Revier Danndorf) sind dem Wuchsgebiet Ostniedersächsisches Tiefland bzw Wuchsbezirk „Ost-Heide“ (OH) zuzuordnen. Die Flächen gehören zum Landschaftsschutzgebiet „Drömling“ (LSG HE 00017) und zum Wasserschutzgebiet „Rühen“ (03151402102. Die Abt. 171 a1 besitzt zusätzlich den Status eines FFH- (92), Vogelschutz-(V46) und Waldschutzgebietes (7223).

Die Untersuchungsbestände in Sachsen-Anhalt im Forstbetrieb Altmark liegen im Wuchsgebiet „Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland“. Das Revier Mahlpfuhl fällt in den Wuchsbezirk „Elbe-Tangerwinkel-Niederung“. Der Untersuchungsbestand ist Teil des Naturschutzgebietes „Mahlpfuhler Fenn“ sowie des Landschaftsschutzgebietes „Uchte – Tangerquellen und Waldgebiete nördlich Uchtspringe“. Das Revier Magdeburgerforth liegt im Wuchsbezirk „Möckern-Ziesarsche Platte“, die Untersuchungsfläche befindet sich im Landschaftsschutzgebiet „Möckern-Magdeburgerforth“.

Der Untersuchungsbestand im FA Groß Gerau, Revier Nauheim in Hessen befindet sich im Wuchsgebiet „Rhein-Main-Ebene“ bzw. im Wuchsbezirk „Hessische Rheinniederung“. Die Fläche ist als wirtschaftsbeeinflussendes Wasserschutzgebiet ausgewiesen.

Die Bestände in Brandenburg (OBF Brieselang, Revier Zotzen und OBF Neustadt, Revier Lüttgen Dreetz) sind dem Wuchsgebiet „Mittelbrandenburger Talsand- und Moränenland“ bzw. dem Wuchsbezirk „Havelländisches Luch“ zuzuordnen. Die Untersuchungsbestände sind Teil des NSG „Prämer Berge“.

Der Untersuchungsbestand in Baden-Württemberg (Stadtwald Wertheim, Dertingen) liegt im Wuchsgebiet „Fränkische Platte“ bzw. dem Wuchsbezirk „Südliche Fränkische Platte“. Er gehört zum FFH-Gebiet „Unteres Taubertal“.

Die Untersuchungsbestände in Nagold ist dem Wuchsgebiet „Neckarland“ und dem Wuchsbezirk „Oberes Gäu und Heckengäu“ zuzuordnen.

Eine Übersicht über die Tagesmitteltemperaturen sowie die Jahresniederschläge benachbarter DWD-Wetterstationen ist Tabelle 3 dargestellt. Die Untersuchungsbestände befinden sich überwiegend in der planaren Höhenstufe. Nur der Stadtwald Wertheim ist der kollinen Stufe zuzuordnen, was sich in den höheren Jahresniederschlägen (760 mm) widerspiegelt. Der Bereich Groß Gerau ist gekennzeichnet durch schwach subkontinentale Klimaprägung mit hohen Jahresdurchschnittstemperaturen (10,8 °C) und vergleichsweise geringen Jahresniederschlägen. Die mit 515 mm sehr geringen Jahresniederschläge kennzeichnen die subkontinental geprägten Untersuchungsflächen im Westhavelland in Brandenburg. Im Übergangsbereich zwischen subkontinentaler Elbniederung und dem subatlantischen Klima der niedersächsischen Heiden befinden sich die Flächen in der Altmark. Auch hier sind vergleichsweise geringe Jahresniederschläge (unter 600 mm) zu verzeichnen. Die Jahresniederschläge in Danndorf im Süd-Ostniedersächsischen Tiefland sind mit 672 mm höher als in den kontinentaler geprägten Regionen in Sachsen-Anhalt und Brandenburg und zeigen gegenüber den westlicher gelegenen Regionen Niedersachsens im Lee der Hohen Heide eine abnehmende Atlantizität.

**Tabelle 3:** Übersicht der herangezogenen Wetterstationen (DWD)

Bundesland	Forstamt/Forstbetrieb/Oberförsterei, Revier, Abt./Uabt./Tfl.	Wetterstation (DWD) inkl. Stationskey und Höhe ü. NN	Vieljährige Mittelwerte der Tagesmitteltemperatur (1981-2010) in °C	Vieljährige Mittelwerte der Jahresniederschläge (1981-2010) in mm
Niedersachsen	Wolfenbüttel, Danndorf, 171 a <sub>1</sub>	7432 Wittingen-Vorhop KL 72m ü. NN	9,2	672
Niedersachsen	Wolfenbüttel, Danndorf, 178 b	7432 Wittingen-Vorhop KL 72m ü. NN	9,2	672
Sachsen-Anhalt	Altmark, Mahlpfuhl, 3404 a <sub>5</sub>	6273 Demker KL 36m ü. NN	9,5	533
Sachsen-Anhalt	Altmark, Magdeburgerforst, 201 b <sub>2</sub>	1052 Drewitz bei Burg KL 80m ü. NN	9,3	584
Hessen	Groß Gerau, Nauheim, 18.1	1420 Frankfurt/Main KL 100m ü. NN	10,8	629
Brandenburg	Neustadt, Lüttgen Dreetz. 101 a <sub>2</sub>	5825 Berge KL 40m ü. NN	9,5	515
Brandenburg	Brieselang, Friesack, 7434 b	5825 Berge KL 40m ü. NN	9,5	515
Baden-Württemberg	Stadtwald Wertheim, Dertingen	7187 Freudenberg/ Main-Boxtal KL 1 193m ü. NN	9,4	760
Baden-Württemberg	Sportplatz Nagold	3432 Nagold 380 m ü. NN	-	840

In Tabelle 4 sind die Bestandesinformationen aus der Forsteinrichtung und die Standortbeschreibungen (Standortschlüsselziffer der jeweiligen Bundesländer) der einzelnen Untersuchungsflächen dargestellt, im Folgenden sind die Untersuchungsbestände kurz beschrieben:

**NFA Wolfenbüttel, Revier Danndorf, Abt. 171a<sub>1</sub>** (Quelle: NFP (2011); NFP u. LLUR (2009))  
Der Hauptbestand besteht aus 120-jähriger Stieleiche aus Pflanzung. Im Unterstand finden sich Buche (48 Jahre) gemischt mit Esche (50 Jahre) aus Naturverjüngung. Standörtlich handelt es sich um etwa 20 bis 70 cm mächtige, stark anlehmgige bis verlehnte Geschiebesande über Geschiebelehmen mit gut mesotropher Nährstoffversorgung. Der Standort ist stärker wechselfeucht bis staufeucht mit flach bis mäßig tiefsitzender Staunässe

und mäßig ausgeprägtem Wechsel zwischen Vernässung und Abtrocknung des Oberbodens und deutlichem Grundwassereinfluss im Unterboden.

**NFA Wolfenbüttel, Revier Danndorf, Abt. 178b** (NFP (2011); NFP u. LLUR (2009))

Es handelt sich um 130jährige Stieleiche aus Pflanzung (80 % der Fläche), daneben ist auch 152jährige Eiche vertreten. Im Unterstand ist flächig 29-jährige Hainbuche und Eberesche aus Naturverjüngung zu finden, im Westen des Bestandes außerdem 80jährige Hainbuche. Standortlich handelt es sich um Geschiebemergel in wurzelerreichbarer Tiefe unter mächtigeren Geschiebelehmern mit eutropher Nährstoffversorgung. Der Standort ist stärker wechselfeucht bis staufeucht mit flach bis mäßig tiefsitzender Staunässe und mäßig ausgeprägtem Wechsel zwischen Vernässung und Abtrocknung des Oberbodens sowie deutlichem Grundwassereinfluss im Unterboden. Im Süden der Unterabteilung findet sich ein schmales Band eines über 70 cm mächtigen, überwiegend stark anlehmigen bis verlehnten Geschiebesandes über unverlehnten Sanden mit schwach mesotropher Nährstoffversorgung. Der Standort ist hier stark Grundwasser beeinflusst.

**FA Groß-Gerau, Revier Nauheim, Abt. 18.1**

Diese Versuchsfläche bildet ein 28jähriger Stieleichenreinbestand. Der mittel- bis tiefgründige schluffige Sand über sandigem Ton ist als mäßig frisch und schwach eutroph charakterisiert.

**FB Altmark, Revier Mahlpfuhl, Abt. 3404 a<sub>5</sub>** (LFB, Mitteilung Forstbetrieb Altmark 2018)

Der Hauptbestand ist ein einschichtiger Eichenmischbestand mit sonstigen Laub- und/oder Nadelbaumarten. Das Alter der vorherrschenden Stieleiche (Oberstand) liegt aktuell bei 148 Jahren. Stamm- bis horstweise kommen zusätzlich Roterle (147 Jahre) und Gemeine Esche (147 Jahre) vor. Die Wasserhaushaltsstufe ist als mittel-staunass eingestuft, die Trophie meso-eutroph.

**FB Altmark, Revier Magdeburgerforth, Abt. 201 b<sub>2</sub>** (LFB, Mitteilung Forstbetrieb Altmark 2018)

Der einschichtige Stieleichen-Reinbestand aus Pflanzung ist 34 Jahre alt. Es handelt sich um einen frischen, mäßig nährstoffversorgten Standort.

**OBF Brieselang, Revier Friesack, Abt. 7434** (DSW2-Standardauswertung, V1.13(c) 2011.17 LFB / FB14)

Der Eichenreinbestand ist 120 Jahre alt. Die Wasserhaushaltsstufe ist als mäßig frisch charakterisiert, die Trophie meso-eutroph.

**OBF Neustadt, Revier Lüttgen Dreetz, Abt. 101a<sub>2</sub>** (DSW2-Standardauswertung, V1.13(c) 2011.17 LFB / FB14)

Der Stieleichenreinbestand ist 90 Jahre alt. Es handelt sich um einen frischen, oligotrophen Standort.

**Forstamt Wertheim, Revier Dertingen, Abt. 6** (ForstBW)

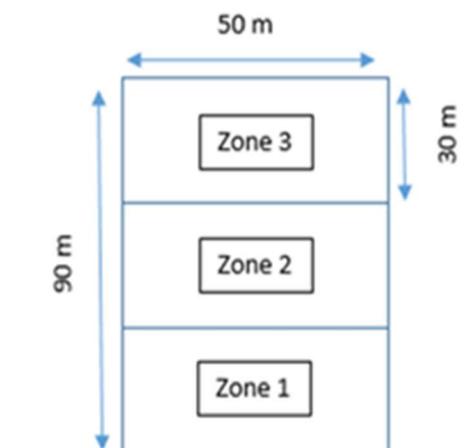
Es handelt sich um einen 68-jährigen Stieleichenmischbestand mit Hainbuche und Feldahorn unterschiedlichen Alters aus Natur

Bundesland	Forstamt	Revier	Abteilung	Hauptbaumart	Alter (Jahre)	Mischungs- anteil	Fläche (ha)	Standortkartierungs- schlüsselziffer
Niedersachsen	Wolfenbüttel	Dannorf	171 a <sub>1</sub>	Stieleiche	120	100%	11,6	38.4.4.3g
Niedersachsen	Wolfenbüttel	Dannorf	178 b	Stieleiche	130/152	80 % / 20 %	18,3	33.3.3.3O
Sachsen-Anhalt	Altmark	Mahlpfehl	3404 a <sub>5</sub>	Stieleiche	148	56%	4,1	NaSG45 NK 2
Sachsen-Anhalt	Altmark	Magdeburgerforth	201 b <sub>2</sub>	Stieleiche	34	100%	1,1	NeS66 TM2
Hessen	Groß-Gerau	Nauheim	18.1	Stieleiche	28	62%	4,7	1 1 3 1-
Brandenburg	Brieselang	Friesack	7434	Stieleiche	120	100%	0,34	K1(2)
Brandenburg	Neustadt	Lüttgen Dreetz	101 a <sub>2</sub>	Stieleiche	90	100%		A2(3)
Baden- Württemberg	Wertheim	Dertingen	6	Traubeneiche	68	60%	5,3	128,27,1,6,e,7,

**Tabelle 4:** Bestandesdaten (Forsteinrichtung) und Standorteigenschaften (Standortkartierungsschlüsselziffern der jeweiligen Bundesländer) der Untersuchungsflächen

## 3.2. Versuchsdesign auf den Flächen

In den Beständen wurde eine 90 m x 50 m große Untersuchungsfläche beginnend vom Bestandesrand in Richtung Bestandesinnere festgelegt. Diese wurde in drei Zonen mit jeweils einer Größe von 30 m x 50 m eingeteilt (vgl. Abbildung 2). Zone 1 repräsentierte den Bestandesrand und wies somit vor allem eine stärkere Sonnenexposition auf. Ebenso waren im Randbereich vermehrt Bäume niedrigerer Kraft'schen Klassen zu finden. Zone 2 bildete eine Übergangszone vom Bestandesrand zum Bestandesinneren. Hier spielten sowohl Randeffekte wie auch Effekte des Bestandesinneren eine Rolle. Zone 3 befand sich im Bestandesinneren. Die Eckpunkte jeder Zone wurden mit Farbmarkierungen gekennzeichnet und mittels GPS eingemessen.



**Abbildung 2:** schematische Darstellung der Einrichtung der Untersuchungsbestände

## 3.3. Erfassung von Witterungsinformationen während des Untersuchungszeitraumes

Während des Beobachtungszeitraumes wurden Witterungsinformationen (Temperatur und Luftfeuchte) auf den Untersuchungsflächen erhoben. In den Beständen im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA wurden hierzu Datenlogger des Typs HOBO U23 Pro v2 Temp/RH der Firma Onset verwendet (vgl. Abbildung 3). Die Datenlogger zeichneten kontinuierlich jede Stunde die Werte für Temperatur und relativer Luftfeuchte auf. Die Datenlogger in einem luft-, wind- und niederschlagsdurchlässigen Gehäuse untergebracht („Englische Hütte“). Installiert wurden jeweils zwei Datenlogger innerhalb der Zone 1 bis Zone 3. Sie wurden an einem repräsentativen, befallenen Baum sowohl in 2 m Höhe wie auch in der Lichtkrone aufgehängt. Pro Untersuchungsbestand ergaben sich somit sechs Datenlogger, insgesamt wurden in Flächen in Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt 30 Datenlogger installiert. So konnten mikroklimatische Unterschiede innerhalb der Untersuchungsbestände gut dargestellt werden. Die Datenlogger wurden jeweils zu Beginn der Larvensammlung im Zeitraum von Ende März bis Anfang April und beim Abbau der Pheromonfallen Mitte September ausgelesen.

Konnten keine Messwerte der Datenlogger genutzt werden, wurde auf Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zurückgegriffen. Zusätzlich wurden Klimadaten von der Onlineplattform: [www.kachelmannwetter.com](http://www.kachelmannwetter.com) (Station Tulau-Fahrenhorst) Bezogen.



**Abbildung 3:** verwendeter Datenlogger mit dazugehöriger „Englischer Hütte“

### **3.4. Probengenerierung zur Erfassung der Parasitoide der unterschiedlichen Entwicklungsstadien des EPS**

#### **3.4.1. Eier**

Die Eier des EPS werden in der Lichtkrone an ein- bis zweijährigen Zweigen in Form eines zusammenhängenden Eigeleges abgelegt. Bei der Eiablage wird eine glatte Unterlage bevorzugt (JUDEICH und NITSCHKE 1895). Der Zeitpunkt der Eiablage datiert sich nach dem Schlupf der weiblichen Falter. Die Ablage findet relativ schnell nach erfolgter Kopulation innerhalb der ersten ein bis zwei Nächte statt (JUPE 1953)

Im Frühjahr der Jahre 2017-2019 wurden pro Zone (siehe Kap. 3.2.) fünf Eigelege von einem Baum aus verschiedenen Bereichen der Lichtkrone (zufallsbasiert) gesammelt. Insgesamt ergaben sich somit 15 Eigelege pro Untersuchungsbestand. Die Auswahl der Bäume innerhalb der jeweiligen Zone erfolgte ebenso zufallsbasiert. Im Folgejahr durften nicht dieselbe Bäume beprobt werden. Die Probenahme wurde je nach Witterung Anfang bis Ende Februar auf den Flächen durch die jeweilige vor Ort zuständige forstliche Forschungseinrichtung durchgeführt. Die Entnahme der Eigelege erfolgte mit einer Hubarbeitsbühne. Nach sorgfältiger Begutachtung möglicher Eiablageäste wurden nur die Astabschnitte mit Eigelegen eingesammelt. Diese wurden einzeln verpackt (in eckige Plastikschalen mit Deckel, 250 ml) und anschließend im Kühlraum der NW-FVA bei 5 °C gelagert. Zusätzlich wurden für die fototechnische Dokumentation des Schlupfes der Raupen drei weitere Eigelege pro Untersuchungsbestand gesammelt. Die Installation von Eigelegen an Eichenzweigen in ca. 2 m Höhe diente vor Ort zur Sichtkontrolle des Larvenschlupfes. Diese erfolgte durch beauftragte Unternehmer.

Insgesamt ergab sich in den 9 Untersuchungsbeständen mit jeweils 3 Zonen eine theoretische Gesamtanzahl von 135 Eigelegen pro Jahr. Bei im Mittel 132 Eiern pro Gelege (Mittelwert der bisherigen Untersuchungen der NW-FVA aus der jährlichen Überwachung des EPS) waren theoretisch ca. 17.820 Eiern zu untersuchen.

Um die Schlupf- sowie Parasitierungsrate der Eigelege zu erfassen, wurden diese dem Kühlraum entnommen und unter konstanten Umweltbedingungen (20 °C, Tag-Nacht-Rhythmus, keine zusätzliche Befeuchtung und Belüftung) innerhalb der Verpackungsbecher gehältert. Nach Schlupf der Larven wurde eine weitere Wartezeit von einem Monat eingehalten, um möglichen Parasitoiden den z.T. späteren Schlupf zu ermöglichen.

Anschließend wurde die Anzahl der Eier sowie der geschlüpften Larven gezählt und mögliche Parasitoide in 70 % Ethanol überführt. Zusätzlich wurde auch die Anzahl an verschlossenen Eiern erfasst, diese dann mit einem Skalpell manuell geöffnet. So konnte festgestellt werden, welche Ursache dem Nichtschlupf zu Grunde lag. Die Determination der Parasitoide wurde im Labor durchgeführt.

### 3.4.2. Raupen

Ziel dieser Untersuchungen war es, die Parasitierung der einzelnen Raupenstadien zu erfassen. Die Aufnahme begann nach dem Schlupf der L1-Larven im Zeitraum Ende März bis Anfang April, wobei der genaue Beginn je nach Untersuchungsgebiet durch klimatische Faktoren abwich. Das Sammeln der Raupen erfolgte manuell bis zu einer Höhe von 4 m. In Abhängigkeit von der Befallsstärke wurden in den Untersuchungsbeständen nach Möglichkeit pro Zone 10 (schwacher Befall: Nestdichte < 0,5 Nester/Baum im Vorjahr) bis 30 (starker Befall: Nestdichte > 0,5 Nester/Baum im Vorjahr) Raupen gesammelt. Die Probenahme wurden alle zwei Wochen bis Mitte Juli (ca. 7 Termine) wiederholt. Somit war gewährleistet, dass Proben von allen 5 Raupenstadien (Männchen) bzw. 6 Raupenstadien (Weibchen) vorhanden waren. Von den in den Zonen gesammelten Individuen wurden jeweils fünf bis 15 Raupen in 70 % Alkohol konserviert (Sarstedtröhrchen) und fünf bis 15 lebende Raupen zur weiteren Untersuchung in einem Freilandlabor in Gartow / Wirl in Weithalsdosen aufbewahrt. Die Proben wurden unmittelbar nach Probenahme zur NW-FVA nach Hann. Münden (Alkoholproben) und nach Gartow / Wirl (lebende Raupen) gebracht.

Die Lebendproben wurden nach Inventarisierung in spezielle Abfangelektoren (vgl. Abbildung 4) verbracht.



**Abbildung 4:** Fotoelektor zum gezielten Abfangen von Parasitoiden

Raupen wurden zu jeweils fünf Individuen pro Eklektor zusammengefasst. Untersuchungen anderer Forschungseinrichtungen haben gezeigt, dass bei geringerer Larvendichte im Zuchtgefäß ein schnelles Absterben der Larven begünstigt wird (mündl. Mitteilung Halbig). Zweimal pro Woche (dienstags und freitags) wurden die Eklektoren nach geschlüpften Parasitoiden sowie die Mortalität, der Nahrungs- und Feuchtigkeitsbedarf der Raupen kontrolliert. Die EPS-Raupen wurden bis zum Parasitoidenschlupf beobachtet. Tote Raupen, deren Mortalitätsursache nicht durch Parasitierung und Nahrungsmangel erklärt werden konnte, wurden schnellstmöglich in gekühlten Aufbewahrungsbehältern zur Ursachenanalyse an das JKI Darmstadt verschickt.

Die in Alkohol aufbewahrten Raupen wurden im Labor der NW-FVA nach Parasitoiden untersucht. Hierzu wurden die Raupen erst nach äußeren Veränderungen untersucht, anschließend ventral geöffnet und die ggf. enthaltenen Parasitoiden separiert. Danach wurde die Bestimmung der Parasitoiden durchgeführt. Die Bestimmung erfolgte hier auf Grund der Schwierigkeit der Bestimmung auf Familienniveau. Dieser Teil der Untersuchung diente hauptsächlich der Ermittlung des Parasitierungsgrades (quantitativ), nachrangig, wenn möglich, des Spektrums. Zusätzlich wurden die Kopfkaspelbreiten, Körperlängen sowie Körperbreiten und in Stichproben die Anzahl an behaarten Rückenfeldern gemessen, um die jeweiligen Larven einem Entwicklungsstadium zuzuordnen.

### 3.4.3. Puppen

Pro Zone und Untersuchungsbestand wurde nach Verpuppung des letzten Raupenstadiums jeweils ein Verpuppungsnest in einer Höhe von max. 3 m entnommen. Der genaue Zeitpunkt der Probenahme wurde nach Meldung der Verpuppung durch die zuständigen Revierleiter vom Projektmitarbeiter festgelegt. Vor der Entnahme wurden die Nester noch im Bestand vermessen (Länge, Höhe und Breite in cm). Für die Berechnung des Volumens wurde das Volumen einer Pyramide mit unterschiedlichen Seitenlängen angenommen:

$$V_{Py} = \frac{1}{3} \times G \times h \quad (G = \text{Grundfläche (cm}^2\text{)}, h = \text{Höhe (cm)})$$

Die äußeren Schichten (alte Raupenhäute und Kotreste) wurden für die spätere Aufzucht entfernt. Die gesammelten Verpuppungsnester wurden, separiert pro Zone, in ein atmungsaktives Transportgefäß (2000 ml Weithalsdose mit Pollenschutzgewebe) überführt, beschriftet (Bundesland, Forstamt, Revier, Abteilungsnummer, Zone, Datum) und bis zum Verschicken nach Wirl kühl gelagert (5 °C). Die Verpuppungsnester wurden in Wirl inventarisiert und einzeln in einem selbst entwickelten Fotoeklektor gelagert. Dieser bestand aus einer 2000 ml Rotilabo®-Weithalsdose (PVC braun). Die Weithalsdose wurde mittels zweier mit Polltex® Pollenschutzgitter verschlossener Öffnungen kreuzbelüftet. Auf die Öffnung der Weithalsdose wurde ein im Durchmesser passender Pulvertrichter (80 mm) mit Parafilm fixiert. Der Durchmesser der Trichterabflussöffnung wurde so gewählt, dass Parasitoiden diesen passieren können, nicht aber schlüpfende Falter. Oberhalb des Trichters befand sich eine transparente 200 ml Rotilabo®-Weithalsdose als Fanggefäß. Die Lagerungszeit der Nester ergab sich aus dem Schlupf der Falter und Parasitoiden. Sie betrug im Mittel einen Monat. Nach dem Schlupf wurden die Falter gezählt sowie enthaltene Parasitoiden und weitere Antagonisten zur weiteren Bestimmung in Alkohol überführt.

### 3.4.4. Falter

Zum Fang der Falter wurden handelsübliche Variotrap-Trichterfallen, welche mit einem Pheromonköder und einem Insektizidträger bestückt waren, verwendet. Aufbau der Fallen und das Untersuchungsdesign kann Kapitel 3.5.4 entnommen werden. Alle hier gefangenen Falter wurden dem JKI Darmstadt zur weiteren Untersuchung auf Pathogene zugesandt.

### 3.4.5. Prädatoren

Um Antagonisten während der An- und Ausflugphase an bestehenden Verpuppungsnestern des EPS zu erfassen, wurde in jedem Untersuchungsbestand ein Eklektor nach Rahn (Kreuzfensterfalle) jeweils in der Mitte der drei Zonen installiert. Die verwendeten Eklektoren

besaßen jeweils eine Gesamtprallfläche von 3.013,2 cm<sup>2</sup>. Als Prallflächenmaterial dienten 3 mm starke, schwarze Filmplatten. Der verwendete Trichter besaß einen oberen Durchmesser von 25 cm sowie einen Durchmesser von 2,4 cm im Ablauf. Die mit einer Überlauföffnung versehenen Fangflaschen wurden mit 150 ml („zweifingerbreit“) Fangflüssigkeit versehen und am Trichter der Falle befestigt. Als Fangflüssigkeit kam eine gesättigte, hochkonzentrierte Kochsalzlösung zum Einsatz (300 g Salz auf 1 l warmes Wasser, versetzt mit ein paar Tropfen Spülmittel). Kochsalzlösung besitzt gegenüber anderen Fangflüssigkeiten kaum Lockwirkung auf Invertebraten. Somit konnte ausgeschlossen werden, dass die Falle selektiv wirkt. Das Spülmittel sorgte für eine niedrige Oberflächenspannung und beschleunigte so das Absinken und damit das Abtöten der Insekten.

Installiert wurden die Eklektoren in der Nähe (max. Abstand 50 cm) eines Verpuppungsnestes meist unterhalb eines großen Astes oder einer Astgabel im Bereich des Stammes in maximal 5 m Höhe. Im Jahr 2018 wurde zusätzlich in ausgewählten Beständen Fallen im Kronenraum im Bereich eines Verpuppungsnestes aufgehängt. Dafür wurde ein starkes, witterungsbeständiges Seil über einen Ast geworfen, ein Ende an die Befestigungsöse der Kreuzfensterfalle geknotet und anschließend die Falle soweit hochgezogen, dass sie auf einer Höhe mit dem Nest lag. Das andere Ende des Seiles wurde nun am Untersuchungsbaum verankert. Außerdem

wurden „Kontrollfallen“ jeweils am Stamm und in der Krone an einem Baum ohne EPS-Befall installiert. Diese wurden in ca. 100 m Entfernung zum Untersuchungsbestand installiert. Diese Kontrollfallen dienten jeweils als Referenz, um aufzeigen zu können, welche spezifischen Antagonisten an EPS-Nester gebunden sind.

Die Fallen wurden alle 2 Wochen, zum selben Zeitpunkt wie die Probenahme der EPS-Raupen bzw. Puppen, kontrolliert und der Inhalt in 70 % Alkohol überführt. Dafür wurde dieser durch ein feinmaschiges Sieb gefiltert und die enthaltenen Organismen abgesammelt. Die Probe wurde beschriftet (Land, Forstamt, Revier, Abteilungsnummer, Zone, Fangzeitraum). Danach wurde die Fangflasche wieder mit Fangflüssigkeit versehen und die Kreuzfensterfalle an ihren Ursprungsort installiert. Im Labor wurden die Organismen, wenn möglich, bis auf Artniveau determiniert. Darüber hinaus wurde eine intensive Literaturrecherche über Prädatoren durchgeführt.

### **3.5. Erfassung der Phänologie und Populationsdynamik des EPS**

Um Schwankungen innerhalb der Population in den Untersuchungsbeständen feststellen zu können, wurde mit Hilfe in der Praxis üblichen Monitoringverfahren (Eigelege-, Nesterzählung, Fraßkartierung und Überwachung mit Pheromonfallen) die Populationsdynamik bzw. der zu erwartende Befallsdruck in den untersuchten Waldbeständen erfasst. Vorhandene Verfahren der NW-FVA (vgl. Arbeitsanweisungen im Anhang) wurden für die Versuchszwecke entsprechend modifiziert.

#### **3.5.1. Eigelegemonitoring**

Zur Untersuchung der EPS-Eigelege aus den Untersuchungsstandorten wurde in jeder Zone ein für den Bestand repräsentativer Baum ausgewählt. Die Arbeiten wurden mit Hilfe einer Hubarbeitsbühne durchgeführt. Da ein invasiver Eingriff in die bestehende Population bzw. in das Habitat vermieden werden sollte, durfte kein Schnitt befallener Äste innerhalb der

Lichtkrone durchgeführt werden. Die Ermittlung der Eigelegeanzahl musste ausschließlich über Sichtbeobachtung erfolgen. Die Zweigproben wurden aus der Lichtkrone ausgewählt. Eine Probe bestand aus zehn Zweigen pro Baum. Jeder Haupttrieb der Zweige wies eine Länge von 50 cm auf (vgl. Arbeitsanweisung der NW-FVA 2017). Die Zweige wurden am Anfang und Ende des Haupttriebes markiert und inkl. aller Nebentriebe vermessen. Vorhandene Eigelege wurden ebenfalls gezählt und mittels Schieblehre vermessen.

Um den Zeitpunkt des Raupenschlupfes aus den Eiern genau zu ermitteln und die spätere Aktivitäten der Raupen, bzw. des Falterschlupfes aus den Nestern aufzuzeichnen, wurde pro Untersuchungsbestand (2 x Niedersachsen, 2 x Sachsen-Anhalt, 1 x Hessen) eine Kamera an einem Eigelege sowie später an einem repräsentativen Nest installiert. Es wurde eine Wildtierkamera des Typs „Nature View Cam HD Live View“ der Firma Bushnell mit einer 32 GB – SD-Speicherkarte verwendet. Pro Stunde wurde ein Foto erstellt. Die beobachteten Eigelege stammten aus dem Eigelegemonitoring des jeweiligen Untersuchungsbestandes. Die Kameras und die Eigelege wurden Anfang März auf Gestellen fixiert (siehe Abbildung 5), um den vorher festgelegten Abstand (Fokus der Kamera = 460 mm) beizubehalten.



**Abbildung 5:** Kamerainstallation zur Untersuchung des Larvenschlupfes

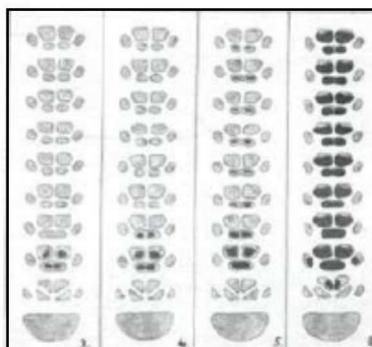
Dann wurde die Kamerainstallation mittels Seilen in den Kronenbereich postiert, um die natürlichen Bedingungen (Temperatur und Luftfeuchtigkeit) für den Schlupf möglichst genau nachzustellen (siehe Abbildung 6). Nach Abschluss des Raupenschlupfes aus den Eiern (Ende April) wurden die Speicherkarten der Kameras ausgelesen und die Kamerakonstruktion wieder deinstalliert.



**Abbildung 6:** Fotodokumentation des Raupenschlupfes (FB Altmark, Revier Mahlpfuhl, Abt. 3404 a<sub>5</sub>; 01.04.2017)

### 3.5.2. Ermittlung der unterschiedlichen Raupenstadien des EPS

Bei den zur weiteren Analysen im Labor regelmäßig gesammelten EPS-Raupen (vgl. Kap.3.4.2) wurden sowohl die Körperlänge und -breite wie auch die Breite der Kopfkapsel und die Ausprägung der mit Brennhaaren besetzten Spiegelfelder bestimmt (SCHEIDTER 1934) (vgl. Abbildung 7). Damit ließ sich mit Hilfe von Referenzdaten das jeweilige Raupenstadium bestimmen.



**Abbildung 7:** Zuordnung der Entwicklungsstadien nach dem Entwicklungszustand der Rückenfelder der Segmente 4 bis 12 der Raupe des Eichenprozessionsspinners nach SCHEIDTER (1934). Unterscheidung der Larvenstadien des dritten bis sechsten Stadiums nach Erscheins der Gifthaare auf den einzelnen Körpersegmenten. Die Gifthaarflächen sind schwarz.

### 3.5.3. Nesterzählung

Innerhalb der Zonen (siehe Kap. 3.2.) der Untersuchungsstandorte wurden nach Anlage der Verpuppungsnester ab Juni die jeweils jahreaktuellen Nester an max. 30 Eichen pro Zone gezählt. Von den Bäumen wurde die Kraft'sche Klasse festgehalten. Da in den Untersuchungsbeständen je nach Bestockung nicht immer 30 Eichen pro Zone zu finden waren, fand keine Beschränkung auf Bäume einer ausgewählten Kraft'schen Klasse statt. Jeder untersuchte Baum wurde pro Zone mit einer laufenden Nummer (1-30) markiert. Aus der Anzahl Nester pro Baum bzw. dem Mittelwert der Nester pro Baum ließen sich Rückschlüsse auf den Befallsstärke ziehen.

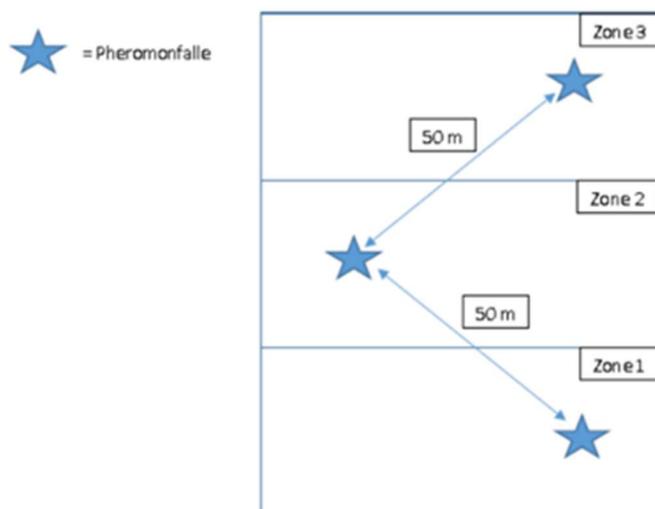
Um die Verpuppung, den Schlupf der Falter und anfliegende Antagonisten zu dokumentieren, wurden die Kameras Ende Juni in 460 mm Abstand zum Nest auf Stativstangen (Verankerung im Boden) befestigt. Die maximale Beobachtungshöhe inkl. Stativ betrug 1,50 m. Nach Ende dieses Untersuchungsabschnittes Anfang September wurden die Kameras ausgelesen und wieder deinstalliert.

### 3.5.4. Pheromonfallenfänge

Mit Hilfe von Pheromonfallen sollten Beginn und Verlauf des Falterfluges untersucht werden. Die Erfassung der Populationsdichte der männlichen EPS-Falter mit Hilfe von Pheromonfallen mit Sexuallockstoffen ist ein noch nicht ausgereiftes Verfahren. Zum einen ist zu wenig über die Aktivitäten der Falter bekannt (Flugradius, Dispersionsflüge etc.), zum anderen ist die Wirkung der bisher verfügbaren Lockstoffe nicht optimal und unterscheidet sich je nach Präparat deutlich. Im Vorversuch wurden verschiedene Pheromonköder in Kooperation mit LWF Bayern getestet. Es wurde das Pheromonpräparat von Pherobank® ausgewählt. Der Sexualpheromonköder Thaumatoxit des Herstellers Pherobank® enthielt eine Mischung aus (Z, Z)-11,13-Hexadecadienyl Acetat (1), (E, Z)-11,13-Hexadecadienyl Acetat (3) und (Z, Z)-11,13-Hexadecadienol (QUERO et al. 2003). Der Insektizidträger (Storanet® mit 100 mg/m<sup>2</sup> Alpha-Cypermethrin) gewährleistete ein rasches Abtöten der gefangenen Falter in der Falle.

In den Jahren 2017-2019 wurden pro Untersuchungsbestand insgesamt drei Pheromonfallen installiert. Die Fallen waren in der Form eines Dreieckes in den einzelnen Zonen angeordnet (vgl. Abbildung 8). Der Abstand der Fallen voneinander betrug 50 m. Die Fallen wurden am Stamm in 2 m Höhe mit Hilfe von Aluminiumnägeln befestigt (**Standardmonitoring**). Der Zeitraum des Falterfanges war von Mitte Juli bis Mitte September.

Um die Unterschiede der Falterfänge in den unterschiedlichen Höhen zu untersuchen, wurden 2018 und 2019 in zwei ausgewählten Beständen (Revier Danndorf Abt. 178 b und Revier Mahlpfuhl Abt. 201 b<sub>2</sub>) jeweils drei zusätzliche Pheromonfallen in ca. 100 m Abstand zur definierten Untersuchungsfläche installiert. Die Fallen wurden im Stammbereich sowie im mittleren und oberen Kronenbereich an drei ca. 50 m voneinander entfernten Eichen aufgehängt (**erweitertes Monitoring**).



**Abbildung 8:** schematische Darstellung der installierten Variotrap Trichterfallen

Um die Abhängigkeit der Fangleistung der Fallen von der Ausbringhöhe zu untersuchen, wurden 2018 und 2019 in zwei ausgewählten Beständen (Revier Danndorf Abt. 178 b und Revier Mahlpfuhl Abt. 201 b<sub>2</sub>) jeweils drei zusätzliche Pheromonfallen in ausreichendem (ca. 100 m) Abstand zur ausgewählten Untersuchungsfläche installiert. Diese wurden im Stammbereich sowie im mittleren und oberen Kronenbereich an drei ca. 50 m voneinander entfernten Eichen aufgehängt (**erweitertes Monitoring**).

### 3.5.5. Fraßkartierung

Nach Ende des Blattfraßes durch die EPS-Raupen, d.h. nach Rückzug der Raupen in das Verpuppungsnest, wurde in den Jahren 2017 bis 2019 auf den Untersuchungsflächen eine Fraßkartierung durchgeführt. Diese wurde an max. 30 Bäumen pro Zone durchgeführt. Es wurden dieselben Bäume ausgewählt, bei denen zuvor die Nesterzählung durchgeführt wurde. Als Grundlage der Fraßkartierung diente das Boniturschema der WZE (ICP FORESTS 2010). So war gewährleistet, dass die Daten auf nationaler Ebene vergleichbar sind. Auf den Flächen in Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt, die im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA lagen, wurde die Fraßbonitur vom Projektmitarbeiter durchgeführt. Die Fraßkartierungen auf den Untersuchungsflächen in Baden-Württemberg und Brandenburg übernahmen die für diese Gebiete zuständigen Forschungseinrichtungen.

## 3.6. Statistik

Textverarbeitung sowie Datenerfassung und -haltung wurde mit den Programmen MS Word und MS Excel (Microsoft 2013) durchgeführt. Die Erstellung von Diagrammen wurden mit MS Excel und MS Powerpoint (Microsoft 2013), Past 4.0 (Paleontological Statistics software package for education and data analysis) sowie der Statistikpaket R (R CORE TEAM 2019), Version 3.5.2 durchgeführt. Die Datenauswertung erfolgte im Wesentlichen deskriptiv.

Ziel einer durchgeführten Regressionsmodellierung war die Abschätzung des Erwartungswertes der Variable Fraß des EPS in den Beständen im Folgejahr, bedingt auf den erklärende Einfluss *Anzahl Nester*, sowie statistische Inferenzaussagen zu geschätzten Einbußen.

Die Beta-Verteilung wurde gewählt als Verteilungsmodell für die Zielvariable *Fraß in Prozent* (geteilt durch den Wert 100 um im Intervall zwischen 0 und 1 zu liegen):

Die Dichte der Beta-Verteilung für  $y \in (0, 1)$  ist gegeben durch:

$$p(y) = \frac{y^{\mu\phi-1} (1-y)^{(1-\mu)\phi-1}}{B(\mu\phi, (1-\mu)\phi)}$$

Dabei ist  $B$  die Beta-Funktion und  $\phi$  ein positiver Präzisionsparameter. Für den Erwartungswertparameter  $\mu$  wird hierbei über die Logit-Funktion eine Verknüpfung zum linearen Prädiktor hergestellt:

$$\eta_i = \frac{\exp(\eta_i)}{1 + \exp(\eta_i)} \in (0, 1)$$

Im Folgenden drückt Index  $i = 1, \dots, n$  die Zugehörigkeit zu einer Beobachtungseinheit aus. Der lineare Prädiktor wird nun wie folgt aufgebaut: Um die höhere Abhängigkeit der Messungen innerhalb von Revier, Abteilung und Jahr als zwischen diesen Einheiten berücksichtigen zu können, wird eine hierarchische Struktur über die Gruppierung nach *Jahr*,  $\xi_{2,i} = 1, \dots, n_{\xi_1,i}$ , genestet in der Kombination aus *Revier*, *Abteilung* und *Zone*,  $\xi_1 = 1, \dots, n_{\xi_1}$ , gewählt. Die Kombination aus *Revier*, *Abteilung* und *Zone* hat demnach  $n_{\xi_1}$  verschiedene Ausprägungen, und die Variable *Jahr* hat so viele Ausprägungen wie für eine bestimmte Ausprägung von  $\xi_1$ .

Mit Verwendung der Indikationsfunktion:

$$I_{\{\text{Condition}\}} = \begin{cases} 0, & \text{wenn die Bedingung nicht erfüllt ist} \\ 1, & \text{wenn die Bedingung erfüllt ist} \end{cases}$$

kann für diese Gruppierungsstruktur kompakt notiert werden:

$$\eta_{B,i} = \sum_{k=1}^{n_{\xi_1}} \left( I_{\{\xi_{1,i}=k\}} \left( \gamma_k + \sum_{j=1}^{n_k} I_{\{\xi_{1,i}=k \text{ und } \xi_{2,i}=j\}} \gamma_{k_j} \right) \right)$$

mit

$$\gamma_k \sim \text{Normal}(0, \sigma_{\xi_1}^2)$$

$$\gamma_{k_j} \sim \text{Normal}(0, \sigma_{\xi_2}^2)$$

Im Folgenden wird eine Kombination *Revier-Abteilung-Zone-Jahr* kurz *Gruppe* genannt. Weitere Einflussgrößen sind die mittlere Anzahl (pro Gruppe) an Nestern pro Baum  $x_1$  (per Definition konstant pro Gruppe), sowie davon ausgehend die Differenz zur Anzahl an Nestern pro Baum  $x_2$  (diese Variable variiert also pro Baum, wurde *delta Nester* genannt).

$$\eta_{A,i} = \beta_0 + \beta_1 x_{1,i} + \beta_2 x_{2,i}$$

In der Modellierung werden diese Variablen  $x_1$  und  $x_2$  skaliert berücksichtigt, um einen

numerisch effizienteren Algorithmus sowie einen leichteren Zugang zu *weakly informative (default) priors* zu erhalten. Damit ergibt sich insgesamt:

$$\eta_i = \eta_{A,i} + \eta_{B,i}$$

Alle Analysen wurden mit R (R Core Team, 2019), modelliert mit dem R add-on package brms (BÜRKNER, 2017) und Stan (STAN DEVELOPMENT TEAM 2019) erstellt, was die Regressionsmodelle von Stan (StanDevelopmentTeam 2019) sehr flexibel einrichtet und eine umfangreiche Toolbox bietet, um die Ergebnisse solcher Modelle aufzubereiten und zu verarbeiten.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Phänologie

#### 4.1.1. Schlupftermine der EPS-Raupen

Der Schlupfzeitpunkt der EPS-Raupen wurde mit Hilfe der drei Prognosemodelle von CUSTERS (2003), WAGENHOFF et al. (2014) und MEURISSE et al. (2012) geschätzt. Zur Validierung der Modelle wurden Eigelege mit Kameras beobachtet (vgl. Abbildungen 5 und 6).

Im Modell von CUSTERS (2003) werden die Anzahl an Frosttagen vom 01.12. bis zum ungefähren Larvenschlupf sowie die Temperatursumme (nur Werte über 2,6 °C) vom 01.01. bis zum Larvenschlupf benötigt:

$$SET = 552,96 - 3,753 \times FD$$

SET = Temperatursumme über 2,6 °C vom 1. Januar bis zum ungefähren Schlupfdatum;  
FD = Frosttage (Temperatur < 0 °C) vom 1. Dezember bis zum ungefähren Schlupfdatum

In das Modell von WAGENHOFF et al. (2014) gehen die Temperatursummen (vom 21.12. bis zum ungefähren Eischlupfdatum) und die Anzahl an Frosttagen (vom 01.09. bis zum ungefähren Eischlupfdatum) als Eingangsgrößen ein:

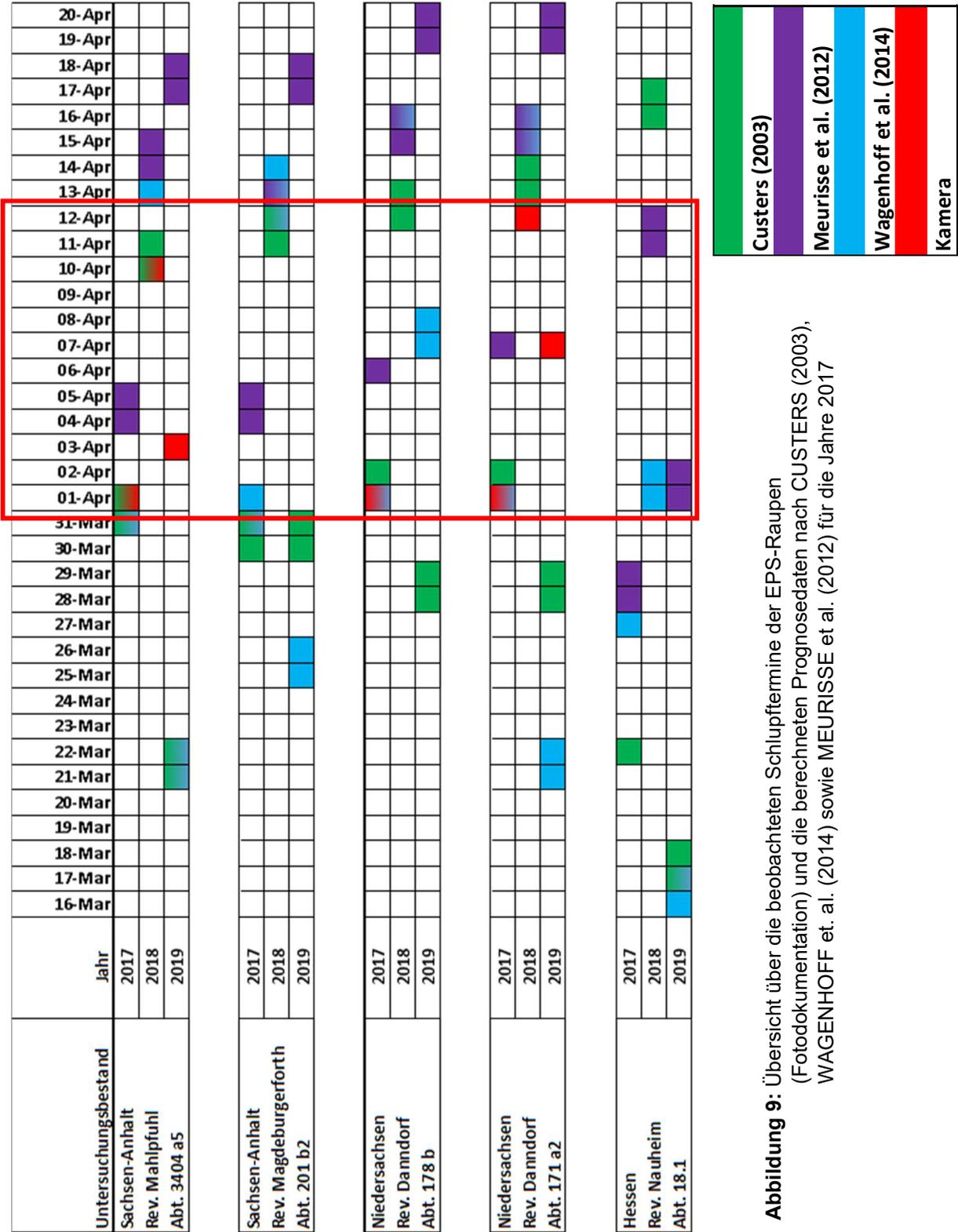
$$TS = -3,327 * FD + 575,66$$

TS = Temperatursumme ab 21. Dezember bis zum ungefähren Schlupfdatum;  
FD = Frosttage (Temperatur < 0 °C) ab 1. September bis zum ungefähren Schlupfdatum

Im Modell von MEURISSE et al. (2012) werden die Temperaturtagesmittelwerte vom ersten Februar an betrachtet. Vom jeweiligen Tagesmittelwert wird dort dann 6,6 subtrahiert. Bei positiven Werten werden diese bis zu einer Summe von 81 addiert. Ergeben sich negative Werte, werden diese nicht beachtet und weggelassen. Der Tag, an dem dieser Wert erreicht wird, stellt das prognostizierte Schlupfdatum dar. Sollte dieser Wert zwischen zwei Tagen liegen, wird eine Zeitspanne als Ergebnis angegeben.

Die Ergebnisse der Modellierung und die Referenzwerte des beobachteten Larvenschlupfes sind in Abbildung 9 dargestellt. In manchen Beständen konnten keine Eigelege zur fotografischen Feststellung des Schlupfdatums gesammelt werden. Die beobachteten Schlupftermine unterschieden sich zwischen den Beobachtungsjahren nur wenig (maximal 4 Tage). 2017 und 2019 wurde der Schlupf in der ersten Aprilwoche, 2018 etwas später vom 10.

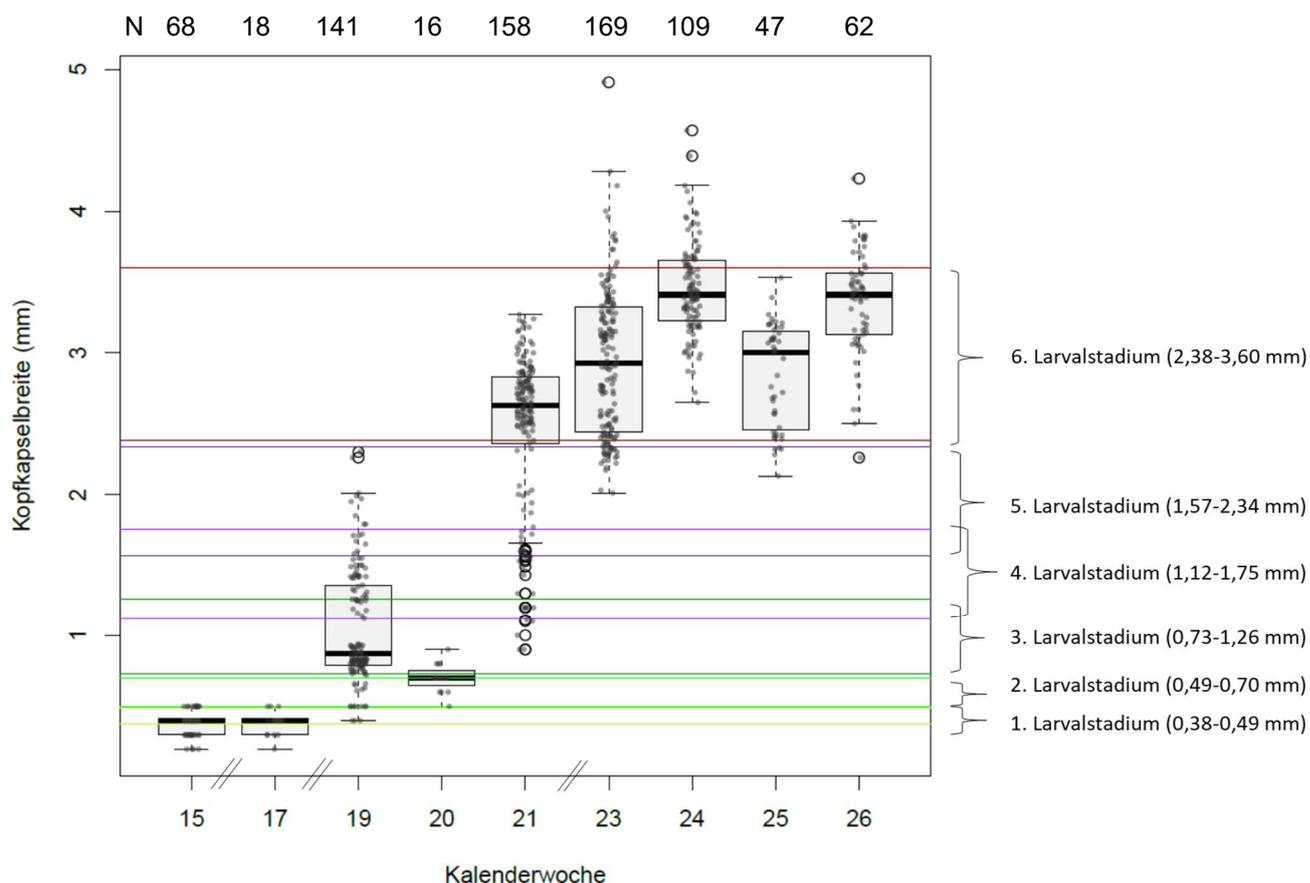
bis 12. April beobachtet. Die Ergebnisse der Prognosemodelle sind relativ zutreffend. Im Jahr 2017 konnten die durch die Modelle geschätzten Schlupfdaten durch die Fotodokumentation weitgehend bestätigt werden. Es ergaben sich beim Modell Wagenhoff etwas frühere geschätzte Schlupftermine, die näher an den beobachteten Terminen lagen. Für das Jahr 2018 waren die Ergebnisse der Modelle nahezu deckungsgleich. Der Schlupf der Larven wurde in diesem Jahr drei Tage früher prognostiziert. Im Jahr 2019 mussten Datenlücken der Temperaturlogger durch Werte des Deutschen Wetterdienstes (DWD) geschlossen werden (gleiches gilt 2018 auf der Fläche in Nauheim). Die Schätzungen führten dann jedoch nicht zu plausiblen Ergebnissen. Die fotodokumentarischen Schlupfdaten des Jahres 2019 unterschieden sich deutlich von den prognostizierten Schlupfterminen. Außerdem wichen die Schätzungen der verwendeten Modelle zum Teil ca. einem Monat voneinander ab (vgl. Abbildung 9).



**Abbildung 9:** Übersicht über die beobachteten Schlupftermine der EPS-Raupen (Fotodokumentation) und die berechneten Prognosedaten nach CUSTERS (2003), WAGENHOFF et al. (2014) sowie MEURISSE et al. (2012) für die Jahre 2017

#### 4.1.2. Entwicklung der EPS-Raupen

Abbildung 10 gibt einen Überblick über die Kopfkapselbreiten (KKB) der Raupen an unterschiedlichen Untersuchungsterminen (siehe Kap. 3.4.2.). Als Grundlage für die Zuordnung zu den entsprechenden Raupenstadien wurde auf die von DISSESCU & CEIANU (1968) ermittelten Kopfkapselbreiten in den verschiedenen Raupenstadien des EPS zurückgegriffen.

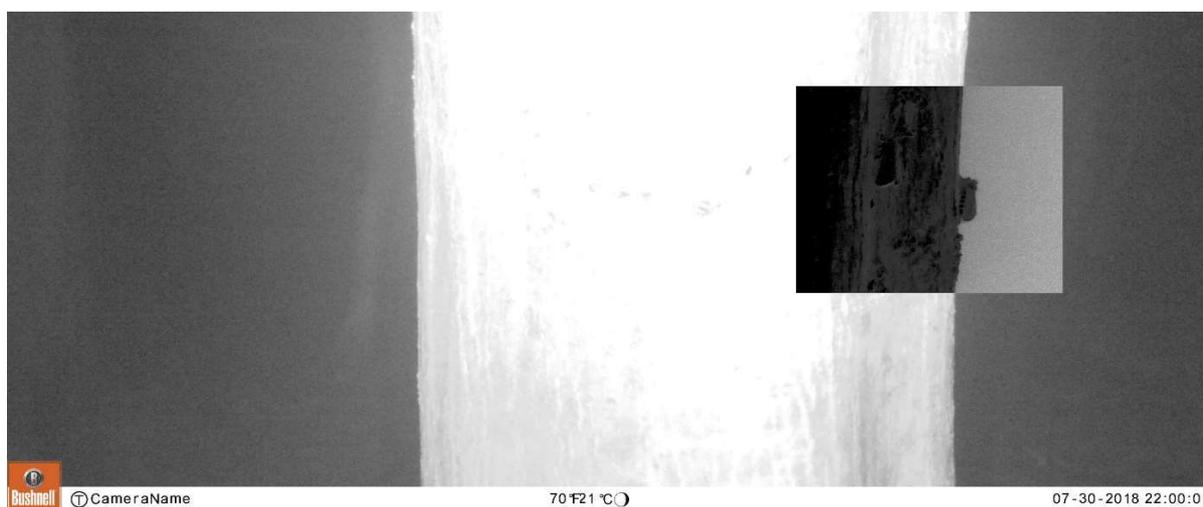


**Abbildung 10:** Larvale Entwicklung; Zuordnung eines Raupenstadiums nach DISSESCU & CEIANU (1968) anhand der Kopfkapselbreite (2017-2019; alle Bestände).

Insgesamt waren die EPS-Raupenstadien der einzelnen Kalenderwochen überwiegend heterogen verteilt. In der 15. bis 17. Kalenderwoche (KW) befanden sich alle Raupen im 1. Larvenstadium. In der 19. KW waren dagegen fünf Larvenstadien parallel vertreten. Der Schwerpunkt (Median der KKB: 0,87) lag hier im dritten Stadium. Dass in der 20. KW maximal das L3-Stadium auftrat, ist vermutlich dem geringen Stichprobenumfang (N=16) geschuldet. Ab der 21. KW wurde das sechste Raupenstadium erreicht. Die Mediane der KKB lagen zwischen 2,6 und 3,4. In der 21. KW wurden vier Raupenstadien (L3 bis L6) gefunden. Danach war, bis auf wenige L5-Raupen, ausschließlich das sechste Larvenstadium vorhanden. Auffällig ist, dass viele Larven Kopfkapselbreiten besaßen, die über denen lagen, die in der Literatur für das 6. Raupenstadium angegeben werden.

### 4.1.3. Verpuppung und Falterschlupf

Um den Zeitpunkt des Falterschlupfes zu bestimmen, wurde sowohl auf die Ergebnisse des Pheromonfallenmonitorings (vgl. Kap. 3.5.4) wie auch auf fotodokumentarische Verfahren zurückgegriffen (vgl. Abbildung 11). Das Datum der Pheromonfallenleerung impliziert das voran gegangene, einwöchige Fangintervall.



**Abbildung 11:** Fotodokumentarische Aufnahme des Falterschlupfes (Niedersachsen; NFA Wolfenbüttel; Revier Danndorf, Abt. 178 b)

In Tabelle 5 ist das früheste Fangdatum von Faltern je Zone bzw. Untersuchungsbestand in den Jahren 2017 bis 2019 (Standardmonitoring) dargestellt, in Tabelle 6 die Ergebnisse des erweiterten Monitorings. Rot markiert ist das jeweilige früheste Datum, an dem Falter gefangen wurden (pro Jahr und Bestand). Damit war es möglich, den Falterschlupf und –flugzeitraum zu bestimmen. Im Jahr 2017 wurden die ersten Falter im Zeitraum 17.07-24.07. im Revier Nauheim festgestellt. 2018 wurden ebenfalls im Revier Nauheim die ersten Falter gefangen, diesmal etwas früher, im Zeitraum 09.07-16.07.. 2019 wurde im Revier Magdeburgerforth (Zeitraum 16.07-23.07) die ersten Falter des Jahres erfasst. Eindeutige Unterschiede zwischen den Zonen ergaben sich nicht. 2017 und 2018 wurden im Revier Danndorf Abt. 171 a1 (Standardmonitoring) die meisten Falter der Untersuchungsbestände gefangen. Im Jahr 2019 ging die Fangzahl dort sehr deutlich zurück. Stattdessen erhöhten sich die Fangzahlen der Bestände in den Revieren Mahlpfuhl, Magdeburgerforth sowie Nauheim.

Im Untersuchungsbestand im Revier Danndorf wurden 2019 Falter im erweiterten Monitoring im Bereich mittlerer und oberer Krone eine Woche vor dem Standardmonitoring festgestellt

**Tabelle 5:** pro Zone in den Untersuchungsbeständen in den Jahren 2017 bis 2019 mit Hilfe von Pheromonfallen; Angabe des frühesten Fangdatums pro Bestand und die Gesamtsumme aller gefangenen Falter; die Variotrap Trichterfallen wurden am Baumstamm in 2 m Höhe aufgehängt (siehe Kap. 3.5.4.) („Standardmonitoring“)

Jahr	Untersuchungsbestand	frühestes Fangdatum			Summe Falter (gesamter Fangzeitraum)
		Zone 1	Zone 2	Zone 3	
2017	Rev. Danndorf Abt. 171 a <sub>1</sub>	1,8	8,8	8,8	9
	Rev. Danndorf Abt. 178 b	15,8	-	15,8	2
	Rev. Mahlpfuhl Abt. 3404 a <sub>5</sub>	15,8	15,8	-	5
	Rev. Magdeburgerforth Abt. 201 b <sub>2</sub>	-	-	-	0
	Rev. Nauheim Abt. 18.1	-	7,8	24,7	7
2018	Rev. Danndorf Abt. 171 a <sub>1</sub>	18,7	18,7	18,7	62
	Rev. Danndorf Abt. 178 b	18,7	18,7	18,7	18
	Rev. Mahlpfuhl Abt. 3404 a <sub>5</sub>	-	-	-	0
	Rev. Magdeburgerforth Abt. 201 b <sub>2</sub>	19,7	19,7	26,7	6
	Rev. Nauheim Abt. 18.1	16,7	23,7	30,7	9
2019	Rev. Danndorf Abt. 171 a <sub>1</sub>	9,8	-	-	1
	Rev. Danndorf Abt. 178 b	9,8	-	-	1
	Rev. Mahlpfuhl Abt. 3404 a <sub>5</sub>	7,8	7,8	7,8	245
	Rev. Magdeburgerforth Abt. 201 b <sub>2</sub>	23,7	23,7	23,7	164
	Rev. Nauheim Abt. 18.1	-	9,8	9,8	29

**Tabelle 6:** Bestimmung des Anfangs des Falterfluges pro Zone in den Untersuchungsbeständen in den Jahren 2017 bis 2019 mit Hilfe von Pheromonfallen; Angabe des frühesten Fangdatums pro Bestand und die Gesamtsumme aller gefangenen Falter; Die Variotrap Trichterfallen wurden am Baumstamm sowie im mittleren und oberen Kronenbereich installiert (siehe Kap. 3.5.4.) („erweiteres Monitoring“)

Jahr	Untersuchungsbestand	frühestes Fangdatum			Summe Falter (gesamter Fangzeitraum)
		Stamm	mittlere Krone	obere Krone	
2018	Rev. Danndorf Abt. 178 b	18,7	18,7	18,7	1135
	Rev. Magdeburgerforth Abt. 201 b <sub>2</sub>	19,7	19,7	14,7	321
2019	Rev. Danndorf Abt. 178 b	-	2,8	2,8	288
	Rev. Magdeburgerforth Abt. 201 b <sub>2</sub>	23,7	30,7	30,7	75

## 4.2. Parasitoide der unterschiedlichen Entwicklungsstadien des EPS

Bei den durchgeführten Untersuchungen der Entwicklungsstadien Ei, Raupe und Puppe des EPS wurden folgende (Über-) Familien potentieller Parasitoide determiniert:

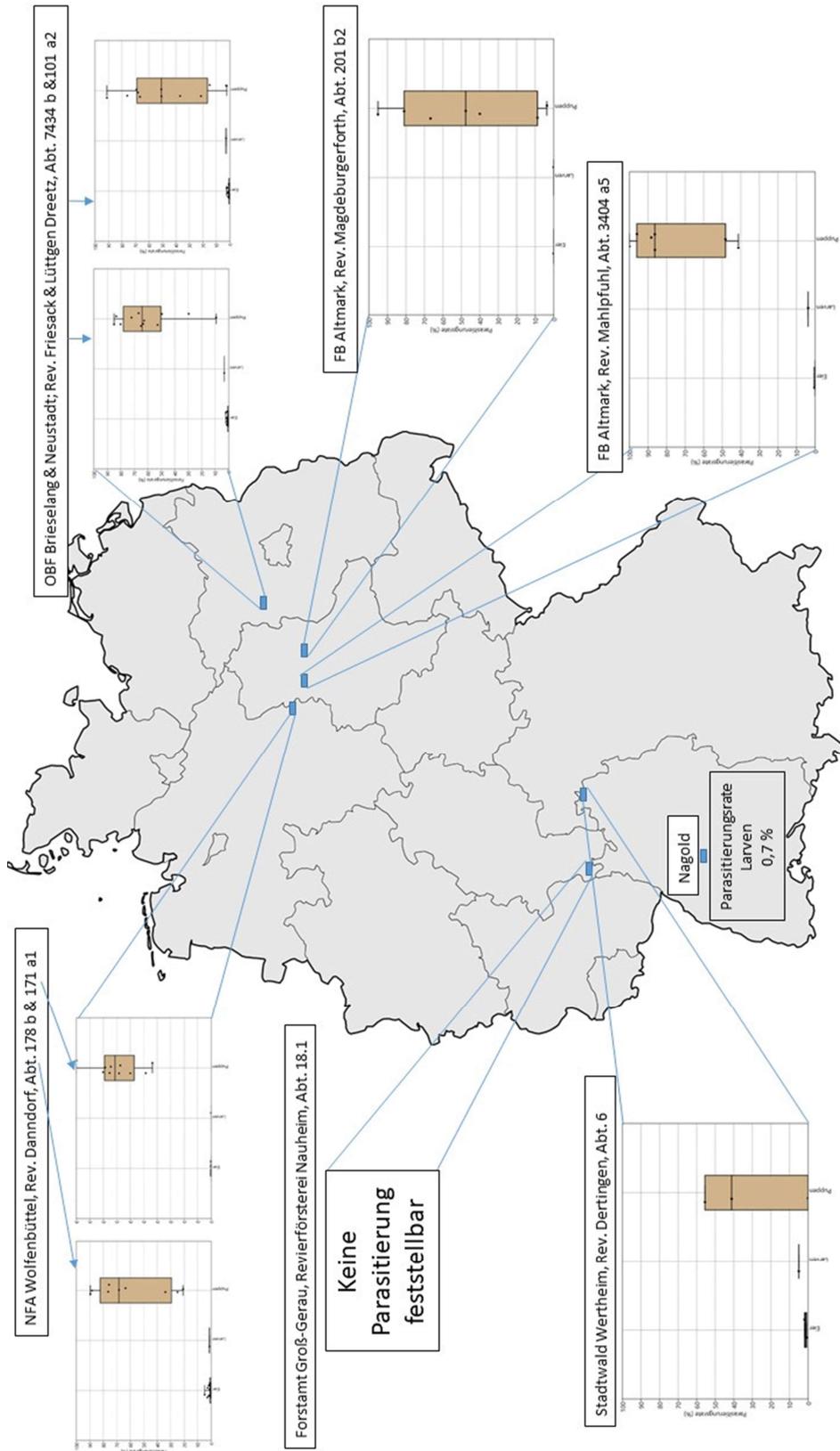
- Chalcidoidea Latreille, 1817 -> Eier
- Tachinidae Robineau-Desvoidy, 1830 -> Larven und Puppen
- Ichneumonidae Latreille, 1802 -> Puppen
- Anthomyiidae Latreille, 1829 -> Puppen

Eine detaillierte Übersicht der Arten mit Bezug zum Erfassungsjahr, den jeweiligen Beständen und Literaturangaben zur Referenzierung des Auftretens beim EPS gibt Tabelle 7.

**Tabelle 7:** Übersicht der gefundenen Parasitoide bei den durchgeführten Untersuchungen der Entwicklungsstadien Ei, Raupe und Puppe des EPS auf allen Untersuchungsstandorten in den Jahren 2016-2019

Parasitoid				Parasitiertes Entwicklungsstadium des EPS	Untersuchungsjahr	ID Untersuchungsbestand	Literaturreferenz für Parasitierung des EPS
Ordnung	Familie	Gattung	Art				
Chalcidoidea	Eupelmidae	<i>Anastatus</i>	<i>japonicus</i>	Ei	2017	6	Nicht vorhanden aber für <i>Anastatus bifasciatus</i> (MIRCHEV ET AL. 2003; BIN & TIBERI 1983; TIBERI & BIN 1988; DISSESCU & CEIANU 1968)
Chalcidoidea	Trichogrammatidae	<i>Trichogramma</i>	<i>sp.</i>	Ei	2017	3	(BIN & TIBERI 1983; TIBERI & BIN 1988)
Diptera	Tachinidae	<i>Blondelia</i>	<i>nigripes</i>	Larve, Puppe	2016,2017, 2018	1,6	(ZEEGERS 1997; BERGSTRÖM & BYSTROWSKI 2011)
Diptera	Tachinidae	<i>Zenilia</i>	<i>libatrix</i>	Larve, Puppe	2016,2017, 2018,2019	1,2,3,4,6, 7	(LERER & PLUGAR 1962); (ZEEGERS 1997)
Diptera	Tachinidae	<i>Pales</i>	<i>pavida</i>	Larve, Puppe	2016,2018, 2019	1,2,6,7	(LERER & PLUGAR 1962)
Diptera	Tachinidae	<i>Pales</i>	<i>processionea</i>	Larve, Puppe	2016,2017, 2018,2019	1,2,34,6, 7,8,9	(CEIANU & DISSESCU 1966; ZEEGERS 1997)
Diptera	Anthomyiidae	<i>spp.</i>		Puppe	2017,2018	1,6,7	
Hymenoptera	Ichneumonidae	<i>Pimpla</i>	<i>processioneae</i>	Puppe	2016,2017, 2018	1,2,3,4,6, 7,8	(ZWAKHALS 2005)
Hymenoptera	Ichneumonidae	<i>Pimpla</i>	<i>rufipes</i>	Puppe	2016	1,2,6,7,8	(ZWAKHALS 2005)

Während Eier und Raupen durchgehend fast nicht parasitiert waren, fanden sich nur in den Puppen größerer Anzahlen verschiedener Parasitoide (Abbildung 12). Hauptparasitoide des Puppenstadiums waren die Tachiniden *Pales processionea* (RATZEBURG, 1840) und *Zenilia libatrix* (PANZER, 1798) sowie die Ichneumoniden *Pimpla processioneae* (RATZEBURG, 1849) und *Pimpla rufipes* (MILLER, 1759).



**Abbildung 12:** Übersicht über die Parasitierungsraten der untersuchten Entwicklungsstadien des EPS in den Untersuchungsbestände (Untersuchungsjahre 2016-2019 sowie Zonen zusammengefasst); Karte abgewandelt (David Liuzzo, [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Karte\\_Deutschland.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Karte_Deutschland.svg))

Das Artenspektrum insgesamt veränderte sich in den Untersuchungsjahren nicht. Es änderten sich aber die prozentualen Vorkommen der Taxa. Im Jahr 2018 war im Vergleich zu den Vorjahren ein auffälliger Rückgang des bis dato Hauptparasitoiden, *Pales processionea*, und der zeitgleiche Anstieg von *Zenilia libatrix* zu verzeichnen.

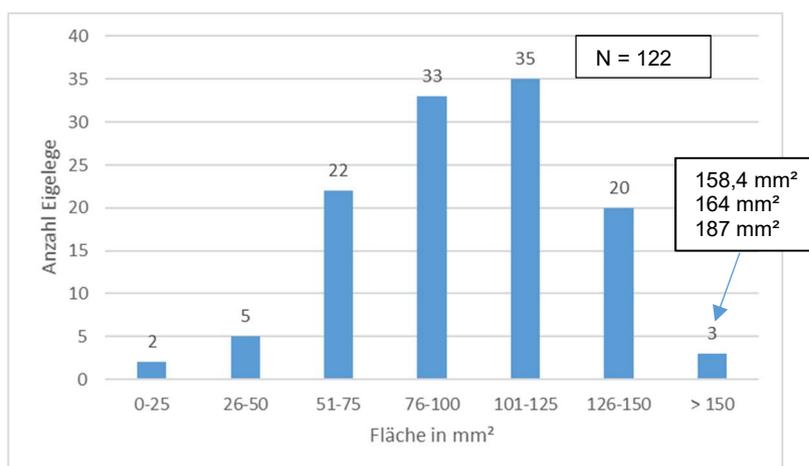
Insgesamt zeigten die Parasitierungsraten der unterschiedlichen Entwicklungsstadien in den Untersuchungsbeständen ein sehr ähnliches Schema (Abbildung 12):

- Eine sehr geringe Eiparasitierung
- Eine leicht gesteigerte Larvalparasitierung
- Eine deutlich erhöhte Pupalparasitierung

In dem Untersuchungsbestand in Nagold wurden nur Larven (N=570) untersucht. Davon waren lediglich 3 Larven parasitiert. Die Proben aus dem Untersuchungsbestand in Nauheim wiesen in keinem Stadium eine Parasitierung auf. Hier ist allerdings zu berücksichtigen, dass der Probenumfang dort sehr gering war (Eigelege [N=0], Larven [N=19], Verpuppungsnester [N = 1]).

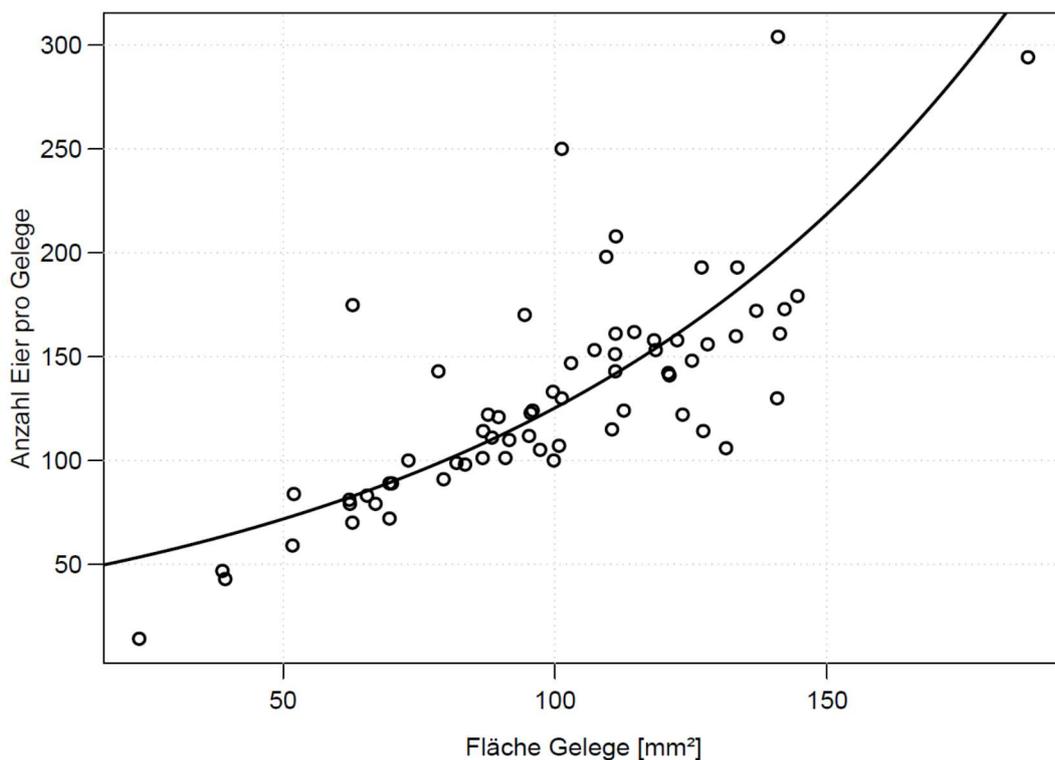
#### 4.2.1. Eistadium

Aus den Untersuchungsbeständen in Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Hessen konnten in den Jahren 2017 bis 2019 insgesamt 122 Eigelege vermessen werden. Eine Übersicht über die Verteilung der Eigelegegrößen findet sich in Abbildung 13.



**Abbildung 13:** Größe der im Projekt untersuchten Eigelege des EPS (2017-2019; alle Bestände)

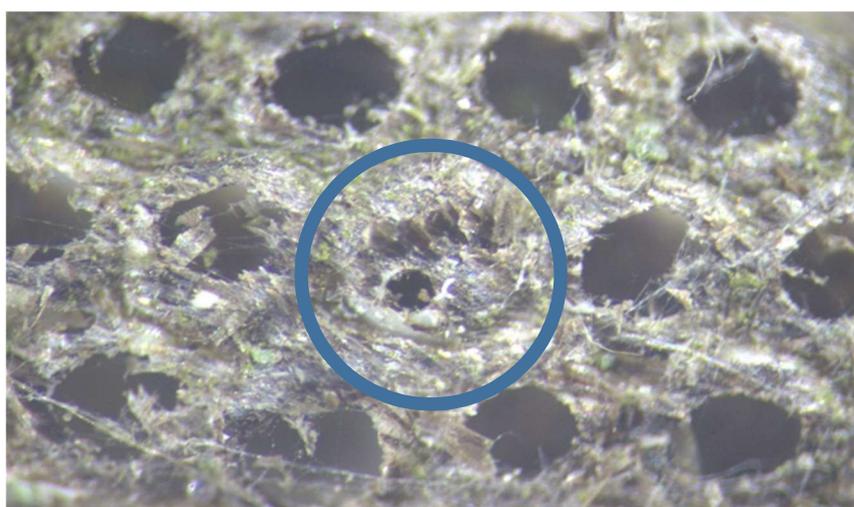
Die meisten Eigelege (35) sind zwischen 101 und 125 mm<sup>2</sup> groß. Bei den sieben Eigelegen im Größenbereich von 0 bis 50 mm<sup>2</sup> handelt es sich um Teile von Eigelegen. Drei Eigelege waren größer als 150 mm<sup>2</sup>. Eine Abhängigkeit zwischen Eianzahl pro Gelege und der Eigelegefläche ist zu erkennen (vgl. Abbildung 14).



**Abbildung 14:** Zusammenhang zwischen der Anzahl der Eier pro Gelege und der Fläche der Eigelege in den Jahren 2017-2019 (ST, NI, HE)

#### 4.2.1.1. Arteninventar der Eiparasitoide

Das Arteninventar der Parasitoide der Eigelege beschränkte sich auf Erzwespen (vgl. Tabelle 7). Es wurde eine *Trichogramma* sp. erfasst. Die Art konnte nicht genau bestimmt werden. Als abundanteste Art wurde *Anastatus japonicus* (ASHMEAD, 1904) bestätigt. Ein typisches Ausschluflloch eines mit Erzwespen parasitierten Eies ist in Abbildung 15 zu sehen.



**Abbildung 15:** Durch Erzwespen parasitierte EPS-Eier (im Kreis)

#### 4.2.1.2. Parasitierungsraten der EPS-Eier

Die Parasitierungsraten der EPS-Eier sind als sehr gering einzustufen. Bei einem Probenumfang von 50.500 Eiern konnte insgesamt nur eine Parasitierungsrate von 0,35 % (Mittelwert) beobachtet werden. Das entspricht in der Summe 178 parasitierten Eiern. Neben den Befunden der seit 2017 durchgeführten Probennahmen sind hierinauch Daten aus einer im Frühjahr 2016 durchgeführten Voruntersuchung (mit z.T. anderen Flächen in Sachsen-Anhalt) sowie aus Untersuchungen in Brandenburg und Baden-Württemberg enthalten. Eine flächenscharfe Zuordnung der Eigelege aus Gebieten außerhalb des Zuständigkeitsbereiches der NW-FVA war häufig nicht möglich. Im Folgenden werden, soweit möglich, die Parasitierungsraten nach Jahr und Standort dargestellt (vgl. Tabelle 8). Für die Reviere Magdeburgerforth und Nauheim wurde zwar das Monitoring durchgeführt, es wurden jedoch keine Eigelege zur Untersuchung des Parasitierungsgrades gefunden.

Der Untersuchungsbestand im Revier Mahlpfuhl (langfristiger Befall) wies im Jahr 2017 eine niedrige Parasitierungsrate von 0,05 % auf (vgl. hierzu Tabelle 8). Im Revier Danndorf, Abt. 171 a<sub>1</sub> (langfristiger Befall) wurde 2017 eine im Vergleich zum Revier Mahlpfuhl Abt. 3404 a<sub>5</sub> (langfristiger Befall) geringfügig höhere Parasitierungsrate von 0,07 % ermittelt. In beiden Untersuchungsbeständen wurde in den Folgejahren keine Parasitierung der Eier festgestellt. In Abt. 178 b (kurzfristiger Befall) war im Jahr 2017 keine Parasitierung nachweisbar. In den Jahren 2018 und 2019 stieg dort die Parasitierungsrate auf dieser Fläche bis zu einem Wert von 1,25 % an.

**Tabelle 8:** Übersicht der Parasitierungsraten (%) der Eistadien des EPS auf den Untersuchungsflächen (N = untersuchte Eier)

Untersuchungsbestand	Befallsdauer (Stand 2016)	2017	2018	2019
Revier Mahlpfuhl Abt. 3404 a <sub>5</sub>	langfristig	0,05 (N=1872)	0,00 (N=506)	0,00 (N=2313)
Revier Danndorf Abt. 171 a <sub>1</sub>	langfristig	0,07 (N=1428)	0,00 (N=1130)	Keine Proben
Revier Danndorf Abt. 178 b	kurzfristig	0,00 (N=1922)	0,09 (N=1162)	1,25 (N=1841)
Revier Magdeburgerforth Abt. 201 b <sub>2</sub>	kurzfristig	Keine Proben	Keine Proben	Keine Proben
Revier Nauheim Abt. 18.1	kurzfristig	Keine Proben	Keine Proben	Keine Proben

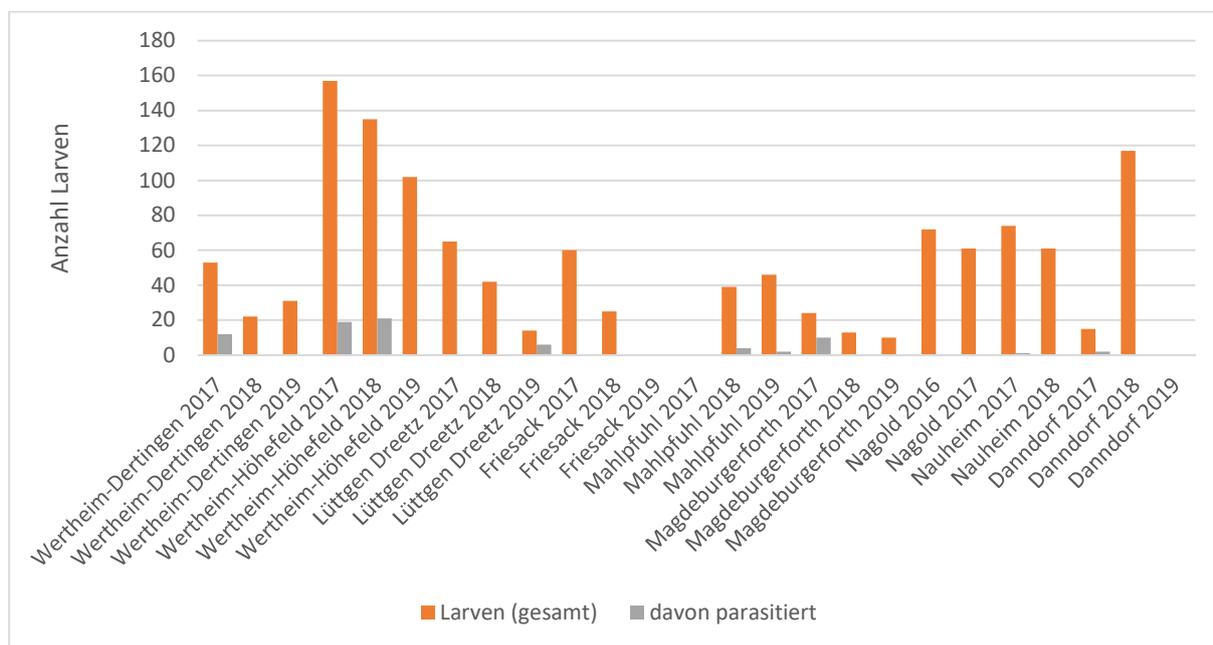
#### 4.2.2. Raupenstadium

##### 4.2.2.1. Arteninventar der Raupenparasitoide

Die Bestimmung der Raupenparasitoiden bis zur Artebene wurde anhand der lebenden Individuen aus den Fotoektoren durchgeführt (vgl. Kapitel 3.4.2). Dabei wurden folgenden Parasitoidenarten ermittelt: *Blondelia nigripes*, *Pales pavida*, *Pales processionea* und *Zenilia libatrix* (vgl. Tabelle 7).

#### 4.2.2.2. Parasitierungsraten der EPS-Raupen

Eine Parasitierung der EPS-Raupen fand ebenfalls nur in geringem Umfang statt. Insgesamt ergab sich einschließlich der Daten aus den Untersuchungen des JKI Darmstadt, eine mittlere Parasitierungsrate der Raupen von 3,9 % über die Untersuchungsjahre 2016-2019. Bei den Auszuchtversuchen wurden in 17 Proben (pro Probe jeweils fünf Raupen) 27 Parasitoide gefunden. 18 Parasitoide entfallen dabei auf das Jahr 2016, sieben auf das Jahr 2017 und zwei Parasitoide auf das Jahr 2018. 2019 wurden keine Parasitoide in den EPS-Raupen festgestellt. Bei insgesamt 1400 untersuchten Raupen (2016-2018) ergibt dies eine Parasitierungsrate von 1,9 %.

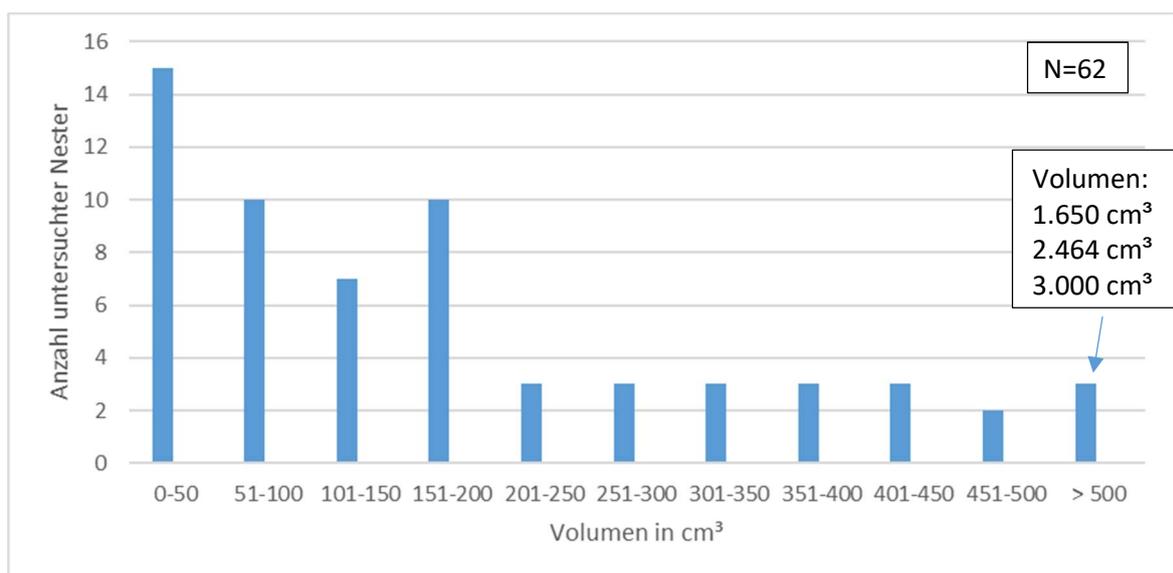


**Abbildung 16:** Ergebnisse der Untersuchungen des JKI zur Parasitierung der EPS-Raupen auf den Untersuchungsflächen in den Jahren 2017 bis 2019

Eine Übersicht der Ergebnisse des JKI ist in Abbildung 16 dargestellt. Dort wird die Anzahl untersuchter Raupen sowie die Anzahl der davon parasitierten Individuen dargestellt. Insgesamt ergab sich bei den Untersuchungen des JKI eine mittlere Parasitierungsrate von 6,2 %. Es ist auffällig, dass vor allem im Jahr 2017 mehr parasitierte Raupen gefunden wurden als in den Jahren 2018 und 2019. Die höchste Parasitierungsrate wurde 2019 im Revier Lüttgen Dreetz (42,9 %) sowie 2017 im Revier Magdeburgerforth (41,7 %) festgestellt. Dabei ist jedoch zu beachten, dass der Stichprobenumfang in diesen Fällen gering war (14 bzw. 24 EPS-Raupen). Bei hoher untersuchter Individuenzahl (z.B. Wertheim-Höhefeld 2017 mit 157 Individuen) war die Parasitierungsrate mit maximal 10,1 % insgesamt geringer.

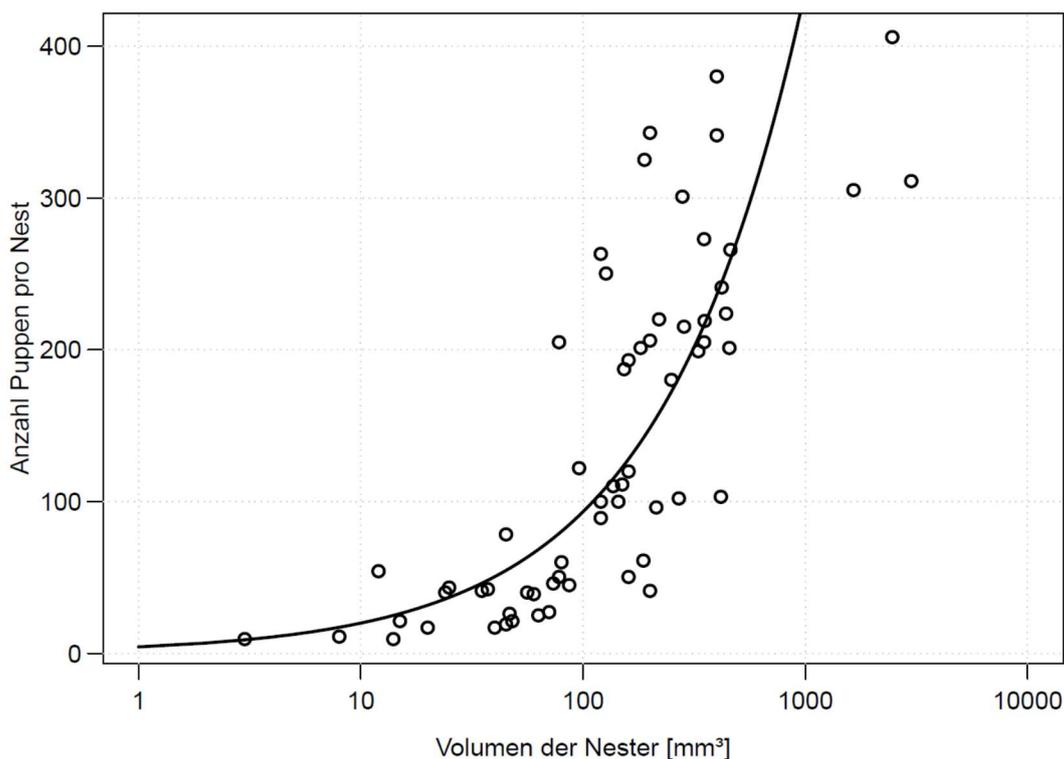
### 4.2.3. Puppen

In den Jahren 2016 bis 2019 wurden insg. 62 Verpuppungsnester mit 8.645 Puppen aus neun Untersuchungsflächen erfasst und analysiert. Die Nester wiesen im Mittel eine Länge von 13,1 cm, eine Breite von 9,3 cm und eine Tiefe von 4,4 cm auf. Die Streuung dieser Werte war hoch (vgl. Abbildung 17). Das minimale Volumen lag bei 3 cm<sup>3</sup>, das Maximum bei 3000 cm<sup>3</sup>. Der Median betrug 147 cm<sup>3</sup>. 24 % der Nester hatten maximal 50 cm<sup>3</sup> (zum Vergleich hat ein Golfball ein Volumen von 40,7 cm<sup>3</sup>). Der Großteil (48 %) lag zwischen der Größe eines Tennisballes (134 cm<sup>3</sup>) und einer Getränkedose (500 cm<sup>3</sup>). Nur 5 % (drei Nester) besaßen ein größeres Volumen. In Relation dazu besitzt ein Handball ein Volumen von 3.450 cm<sup>3</sup>.



**Abbildung 17:** Erfasste Volumina der untersuchten Verpuppungsnester (cm<sup>3</sup>) auf den Untersuchungsflächen in den Jahren 2016 bis 2019

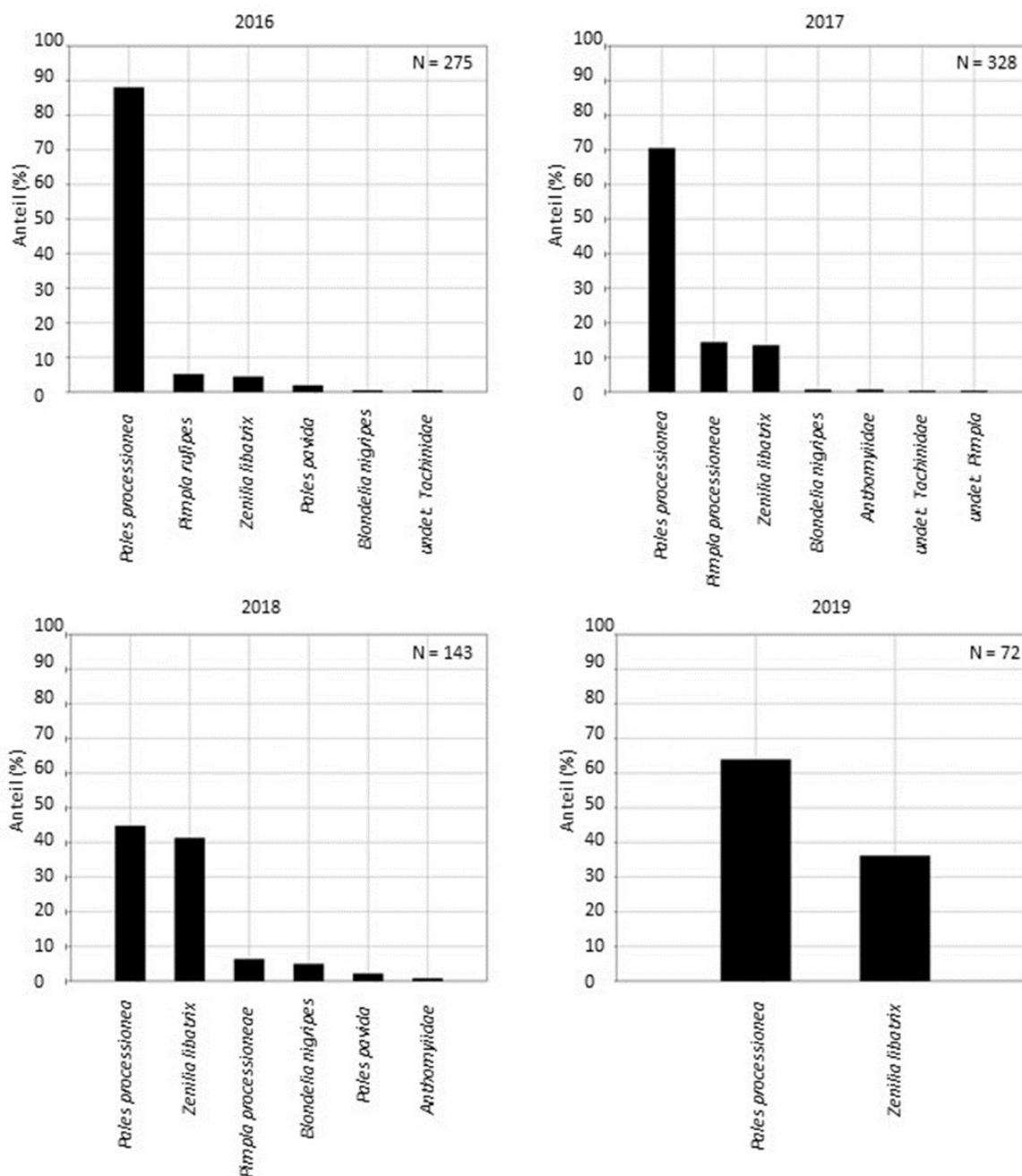
In Abbildung 18 ist der Zusammenhang zwischen der Anzahl an Puppen pro Verpuppungsnest und dem Volumen dargestellt. Bei steigenden Nestvolumen ergibt sich eine Erhöhung der Anzahl an Puppen pro Nest. Bei einer Nestgröße zwischen 100 und 1000 mm<sup>2</sup> zeigt sich eine große Streuung der Anzahl.



**Abbildung 18:** Anzahl an Puppen pro Nest in Abhängigkeit vom errechneten Volumen der Nester

#### 4.2.3.1. Arteninventar der Puppenparasitoide

Am häufigsten wurden die EPS-Puppen von Tachiniden (*Pales processionea* (RATZEBURG, 1840), *Zenilia libatrix* (PANZER, 1798)), Ichneumoniden (*Pimpla processioneae* (RATZEBURG, 1849)) und *Pimpla rufipes* (MILLER, 1759) parasitiert. Vereinzelt kamen auch *Blondelia nigripes* sowie Vertreter der Familie Anthomyiidae vor. Die Anthomyiidae konnten nur bis zum Familienniveau bestimmt werden. Das Artenspektrum veränderte sich in den Untersuchungsjahren 2016 - 2018 nur geringfügig, jedoch die Populationsdichte der jeweiligen Taxa. Im Jahr 2018 war im Vergleich zu den Vorjahren ein auffälliger Rückgang des bis dahin Hauptparasitoiden, *Pales processionea* und der zeitgleiche Anstieg von *Zenilia libatrix* zu beobachten. Im Jahr 2019 war dagegen eine deutliche Änderung zu verzeichnen. Das Artenspektrum und die Anzahl bestimmbarer Individuen waren deutlich geringer als in den Vorjahren. *Pales processionea* war prozentual wieder häufiger vertreten als *Zenilia libatrix* (vgl. Abbildung 19).



**Abbildung 19:** Übersicht über das Vorkommen der Puppenparasitoide auf den Untersuchungsflächen in den Jahren 2016 bis 2019

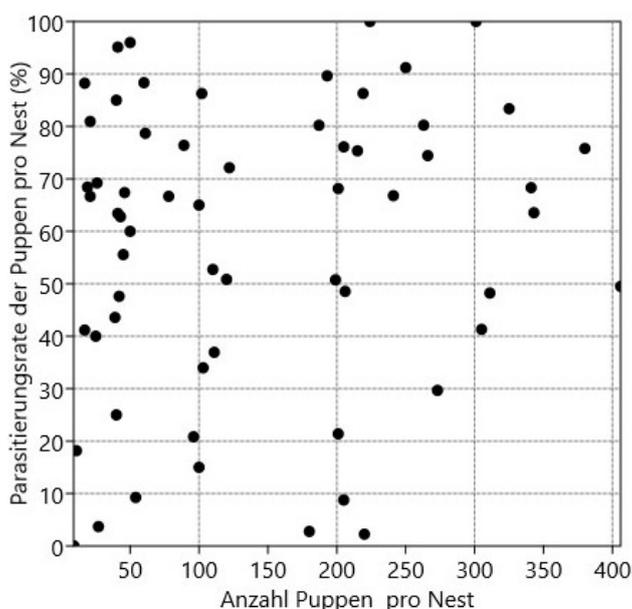
#### 4.2.3.2. Parasitierungsraten der EPS-Puppen

Von den insg. 8.645 untersuchten EPS-Puppen waren 5.231 Puppen parasitiert (60,5 %). Es gab keinen Zusammenhang zwischen der Anzahl an Puppen pro Verpuppungsnest bzw. der Nestgröße und der jeweiligen Parasitierungsrate (vgl. Abbildung 20).

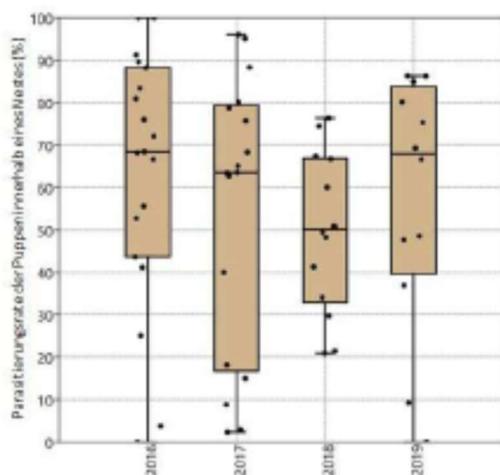
In den Jahren 2016 - 2019 lag im Mittel eine Parasitierungsrate von 56,7 %  $\pm$  3,6 % vor. Der Median lag bei 64,3 %. Insgesamt war die Streuung der Parasitierungsraten sehr hoch (0%

bis 100 % Parasitierung). In Abbildung 21 sind die Parasitierungsraten in den Jahren 2016 bis 2019 dargestellt. Die Rate nahm vom Jahr 2016 (Median 68,4 %; 2.186 untersuchte Puppen aus 19 Nestern) kontinuierlich ab. Im Jahr 2017 lag der Median bei 63,6 % (2.464 untersuchte Puppen aus 17 Nestern), im Jahr 2018 bei 50,1 % (2.706 untersuchte Puppen aus 14 Nestern). 2019 wurde wieder mit 67,9 % eine höhere Parasitierungsrate festgestellt (1.289 untersuchte Puppen aus 12 Nestern). Im Jahr 2016 streute die Rate zwischen 0 % und 100 % Parasitierung. 2017 lag die Spanne zwischen 2,3 % und 95 %. 2018 wurden ein Minimum von 21,4 % und ein Maximum von 76,4 % festgestellt. Das Jahr 2019 wies Parasitierungsraten zwischen 9,3 % und 86,3 % auf.

Zusammenhänge zwischen Parasitierungsrate und Zonenzugehörigkeit sowie der Befallsdauer der Untersuchungsgebiete waren nicht erkennbar (vgl. Abbildung 22 und Abbildung 23). In Zone 1 lag der Median bei 63,4 % (2431 untersuchte Puppen), in Zone 2 bei 67,4 % (1486 untersuchte Kokons) und in Zone 3 bei 59,2 % (1314 untersuchte Puppen). Der Median der Parasitierungsrate ist bei langfristig befallenen Gebieten mit 66,7 % geringfügig größer als bei den kurzfristig Befallenen (63,5 %) bei insgesamt sehr großer Streuung (0 bis 100 %).

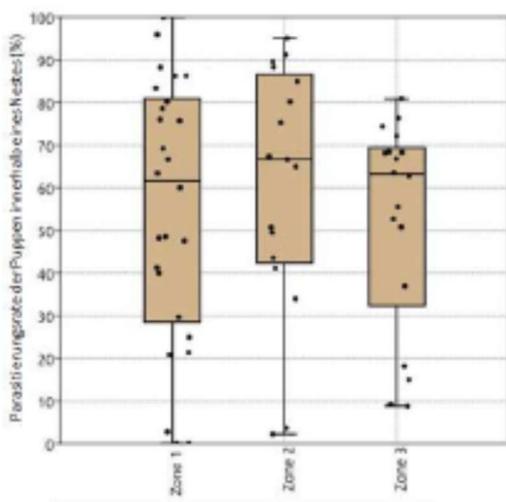


**Abbildung 20:** Parasitierungsrate (%) in Abhängigkeit von der Anzahl Puppen pro Verpuppungsnest auf den Untersuchungsflächen in den Jahren 2016 bis 2019; Anzahl untersuchter Nester = 62



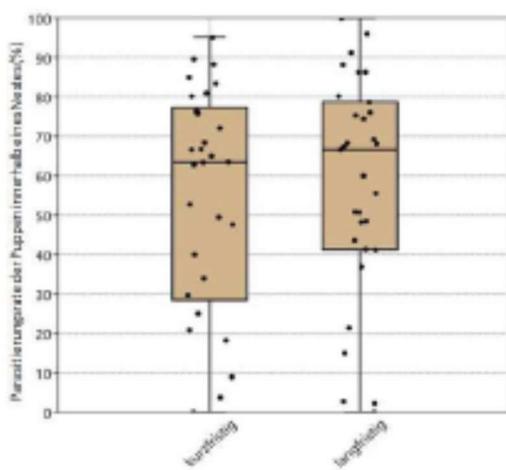
Anzahl Nester	19	17	14	12
Anzahl Puppen	2.186	2.464	2.706	1.982

**Abbildung 21:** Darstellung der Puppenparasitierung auf den Untersuchungsflächen in den Erfassungsjahren 2016-2019



Anzahl Nester	27	17	18
Anzahl Puppen	3.906	2.380	2.359

**Abbildung 22:** Darstellung der Parasitierungsraten der EPS-Puppen in den unterschiedlichen Zonen (1-3) auf den Untersuchungsflächen in den Jahren 2016-2019 zusammengefasst



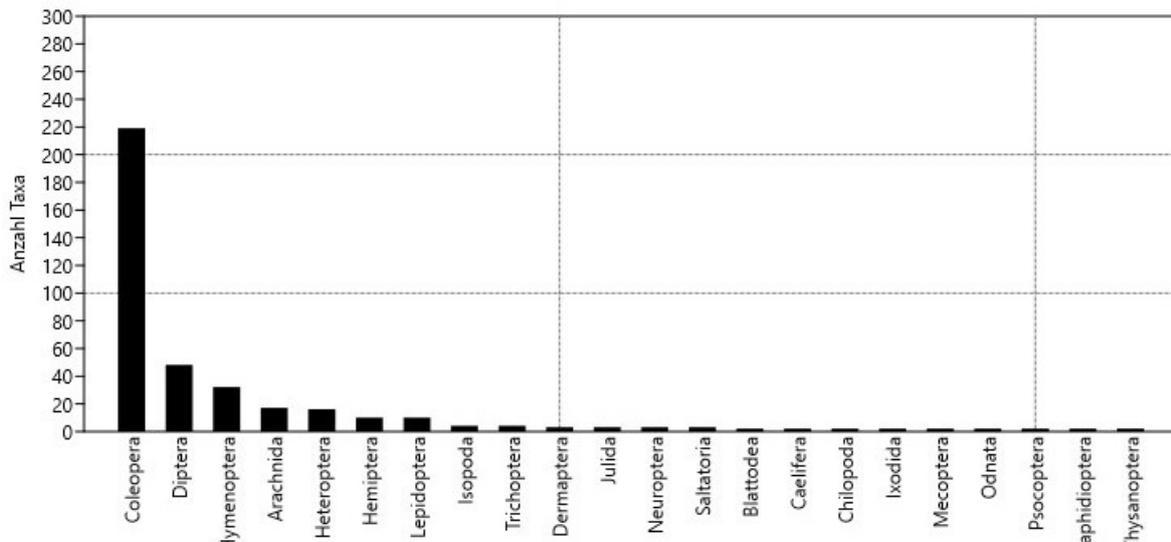
Anzahl Nester	33	29
Anzahl Puppen	3.738	4.907

**Abbildung 23:** Darstellung der Parasitierungsraten der EPS-Puppen in Abhängigkeit von der Befallsdauer Befallsdauer (langfristig/kurzfristig Befallene Waldbestände) der Untersuchungsbestände in den Jahren 2016-2019

## 4.3. Untersuchung der EPS Prädatoren

### 4.3.1. Fang der EPS-Prädatoren mit Hilfe von Kreuzfensterfallen

Während des Untersuchungszeitraums wurden mit Kreuzfensterfallen in allen Untersuchungsbeständen insgesamt 3.074 Individuen aus 22 verschiedenen Ordnungen erfasst. Diese gliedern sich in 368 Taxa. Die höchste Anzahl an festgestellten Taxa war in der Ordnung Coleoptera (Käfer) zuzuordnen, gefolgt von Diptera (Zweiflügler). Eine Übersicht bietet Abbildung 24.



**Abbildung 24:** Übersicht über die Vielfalt und Anzahl ermittelter Taxa der EPS Prädatoren auf den untersuchten Flächen in den Jahren (2016-2019)

Die festgestellten Taxa der EPS-Prädatoren wurden, wenn möglich, bis zum Artniveau bestimmt. Des Weiteren wurden die Taxa als „prädatorisch“ oder „nicht prädatorisch“ eingestuft (vgl. Tabellen 9a-c). Prädatorisch wurden alle Taxa definiert, die potentiell in Lage wären, prädatorisch an Entwicklungsstadien des EPS zu wirken. Als Grundlage zu dieser Einstufung dienten Standardwerke wie z. B. KOCH (1989) und SCHAEFER et al. (2006), ebenso BROWN & CAMERON (1982), die die Einstufung von Arten als „möglich prädatorisch“ vorgenommen haben. Es wurden somit insg. 90 potentiell prädatorisch agierende Taxa ermittelt. Davon traten 83 Taxa (92,2 %) ausschließlich in den Kreuzfensterfallen direkt an den EPS Verpuppungsnestern auf. Sieben Taxa (7,8 %) konnten nur in den Fällen ohne Nestbezug (vgl. 3.4.5) gefunden werden. Von diesen 90 Taxa wurden 25 Taxa (27,8 %) sowohl in Fallen direkt an den EPS Verpuppungsnestern als auch in den Kontrollfallen gefunden. Abbildung 25 zeigt, dass die größte Diversität an verschiedenen Arten auf die Ordnung Coleoptera (44,4 %) entfällt, gefolgt von Arachnida (15,6 %) und Hymenoptera (13,3 %). Die Betrachtung der einzelnen Arten zeigt dennoch, dass die höchste Anzahl an festgestellten Individuen der Gattung *Formica* (Hymenoptera) zuzuordnen ist (insg. 285 Individuen). Bei den Coleoptera war der Speckkäfer (*Dermestes lardarius*) mit insg. 152 Individuen die abundanteste Art. ZANKOV (1960) bestätigt diese Art auch als Larvenprädator bei *T. pityocampa*.

Ordnung	Familie	Gattung	Art	Erstbeschreiber	Deutscher Name	Rote Liste Status	2016	2017	2018	2019	Kontrollfalle	Nestfalle
Arachnida	Agelenidae			C. L. Koch, 1837	Trichterspinnen			x	x			x
Arachnida	Agelenidae	Tegenaria		Latreille, 1804	Winkelspinnen			x				x
Arachnida	Araneidae	Nuctenea	umbriatica	(Clerck, 1757)	Spaltenkreuzspinne				x		x	
Arachnida	Clubionidae			Wagner, 1887	Sackspinnen			x			x	x
Arachnida	Dysderidae			C. L. Koch, 1837	Sechsaugerspinnen				x		x	
Arachnida	Linyphiidae			Blackwall, 1859	Baldachinspinne			x	x			x
Arachnida	Lycosidae			Sundevall, 1833	Wolfsspinnen		x	x	x		x	x
Arachnida	Phalangidae	Phalangium	opilio	(Walterskirchen, 1998)			x					x
Arachnida	Salticidae	Salticus	zebraneus	(C. L. Koch, 1837)	Kleine Zebra Springspinne		x				x	x
Arachnida	Salticidae	Salticus	scenicus	(Clerck, 1757)	Zebra-Springspinne		x		x		x	x
Arachnida	Salticidae			Blackwall, 1841	Springspinnen			x	x	x		x
Arachnida	Theridiidae			Sundevall, 1833	Kugelspinnen			x			x	x
Arachnida	Thomisidae	Xysticus	lanio	C. L. Koch, 1835				x				x
Arachnida	Thomisidae			Sundevall, 1833	Krabbenspinnen			x	x		x	
Coleoptera	Anthribidae	Phaenochrotes	pudens	Gyllenhal 1833					x			x
Coleoptera	Cantharidae	Rhagonycha	fulva	(Scopoli, 1763)	Roter Weichkäfer			x				x
Coleoptera	Cantharidae	Cantharis	fusca	(Linnaeus, 1758)	Gemeiner Weichkäfer			x			x	x
Coleoptera	Carabidae	Bembidion	quadrimaculatum	Linnaeus, 1761			x		x			x
Coleoptera	Carabidae	Dromius	angustus	(Brullé, 1834)			x			x		x
Coleoptera	Carabidae	Dromius	agilis	(Fabricius, 1787)				x			x	x
Coleoptera	Carabidae	Dromius	quadrimaculatus	(Linnaeus, 1758)	Vierfleckiger Rennläufer			x	x	x		x
Coleoptera	Carabidae	Trechus	quadristriatus	(Schrank, 1781)	Flinkläufer			x	x			x
Coleoptera	Carabidae	Amara	plebeja	(Gyllenhal, 1810)				x			x	x
Coleoptera	Carabidae	Carabus	problematicus	Herbst, 1786	Blauvioletter Waldläuferkäfer			x				x
Coleoptera	Carabidae	Notiophilus	aquaticus	(Linnaeus, 1758)					x			x
Coleoptera	Carabidae	Blethsa	multipunctata	(Linnaeus, 1758)		3			x			x
Coleoptera	Carabidae	Bembidion	properans	(Stephens, 1828)	Feld-Ahlenläufer				x	x	x	x
Coleoptera	Carabidae	Pseudoophonus	rufipes	(Geer, 1774)					x			x
Coleoptera	Carabidae	Philorhizus		Hope, 1838					x		x	
Coleoptera	Carabidae	Carabus	glabratus	Paykull, 1790					x			x

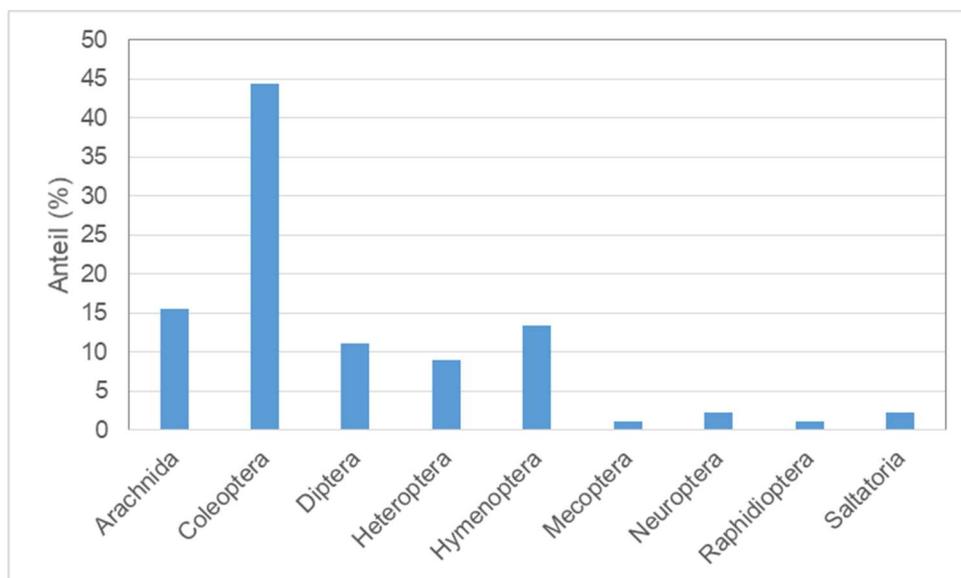
**Tabelle 9a:** Übersicht über potentiell prädatatorische Taxa (1), die in den Kreuzfensterfallen direkt an den EPS-Verpuppungsnestern und in den Kontrollfallen auf den Untersuchungsflächen in den Jahren 2016 bis 2019 ermittelt wurden

Ordnung	Familie	Gattung	Art	Erstbeschreiber	Deutscher Name	Rote Liste Status	2016	2017	2018	2019	Kontrollfalle	Nestfalle
Coleoptera	Cleridae	Opilo	molilis	(Linnaeus, 1758)			x	x	x	x		x
Coleoptera	Cleridae	Thanasimus	formicarius	(Linnaeus, 1758)			x		x			x
Coleoptera	Cleridae	Tillus	elongatus	(Linnaeus, 1758)	Buchen-Bunkkäfer	3			x		x	x
Coleoptera	Cleridae	Opilo	pallidus	(Ol., 1795)		1				x		x
Coleoptera	Coccinellidae	Anatis	ocellata	(Linnaeus, 1758)	Augenmarientkäfer			x			x	x
Coleoptera	Dermestidae	Dermestes	lardarius	Linnaeus, 1758	Gemeiner Speckkäfer		x	x	x	x		x
Coleoptera	Dermestidae	Dermestes		Linnaeus, 1758	Larve			x			x	x
Coleoptera	Histeridae	Paromalus	flavicornis	(Herbst, 1792 )				x				x
Coleoptera	Histeridae	Dendrophilus	punctatus	(Herbst, 1791)					x			x
Coleoptera	Monotomidae	Rhizophagus	bipustulatus	(Fabricius 1792)			x					x
Coleoptera	Sapropingidae	Sapinus	planirostris	(Fabricius 1787)			x	x	x			x
Coleoptera	Siphidae	Xyodrepa	quadripunctata	(Linnaeus, 1761)			x					x
Coleoptera	Siphidae	Necrodes	littoralis	(Linnaeus, 1758)	Ufer-Totengräber				x		x	x
Coleoptera	Siphidae	Nicrophorus	vespilloides	Herbst, 1783					x			x
Coleoptera	Siphidae	Nicrophorus	interruptus	Stephens, 1830					x		x	
Coleoptera	Staphylinidae	Xantholinus		Dejean, 1821			x	x				x
Coleoptera	Staphylinidae	Ocyopus		Leach in Samouelle, 1819			x					x
Coleoptera	Staphylinidae	Velleius	dilatatus	(Fabricius, 1787)	Homissenkäfer	3		x	x			x
Coleoptera	Staphylinidae	undet.		Latreille, 1802				x	x	x		x
Coleoptera	Staphylinidae	Philonthus		Stephens, 1829				x			x	x
Coleoptera	Staphylinidae	Quedius		Casey, 1915					x			x
Coleoptera	Staphylinidae	Hesperus	rufipennis	(Gravenhorst, 1802)					x			x
Coleoptera	Colydiidae	Colydium	elongatum	(Fabricius, 1787)					x			x
Coleoptera	Malachidae	Malachus	bipustulatus	(Linnaeus, 1758)	Zweifleckiger Zipfelkäfer	3			x			x
Diptera	Asilidae	Stipnogaster	aemula	(Meigen, 1820)			x	x	x	x		x
Diptera	Asilidae	Neotamus	cyanurus	(Loew, 1849)			x	x	x	x		x
Diptera	Asilidae	Neotamus	colhumatus	(Meigen, 1820)			x	x	x	x		x
Diptera	Asilidae	Dioctra	hyalipennis	(Fabricius, 1794)			x	x	x	x		x
Diptera	Asilidae	Lepogaster	guttiventris	Zetterstedt, 1842				x				x

**Tabelle 9b:** Übersicht über potentiell prädatorische Taxa (2), die in den Kreuzfensterfallen direkt an den EPS-Verpuppungsnestern und in den Kontrollfallen auf den Untersuchungsflächen in den Jahren 2016 bis 2019 ermittelt wurden

Ordnung	Familie	Gattung	Art	Erstbeschreiber	Deutscher Name	Rote Liste Status	2016	2017	2018	2019	Kontrollfalle	Nestfalle
Diptera	Dolichopodidae	Hercostomus		Loew, 1857		3	x		x			x
Diptera	Dolichopodidae	Sciapus	longulus	(Fallén, 1823)			x					x
Diptera	Dolichopodidae	Dolichopus		Latreille					x			x
Diptera	Rhagionidae	Rhagio	lineola	Fabricius, 1794			x	x	x			x
Diptera	Rhagionidae	Rhagio	tringarius	(Linnaeus, 1758)	Goldgelbe Schrepenfliege				x			x
Heteroptera	Anthracoridae			Anyot & Serville, 1843	Blumenwanzen			x	x		x	x
Heteroptera	Miridae	Deraeocoris	trifasciatus	(Linnaeus, 1767)	Dreigestreifte Weichwanze				x			x
Heteroptera	Nabidae	Himacetus	apterus	(Fabricius, 1798)			x	x	x	x		x
Heteroptera	Nabidae	Nabis	pseudoferus	Remane, 1949			x	x	x	x		x
Heteroptera	Nabidae	Nabis	limbatus	Dahlbom, 1851	Sumpfsichelwanze			x	x		x	x
Heteroptera	Pentatomidae	Pentatoma	rufipes	(Linnaeus, 1758)	Rotbeinige Baumwanze		x	x	x			x
Heteroptera	Pentatomidae	Picromerus	bidens	Fabricius, 1794	Zweizählige Dornwanze				x			x
Heteroptera	Pentatomidae			Leach, 1815	Baumwanze (Nymphe)		x				x	x
Hymenoptera	Bethylidae	Laelius	microneurus	(Kieffer, 1906)	Ameisenwespe an Dermestidae			x				x
Hymenoptera	Eumenidae			Leach, 1815	Solitäre Faltenwespe			x			x	x
Hymenoptera	Formicidae	Fornica	sanguinea	Latreille, 1798			x		x		x	x
Hymenoptera	Formicidae	Fornica	fusca	Linnaeus, 1758			x	x	x			x
Hymenoptera	Formicidae	Dolichoderus	quadripunctatus	(Linnaeus, 1771)		3	x	x	x		x	x
Hymenoptera	Formicidae	Tapinoma		Förster, 1850	Drüsenameise			x				x
Hymenoptera	Formicidae	Lastus	niger	(Linnaeus, 1758)	Schwarzgraue Wegameise				x			x
Hymenoptera	Ichneumonidae	Callajoppa	exaltatoria	(Panzer, 1804)					x			x
Hymenoptera	Pompilidae			Latreille, 1804	Wegwespen			x	x	x		x
Hymenoptera	Vespidae	Vespa	cribro	Linnaeus, 1758	Hornisse		x	x	x			x
Hymenoptera	Vespidae	Vespula	vulgaris	(Linnaeus, 1758)	Gemeine Wespe		x	x	x			x
Hymenoptera	Formicidae	Myrmica		Latreille, 1804				x	x			x
Mecoptera	Panorpidae	Panorpa	communis	Linnaeus, 1758	Gemeine Skopionsfliege		x	x	x		x	x
Neuroptera	Chysoptidae			Schneider, 1851	Florfliegen			x				x
Neuroptera	Hemeroptidae			Latreille, 1803	Larve		x					x
Raphidioptera				Matyraj, 1938	Kannelhalfliegen			x				x
Saltatoria	Tettigoniidae	Meconema	thalassinum	(De Geer, 1773)	Gemeine Eichenschrecke		x	x	x		x	x
Saltatoria	Tettigoniidae	Pholidoptera	griseoaptera	(De Geer, 1773)	Gemeine Strauchschrecke			x				x

**Tabelle 9c:** Übersicht über potentiell prädatatorische Taxa (3), die in den Kreuzfensterfallen direkt an den EPS-Verpuppungsnestern und in den Kontrollfallen auf den Untersuchungsflächen in den Jahren 2016 bis 2019 ermittelt wurden



**Abbildung 25:** Anteile der Insektenordnungen, die mit Hilfe von Kreuzfensterfallen an den EPS-Verpuppungsnestern und in den Kontrollfallen auf den Untersuchungsflächen in den Jahren 2016 bis 2019 ermittelt wurden und die als "potenziell prädatorische" Taxa eingestuft wurden

#### 4.3.2. Literaturstudie und Ergebnisse der Ermittlung der Prädatoren mit Hilfe von Kreuzfensterfallen auf den Untersuchungsflächen

Unabhängig von parasitär oder parasitoid lebenden Gegenspielern wurde der Einfluss von Prädatoren auf die EPS-Populationsdichten im Rahmen einer intensiven Literaturrecherche untersucht. Zusätzlich wurde eine Analyse der im direkten Umkreis eines Verpuppungsnestes vorkommenden potentiellen Prädatoren (Arthropoden) mit Hilfe von Eklektoren (Kreuzfensterfallen) durchgeführt und ausgewählte Verpuppungsnester mit Kameras beobachtet.

Bislang ist eine Vielzahl an natürlichen Prädatoren bekannt, wobei in dieser Recherche auch auf Prädatoren verwandter Prozessionsspinnerarten (*Thaumetopoea* spp.) eingegangen wird. Zu den meistgenannten Prädatoren gehören Vögel, z. B. der Kuckuck (*Cuculus canorus* (L.)), der Wiedehopf (*Upupa epops* L.) und Meisen (*Parus* sp.), sowie räuberische Käfer, z. B. Puppenräuber (Col.: Carabidae: *Calosoma* sp.) und der Vierpunktige Aaskäfer (Col.: Silphidae: *Xylodrepa quadrimaculata* (Scop.)). Außerdem werden Raubwanzen als Prädatoren beschrieben (Hem.: Reduviidae) (BRÄSICKE 2013). Eine umfassende Übersicht der Prädatoren von *Thaumetopoea* spp. in Israel liefert HALPERIN (1990). BRANCO et al. (2008) beschreibt die Insektendiversität (inkl. Prädatoren und Parasitoide) innerhalb von *T. pityocampa*-Nestern. BATTISTI ET AL. (2000) untersuchte die Rolle des Wiedehopfs (*Upupa epops*) als Prädator der Puppen von *T. pityocampa*. Wie Ameisen (in diesem Fall die Argentinische Ameise (*Linepithema humile* Mayr) zur biologischen Bekämpfung von *T. pityocampa* in Portugal beitragen, wurde bei WAY ET AL. (1999) untersucht. In diesem Kontext sei auch auf BROWN & CAMERON (1982) verwiesen, dort werden verschiedene Ameisenarten als Prädatoren von *Lymantria dispar* genannt (Eigelege). Den Einfluss entomophager Insekten auf den EPS in einem mit Bakterien (*Bacillus thuringiensis*) behandeltem Gebiet zeigen CEIANU und DISSESCU (1966).

#### 4.3.2.1. Coleoptera (Käfer)

Aus der Ordnung der Käfer (Coleoptera) ist nach MIRCHEV & TSANKOV (2005) für den EPS nur eine prädatorisch lebende Art bekannt. Hierbei handelt es sich um *Calosoma sycophanta* Linnaeus, 1758 aus der Familie der Carabidae. Daneben nennt (BRÄSICKE 2013) auch *Calosoma inquisitor* und *Xylodrepa quadripunctata* als bekannte Prädatoren. *Calosoma sycophanta* ist auf lichte, wärmebegünstigte Wälder mit einem hohem Eichen- oder Kiefernanteil angewiesen. In Baden-Württemberg ist die Art auf das Rheintal beschränkt. National ist *Calosoma sycophanta* als stark gefährdet (Kategorie 2) eingestuft (SCHMIDT et al. 2016). Als Hauptursachen werden die Bekämpfung von Kalamitäten von Schmetterlingen und die Änderung der Waldstruktur angeführt. *Calosoma sycophanta* L. gehört zu den Prädatoren, welche schon lange Zeit als wichtiger Vektor bei Massenaufreten von Schmetterlingen bekannt sind (WESELOH 1985). Diese Art wird gezielt gezüchtet und zur biologischen Bekämpfung eingesetzt. Im Verlauf der 3-4 Jahre Lebenszeit kann ein Exemplar dieses Laufkäfers 840-1120 Raupen konsumieren und gilt somit als wichtiger Prädatör (KANAT & OZBOLAT 2006). ARAŞTIRILMASI (2008) geht auf die regulierende Wirkung von *C. sycophanta* auf *T. pityocampa* unter Laborbedingungen ein. Inwieweit diese Art regulierend im Freiland agieren kann, hängt von vielen Faktoren ab. *Calosoma inquisitor* wird in der Roten Liste national in Kategorie 3 (gefährdet) geführt (SCHMIDT ET AL. 2016).

*Xylodrepa quadrimaculata* (deutschlandweit verbreitet) ist, als einziger Vertreter der Familie (Silphidae), bekannt dafür, aktiv jagend vor allem Schmetterlingsraupen nachzustellen. Nicht nur der Käfer, sondern auch seine Larven agieren räuberisch.

Die Art konnte mit den verwendeten Kreuzfensterfallen nur in der Untersuchungsfläche im Revier Friesack (Abt. 7434 b) nachgewiesen werden. Jedoch wurde seine Präsenz durch Sichtbeobachtung auch an den Standorten Revier Danndorf (Abt. 171 a<sub>1</sub>) sowie Revier Mahlpfuhl (Abt. 3404 a<sub>5</sub>) bestätigt.

Als weitere prädatorisch wirkende Familie sind Dermestidae (Speckkäfer) zu nennen. ZANKOV, (1960) nennt *Dermestes lardarius* als Prädatör von Eigelegen von *Thaumetopoea pityocampa*. BROWN & CAMERON (1982) beschreiben selbigen ebenso als Prädatör von Eigelegen (in diesem Fall *Lymantria dispar*). Während der Untersuchung der Verpuppungsnester sowie durch die Ergebnisse aus den Kreuzfensterfallen konnten beim EPS für zwei Arten ein direkter Zusammenhang festgestellt werden. *Dermestes lardarius* wurde regelmäßig in den Kreuzfensterfallen gefunden. *Dermestes erichsoni* konnte bei den Untersuchungen der Nester direkt nachgewiesen werden. Bei *D. lardarius* handelt es sich um eine nicht spezialisierte Art. *D. erichsoni*, als spezialisierte Art, ist ausnahmslos bei Schmetterlingslarven bzw. -puppen und insbesondere beim EPS zu finden. Es sei auf MÜHLFEIT (in pub.) verwiesen. Dort wird neben Informationen zur Ökologie auch das Vorkommen an *Dendrolimus pini* bestätigt. Zusätzlich bestätigt ESSER (mündlich) durch eigene Untersuchungen, dass insbesondere die Larven von *Dermestes erichsoni* prädatorisch an Larven sowie Puppen des EPS wirken.

#### 4.3.2.2. Heteroptera (Wanzen)

In dieser Ordnung ist eine beträchtliche Anzahl an potentiellen Prädatoren zu finden. Insbesondere Baumwanzen (Pentatomidae) sind dafür bekannt, auch räuberisch agieren zu können (KASEM et al. 2020). Als Beispiel kann hier *Picromerus bidens* genannt werden. Diese räuberisch lebende Wanze kann bis zu fünf Raupen pro Tag konsumieren. Dabei ist es egal,

ob die Raupe frei frisst oder durch ein Gespinst geschützt ist (KONVIČKA et al. 2005). Beobachtungen an EPS sind nicht dokumentiert, dürfte aber auf Grund der Generalisierung der Art möglich sein. Fänge der Art gelangten mittels Kreuzfensterfalle. Per Kamera konnte auch eine andere prädatorische Art (WACHMANN et al. 2008), *Pentatoma rufipes*, nachgewiesen werden (vgl. Abbildung 26).

Daneben finden sich räuberische Vertreter aus den Familien der Blumen-, Weich- und Sichelwanzen. Je nach Art sind diese in der Lage, verschiedene Stadien des EPS anzugreifen und letal zu wirken. Insbesondere das L1 und L2 Stadium sollte bei diesen Familien betroffen sein.

Bei den Weichwanzen (Miridae) kann *Phytocoris longipennis* (FLOR, 1861) als mögliche Art genannt werden. Diese Art ist durch ihre Größe (bis zu 10 mm) in der Lage, auch spätere Raupenstadien zu konsumieren. Die bevorzugten Habitate sind arboricol (Baumbewohner). Ihr Vorkommen ist bei einer Vielzahl von Baumarten bekannt. Gerne werden auch feuchtere Lebensräume besiedelt.

Bei BRÄSICKE (2013) werden insgesamt drei Wanzen als Prädatoren aufgeführt, *Troilus luridus* (Pentatomidae), *Rhinocoris iracundus* (Reduviidae) und *Rhinocoris annulatus* (Reduviidae). Die Habitatansprüche der Arten sind recht verschieden. Während *Rhinocoris iracundus* sonnige und trocken-warme Orte (warme, offene Hänge mit Gebüsch und Stauden z. B. Kyffhäuser) bevorzugt, hat *Rhinocoris annulatus* ein deutlich breiteres Lebensraumspektrum. Sie kommt sowohl in trockenen wie auch feuchteren Lebensräumen vor und weist im Vergleich zu *Rhinocoris iracundus* eine deutlich gesteigerte Toleranz gegenüber kühleren Temperaturen auf WACHMANN et al. (2006). *Troilus luridus* besitzt eine Präferenz für feuchte Lebensräume. Hierbei kommen sowohl Sumpf-, Wiesen als auch Waldränder in Betracht. In der Roten Liste Deutschlands (BINOT-HAFKE et al. 2011) wird *Rhinocoris iracundus* in Kategorie V (Vorwarnliste) geführt, in Sachsen-Anhalt in Kategorie 1 (vom Aussterben bedroht). *Rhinocoris annulatus* wird Kategorie 2 (stark gefährdet) zugeordnet. *Troilus luridus* ist in Kategorie G (Gefährdung unbekanntes Ausmaßes) eingestuft. In Hessen wird *Rhinocoris iracundus* in Kategorie 2 (stark gefährdet) aufgeführt und *Rhinocoris annulatus* in Kategorie 3. *Troilus luridus* wird keiner Kategorie zugeordnet und als ungefährdet angesehen. In Bayern sind *Rhinocoris iracundus* und *Rhinocoris annulatus* in Kategorie 3 (gefährdet) eingestuft.



**Abbildung 26:** Eine prädatorisch agierende Wanzenart (*Pentatoma rufipes*) unterhalb eines Verpuppungsnestes des EPS (NFA Wolfenbüttel, Revier Danndorf, Abt. 178 b)

#### 4.3.2.3. Asilidae (Raubfliegen)

Raubfliegen sind bekannt dafür, auch größere Beutetiere erbeuten zu können. Nach HALPERIN (1990) wurden Raubfliegen als Prädatoren von Imagos, z.B. bei *T. wilkinsoni* in Israel beobachtet. Dass generell Schmetterlinge als Nahrung angesehen werden, zeigt DENNIS et al. (2009). Wichtig für die relevanten großen Arten ist ein möglichst offener Bestand. Auch die tagaktive Lebensweise der Raubfliegen kann als Einschränkung gesehen werden, da die Falter des EPS als dämmerungs- bzw. nachaktiv gelten (EBERT 1994). Kreuzfensterfallenfänge im Bereich der Verpuppungsnester des EPS zeigten ebenso das regelmäßige Vorhandensein von Raubfliegen (fünf Arten). Es ist durchaus als möglich anzusehen, dass unsere einheimischen Arten auch Faltern des EPS nachstellen.

#### 4.3.2.4. Aves (Vögel)

Insbesondere die Kohlmeise (*Parus major* LINNAEUS, 1758) konnte durch Aufnahmen mit Wildkameras als einer der Hauptprädatoren in den Untersuchungsgebieten festgestellt werden (vgl. Abbildung 27). Die Fraßaktivität dieser Art bezieht sich sowohl auf die frühen Larvenstadien (L1-L2) des EPS als auch auf das Verpuppungsstadium. Auffällig ist, dass, obgleich nur ein geringer prozentualer Anteil der Puppen gefressen/verletzt wurde, aus einem angegriffenen Nest keine Falter mehr schlüpfen. Welche Gründe dafür verantwortlich sind (u.U. Störung des Mikroklimas im Nest etc.) bedarf weiterer Untersuchung.

Dass *Parus major* einen nicht zu unterschätzenden Effekt haben kann, zeigen (PIMENTEL & NILSSON 2007; BARBARO & BATTISTI 2011) oder BARBARO et al. (2013) bei *Thaumetopoea pityocampa*.



**Abbildung 27:** Fotodokumentation der prädatatorischen Wirkung einer Kohlmeise an einem Verpuppungsnest des EPS (FB Altmark, Revier Magdeburgerforth, Abt. 201 b2, 2017)

Neben der Kohlmeise muss auch der Kuckuck (*Cuculus canorus*) welcher eher ältere Entwicklungsstadien des EPS bevorzugt (BARBARO & BATTISTI 2011), der Wiedehopf (*Upupa epops*) (BATTISTI et al. 2000) sowie der Pirol (*Oriolus orilus*) (BEZZEL 1989) erwähnt werden. Letztere sind aber aufgrund ihrer Seltenheit keine Vektoren zur Reduzierung der EPS-Population.

#### 4.3.2.5. Mammalia (Säugetiere)

Als weitere Prädatoren konnten Langschwanzmäuse (Muridae) an den Verpuppungsnestern mit Fotos von Wildkameras nachgewiesen werden (vgl. Abbildung 28).

Dass Mäuse prädatatorisch an Schmetterlingslarven (z. B. *Lymantria dispar*) wirken können, ist u. a. durch WSL 2001 und HOCH & SCHOPF (2002) sowie GSCHWANTNER et al. (2002) belegt,

der EPS als Nahrungsquelle jedoch noch nicht. Der genaue prädatorische Einfluss von Mäusen müsste durch eine gesonderte Untersuchung weiter untersucht werden.

Als zusätzliche prädatorische Ordnung müssen Fledermäuse (Microchiroptera) aufgeführt werden. Diese können sich potentiell von Faltern des EPS ernähren. Der Anteil an Nachtfaltern in der Nahrung kann bei Nahrungsgeneralisten wie der Breitflügel-Fledermaus bis zu 38 % betragen (AUGER-ROZENBERG et al. 2015). Bei auf Nachtfaltern spezialisierten Arten (z.B. Mopsfledermaus oder Graues Langohr) beträgt der Anteil bis zu 100 %.

Versuche, ob es möglich ist, mit Nistkästen für Vögel und Fledermauskästen eine EPS-Population zu beeinflussen, werden z. B. von vielen lokalen Naturvereinen durchgeführt (Naturfreunde Jugend Nordhorn [<https://www.noz.de/lokales/emsbueren/artikel/1896875/fledermaeuse-vertilgen-eichenprozessionsspinner>]; Angelvereine Emsland [<https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/Eichenprozessionsspinner-Strategien-zur-Bekaempfung-eichenprozessionsspinner494.html>]).



**Abbildung 28:** Aufnahme einer Langschwanzmaus bei einem bodennahen Verpuppungsnest (gelbe Markierung) (FB Altmark, Revier Mahlpfuhl, Abt. 3404 a5)

## 4.4. Populationsdynamik des EPS auf den Untersuchungsflächen

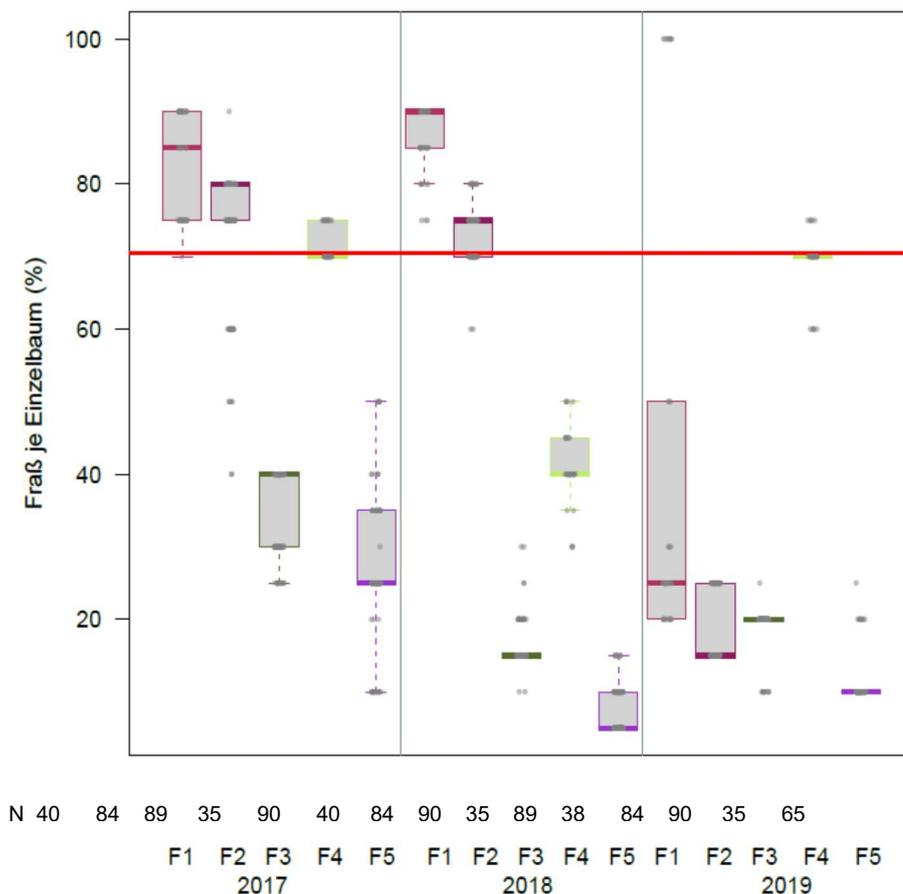
Nachfolgend werden die Ergebnisse der Fraßkartierungen, Nesterzählungen, Pheromonfallenfänge und Eigelegeuntersuchungen dargestellt. Ziel war es, die Abhängigkeit der Fraßereignisse von den vorangehenden Nester- und Eigelegedichten zu untersuchen. Deshalb werden zuerst die Ergebnisse der Fraßkartierungen beschrieben. Da der zeitliche Abstand angelegter Nester zum Fraß des Folgejahres größer ist als von den Pheromonfallenfängen und den im Ei überwinterten Embryos, werden die Ergebnisse der Nesterzählungen vor denen der Pheromonfallenfänge und Eigelegeuntersuchungen dargestellt.

### 4.4.1. Fraßkartierung

Eine Übersicht über die Entwicklung des Fraßes auf den Untersuchungsflächen in den Jahren 2017 bis 2019 bietet Abbildung 29. Dargestellt sind die Ergebnisse der Fraßkartierung der

Einzelbäume. Ein Fraß über 70 % wird als starker Fraß bis Kahlfraß eingestuft (NW-FVA, 2020). Die detaillierte Aufschlüsselung der Mittelwerte, auch der untersuchten drei Zonen (Gradient Bestandesrand zu Bestandesmitte), ist Tabelle I im Anhang zu entnehmen.

Im Jahr 2017 wurde der stärkste Fraß auf den beiden Flächen in Niedersachsen im Forstamt Wolfenbüttel, Revier Danndorf festgestellt. Der Median betrug in Abteilung 171a<sub>1</sub> 85 %, in Abteilung 178b 80 %. Die Fraßsituation war damit einem starken Fraß bis Kahlfraß zuzuordnen. In Abteilung 171a<sub>1</sub> wiesen alle bonitierten Einzelbäume ein Fraßprozent über 70% auf. In Abteilung 178b lagen die Werte zwischen 40 und 90 %. Auch in Sachsen-Anhalt in Mahlfuhl 3404a<sub>5</sub> waren alle untersuchten Bäume mit 70 bis 75 % stark befallen, der Median betrug hier 70 %. Ein mittlerer Fraß wurde bei der Fläche Magdeburgerforst 201b<sub>2</sub> beobachtet, der Median betrug 40 %. In Nauheim 18.1 in Hessen war geringer Fraß (Median: 25%) bei allerdings großer Streuung zwischen den Einzelbäumen zu verzeichnen. Im Jahr 2018 war die Fraßsituation im Revier Danndorf im Vergleich zu 2017 sehr ähnlich, es wurde ein starker Fraß bis Kahlfraß beobachtet. In Abteilung 171a<sub>1</sub> waren die Untersuchungsbäume mindestens zu 75 % befallen, der Median lag mit 90 % sogar noch etwas über dem Vorjahresniveau, in Abteilung 178b mit 75% etwas darunter. Auf den drei Flächen in Sachsen-Anhalt und Hessen wurde ein abnehmendes Fraßgeschehen beobachtet. Auf der Untersuchungsfläche Mahlfuhl 3404a<sub>5</sub> war ein mittlerer Fraß zu verzeichnen, die Bäume wiesen einen Fraß von 30 bis 50% (Median 40 %) auf. Im Bereich Magdeburgerforst 201b<sub>2</sub> und Nauheim, Abteilung 18.1 waren die Bäume mit maximal 30 % bzw. 15 % gering befallen. 2019 war Mahlfuhl, Abteilung 3404a<sub>5</sub> wieder ein starker Fraß zu beobachten. Die Flächen in Danndorf waren dagegen nur noch gering befallen, wobei in Abteilung 171a<sub>1</sub> einzelne Bäume kahl gefressen waren. Magdeburgerforst 201b<sub>2</sub> und Nauheim 18.1 wiesen auch 2019 nur ein geringes Fraßgeschehen auf.

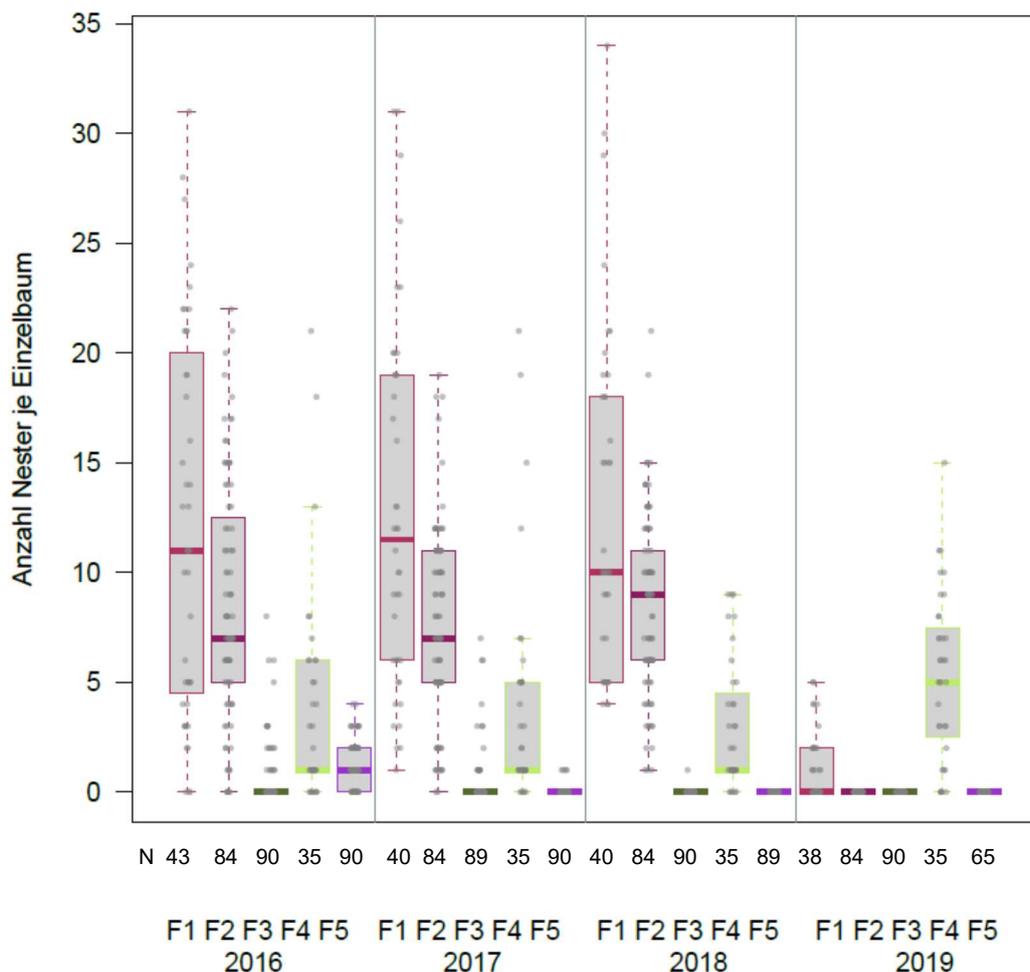


**Abbildung 29:** Entwicklung des Fraßes auf den Untersuchungsflächen in den Jahren 2017 bis 2019 (F1: Danndorf 171 a<sub>1</sub>; F2: Danndorf 178b; F3: Magdeburgerforth 201b<sub>2</sub>; F4: Mahlfuhl 3404a<sub>5</sub>; F5: Nauheim 18.1)  
Rote Linie: Fraß ab 70% wird als starker Fraß bis Kahlfraß definiert (Arbeitsanweisung NW-FVA, 2020)

Die räumlich benachbarten Flächen in Niedersachsen (Danndorf 171a<sub>1</sub> und 178b) und Sachsen-Anhalt (Magdeburgerforth 201b<sub>2</sub> und Mahlfuhl 3404a<sub>5</sub>) wurden ausgewählt, weil sie sich in der Befallsdauer des EPS unterschieden („kurzfristiger“ Befall: < 5 Jahre; „langfristiger“ Befall: ≥ 5 Jahre). Auffällig ist, dass jeweils die Bestände einen stärkeren Fraß aufwiesen, bei denen der EPS schon länger beobachtet wurde (Danndorf 171a<sub>1</sub> und Mahlfuhl 3404a<sub>5</sub>) Unterschiede zwischen Bestandesbereichen (Zonen) waren nicht zu erkennen (vgl. Tabelle 1 im Anhang).

#### 4.4.2. Nesterzählung

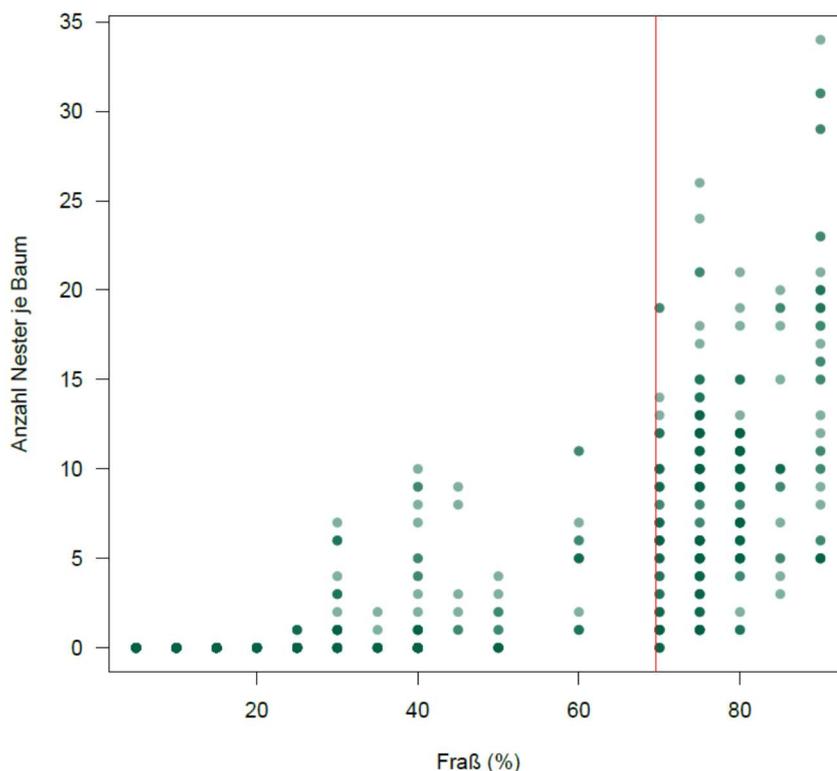
In den Jahren 2016-2019 wurden Nesterzählungen, wie in Kapitel 3.5.3 beschrieben, durchgeführt. Abbildung 30 gibt einen Überblick über die Ergebnisse in den Untersuchungsbeständen in Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Hessen. In Tabelle II im Anhang sind die detaillierten Ergebnisse der Mittelwerte, aufgeschlüsselt auch nach den Zonen (Z1-Z3), aufgeführt. Mit einem Kahlfraß im Folgejahr wird in einem Bestand nach Arbeitsanweisung der NW-FVA (2015) gerechnet, wenn die mittlere Anzahl an Nestern je Einzelbaum zwischen 6 bis 9 Nestern liegt.



**Abbildung 30:** Entwicklung der Anzahlen an Nestern auf den Untersuchungsflächen in den Jahren 2016 bis 2019

(F1: Danndorf 171 a<sub>1</sub>; F2: Danndorf 178b; F3: Magdeburgerforth 201b<sub>2</sub>; F4: Mahlfuhl 3404a<sub>5</sub>; F5: Nauheim 18.1)

In den Jahren 2016 bis 2018 wurden auf den Flächen im Revier Danndorf (Forstamt Wolfenbüttel) in Niedersachsen die höchste Nesterdichte des EPS je Einzelbaum festgestellt, wobei der Bestand in Abteilung 171a<sub>1</sub> („langfristiger“ Befall) am stärksten betroffen war. Der Median lag in diesen drei Beobachtungsjahren konstant zwischen 10 und 11,5. In Abteilung 178b („kurzfristiger“ Befall) wurden 2018 die meisten Verpuppungsnester des EPS gezählt (Median: 9 gegenüber 7 in den Vorjahren). In beiden Flächen waren die Nesterdichten so hoch, dass nach Arbeitsanweisung der NW-FVA (2015) mit einem Kahlfraß im Folgejahr zu rechnen war. Die Werte der Einzelbäume differierten insgesamt sehr stark. Die meisten Nester (34) wurden im Jahr 2018 in Abteilung 171a<sub>1</sub> gezählt. In den Jahren 2016 bis 2018 war die mittlere Nesterdichte auf den übrigen Flächen deutlich geringer. Die Mediane betragen hier maximal 1, durch die Streuung der Einzelwerte lag der Mittelwert in Mahlfuhl 2404a<sub>5</sub> in den Jahren 2016 und 2017 zwischen 3 und 4. Im Jahr 2019 wurde auf den fünf Untersuchungsflächen die höchste Nesterdichte in Mahlfuhl 3404a<sub>5</sub> (Median: 5) festgestellt. Auffällig sind die geringen Nesterzahlen im Revier Danndorf. Im Jahr 2019 sanken die Werte dieser Bestände deutlich. Im Untersuchungsbestand in Abteilung 171a<sub>1</sub> wurden maximal 5 Verpuppungsnester gezählt, in Abteilung 178b wurde kein Nest gefunden, ebenso nicht auf den Flächen Magdeburgerforth 201b<sub>2</sub> und Nauheim 18.1. Eine Abhängigkeit der Nesterdichten von den Bestandesbereichen (Zonen) war nicht zu erkennen (vgl. Tabelle II im Anhang).

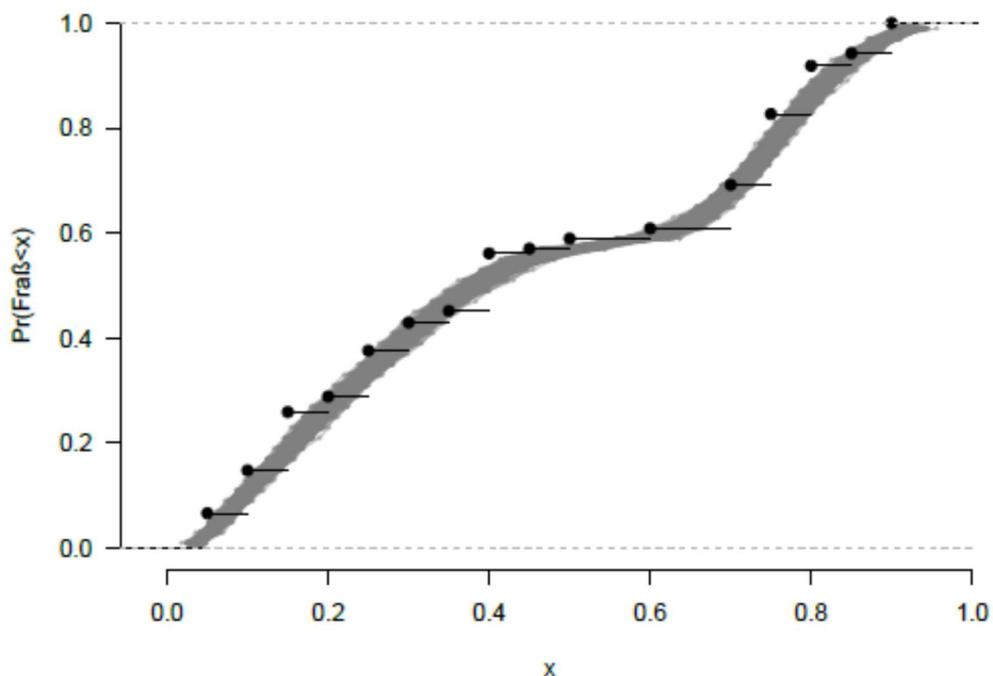


**Abbildung 31:** Zusammenhang zwischen den Fraßprozenten der Einzelbäume und der Anzahl der anschließend gebildeten Nester (2017-2018, alle Bestände)

*Rote Linie: Fraß ab 70% wird als starker Fraß bis Kahlfraß definiert (Arbeitsanweisung NW-FVA, 2020)*

Abbildung 31 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Fraß und der darauf folgenden Anlage von Verpuppungsnestern. Insgesamt ist eine Zunahme der Anzahl an Nestern je Einzelbaum mit steigenden Fraßprozenten erkennbar. Bei geringem bis mittleren Fraß wurden maximal 11 Nester pro Baum gezählt, bei Bäumen, die weniger als 20 % Fraß aufwiesen wurden gar keine Nester gefunden. Die Anzahl an Nestern, die an stark Befressene und Bäume mit Kahlfraß (Fraßprozent ab 70) angelegt wurden, streute sehr stark. Die Spanne reichte zwischen keinem Nest bis zu maximal 34 Verpuppungsnester des EPS. Die Hälfte der Bäume wiesen Nesterzahlen von mehr als 10 auf.

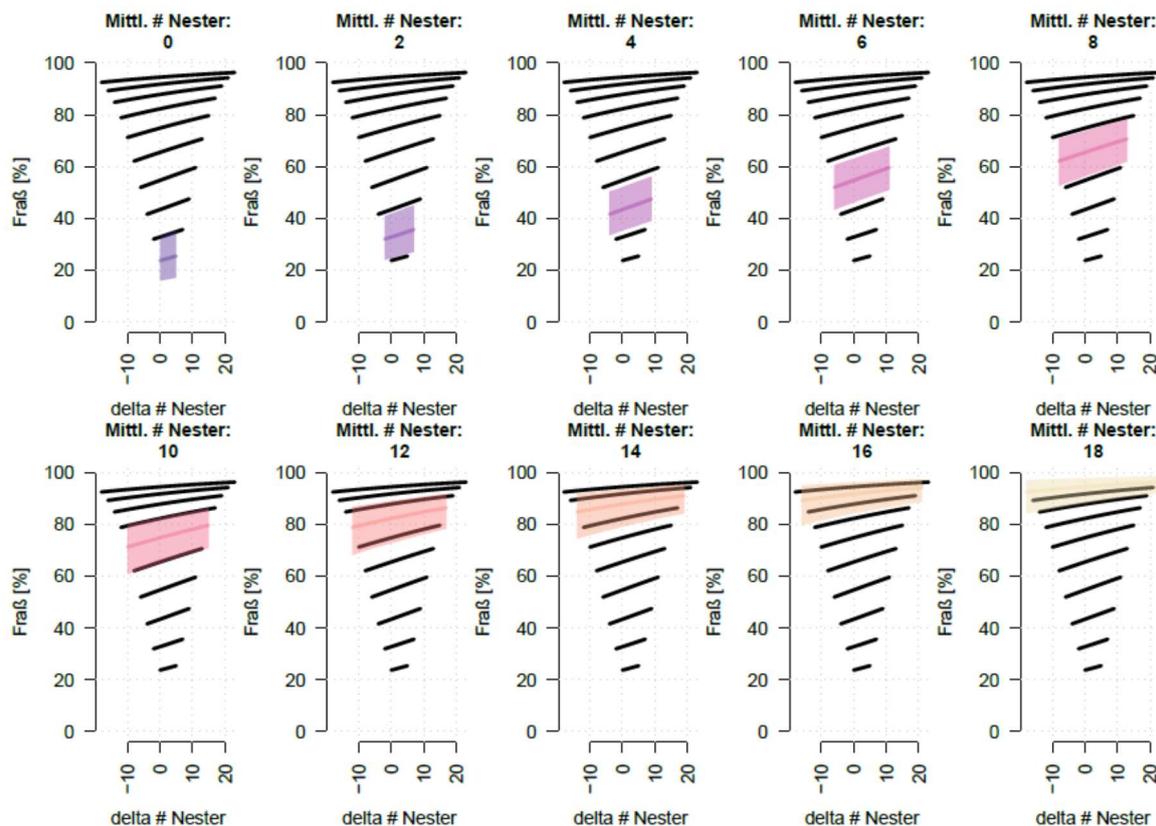
Im Rahmen des Projektes wurde der Zusammenhang zwischen der Größe einer Population (hier Anzahl der Nester) und dem Fraß des Folgejahres untersucht. Im Folgenden werden die Ergebnisse des Regressionsmodells (vgl. Kapitel 3.6) dargestellt, mit dem der Fraß des Folgejahres geschätzt wird. In die Berechnung sind die Einzelbaumwerte der Untersuchungsflächen der Jahre 2016 (Nester), 2017 (Nester und Fraß) und 2018 (Fraß) eingegangen, weil diese die stabilste Datenbesetzung aufwiesen. Der Einfluss von Witterung wurde in diesem ersten Ansatz nicht berücksichtigt.



**Abbildung 32:** Posterior Predictive Check

Zur Bewertung der Fähigkeit des Regressionsmodells, den der genutzten Messungen zugrundeliegenden Daten-erzeugenden Prozess abbilden zu können, wurde ein Posterior predictive check erzeugt und visualisiert (vgl. Abbildung 32) (GELMAN et al., 2020, Kap. 6.4). Bei diesem Posterior predictive check erfolgt ein Vergleich der empirischen Verteilung der Zielvariablen (schwarze Linien) mit der prädiktierten Verteilung an den gegebenen Kovariablenwerten aller Beobachtungseinheiten (graue Linien).

Das Sampling-basierte Verfahren erzeugt dabei in Bezug auf die genutzten Messungen und das angewendete Modell mehrere tausend Vorschläge für plausible Werte des Modell-Parametervektors. Aus jedem dieser Vorschläge ergibt sich damit eine prädiktive Verteilung, die als graue Linie auf dieselbe Weise dargestellt wird wie die empirische Verteilung (schwarze Linie). Sind nun die wesentlichen Eigenschaften der empirischen Verteilung durch die Verteilungen aus dem Modell gestützt, so ist das Modell in der Lage, einen Daten-generierenden Prozess abzubilden, der immer wieder eine Verteilung herausarbeitet, die vergleichbar ist zu der der gemessenen Werten. Der Check wäre in diesem Fall erfüllt, wie Abbildung 32 zeigt.

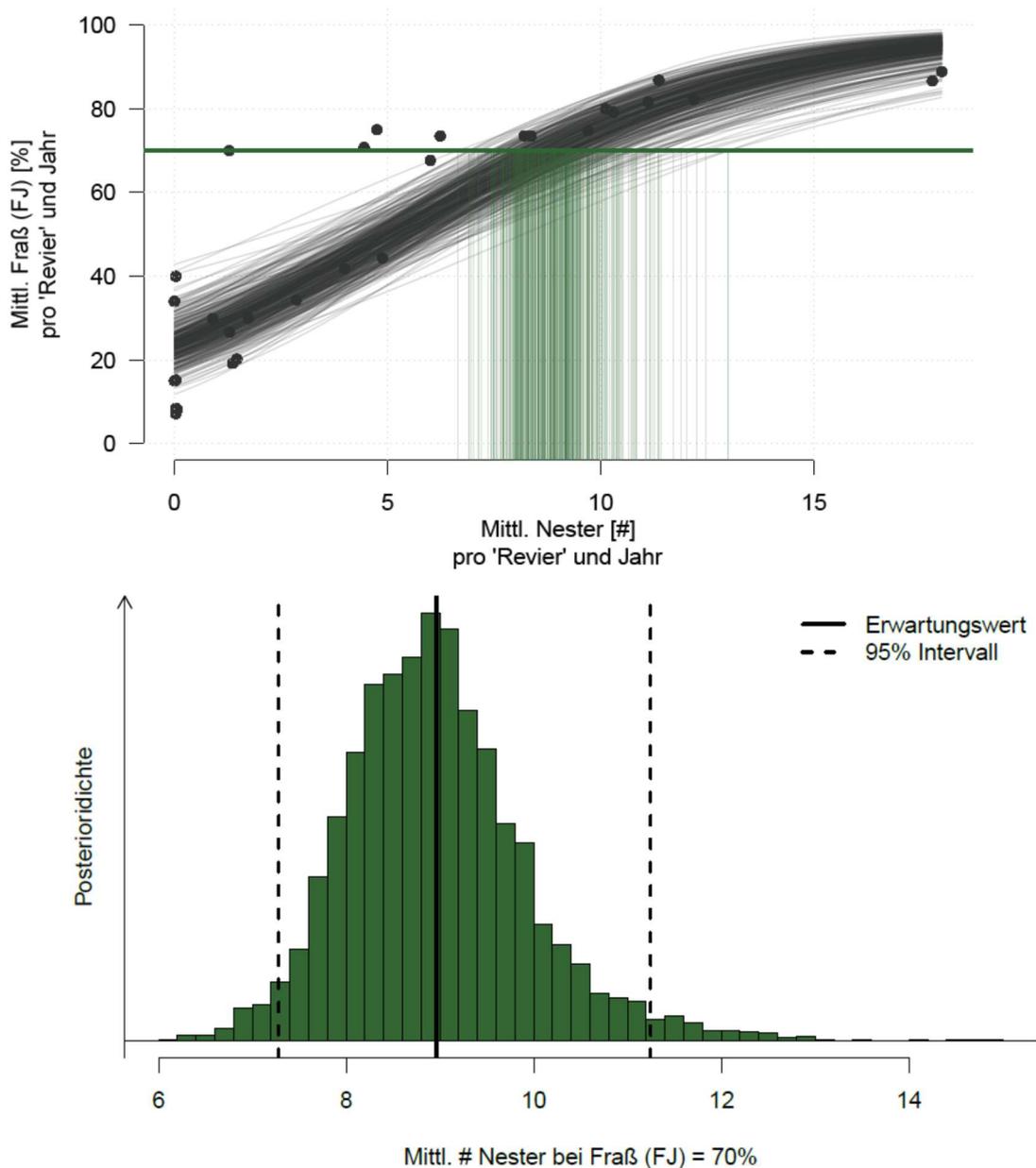


**Abbildung 33:** Bedingte Erwartungswerte  $\mu$  sowie deren 95% Posteriori-Intervall bedingt auf der abweichenden Anzahl an Nestern pro Einzelbaum (variierend auf der x-Achse) und variierende Werte (konstant pro Einzelgrafik, angenommener Wert immer als Haupttitel angegeben) der mittleren Anzahl an Nestern pro Gruppe

In Abbildung 33 sind die bedingten Erwartungswerte  $\mu$  sowie deren 95 % Posteriori-Intervalle bedingt auf der abweichenden Anzahl an Nestern pro Einzelbaum (variierend auf der x-Achse) und variierende Werte (konstant pro Einzelgrafik, angenommener Wert immer als Haupttitel angegeben) der mittleren Anzahl an Nestern pro Gruppe dargestellt. Die Gruppierungsterme werden auf ihrem Populationszentrum gleich 0 gehalten. Dargestellt (schwarze Linien) sind als Referenz auch immer die geschätzten Erwartungsverläufe für die jeweils anderen Ausprägungen der mittleren Anzahl an Nestern. Die Prognose des Modells ergibt eine Zunahme des Fraßes im Folgejahr mit ansteigender mittlerer Anzahl Nester (Buntschraffierungen in den Einzelabbildungen). Wurde von einer mittleren Anzahl an Nestern von Null ausgegangen, ergab sich mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % ein bedingter Erwartungswert zwischen 10 bis 30 % Fraß. Bei einer mittleren Anzahl von 10 Nestern wird ein Fraß von 60 bis 80 % prognostiziert, bei 18 Nestern von 90 bis 95 %. Auch die Variation der Nester von Einzelbäumen innerhalb der Gruppierungen der mittleren Nester (x-Achse der Einzelgrafiken) führt jeweils zu einem Anstieg des prognostizierten Fraßes. Die mittlere Anzahl von Nestern hat im Modell dabei den größten Einfluss auf den Fraß im Vergleich der Nester-Differenz zu diesem Mittel an einem Einzelbaum. Dieser Effekt der Differenz erscheint optisch in der Abbildung schwächer zu werden, je größer die mittlere Anzahl der Nester ist. Dies entspricht aber nicht der Wirkung wie wir sie durch die Modellierung eines Interaktionsterms kennen, sondern ist der Nicht-Linearität der logistischen Link-Funktion geschuldet.

Abbildung 34 zeigt den Verlauf für den bedingten Erwartungswert des mittleren Fraßes des Folgejahres in Abhängigkeit von der mittleren Anzahl der Nester, genestet pro Revier und Jahr. Die grüne Linie bei 70 % gibt die Grenze an, ab der starke Fraß bis Kahlfraß definiert ist (Arbeitsanweisung NW-FVA 2020).

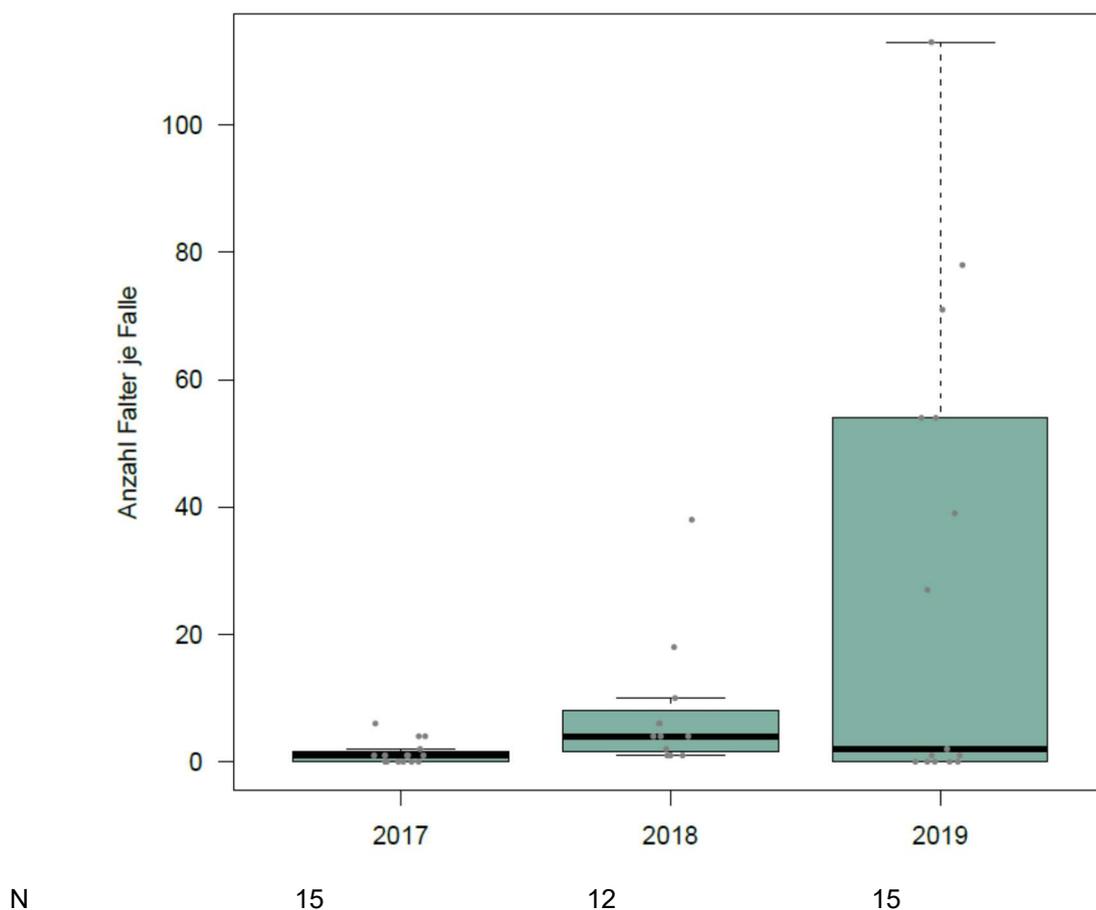
Im unteren Teil der Abbildung ist die Verteilung (posterior) angegeben, bei der bei unterschiedlicher Nesterdichte Fraßprozente von 70 und mehr erreicht werden. Der Erwartungswert liegt bei 9 Nestern, was bei der erfolgten Regression als Schwellenwert für das Eintreten eines starken Fraßes bis Kahlfraßes angenommen werden kann. Das 95%-Intervall liegt zwischen 7,5 und 11,5 Nestern.



**Abbildung 34:** Abhängigkeit des mittleren Fraßes von der mittl. Anzahl an Verpuppungsnestern zur Ermittlung eines Schwellenwertes (2016-2018, alle Bestände)  
 Grüne Linie: Fraß ab 70% wird als starker Fraß bis Kahlfraß definiert  
 (Arbeitsanweisung NW-FVA, 2020)

#### 4.4.3. Pheromonfallen

Mit Hilfe von Pheromonfallen sollten Beginn und Verlauf des Falterfluges untersucht werden. Die Erfassung männlicher Falter mit Pheromonfallen ist beim EPS ein noch nicht ausgereiftes Verfahren. Zum einen ist zu wenig über die Aktivitäten der Falter bekannt (Flugradius, Dispersionsflüge etc.), zum anderen ist die Wirkung der bisher verfügbaren Lockstoffe nicht optimal und unterscheidet sich je nach Hersteller deutlich. Die Pheromonfallen hingen am Stamm in 2 m Höhe.



**Abbildung 35:** Pheromonfallenfänge in den Jahren 2017 bis 2019 (**Standardmonitoring**); Fallen wurden in 2 m Höhe installiert

Im Jahr 2017 wurden nur sehr wenige Falter in den Fallen gefangen (vgl. Abbildung 35). Bei einem Median von eins wurden maximal 7 Falter in einer Falle gezählt. 2018 und 2019 stiegen die Fangzahlen an. Bei immer noch geringen Medianen (2018: 4; 2019: 2) differenzierten die Fänge der einzelnen Fallen. Im Jahr 2019 wurden die meisten Falter (insgesamt 440 Individuen) gefangen. In nahezu der Hälfte der Fallen wurden mehr als 25 Falter gezählt, der maximale Wert lag bei 113 Faltern pro Falle.

Tabelle 10 zeigt die Pheromonfallenfänge der einzelnen Untersuchungsflächen. Im Jahr 2017 waren bei den insgesamt geringen Fangzahlen nur marginale Unterschiede zwischen den Flächen erkennbar. 2018 wurden in den Fallen der Untersuchungsfläche im Revier Danndorf, Abteilung 171a<sub>1</sub> mit im Mittel 20,7 deutlich mehr Falter je Falle gefangen als auf den übrigen Flächen. Für die Fläche Magdeburgerforth, Abteilung 201b<sub>2</sub> liegen in diesem Jahr leider keine

Daten vor. 2019 wurden im Revier Danndorf auf beiden Flächen nahezu keine Nester gefunden. Auf den Flächen im Revier Mahlfuhl, Abteilung 3404a<sub>5</sub> und Magdeburgerforth, Abteilung 201b<sub>2</sub> wurden dagegen deutlich mehr Falter gefangen als in den Vorjahren. Im Mittel waren dies 82 (Mahlfuhl) und 55 (Magdeburgerforth) Falter je Falle. Der höchste Wert von 113 Faltern wurde in einer Falle in Mahlfuhl erreicht.

**Tabelle 10:** Pheromonfallenfänge auf den Untersuchungsflächen in den Jahren 2017 bis 2019 (Standardmonitoring) Fallen wurden in 2 m Höhe installiert

Untersuchungsfläche	2017				2018				2019			
	mean	min	max	N	mean	min	max	N	mean	min	max	N
Danndorf 171a <sub>1</sub>	2,3	1	4	3	20,7	6	38	3	0,3	0	1	3
Danndorf 178b	0,7	0	1	3	6,0	4	10	3	0,3	0	1	3
Magdeburgerforth 201b <sub>2</sub>	0,0	0	0	3	-	-	-	-	54,7	39	71	3
Mahlfuhl 3404a <sub>5</sub>	1,7	0	4	3	2,0	1	4	3	81,7	54	113	3
Nauheim 18.1	2,3	0	6	3	3,0	1	6	3	9,7	0	27	3

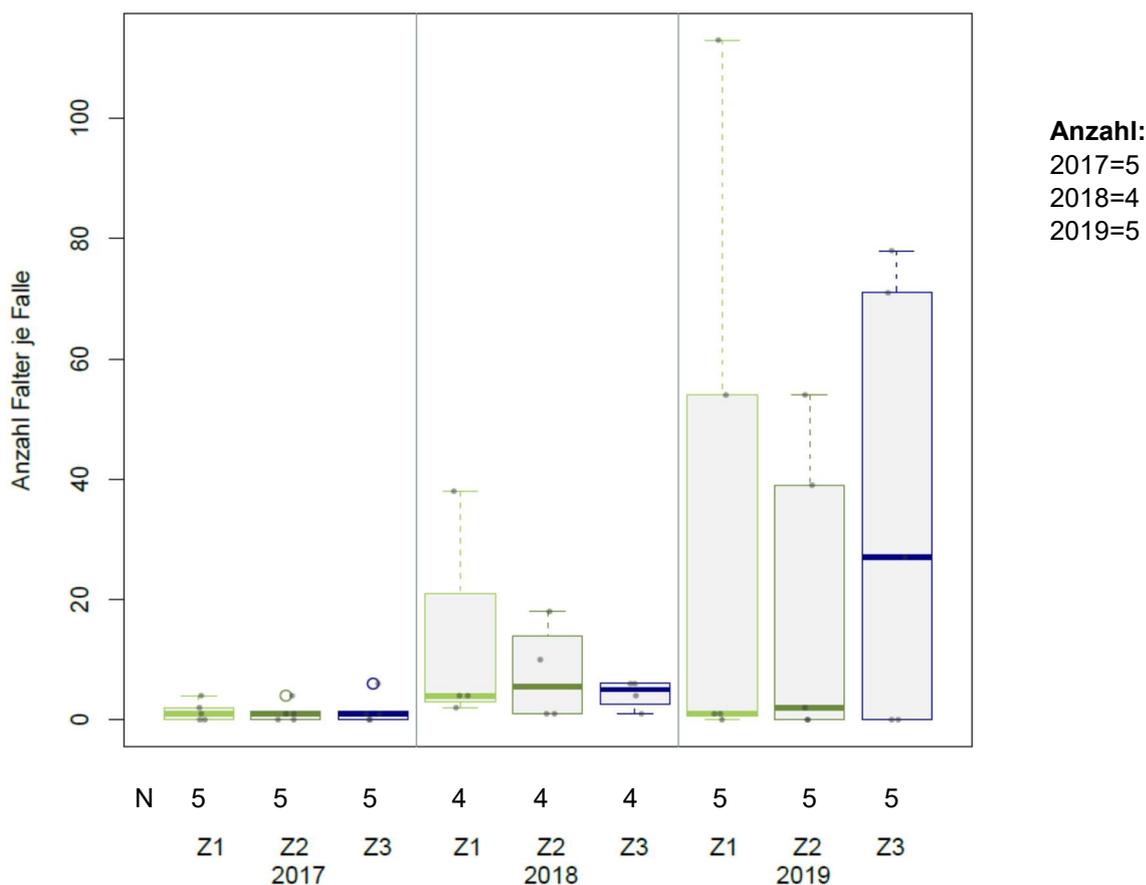
Der Zeitraum, in dem die meisten Falter flogen, unterschied sich witterungsbedingt in den einzelnen Jahren. In Tabelle 11 sind in Anlehnung an WILLIAMS ET AL. (2013) Fangzeiträume definiert und die Anzahl an gefangenen Faltern in den Untersuchungsbeständen in diesen Zeiträumen in den Untersuchungsjahren 2017 bis 2019 dargestellt.

Der Falterflug beschränkte sich insgesamt bis auf marginale Ausnahmen auf den Zeitraum vom 18. Juli bis zum 16. August. Im Jahr 2017 wurde im Fangzeitraum 3. bis 16. August die meisten Falter gefangen (Danndorf 171a<sub>1</sub>: 86 %; Danndorf 178b und Mahlfuhl 3404a<sub>5</sub>: 100 %). Eine Ausnahme bildete die Untersuchungsfläche im Revier Nauheim Abt. 18.1. Dort wurden 86 % aller in diesem Jahr gefangenen Falter im Zeitraum vom 19. Juli bis 2. August in den Fallen gezählt. In den Fallen der Fläche Magedeburgerforth, in Abteilung 201b<sub>2</sub> waren 2017 keine Falter. Im Jahr 2018 lag der Hauptfangzeitraum in allen Untersuchungsbeständen in der Zeit vom 19. Juli bis 2. August. Im Jahr 2019 war der Falterflug in den Untersuchungsbeständen unterschiedlich. In den Fallen beider Flächen im Revier Danndorf und in Nauheim waren ausschließlich vom 3. bis 16. August frequentiert. Die Untersuchungsbestände in Sachsen-Anhalt zeigten schon zwischen dem 19. Juli bis 2. August eine hohe Aktivität. 70 bzw. 59 % aller Falter wurden in Mahlfuhl, 201b<sub>2</sub> und Magdeburgerforth, 3404a<sub>5</sub> in diesem Zeitraum gefangen, die übrigen im zweiten Fangzeitraum bis zum 16. August.

**Tabelle 11:** Anzahl gefangener Falter auf den Untersuchungsflächen in den Jahren 2017 bis 2019, gestaffelt nach den Fangzeiträumen von WILLIAMS ET AL. (2013)

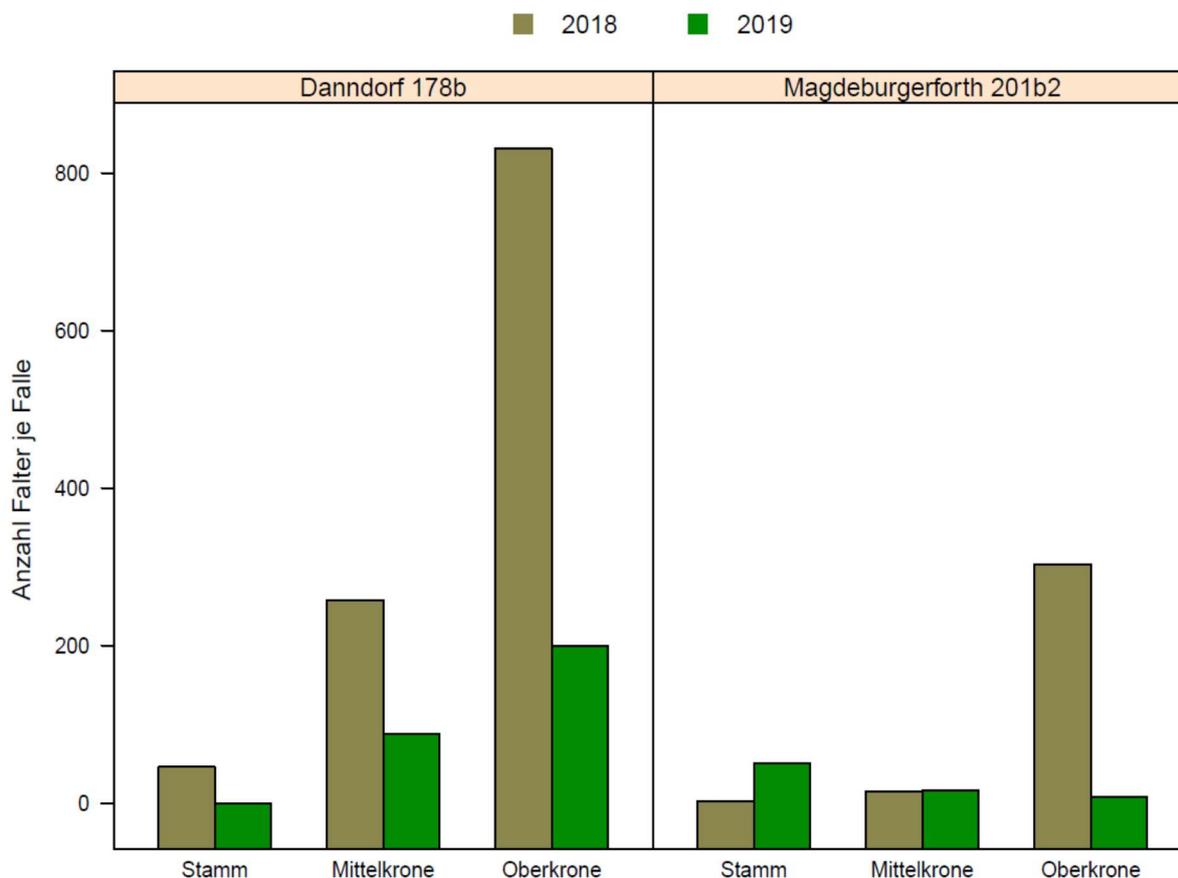
	Zeiträume (nach Williams et al. 2013)							
	19. Juli bis 2. August	3. August bis 16. August	17. August bis 30. August	31. August bis 13. September	19. Juli bis 2. August	3. August bis 16. August	17. August bis 30. August	31. August bis 13. September
<b>Untersuchungsbestand</b>	Rev. Danndorf Abt. 171 a <sub>1</sub>				Rev. Danndorf Abt. 178 b			
<b>Anzahl Falter</b>	2017				2017			
	0,3	2	0	0	0	0,7	0	0
	2018				2018			
	20,7	0	0	0	6	0	0	0
	2019				2019			
	0	0,3	0	0	0	0,3	0	0
<b>Untersuchungsbestand</b>	Rev. Mahlpfuhl Abt. 3404 a <sub>5</sub>				Rev. Magd.forth Abt. 201 b <sub>2</sub>			
<b>Anzahl Falter</b>	2017				2017			
	0	1,7	0	0	0	0	0	0
	2018				2018			
	-	-	-	-	2	0	0	0
	2019				2019			
	38,3	16,3	0	0	47,7	34	2	0
<b>Untersuchungsbestand</b>	Rev. Nauheim Abt. 18.1							
<b>Anzahl Falter</b>	2017							
	2	0,3	0	0				
	2018							
	2,7	0,3	0	0				
	2019							
	0	9,7	0	0				

Die Aufschlüsselung nach Zonen innerhalb der einzelnen Beobachtungsjahre (vgl. Abbildung 36) zeigen minimale Tendenzen bei insgesamt geringer Falterzahl im Jahr 2018. Es waren am Bestandesrand (Z1) etwas weniger Falter in den Fallen (Median: Z1=4; Z2=5,5; Z3=5). 2019 wurde dies ebenfalls beobachtet. In diesem Jahr war der Median (27) der im Bestandesinneren (Z3) gefangenen Falter deutlich höher als in den Fallen der übrigen Bestandesbereiche mit Medianen von 2 (Z1) bzw. 2 (Z2). Von einem eindeutigen Trend kann allerdings aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nicht gesprochen werden.



**Abbildung 36:** Abhängigkeit der Pheromonfallenfänge von den Zonen (Bestandesbereichen) in den Jahren 2017-2019 (**Standardmonitoring**); Fallen wurden in 2 m Höhe installiert  
 Z1: Bestandesrand; Z2: Übergangsbereich; Z3: Bestandesinneres

In Abbildung 37 sind die Fangzahlen des gesamten Fangzeitraumes der am Stamm und in der Mittel- und Oberkrone installierten Pheromonfallen (**erweitertes Monitoring**) an den Standorten Revier Danndorf (Abteilung 178 b) und Revier Magdeburgerforth (Abteilung 201 b<sub>2</sub>) in den Jahren 2018 und 2019 dargestellt. Wie im Standardmonitoring befanden sich im Revier Danndorf (Abteilung 178 b) im Jahr 2018 im Mittel aller Fallen deutlich mehr Falter (Faktor 4) in den Fallen als 2019. Es zeigte sich, dass im Vergleich zur Pheromonfalle in 2 m Höhe am Stamm in den Fallen, die sich in der Baumkrone befanden deutlich mehr Falter gefangen wurden. Ihre Anzahl in der Mittelkrone war 2018 um den Faktor 5 gegenüber dem Stamm, in der Oberkrone betrug der Faktor 18 (bzw. Faktor 3 im Vergleich zur Mittelkrone). 2019 wurden in der Falle im Stammbereich keine Falter gefunden. Demgegenüber waren es in der Mittelkrone 88 und in der Oberkrone 200, was mehr als dem Doppelten der Mittelkrone entspricht. Diese Beobachtung wurde im Jahr 2018 auch im Revier Magdeburgerforth bestätigt. Auch hier wurden in der Mittelkrone 5-mal mehr Falter gesammelt als in der Pheromonfalle am Stamm, in der Oberkrone überstieg die Anzahl die Werte der Mittelkrone noch um das 20-fache, gegenüber dem Stamm war es ein Faktor von 100. Im Jahr 2019 wurden in den Fallen dieser Untersuchungsfläche allerdings die meisten Falter in der Falle in 2 m Höhe am Stamm gefangen. In Mittel- und Oberkrone waren es demgegenüber nur 31 bzw. 16 %. Auffällig ist hier v.a. die geringe Anzahl Falter in der Pheromonfalle der Oberkrone.



**Abbildung 37:** Abhängigkeit der Pheromonfallenfänge von der Fanghöhe (Stamm, Mittelkrone und Oberkrone) am Baum auf der Untersuchungsflächen Danndorf (Abteilung 178 b) und Revier Magdeburgerforth (Abteilung 201 b<sub>2</sub>) in den Jahren 2018 und 2019 (**erweitertes Monitoring**; jeweils eine Falle je Stratum)

#### 4.4.4. Eigelegemonitoring

Im Februar der Jahre 2017-2019 wurde in den Untersuchungsbeständen in Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Hessen das unter 3.5.1 aufgeführte Monitoringverfahren zur Erfassung der Eigelegedichte (NW-FVA, 2017) durchgeführt. Tabelle 12 zeigt die Entwicklung der Eigelegezahlen je lfd. Meter der Untersuchungsflächen in den Jahren 2017 bis 2019. Im Jahr 2017 wurden auf den Untersuchungsflächen in Danndorf (Abteilungen 171a<sub>1</sub> und 178b) sowie Mahlfuhl (Abteilung 3404a<sub>5</sub>) im Mittel jeweils 0,3 Eigelege je lfd. Meter gefunden. Innerhalb der Zonen differierten die mittleren Anzahlen der Eigelege, besonders deutlich auf der Fläche in Mahlfuhl (Abteilung 3404a<sub>5</sub>). Am Bestandesrand (Zone 1) wurde der maximale Wert je Zone der drei Beobachtungsjahre mit 0,9 Eigelege je lfd. Meter festgestellt, im Bestandesinneren (Zone 3) waren es 0,1. Wie auch in den Folgejahren konnten jedoch auf den Untersuchungsflächen keine einheitlich gerichteten Unterschiede zwischen den Zonen festgestellt werden.

2018 wurde auf der Fläche in Mahlfuhl (Abteilung 3404a<sub>5</sub>) nur im Übergangsbereich (Zone 2) eine Eigelegedichte von 0,1 je lfd. Meter beobachtet, wo hingegen in den Beständen in Danndorf insgesamt ein Anstieg der Eigelegedichten (im Mittel 0,4 je lfd. m) zu verzeichnen war. In Zone 1 in Abteilung 171a<sub>1</sub> sowie in den Zonen 2 und 3 der Abteilung 178b wurde eine mittlere Eigelegedichte von 0,6 je lfd. Meter festgestellt. Im Jahr 2019 waren die

Eigelegedichten in Danndorf (Abteilung 178b) weiterhin deutlich erhöht (im Mittel 0,3). Aber auch in Mahlfuhl (Abteilung 3404a<sub>5</sub>) wurden in den Zonen zwischen 0,1 und 0,3 Eigelege je lfd. Meter gefunden. Der Bestand im Revier Danndorf (Abteilung 171 a<sub>1</sub>) konnte leider auf Grund der örtlichen Gegebenheiten im Jahr 2019 nicht mehr beprobt werden. Es war nicht möglich, die zu beprobenden Bäume aufgrund des nicht tragfähigen Bodens innerhalb des Untersuchungsbestandes per Hubarbeitsbühne zu erreichen. In den Beständen Magdeburgerforth (Abteilung 201 b<sub>2</sub>) und Nauheim (Abteilung 18.1) waren keine Eigelege vorhanden.

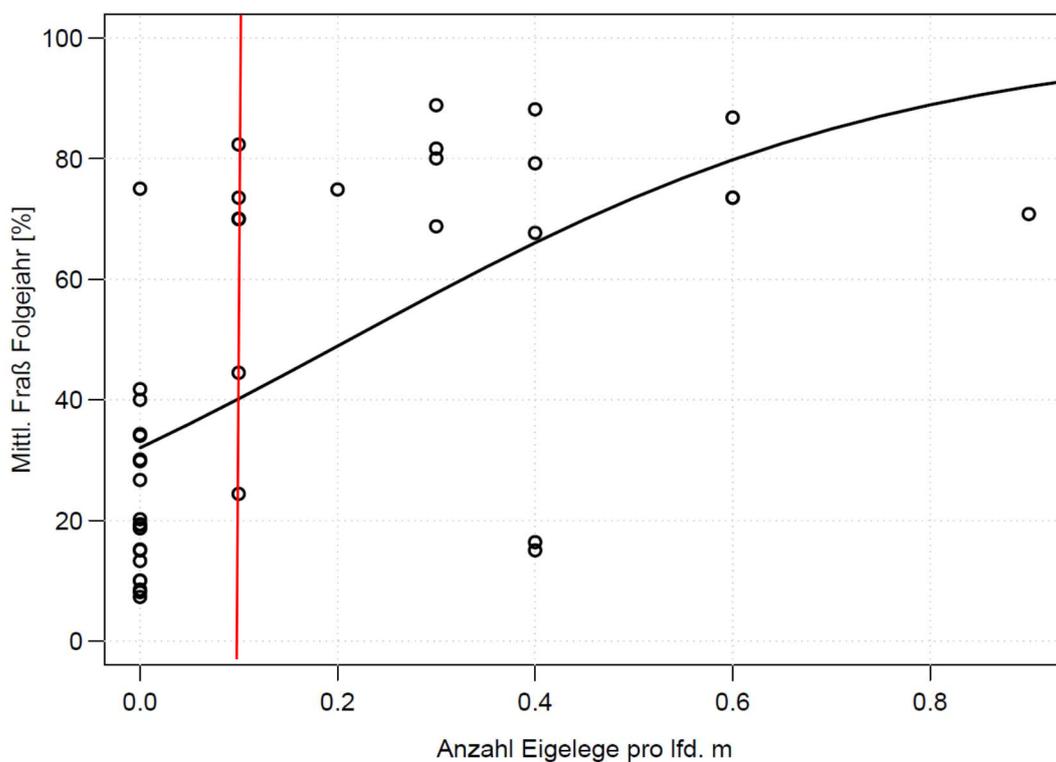
**Tabelle 12:** Entwicklung der Anzahl Eigelege je lfd. Meter (Mittelwerte) der Untersuchungsflächen in den Jahren 2017 bis 2019 (Zone 1: Bestandesrand; Zone 2: Übergangsbereich; Zone 3: Bestandesinneres)

Untersuchungsfläche	2017				2018				2019			
	MW	Zone 1	Zone 2	Zone 3	MW	Zone 1	Zone 2	Zone 3	MW	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Danndorf 171 a <sub>1</sub>	0,3	0,1	0,4	0,3	0,4	0,6	0,3	0,3	-	-	-	-
Danndorf 178 b	0,3	0,4	0,4	0,2	0,4	0,1	0,6	0,6	0,3	0,1	0,4	0,4
Magdeburgerforth 201b <sub>2</sub>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mahlpfuhl 3404 a <sub>5</sub>	0,3	0,9	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,3	0,1	0,1
Nauheim 18.1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Den Zusammenhang zwischen der Anzahl Eigelege je lfd. Meter und dem darauffolgenden Fraß zeigt Abbildung 38. Hierfür wurden die Ergebnisse der Fraßkartierung aller pro Zone bonitierten Bäume gemittelt und der Eigelegedichte der jeweiligen Zone gegenübergestellt. Die folgende Darstellung dient als grober Anhalt. Da die Eigelegezählungen nur mit Hebebühne mit entsprechend hohem Arbeitsaufwand durchgeführt werden können, war ein höheres Probenvolumen nicht realisierbar. Für die Durchführung einer statistischen Berechnung war der Stichprobenumfang zu gering.

Ein Fraß ab 70 % wird als starker Fraß bis Kahlfraß definiert (NW-FVA, 2020). In der Arbeitsanweisung zum Monitoring der Eigelege des EPS (NW-FVA, 2017) wird ab 0,1 Eigelege pro lfd. Meter Triebblänge mit einem starken Fraß bis Kahlfraß gerechnet. Grundsätzlich ist eine Zunahme des Fraßes mit steigenden Eigelegezahlen erkennbar. Oberhalb der Warnschwelle von 0,1 Eigelegen je lfd. Meter wurde, abgesehen von zwei Ausreißern, im Folgejahr ein starker Fraß bis Kahlfraß beobachtet. Es ist allerdings auch ersichtlich, dass einige Werte unterhalb der Warnschwelle liegen und trotzdem mit Fraßereignissen von  $\geq 70\%$  einhergehen. Auch wenn keine Eigelege gefunden wurden, wurde trotzdem bei der anschließenden Fraßbonitur mittlerer Fraß zwischen 10 und 40 % festgestellt, in einem Fall von 82 %. Betrachtet man in Tabelle I im Anhang die Überschreitungen des Schwellenwertes auf den Flächen und die Ergebnisse der anschließenden Fraßbonituren im Einzelnen, war im Jahr 2017 in den Beständen im Revier Mahlpfuhl ( Abt. 3404a<sub>5</sub>) (Zone 1 und 3), im Revier Danndorf (Abt. 178 b) (Zone 1-3) und im Revier Danndorf (Abt. 171 a<sub>1</sub>) (Zone 2 und 3) nach Überschreitung dieses Schwellenwertes ein starken Fraß bis Kahlfraß zu beobachten. Im Jahr 2018 traf dies im Revier Danndorf (Abt. 178 b) (Zone 2 und 3) und im Revier Danndorf (Abt. 171 a<sub>1</sub>) (Zone 1-3) ebenfalls zu. Unerwartet war hingegen der

weitgehend ausgebliebene Fraß im Jahr 2019 trotz hoher Eigelegedichten in Danndorf (Abt. 178b).



**Abbildung 38:** Darstellung des Zusammenhanges zwischen der Anzahl Eigelege pro lfd. m und dem im folgenden Jahr auftretenden, gemittelten Fraß (2017-2019; alle Bestände); rote Linie: Warnschwelle (NW-FVA 2017)

## 4.5. Witterungsverhältnisse auf den Untersuchungsstandorten

Im zurück liegenden Jahrzehnt trat eine Häufung sehr warmer Jahre auf und es war insgesamt 2°C wärmer als in den ersten dreißig Jahren des Auswertungszeitraums des DWD (seit 1881) (IMBERY ET AL. 2021). Das Jahr 2016 verlief in Deutschland mit einem Plus von 1,3 °C deutlich zu warm (DWD 2016). Weit überdurchschnittliche Niederschlagssummen im Januar und Februar und schwere Gewitter mit extremen Regenfällen Ende Mai und im Juni, folgte eine zweite Jahreshälfte, die teils erheblich zu trocken blieb. Auch 2017 war in Deutschland wieder deutlich wärmer als der vieljährige Klimawert. Dazu gab es diesmal einen leichten Überschuss bei den Niederschlägen (DWD 2017). Das Wettergeschehen zeigte im Jahresverlauf oft wenig Beständigkeit, dafür aber immer wieder extreme Ausprägungen. Im April trat ein Kälteeinbruch mit Minusgraden auf, der sich stark schädigend auf die schon sehr weit fortgeschrittene Vegetation auswirkte. Ende Mai wurde die erste Hitzewelle beobachtet. Der Sommer war im Süden sehr heiß, im Norden eher kühl. Dabei herrschte zunächst Trockenheit, im Juli und August fiel dann oft reichlich Niederschlag. Das Jahr 2018 war in Deutschland das wärmste Jahr seit Beginn der regelmäßigen Beobachtungen im Jahr 1881 (DWD 2018). Gegenüber der Vergleichsperiode 1981 bis 2010 betrug die Abweichung nach oben 1,8 °C. Gleichzeitig gehört das Jahr 2018 zu den niederschlagsärmsten Jahren seit Messbeginn. Von April bis weit in den September hinein wurden überdurchschnittlich hohe Temperaturen und gleichzeitig sehr geringe Niederschlagsmengen gemessen. Die Jahresmitteltemperatur des Jahres 2019 erreichte 10,3 °C und lag damit zusammen mit dem Jahr 2014 auf Platz zwei der wärmsten bisher beobachteten Jahre (DWD 2019). Mit dem Mai 2019 endete eine 13 Monate andauernde Periode zu warmer Monate. Im Sommer 2019 stellte sich erneut überdurchschnittlich trockene Witterung ein.

Die Auswahl der Untersuchungsgebiete hatte zum Ziel, unterschiedliche klimatische Räume abzubilden. Einen Überblick über die Temperatur- und Niederschlagssituation auf den Untersuchungsflächen während des Beobachtungszeitraumes von 2016 bis 2019 bietet Tabelle 13. Dargestellt sind die Jahrestemperaturen und –niederschläge benachbarter DWD-Klimastationen. Angegeben sind auch die jeweiligen Differenzen zum langjährigen Mittel (1981-2010). Auf die Daten der Datenlogger wurde hierfür nicht zurückgegriffen, weil diese Temperatur und Luftfeuchte direkt am Baum als Kleinstandort des EPS gemessen haben und keine Niederschlagsmessungen für den Bestand vorlagen. Außerdem wiesen sie durch Fehlfunktionen teilweise Datenlücken auf. Beim Vergleich der Stationen zeigen sich die klimatischen Gegebenheiten der Regionen. Die Klimastation Frankfurt/Main wies die höchsten Jahresdurchschnittstemperaturen, Freudenberg die höchsten Jahresniederschläge auf. Die niedrigsten Temperaturwerte zeigte Wittingen/Vorhop, am wenigsten Niederschläge sind in den östlichsten Untersuchungsbereichen in Sachsen-Anhalt (KL Demker und KL Drewitz) und Brandenburg (KL Berge) gefallen. Die Temperatur- und Niederschlagswerte der ausgewählten Klimastationen spiegeln das allgemeine Witterungsgeschehen der Jahre 2016 bis 2019 wieder. Die Jahresdurchschnittstemperaturen aller Stationen lagen über denen des langjährigen Mittels (1981 - 2010), dieses besonders ausgeprägt in den Jahren 2018 und 2019. 2018 betrug die Differenz zum langjährigen Mittel mehr als 1,3 °C. 2019 wurden v.a. in den Stationen in Sachsen-Anhalt und Brandenburg vglw. hohe Temperaturen gemessen (Differenz zum langjährigen Mittel von 1981-2010 von 1,7 bzw. 1,8 °C). Die hohen Niederschlagsdefizite 2018 waren in Frankfurt/ Main und Wittingen/Vorhop, 264 mm und 256 mm absolut gesehen besonders deutlich. In Dremker und Drewitz sind 2018 nur etwa die Hälfte Niederschläge gefallen im Vergleich zum langjährigen Mittel der Jahre 1981-2010. Aber

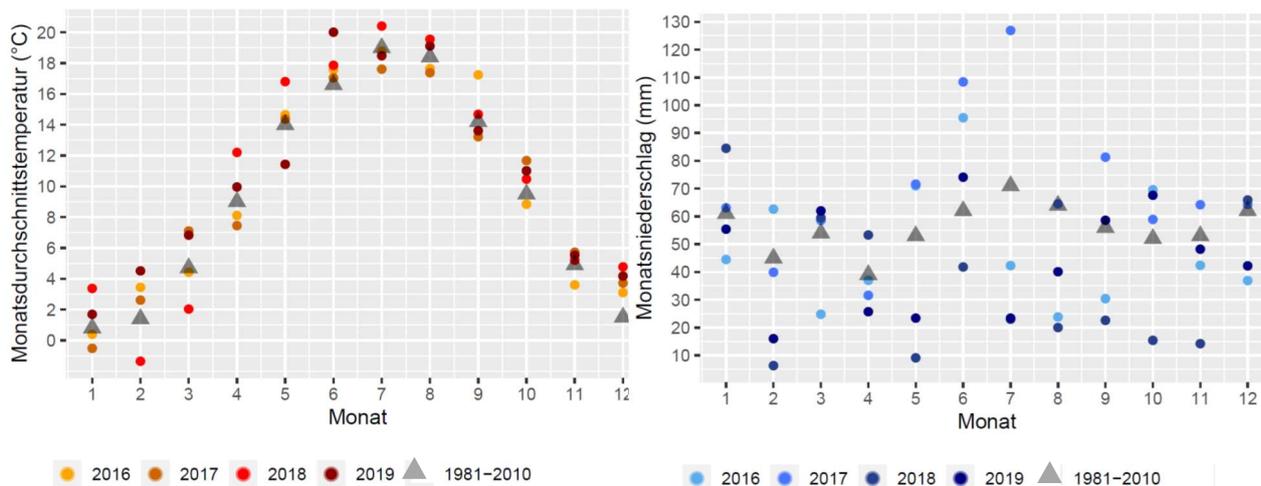
auch 2019 ergab sich eine negative Niederschlagsbilanz. 2017 sind im Vergleich zum übrigen Beobachtungszeitraum etwas höhere Niederschläge gefallen.

**Tabelle 13:** Mittelwerte der Monatsdurchschnittstemperaturen und -niederschläge den Untersuchungsflächen benachbarter DWD-Klimastationen der Jahre 2016 bis 2019 (DWD); kursiv: Differenz zum langjährigen Mittel (1981-2010)

Demker (ID 6273) =>Mahlfuhr 3404 a<sub>4</sub>; Drewitz (ID 1052 => Magdeburgerfort201 b<sub>2</sub>;  
Frankfurt/Main (ID 1420) => Nauheim 18.1; Wittingen/Vorhop (ID 7432) =>Danndorf 171a<sub>1</sub>  
und 178 b; Berge (ID 5825) =>Neustadt, Lüttgen Dreetz. 101 a<sub>2</sub> und Brieselang, Friesack, 7434 b;  
Freudenberg (ID 7187) => Stadtwald Wertheim, Dertingen

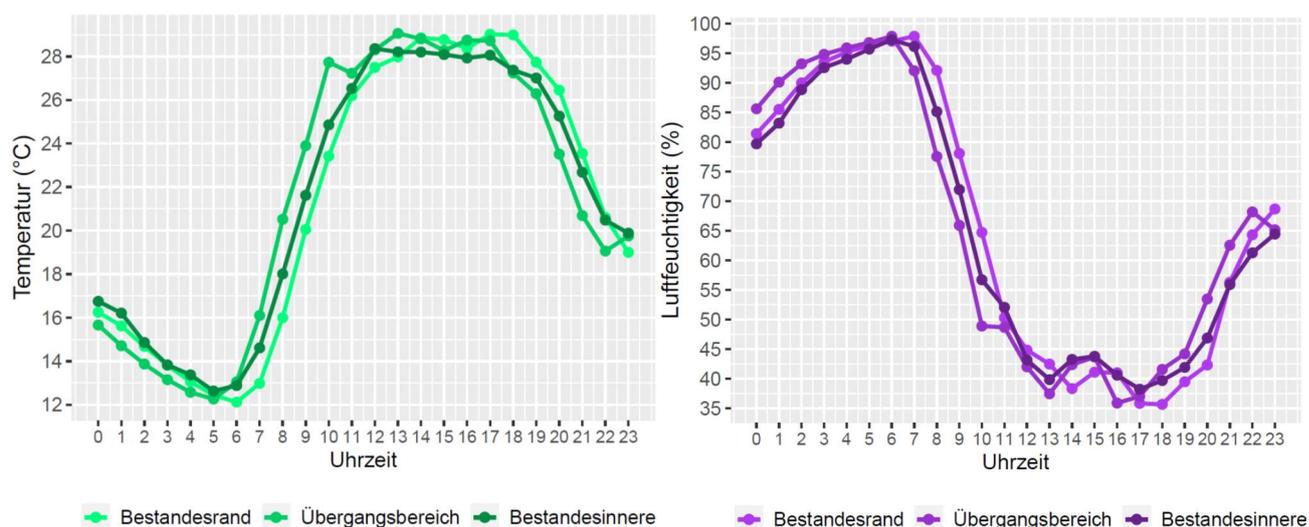
Station	Sta- tions- Key	2016		2017		2018		2019		1981-2010	
		T* (°C)	N* (mm)	T* (°C)	N* (mm)	T* (°C)	N* (mm)	T* (°C)	N* (mm)	T (°C)	N (mm)
Wittingen/ Vorhop	7432	9,8	581	9,8	833	10,5	416	10,5	537	<b>9,2</b>	<b>672</b>
		<i>0,6</i>	<i>-91</i>	<i>0,6</i>	<i>161</i>	<i>0,6</i>	<i>-256</i>	<i>0,6</i>	<i>-135</i>		
Demker	6273	10,2	458	10,2	589	11,0	286	11,2	440	<b>9,5</b>	<b>533</b>
		<i>0,7</i>	<i>-75</i>	<i>0,7</i>	<i>56</i>	<i>1,5</i>	<i>-247</i>	<i>1,7</i>	<i>-93</i>		
Drewitz	1052	10,1	525	10,1	626	11,0	342	11,1	485	<b>9,3</b>	<b>584</b>
		<i>0,8</i>	<i>-59</i>	<i>0,7</i>	<i>42</i>	<i>1,6</i>	<i>-243</i>	<i>1,8</i>	<i>-99</i>		
Frankfurt/Main	1420	11,1	662	11,2	663	12,5	401	11,7	586	<b>10,8</b>	<b>665</b>
		<i>0,3</i>	<i>-3</i>	<i>0,4</i>	<i>-2</i>	<i>1,7</i>	<i>-264</i>	<i>0,9</i>	<i>-79</i>		
Berge	5825	10,2	408	10,1	743	11,0	307	11,2	460	<b>9,5</b>	<b>515</b>
		<i>0,8</i>	<i>-107</i>	<i>0,6</i>	<i>228</i>	<i>1,5</i>	<i>-209</i>	<i>1,7</i>	<i>-55</i>		
Freudenberg	7187	10,1	657	10,2	831	11,3	601	10,7	730	<b>9,4</b>	<b>760</b>
		<i>0,7</i>	<i>-123</i>	<i>0,8</i>	<i>51</i>	<i>1,8</i>	<i>-179</i>	<i>1,3</i>	<i>-50</i>		

Am Beispiel der Klimastation Wittingen/Vorhop sind in Abbildung 39 die Durchschnittstemperaturen und Niederschlagssummen einzelner Monate in den Jahren 2016 bis 2019 und im Vergleich hierzu die Werte der Jahre 1981-2010 dargestellt. Die Temperaturgrafik verdeutlicht die hohen Temperaturen der meisten Monate in diesem Zeitraum. Herausfallen ein vglw. kühler Februar und März im Jahr 2018 und ein kalter Mai 2019. In Wittingen/Vorhop waren die Niederschlagsmengen im Vergleich zu den anderen aufgeführten Klimastationen höher. Innerhalb der Monate und Jahre waren größere Schwankungen zu verzeichnen. Auffallend sind die niedrigen Niederschläge im Jahr 2018. Der Juni und Juli 2017 wiesen vergleichsweise hohe Niederschläge von mehr als 100 mm auf.



**Abbildung 39:** Monatsdurchschnittstemperaturen (°C) und Monatsniederschläge (mm) der DWD-Station Wittingen-Vorhop (ID 7432) der Jahre 2016 bis 2019 und langjähriges Mittel (1981-2010)

Durch die kleinräumige Erfassung von Witterungsinformationen mit Datenloggern (vgl. Kapitel 3.3) sollten Aussagen zum Klima innerhalb der Untersuchungsbestände getroffen werden. Ziel war es, Unterschiede bei Temperatur und Luftfeuchte innerhalb des Gradienten Bestandesrand zu Bestandesinnerem und am Baum zwischen Stamm und Krone aufzuzeigen. Ausgewählt wurden bei den folgenden Darstellungen die Messdaten vom 17. Juli 2018 der Untersuchungsfläche Danndorf (Abteilung 178 b), einem heißen Sommertag mit großem Temperaturgradienten. In den Folgetagen wurden die ersten männlichen Falter in den Pheromonfallen beobachtet.



**Abbildung 40:** Tagesverlauf von Temperatur (°C) und Luftfeuchtigkeit (%) in unterschiedlichen Bestandesbereichen (Bestandesrand Z1, Übergangszone Z2, Bestandesinnere Z3) auf der Untersuchungsfläche in Danndorf, Abteilung 178b am 17.07.2018

Abbildung 40 zeigt den Tagesverlauf von Temperatur (°C) und Luftfeuchtigkeit (%) in den Bestandesbereichen Waldrand, Übergangszone und Bestandesinnere. Der Bestandesrand war Nord-Ost exponiert. Die Logger waren am Stamm in 2 m Bodenhöhe angebracht. Die

niedrigsten Temperaturen an diesem Tag (12-13 °C) wurden zwischen 5 und 6 Uhr morgens gemessen, die höchsten (28-29 °C) zwischen 12 und 17 Uhr. Während der heißen Stunden war es im Bestandesinneren etwas kühler als am Bestandesrand, bei absinkenden Temperaturen hielt sich die Wärme im geschützten Inneren des Bestandes etwas länger als am Rand. Gegenüber der Temperatur zeigte die Luftfeuchte einen gegensätzlichen Verlauf. Die höchsten Werte mit nahezu 100 % selbst an einem so heißen Tag wurden zwischen 6 und 7 Uhr erreicht, die niedrigsten mit 35 % zwischen 13 und 18 Uhr. Während der Mittags-/Nachmittagswärme war die Luftfeuchte erwartungsgemäß im Bestandesinneren etwas höher, am restlichen Tag niedriger als am Waldrand. Insgesamt sind die Unterschiede allerdings gering.

Beim Vergleich des Tagesverlaufes von Temperatur (°C) und Luftfeuchte (%) zwischen Stamm (2m Bodenhöhe) und Krone (vgl. Abbildung 41) sind die fast durchweg höheren Temperaturen in der Krone zu erkennen. Die Differenzen sind etwas höher zwischen den Bestandesbereichen. Lediglich in den kältesten Stunden zwischen 5 und 6 Uhr unterscheiden sie sich nicht. Die Luftfeuchte verhält sich wieder reziprok, in der Krone sind mit Ausnahme des Zeitfensters 5 bis 6 Uhr die Werte in der Krone etwas niedriger als am Stamm. Während in der Krone im Minimum 35 % erreicht werden, sind es am Stamm 40 %.



**Abbildung 41:** Tagesverlauf von Temperatur (°C) und Luftfeuchtigkeit (%) in der Krone und am Stamm (2m Bodenhöhe) auf der Untersuchungsfläche in Danndorf, Abteilung 178b am 17.07.2018

## 5. Diskussion

Obwohl zwischen verstärkt auftretenden Massenvermehrungen des Eichenprozessions-spinners (EPS; *Thaumetopoea processionea*) und dem Klimawandel bisher kein linearer Zusammenhang nachgewiesen werden konnte (ROQUES 2015; SANDS 2017; DAMESTOY 2019), ist in Zukunft nicht mit einer Abnahme des Auftretens des EPS als Eichenschädling zu rechnen (CUSTERS 2003). Insbesondere in Bezug auf nordeuropäische Waldbestände ist zukünftig eine Ausbreitung von EPS-Gradationen auf bisher unbesiedelte Räume anzunehmen (BAKER 2009; GODEFROID ET AL. 2020; POCKOCK ET AL. 2017). Die wärmeliebende Schmetterlingsart ist neben dem Biozidbereich (Gesundheitschutz) zunehmend ein Problem des Waldschutzes. Neben der Schädigung oder existenziellen Bedrohung von Eichenwäldern, beeinträchtigt die Gesundheitsgefährdung aufgrund der allergenen Belastung durch die Raupenhaare die Erholungsfunktion sowie die Bewirtschaftung der betroffenen Wälder in hohem Maße (DELB ET AL. 2005; LOBINGER 2009; MÖLLER 2010; HABERMANN 2012; BRÄSICKE 2013).

Im Rahmen des Verbundprojekts „ModEPSKlim“ sollte ein Online-Frühwarnsystem zur regional differenzierten Einschätzung der aktuellen Entwicklungsbedingungen (Phänologie) und Populationsdichten des EPS sowie der daraus resultierenden Gefahren für den Wald und die menschliche Gesundheit entwickelt werden.

Ziel des Teilvorhabens (TP2A) waren Erhebungen wichtiger phänologischer Daten und korrespondierender Populationsdichten des EPS sowie Untersuchungen des Einflusses seiner natürlichen Gegenspieler unter unterschiedlichen klimatischen Bedingungen in verschiedenen Regionen Deutschlands. Hierzu wurden neun Flächen in den Bundesländern Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Hessen, Brandenburg und Baden-Württemberg ausgewählt. Der Schwerpunkt der Untersuchungen fand in den Flächen statt, die im Zuständigkeitsbereich der Trägerländer der NW-FVA (Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Hessen) liegen.

### 5.1. Phänologie

Im Rahmen der Untersuchungen wurden durchschnittlich 132 Eier des EPS je Eigelege gefunden. SCHWENKE (1978) gibt Spannen von 30 bis 300 Eiern an. NÜSSLIN & RHUMBLER führen 1922 in ihrem Lehrbuch 100 bis 200 Eier für ein durchschnittliches Gelege an. WAGENHOFF ET AL. (2014) hat in seiner Untersuchung die Eizahl bestimmt, mit dem Ziel, einen Hinweis auf die Fertilität (mittlere Eizahl je Gelege) und somit auf die Fitness der Weibchen zu erlangen. Dieser Rückschluss ist möglich, da die Weibchen in der Regel ihren gesamten Eivorrat in einem Gelege ablegen. Je nach Beobachtungsjahr schwankte die Anzahl zwischen 66 und 111.

Abhängig von den Frühjahrstemperaturen schlüpfen die EPS-Raupen zwischen Anfang April und Anfang Mai aus im Vorjahr abgelegten Eiern (GROENEN & MEURISSE 2012; WAGENHOFF ET AL. 2014; CUSTERS 2003). Der Schlupfzeitpunkt fällt in der Regel mit dem Zeitpunkt des Blattaustriebes zusammen (WAGENHOFF & VEIT 2011; STIGTER ET AL. 1997; VALDÉS-CORRECHER ET AL. 2020), allerdings sind immer häufiger Abweichungen zu beobachten (STIGTER 2005). Die Fähigkeit der Eiräupchen 2–3 Wochen andauernde Hungerphasen zu überstehen, wurde inzwischen belegt (MEURISSE ET AL. 2012). Über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg (2017 bis 2019) lag die Schlupfrate der Eiraupen bei über

80 %. Hohe Schlupfraten werden auch von anderen Autoren beschrieben (LOBINGER 2009; MÖLLER 2010; WAGENHOFF ET AL. 2014).

Die verwendeten Modelle zur Schätzung des Schlupfzeitpunktes lieferten Ergebnisse, die mit den Beobachtungen weitestgehend gut korrelierten. Die Modelle von CUSTERS (2003) und WAGENHOFF et al. (2014), die relativ einfache Rechenalgorithmen beinhalten, liefern im Vergleich die beste Prognose. Eine Kombination der Modelle wäre zukünftig empfehlenswert. Abweichungen im Jahr 2019 waren überwiegend durch die verwendeten Eingangsdaten begründet. Aufgrund von Datenlücken bei den Temperaturloggern auf den Untersuchungsflächen, wurden DWD-Daten bzw. Daten von KACHELMANNWETTER benachbarter Wetterstationen genutzt. Diese geben allerdings nur unzureichend die mikroklimatischen Verhältnisse auf den Untersuchungsflächen wieder.

Die larvale Entwicklung (L1-L6) fand in den Jahren 2017 bis 2019 jeweils im Zeitraum vom Raupenschlupf Anfang April bis zur Verpuppung Ende Juni statt und entsprach im wesentlichen den Angaben in der Literatur (DISSESCU & CEIANU 1968; BRÄSICKE 2013; HALBIG 2019, unveröffentlicht). Die Zuordnung zu einzelnen Larvenstadien orientierte sich an den Breiten der Kopfkapseln (DISSESCU & CEIANU 1968). Bis Ende April befanden sich alle Raupen im 1. Larvalstadium. Auffallend ist das heterogene Auftreten verschiedener Stadien zwischen der 19. und 21. KW. In der 19. KW waren fünf Larvalstadien parallel vertreten, mit einem überwiegenden Anteil im 3. Larvenstadium. In der 21. KW wurden parallel vier Larvenstadien (L3 bis L6) untersucht. Anfang Juni befanden sich die Raupen, bis auf wenige L5-Stadien, ausschließlich im sechsten Larvalstadium. Eine detaillierte Auswertung auf der Ebene der Untersuchungsflächen war aufgrund des Beobachtungsinteralls (alle zwei Wochen) leider nicht möglich. Bei zukünftigen Untersuchungen sollte das Beobachtungsintervall auf einen wöchentlichen Abstand verkürzt werden.

Der Beginn des Falterschlupfes variierte auf den Untersuchungsflächen in den Jahren 2017 bis 2019 in einer Spanne von Mitte Juli bis Mitte August. Dabei gab es sowohl Unterschiede zwischen den Beobachtungsjahren als auch zwischen den Flächen. Im Jahr 2018 fand der Beginn des Falterschlupfes teilweise einen Monat früher statt als 2017, im Vergleich zu 2019 ca. drei Wochen. 2017 und 2018 schlüpfen die Falter in Nauheim früher als auf den übrigen Flächen, wobei die Differenz 2017 größer war (eine Woche) als 2018 (drei Wochen). 2019 war es die Fläche Magdeburgerforth, auf der die Falter zuerst in den Fallen gefunden wurden. Die kürzeren Entwicklungszeiten und der somit frühere Falterschlupf werden auf klimatische Faktoren zurückzuführen sein. Die trocken-warme Witterung im Jahr 2018, v.a. in den Monaten April bis September (vgl. Kapitel 4.5) können die kürzere Entwicklungszeit und somit den früheren Falterschlupf begünstigt haben. Dieser Faktor spielt nach PETERCORD ET AL. 2008 und BRÄSICKE (2013) eine wichtige Rolle. Im Vergleich der Untersuchungsstandorte weist die Region in der die Untersuchungsfläche Nauheim 18.1 liegt, höhere Jahresdurchschnittstemperaturen auf (DWD).

## 5.2. Populationsdynamik

Um Schwankungen innerhalb der Population in den Untersuchungsbeständen feststellen zu können, wurde mit Hilfe in der Praxis üblicher Monitoringverfahren (Nesterzählungen, Überwachung mit Pheromonfallen, Eigelegezählungen und Fraßkartierungen) die

Populationsdynamik bzw. der zu erwartende Befallsdruck bestmöglich erfasst. Bei der Flächenauswahl wurde differenziert zwischen lang- und kurzfristigem Befall.

Nesterzählungen sind die erste Stufe des mehrstufigen Monitoringverfahrens, um das Fraßgeschehen im Folgejahr prognostizieren zu können. In der Praxis werden Bestände erfasst, die bereits durch erhöhte Fraßaktivitäten des EPS in Mitleidenschaft auffällig geworden sind und in denen die Gefährdung für das Folgejahr abgeschätzt werden soll (NW-FVA 2015). Eingangsgröße zur bestandesweisen gutachtlichen Bewertung des Fraßdrucks durch den EPS ist der Mittelwert der gefundenen Nesterdichte pro Baum. Mit einem Kahlfraß im Folgejahr wird in einem Bestand der Arbeitsanweisung der NW-FVA (2015) folgend gerechnet, wenn die mittlere Anzahl an Nestern je Einzelbaum mindestens 6 bzw. 9 Nestern liegt.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über das Populationsgeschehen einzelner Entwicklungsstadien des EPS auf den Untersuchungsflächen in den Jahren 2016 bis 2019. In ihrer Farbintensität gestaffelt sind die in der Praxis verwendeten Stufen der einzelnen Überwachungsverfahren (NW-FVA 2015, 2017, 2020). Der Einsatz von Pheromonfallen ist ein noch nicht etabliertes Verfahren, somit liegen hier keine validierten Schwellenwerte vor. Um Tendenzen aufzuzeigen, wurde nachfolgend zwischen weniger als zehn und mehr als zehn männliche Falter je Falle (in 2 m Höhe) unterschieden.

**Tabelle 14:** Übersicht über das Populationsgeschehen der einzelnen Entwicklungsstadien des Eichenprozessionsspinners auf den Untersuchungsflächen in den Jahren 2016 bis 2019

Untersuchungsjahr	Danndorf 171a <sub>1</sub> (langfristiger Befall)				Danndorf 178b (kurzfristiger Befall)				Mahlfuhl3404a <sub>5</sub> (kurzfristiger Befall)				Magdeburgerforth201b <sub>2</sub> (langfristiger Befall)				Nauheim 18.1 (langfristiger Befall)			
	Nester	Falter in Pheromonfallen	Eigelege	Fraß	Nester	Falter in Pheromonfallen	Eigelege	Fraß	Nester	Falter in Pheromonfallen	Eigelege	Fraß	Nester	Falter in Pheromonfallen	Eigelege	Fraß	Nester	Falter in Pheromonfallen	Eigelege	Fraß
2016	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2017	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2018	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2019	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Farbintensität jeweils gestaffelt nach Einschätzung des mehrstufigen Monitoringverfahrens (NW-FVA 2015, 2017, 2020); grau: es lagen keine Daten vor

Mittl. Nesterzahl je Baum: ■ Stufe 1: bis 3; ■ Stufe 2: 3-6; ■ Stufe 3: >6

Anzahl Falter in Pheromonfallen: ■ < 10 Falter; ■ ≥10 Falter je Falle (derzeit keine Schwellenwerte)

Anzahl Eigelege: ■ < 0,1; ■ ≥ 0,1 (Schwellenwert)

Fraß: ■ <10 %: kein Fraß; ■ 10-30 %: geringer Fraß; ■ 30-70 %: mittlerer Fraß; ■ ≥70 % starker Fraß bis Kahlfraß

Zu Beginn der Untersuchungen im Jahr 2016 wurden auf den Flächen Nesterzählungen durchgeführt. Vor allem im Revier Danndorf in Niedersachsen waren hohe Nesterdichten zu verzeichnen, in einem Ausmaß, das eine Bestandesgefährdung im Folgejahr erwarten ließ. In Nauheim in Hessen waren es im Mittel vier Nester, in den Flächen in Sachsen-Anhalt waren es deutlich weniger. Das Fraßgeschehen im Folgejahr 2017 zeigte, abgesehen von der Fläche in Nauheim, mittleren (Magdeburgerforth 201b<sub>2</sub>) bzw. starken Fraß bis Kahlfraß (Danndorf 171a<sub>1</sub> und 178b sowie Mahlfuhl 3404a<sub>5</sub>). Im Revier Danndorf wurden in diesem Jahr auf beiden Flächen die Warnschwellen bei den Nester- und Eigelegezählungen überschritten, in Mahlfuhl 3404a<sub>5</sub> die der Eigelegezählungen. Auf den übrigen Flächen wurden geringere Dichten

beobachtet. Auffällig hohe Populationsdichten, die sich in allen Monitoringverfahren wieder spiegeln und zu starkem Fraß bis Kahlfraß führten, waren 2018 im Revier Danndorf zu verzeichnen. Auch in den Pheromonfallen wurden in diesem Jahr vermehrt männliche Falter gefangen. In Mahlfuhl 2404a<sub>5</sub> wurde die Warnschwelle bei den Eigelegten überschritten und ein mittlerer Fraß beobachtet. Auch die Eigelegezählung zu Jahresbeginn 2019 deutete wieder auf ein anstehendes intensives Populationsgeschehen in Danndorf hin. Zu beobachten war dann ein mittlerer Fraß und eine wider Erwarten auffällig geringere Nesterbildung. Demgegenüber war in Mahlfuhl 3404a<sub>5</sub> nach Überschreiten der Warnschwelle bei den Eigelegten ein starkes Fraßgeschehen und nach Erreichen mittlerer Nesterzahlen von fünf, welche nur knapp unter der Schwelle lagen, eine Bestandesgefährdung zu erwarten. In den Flächen Magdeburgerforth und Nauheim wurden geringere Populationsdichten beobachtet. Anstiege der Falterzahlen in den Pheromonfallen in Sachsen-Anhalt im Jahr 2019 könnten auf eine Erhöhung der Populationsdichten im Jahr 2020 hindeuten, deren Erfassung aber nicht mehr im Untersuchungszeitraum des Projektes lag.

Im Revier Danndorf kann auf beiden Flächen in den Jahren 2017 und 2018 von einer Gradationsphase ausgegangen werden, ebenso in Mahlfuhl in vergleichsweise etwas geringerer Intensität. Begünstigt wurde diese von der sehr warmen Witterung dieser Jahre. Gründe, warum die Populationsentwicklung in Magdeburgerforth und Nauheim bei ebenso günstigen klimatischen Bedingungen auf niedrigerem Niveau ablief, könnten durch das jüngere Bestandesalter dieser Untersuchungsflächen begründet sein. Die Verbreitung von Waldinsekten ist räumlich und zeitlich komplex (LIEBHOLD ET AL., 1993). SAND (2017) wies eine Abhängigkeit der Anzahl Nester von der Bestandesdichte nach. Diese ist in jüngeren Beständen entsprechend höher als in Älteren. Eine Reduktion der EPS-Population auf den Untersuchungsflächen im Revier Danndorf im Jahr 2019 könnte durch niedrige Temperaturen im Mai 2019, v.a. in der ersten Hälfte, mit verbreiteten Nachtfrösten verursacht worden sein. In der dem Revier Danndorf benachbarten DWD-Station Wittingen/Vorhop (Stations-ID 7432) wurden an drei aufeinander folgenden Tagen (04.05.2019-06.05.2019), sowie am 13.05.2019 Minimumtemperaturen deutlich unter dem Gefrierpunkt verzeichnet. Im Gebiet des Revieres Mahlfuhl (DWD-Station Demker; Stations-ID 6273) war es demgegenüber etwas wärmer, Nachtfröste gab es an zwei einzelnen Tagen mit Temperaturen knapp unter dem Gefrierpunkt. Zu den wichtigsten Faktoren einer erhöhten Mortalität von Eiräupen zählt SCHWENKE (1978) ungünstige Witterung. SCHWERDTFEGER (1941) beschreibt Platzregen und Temperatureinbrüche im Frühjahr als Ursache für die Populationseinbrüche. Dass Extremwetterereignisse wie Spätfröste, Stürme, lange und starke Regenperioden die Population des EPS maßgeblich beeinflussen können, beschreiben auch FEICHT & WEBER (2012). WAGENHOFF & VEITH (2011) vermuteten kühle und feuchte Witterungsbedingungen im Mai 2010 als Ursache, dass ein Fraßgeschehen verhindert wurde. Niedrige Wintertemperaturen von unter -20 °C haben demgegenüber keinen Einfluss auf die Mortalität der Eiräupchen (BATTISTI ET AL. 2005). Kleineräumige, regionale Unterschiede könnten unterschiedliche Populationsentwicklungen auf den Untersuchungsflächen des Projektes erklären, auch wenn die Temperaturverhältnisse sich nicht wesentlich unterschieden. Ob Abwanderungsbewegungen nach erfolgtem Kahlfraß, wie sie in anderen Untersuchungen beschrieben wurden (WAGENHOFF ET AL. 2014), eine Rolle spielten, kann nicht belegt werden, erscheint aber unwahrscheinlich. Weitere Erklärungsansätze ergeben sich nicht aus den durchgeführten Untersuchungen. Dass zunächst Waldränder bei der Besiedlung durch den EPS bevorzugt werden, wird von FURTH & HALPERIN (1979), JANS & FRANSSSEN (2008), MÖLLER (2010) und SAND (2017) beschrieben. Auch bei im Rahmen des Projektes „Ausbreitung des Befalls und Wiederbesiedelung von Waldflächen

durch den Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea* L.)“ (NW-FVA 2020, bisher unveröffentlicht) durchgeführten Untersuchungen konnte eine Bevorzugung von Bestandesrändern beim Nesterbau beobachtet werden. Im Gegensatz hierzu war in der vorliegenden Untersuchung eine Abhängigkeit der Nesterdichten von den Bestandesbereichen (Zonen) nicht zu erkennen. Auch bei den Eigelegezählungen wurden zwischen Bestandesrand und Bestandesinnerem keine eindeutigen Unterschiede festgestellt, ebenso ließ sich keine Präferenz hinsichtlich der Position der Pheromonfallen im Bestand erkennen. Im Vergleich zu den Fallen in 2 m Höhe im Stammbereich wurden in den Pheromonfallen im Kronenraum jedoch deutlich mehr Falter gefangen (94,5 % der Gesamtfangzahlen), davon 74 % in der Oberkrone. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen WILLIAMS et al. (2013) im Rahmen von Beobachtungen aus Großbritannien. Dort wurden mit bodennahen (3-5 m Fanghöhe) Fallen nur 4,8 % aller Falter gefangen. Dagegen wurden in kronennahen (10-15 m Fanghöhe) Fallen 76,6 % der Falter festgestellt. Der Rest von 18,6 % entfiel in dieser Untersuchung auf Fallen in 5-10 m Höhe. Die vergleichsweise hohe Anzahl an Faltern in den Pheromonfallen im Kronenraum wird dadurch begründet sein, dass sich die Imagines überwiegend im Kronenbereich der Bäume aufhalten. Tagsüber verbergen sich die Falter in den Baumkronen und fliegen nachts im Wipfelbereich (SOBCZYK 2014). Darüber hinaus kann die erhöhte Aktivität der Falter im Kronenraum auch durch die dort höheren Temperaturen begünstigt worden sein (vgl. Kapitel 4.5).

DISSESCU & CEIANU (1968) gehen von einer Progradationsdauer von drei bis vier Jahren aus, die anschließende Kulminationsphase soll bis zu sechs Jahren dauern, so dass von einem Gradationszyklus von maximal 10 Jahren auszugehen sei. JUDEICH & NITSCHKE (1895) erwähnen eine kürzere Gradationszeit: „meist scheint ein Prozessionsspinnerfraß nicht länger als zwei Jahre hintereinander zu dauern.“ In der vorliegenden Untersuchung konnte zwischen der Länge der Befallsdauer vor Untersuchungsbeginn (lang- oder kurzfristig) und der weiteren Populationsentwicklung kein eindeutiger Zusammenhang festgestellt werden. Entscheidend für eine Vorhersage von Fraßereignissen ist der Zusammenhang zwischen der Größe einer Population und dem Fraß des Folgejahres. Hierfür liefern Informationen aus mehrstufigen Monitoringverfahren wichtige Bausteine. **Nesterzählung** ist beim EPS die erste Stufe des Verfahrens.

In den durchgeführten Untersuchungen zeigte sich eine Abhängigkeit der Nesterzahl vom zuvor erfolgten Fraßgeschehen. Die Hälfte der Bäume, die an stark befallenen Bäumen und Bäumen mit Kahlfraß (Fraßprozent ab 70) angelegt wurden, wiesen Nesterzahlen von mehr als 10 auf, womit sie die definierte Warnschwelle der NW-FVA überschritten. Die Anzahl an Nestern je Baum streute allerdings stark. Die Spanne reichte zwischen keinem Nest bis zu maximal 34 Nestern je Baum. Bei geringem bis mittleren Fraß wurden maximal 11 Nester je Baum gezählt, 75 % der Bäume wiesen Nesterzahlen auf, die unter einem Wert von sechs lagen. Bei Bäumen, die weniger als 20 % Fraß aufwiesen, wurden gar keine Nester gefunden. Zu vergleichbaren Ergebnissen kam HABERMANN (2012), der im Rahmen einer Untersuchung Nesterzahlen nach erfolgtem Fraß auswertete. In kahl gefressenen Beständen fanden sich im Mittel 12,7 Nester je Baum bei ebenfalls großer Streuung der Einzelwerte (0-43). Um Überseh- und Zählfehler zu berücksichtigen, wurde die einfache Standardabweichung, die in den Untersuchungen bei sechs lag, vom Mittel abgezogen. Daraus errechnete sich ein gesicherter Schwellenwert von sechs Nestern/ Baum, der einen starken Lichtfraß erwarten ließ. Der Ansatz von HABERMANN (2012) zur Festlegung eines Schwellenwertes war zunächst einmal retrospektiv.

Entscheidend für eine Prognose von Fraßereignissen ist der Zusammenhang zwischen der Größe einer Population (hier Anzahl der Nester) und dem Fraß des Folgejahres. In einem ersten Ansatz wurden in einem Regressionsmodell mit Hilfe der Nesterzahlen der Fraß des Folgejahres geschätzt. Eingangsgrößen des Modelles waren die Nesterzahlen und Fraßeinschätzungen des Einzelbaumes in den Untersuchungsbeständen. Diese Werte wurden auf Bestandesebene genestet. Der Einfluss der Witterung wurde zunächst nicht als abhängige Variable berücksichtigt, die Berechnung bildet als ersten Ansatz die Situation von Jahren ohne Witterungseinbrüche ab. Bei der durchgeführten Regression konnten die wesentlichen Eigenschaften der empirischen Verteilung durch die Verteilungen aus dem Modell gestützt werden. Das Modell ist also in der Lage, einen Datengenerierenden Prozess abzubilden, der immer wieder eine Verteilung herausarbeitet, die vergleichbar ist zu der der gemessenen Werte. Der Erwartungswert liegt bei neun Nestern, was bei der erfolgten Regression als Schwellenwert für das Eintreten eines starken Fraßes bis Kahlfraßes angenommen werden kann. Das 95 %-Intervall liegt zwischen 7,5 und 11,5 Nestern. Ein Schwellenwert von neun Nestern liegt über dem derzeit in der Praxis verwendeten Wert von sechs Nestern (NW-FVA 2015), in dem jedoch eine Sicherheit für Überseh- und Zählfehler berücksichtigt wird und der außerdem zunächst retrospektiv ermittelt wurde (HABERMANN 2012).

Ein weiteres wichtiges Ergebnis der durchgeführten Regression ist, dass die mittlere Anzahl von Nestern in einem Bestand im Modell dabei den größten Einfluss auf den Fraß hat im Vergleich der Nester-Differenz zu diesem Mittel an einem Einzelbaum. Eine ausreichende Anzahl Probebäume ist, gerade bei der großen Streuung von Einzelwerten, jedoch wichtig, um für den Bestand einen stabilen Mittelwert zu erzeugen. Das Verfahren der Nesterzählung ist vergleichsweise einfach durchzuführen (HABERMANN 2012) und liefert Hinweise auf die weitere Entwicklung einer EPS-Population. Bis zum Eintritt des Fraßgeschehens besteht allerdings eine große Zeitspanne, in der z.B. klimatische Ereignisse die Entwicklung beeinflussen können. Deshalb erscheint es besonders wichtig, die Monitoringschritte nachfolgender Entwicklungsstadien zu nutzen.

Mit Hilfe von **Pheromonfallen** sollten Beginn und Verlauf des Falterfluges untersucht werden. Denkbar wäre auch beim EPS ein Prognoseverfahren auf der Basis von Pheromonfallen, wie es bereits für andere forstliche Großschädlinge (Nonne, Kiefernspinner oder Schwammspinner) routinemäßig eingesetzt wird (LOBINGER 2009, 2010; MÖLLER 2010), weil der Pheromonfallenfang vergleichsweise kostengünstig, über einen längeren Zeitraum leicht zu betreuen und zielartenspezifisch ist. Die Erfassung männlicher Falter mit Pheromonfallen ist beim EPS jedoch ein noch nicht ausgereiftes Verfahren. Zum einen ist bisher wenig über die Aktivitäten der Falter bekannt, zum anderen ist die Wirkung der bisher verfügbaren Lockstoffe nicht optimal und unterscheidet sich je nach Präparat deutlich. Die Ergebnisse des Projektes lassen den Einsatz von Pheromonfallen als weiteren Baustein sinnvoll erscheinen, den es weiter zu verfolgen gilt. Entscheidend ist hierbei die Position der Fallen. Die Fangleistung in Fallen, die in Kronen plaziert wurden, ist ungleich größer. Auch WILLIAMS & JONAS (2019) weisen darauf hin, dass die Position der Pheromonfalle (Im Bestand, Bestandesrand, Einzelbaum) ein sehr wichtiger Faktor ist, um eine effiziente Funktion der Falle zu ermöglichen und verwertbare Ergebnisse zu erzeugen. Sie empfehlen eine Installation der Fallen am Bestandesrand oder an einzeln stehenden Bäumen. Ob die Fangergebnisse dann das Populationsgeschehen eines Bestandes widerspiegelt, gilt es jedoch zu prüfen. Unterschiede zwischen Bestandesbereichen wurden in den vorliegenden Untersuchungen nicht nachgewiesen. Zu beachten ist außerdem, dass die Platzierung und Kontrollen der Fallen

im Kronenraum arbeitsaufwendiger ist als am Stamm in 2 m Höhe (klassisches Verfahren bei der Nonne, dem Kiefernspinner oder dem Schwammspinner).

**Eigelegezählungen** sind ein übliches Monitoringverfahren mit dem Ziel, durch Ermittlung der Besatzdichte und der Schlupfrate bzw. Parasitierung eine Vorhersage des Fraßgeschehens im Folgejahr treffen zu können (LOBINGER 2008, 2010; NW-FVA, 2017; MÖLLER 2006; WAGENHOFF ET AL. 2014). Sie werden auch als Vorhersage zum gesundheitlichen Zustand der EPS-Population beschrieben (DELB ET AL. 2005). Diese werden in den Monaten November bis Mitte Februar durchgeführt. Bezugsgröße ist in der Regel ein laufender Meter Trieblänge bzw. 10 laufende Meter. Als Schwellenwert, der einen starken Fraß bis Kahlfraß im Folgejahr prognostiziert, werden in der durchgeführten Untersuchung 0,1 Eigelege je lfd. Meter angenommen (NW-FVA, 2017).

Bei der deskriptiven Darstellung des Zusammenhanges von Fraßgeschehen des Folgejahres und Eigelegezahlen zeigt sich eine Abhängigkeit des Fraßes von der Anzahl Eigelege je lfd. Meter Astlänge. Bei mehr als 0,1 Eigelegen je lfd. Meter ist, abgesehen von den zwei Fällen (beide Untersuchungsflächen im Revier Danndorf im Jahr 2019), ein starker Fraß bis Kahlfraß aufgetreten. Die deskriptive Auswertung ist aufgrund des geringen Stichprobenumfangs als Übersicht zu verstehen und nicht als Grundlage für eine Validierung des Schwellenwertes. Erwähnt werden muss auch, dass es einzelne Fälle gab, bei denen Fraß im Folgejahr auftrat, obwohl der Schwellenwert für Eigelege nicht überschritten wurde oder gar keine Eigelege gefunden wurden. Es kann grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden, dass andere Arten der Eichenfraßgesellschaft den Fraß mit verursacht haben. Eine differenzierte Ansprache des Fraßes ist bei dem Wirkungsgeschehen der Eichenfraßgesellschaft immer zu beachten. Eher ist allerdings zu vermuten, dass sich das Populationsgeschehen aufgrund der Komplexität der Einflussfaktoren anders entwickelte, als zu erwarten war. Möglicherweise führte auch der vergleichsweise geringe Stichprobenumfang, der bei Eigelegeuntersuchungen aufgrund des hohen Aufwandes auch nur begrenzt ausdehnbar ist, in Einzelfällen zur Unterschätzung bevorstehender Fraßereignisse. Dies könnte dann eine Rolle spielen, wenn Raupen zum Fraß zwischen den Bäumen wechseln. Weiterführende Analysen sollten die Ursachen identifizieren, um solche Unterschätzungen von Fraßereignissen zu minimieren.

Ein Vorteil des Verfahrens ist, dass der zeitliche Abstand zum folgenden Fraßereignis geringer ist als bei der Nesterzählung. Außerdem ist die gesundheitliche Belastung mit Gifthaaren um diese Jahreszeit geringer als bei fortgeschrittenen Entwicklungsstadien im Sommer (Bildung von Gifthaaren ab 3. Raupenstadium). Ein Problem bei der Prognose der EPS-Populationsdichte im Folgejahr mittels Eigelegezählung ist jedoch, dass diese nur durch Probefällungen, Nutzung frischen Materials aus Durchforstungsmaßnahmen oder mit Hebebühne durchgeführt werden können (HABERMANN 2012; NW-FVA 2017) und somit sehr aufwendig sind. Umfangreiche Probenumfänge, wie sie für eine gesicherte statistische Analyse erforderlich wären, sind so nur schwer realisierbar. Die Eigelegeuntersuchung ist aber ein wichtiger Baustein in einem gestaffelten Monitoringverfahren zur Gesamteinschätzung der zu erwartenden Populationsdichte des EPS in den untersuchten Waldbeständen.

Wie auch von anderen Schmetterlingsarten bekannt, spielt das Witterungsgeschehen bei der Populationsentwicklung offensichtlich eine entscheidende Rolle, die es zukünftig auch bei Berechnungen noch stärker zu berücksichtigen gilt. Dabei können Extremereignisse in sensiblen Entwicklungsphasen des EPS der entscheidende Faktor für das Auftreten oder Nichtauftreten eines Fraßereignisses sein. Diese Extremereignisse sind schwierig in

statistischen Modellen abzubilden, weswegen hier weiterhin wissenschaftlicher Entwicklungsbedarf besteht.

### 5.3. Natürliche Gegenspieler des Eichenprozessionsspinners

Unter den natürlichen Gegenspielern (Antagonisten) unterscheidet man Räuber (Prädatoren, Fressfeinde), Parasitoide und Krankheitserreger (Pathogene). Räuber töten ihre Beute gleich, i.d.R., um sie zu verzehren, Parasitoide leben während ihrer Jugendphasen praktisch in oder an ihrem Wirt und töten ihn erst nach Abschluss ihrer eigenen Entwicklung (ALTENKIRCH ET AL. 2002). Über die Wechselwirkung von Parasitoiden und Prädatoren auf die Populationsdynamik des EPS ist noch nicht viel bekannt.

Ziel der durchgeführten Untersuchungen war es, den Einfluss natürlicher Gegenspieler in EPS-Populationen zu ermitteln. Hierzu wurden Parasitierungsraten und -spektren der Entwicklungsstadien Ei, Raupe und Puppe des EPS in ausgewählten Regionen untersucht. Neben parasitoid lebenden Gegenspielern, wurde eine Analyse der im direkten Umkreis eines Nestes vorkommenden potentiellen Prädatoren (Arthropoden) mit Hilfe von Eklektoren (Kreuzfensterfallen) durchgeführt sowie ausgewählte Verpuppungsnester des EPS mit Kameras beobachtet. Zusätzlich wurde eine Literaturrecherche zur Thematik durchgeführt.

#### 5.3.1. Parasitoide

Parasitoide sind grundlegende Bestandteile von Nahrungsnetzen, die Einfluss auf die Struktur und Vielfalt der Artengemeinschaft haben (FRANK VAN VEEN ET AL. 2006). Die Wirkung der Parasitoide wird höher eingeschätzt als bei Prädatoren, weil ihre Spezialisierung auf bestimmte Wirtsarten stärker ausgeprägt ist, als bei vielen Räubern.

Eine regulierende Wirkung wird bei ihnen in der Latenz- und Retrogradationsphase vermutet. (BRÄSICKE 2013). Untersuchungen der Parasitierung sind mit großem Aufwand verbunden, da verschiedene Parasitoide unterschiedliche Entwicklungsstadien des Zielorganismus befallen (MAKSYMOW 1978). Untersuchungen von Wirt-Parasitoid-Wechselwirkungen erfolgen außerdem überwiegend durch Aufzucht des Wirtes bzw. des Parasitoiden im Wirt (ONSTAD & McMANUS 1996; STRAND & OBRYCKI 1996; YEATES & GREATHEAD 1997; SAND 2017).

Die Parasitierung vieler Schmetterlingsarten wird überwiegend beim Eistadium beschrieben. Bei *Dendrolimus pini* als Beispiel für einen weit verbreiteten forstlich relevanten Falter, zeigt sich ein deutlicher Schwerpunkt in der Parasitierung des Eistadiums (MÖLLER et al. 2007; MÖLLER 2012). Auch bei nahen Verwandten des EPS wie *Thaumetopoea pityocampa* sind Eiparasitoide die wichtigste Gruppe natürlicher Antagonisten (MASUTTI 1964; BATTISTI 1989).

Übersichten der bisher festgestellten parasitoiden Arten der Gattung *Thaumetopoea* finden sich bei TSCHORSNIG UND HERTIG (1994), TSCHORSNIG (1996), MIRCHEV und TSANKOV (2005) und BRÄSICKE (2013) sowie SOBCZYK (2014). Die Angaben sind allerdings meist nur qualitativ. Bei bisherigen Erhebungen zur Parasitierung verschiedener Entwicklungsstadien des EPS wurden Eigelege am häufigsten untersucht (PLUGARU 1968, STRATAN 1971, TIBERI und BIN 1988, TIBERI et al. 1991, MIRCHEV et al. 2003, WAGENHOFF und VEIT 2011, NOYES 2019). Hierbei wurden wenige Arten der Familie Encyrtidae (Hym.), Eulophidae (Hym.), Trichogrammidae (Hym.) und Pteromalidae (Hym.) identifiziert.

In der vorliegenden Untersuchung ergaben sich sehr niedrige Parasitierungsraten der Eier von 0,05 % - 1,2 %. Es wurde eine *Trichogramma* sp. erfasst. Die Art konnte nicht genau bestimmt werden. WAGENHOFF und VEIT (2011) beschreiben für Mitteleuropa (Südwestdeutschland) im Durchschnitt je nach Untersuchungsgebiet Parasitierungsraten von 1,2 % bis 2 %. Auch in einer Untersuchung in Bulgarien (MIRCHEV et al. 2003), einem Beispiel für eine deutlich kontinentalklimatisch geprägte Region, war die Mortalität im Eisstadium insgesamt gering. Die Mortalitätsrate betrug ohne den Einfluss von Parasitoiden und Prädatoren 2,1-4,5 %. 1-3,8 % der Eier wurden durch Prädatoren zerstört und nur 0,2-0,9 % waren parasitiert. Zwei Parasitoide wurden isoliert, *Anastatus bifasciatus* sowie eine nicht weiter bestimmbare *Ooencyrtus* sp. (1 Individuum). Eine demgegenüber hohe Parasitierungsrate von 15,5 % durch *Anastatus bifasciatus* nennen DISSESCU und CEIANU (1968). Bei Untersuchungen von TIBERI & BIN (1988) in Italien stieg die durchschnittliche Parasitierungsrate von 2,7 % in den Jahren 1983 - 1984 auf 5,9 % in den Jahren 1985 - 1986 an. Die Mortalität, verursacht durch Parasitoide, entsprach aber nur etwa der Hälfte der durch abiotische Faktoren hervorgerufenen Mortalität, welche konstant bei etwa 9-10 % lag. Auch hier wurde *Anastatus bifasciatus* als Parasitoid identifiziert. Im Rahmen eines EPS-Monitorings in Bayern im Jahr 2007 zur Ermittlung einer Schadensprognose für das Folgejahr (LOBINGER 2009) erfolgten Eigelegezählungen. Aus der Untersuchung der Eigelege im Labor konnte bei einer Schlupfrate von über 95 % auf eine hohe Vitalität der Population ohne nennenswerte Parasitierung geschlossen werden.

Die geringe Parasitierungsrate des Eisstadiums des EPS kann verschiedene Ursachen haben. HINTON (1981) beschreibt die Abdeckung der Eigelege durch Schuppen. SCHIEFERDECKER (1969) nennt die Spinnaktivitäten frisch geschlüpfter Larven von *Lymantria dispar* als Hemmmechanismus für den Schlupf von Eiparasitoiden. Da die Larven des EPS ebenso Spinnaktivitäten (schon im L1-Stadium) ausüben, könnte dies ein weiterer Grund für das geringe Auftreten von Eiparasitoiden sein. Ob solche Mechanismen schlussendlich wirklich eine „Schutzwirkung“ gegenüber Eiparasitoiden des EPS haben, müsste jedoch gesondert untersucht werden.

Eine Parasitierung der EPS-Raupen fand bei den im Rahmen dieses Projektes durchgeführten Untersuchungen ebenfalls nur in geringem Umfang statt. Insgesamt ergab sich eine Parasitierungsrate von 3,9 %. Bei den Auszuchtversuchen des JKI wurden im Jahr 2017 mehr parasitierte Larven gefunden als in den Jahren 2018 und 2019. Es wurden die Parasitoide *Blondelia nigripes*, *Pales pavidus*, *Pales processionea* und *Zenilia libatrix* identifiziert. Die Parasitierungsrate, die sich bei den Auszuchtversuchen des JKI ergab, war mit 6,2 % etwas höher. In den Jahren 2016 - 2019 waren mittlere Parasitierungsraten von 56,7 %  $\pm$  3,6 % bei allerdings großer Streuung der Parasitierungsrate der einzelnen Nester festzustellen. Die Raten schwankten zwischen den Beobachtungsjahren. Zusammenhänge zwischen Parasitierungsrate und Zonenzugehörigkeit (Bestandesrand, Übergangszone und Bestandesinnere) sowie der Befallsdauer (kurzfristiger und langfristiger Befall) der Untersuchungsgebiete waren jedoch nicht erkennbar. Hauptparasitoide waren Tachiniden (*Pales processionea* (RATZEBURG, 1840), *Zenilia libatrix* (PANZER, 1798), Ichneumoniden (*Pimpla processioneae* (RATZEBURG, 1849) und *Pimpla rufipes* (MILLER, 1759). Vereinzelt fanden sich *Blondelia nigripes* sowie Vertreter der Familie Anthomyiidae. Das Artenspektrum veränderte sich in den Untersuchungsjahren 2016 - 2018 nur geringfügig, jedoch die prozentualen Vorkommen der jeweiligen Taxa. Im Jahr 2018 war im Vergleich zu den Vorjahren ein auffälliger Rückgang des bis dahin aufgetretenen Hauptparasitoiden, *Pales processionea* und der zeitgleiche Anstieg von *Zenilia libatrix* zu beobachten. Neben der Anzahl

Individuen verringerte sich 2019 das Artenspektrum deutlich. *Pales processionea* war wieder prozentual häufiger vertreten als *Zenilia libatrix*.

Untersuchungen zur Parasitierung der Raupen und Puppen des EPS gab es bisher nur wenige (BIN & TIBERI 1983; ZEEGERS 1997; ZWAKHALS 2005). Zusammenfassende Arbeiten wie MIRCHEV & TSANKOV (2005) differenzieren häufig nicht zwischen Raupen- und Puppenparasiten. Wann und in welchem Umfang eine Parasitierung dieser Stadien stattfindet und welche Auswirkung die Parasitierung auf die Gesamtpopulation des EPS hat, ist insgesamt bislang kaum erforscht. Die Differenzierung in „Larven-“ und „Puppenparasitoide“ ist schwierig und entspricht häufig nicht dem realen Parasitierungsgeschehen. Die am häufigsten nachgewiesenen Raupenfliegen (*Pales processionea* und *Zenilia libatrix*) parasitieren beispielsweise die Larve in den letzten beiden Larvenstadien, indem Eier auf Blätter der Eiche gelegt werden und diese von der fressenden EPS-Raupe aufgenommen werden (STIGTER et al. 1997). Diese entwickelt sich in der Raupe, führt ihren letal wirkenden Fraß aber erst durch, wenn die Raupe verpuppt ist. Somit sind EPS-Raupen häufig schon parasitiert, der Parasitoid aber innerhalb der Raupe kaum oder nur mit großen Schwierigkeiten nachweisbar. Eine artgenaue Bestimmung dieser in Raupen gefundenen Parasitoideneier bzw. Tachinidenlarven ist schwer möglich (Mangel an verwertbarer Literatur). Auch die in den späteren Raupenstadien im Auszuchtversuch geschlüpften Raupenfliegen (*Pales processionea*) hätten demnach ihre letale Wirkung erst in den Puparien entwickelt.

TSCHORSNIG (1996) beschreibt eine Gesamtparasitierungsrate der EPS-Raupen und -Puppen von 32 %, SAND (2017) eine Parasitierung von 37 % der EPS-Nester. Dabei zeigte sich eine Abhängigkeit von der Nestgröße, welche in der vorliegenden Untersuchung nicht bestätigt werden konnte. Bei Untersuchungen von BOGENSCHÜTZ ET AL. (1988) in den Jahren 1986 und 1987 waren 20 % der Individuen im Kokon parasitiert, 83 % bzw. 86 % davon durch *Pales processionea*. Die hohe Abundanz dieser Raupenfliege wird auch von STIGTER ET AL. (1997) beschrieben.

Auch *Zenilia libatrix* wird in der Literatur beschrieben ZEEGERS (1997), allerdings mit deutlich geringerer Häufigkeit als in den Erhebungen im Rahmen des Projektes beobachtet. *Zenilia libatrix* ist polyphag und konnte bei einer Vielzahl von Macrolepidopteren (z.B. *Thaumetopoea processionea*, *Euproctis chrysorrhoea*, *Euproctis similis*, *Lymantria dispar*, *Malacosoma neustria* sowie *Hyphantria cunea*) identifiziert werden (TSCHORSNIG & HERTING 1994). *Zenilia libatrix* kann durch eine längere Entwicklungsphase durch zwischenartliche Konkurrenz (z.B. durch die Gattung *Pales*) in ihrem Auftreten begrenzt sein (MAKSYMOV 1978). Es ist also möglich, dass *Zenilia libatrix* 2017 durch *Pales processionea* begrenzt war und es im Jahr 2018 durch besonders für diese Art sehr günstige Rahmenbedingungen zu einer Verschiebung innerhalb der Parasitoidenzoonose gekommen ist. Ob hier klimatische Gegebenheiten - das Jahr 2018 ist durch hohe Temperaturen und wenig Niederschläge geprägt - eine Rolle gespielt haben, müsste in weiterführenden Untersuchungen geklärt werden.

Aus der Familie der Ichneumonidae wurden zwei Arten nachgewiesen. Zum einen, eine auf den EPS spezialisierte Art *Pimpla processioneae* (ZWAKHALS 2005; ROBERT 2013) sowie der Generalist *Pimpla rufipes*, der bei einer Vielzahl von Wirten auftritt (OKYAR & YURTCAN 2007). *Pimpla processioneae* trat auf den Untersuchungsflächen im Jahr 2018 zum ersten Mal auf. Auch dieses könnte durch zwischenartliche Konkurrenz erklärt werden.

Das Auftreten einzelner Individuen von *Blondelia nigripes* war im Parasitierungsgeschehen zu vernachlässigen. Diese Art bevorzugt in der Regel unbehaarte Raupen und parasitiert nur ausnahmsweise den EPS (TSCHORSNIG & HERTING 1994; BERGSTRÖM & BYSTROWSKI 2011).

Die Eiablage dieser Raupenfliege wird durch die Bewegung der Larve induziert. Diese wird dann durch die Raupenfliege angegriffen und mit Eiern an einer Trachee belegt. *Blondelia nigripes* verpuppt sich nach Reifungsfraß im Boden (HERTING 1960). Da die Untersuchung des Parasitierungsspektrums sowie der Parasitierungsrate durch die Examination von Nestern erfolgte, kann es möglich sein, dass *Blondelia nigripes* zwar parasitiert hat, aber nicht bei der Untersuchung der Parasitoide in Nestern identifiziert werden konnte.

*Phorocera grandis* wird in der Literatur als Hauptparasit des EPS beschrieben (VAN STIPDONK & ZEEGERS 2011; TSCHORSNIG & WAGENHOFF 2012) v.a. in südlichen Regionen Deutschlands (TSCHORSNIG und HERTING 1994). Die Art ist für Sachsen-Anhalt und Brandenburg nachgewiesen (ZIEGLER mündlich). In der vorliegenden Untersuchung wurde dieser Parasitoid nicht gefunden. Auch diese Art verpuppt sich im Boden (WAGENHOFF et al. 2014) und konnte, wie *Blondelia nigripes*, mit der durchgeführten Methodik nicht erfasst werden.

Auch ein weiterer, in anderen europäischen Ländern (SANDS et al. 2015) sowie auch in Deutschland (BOGENSCHÜTZ et al. 1988; TSCHORSNIG 1996; WAGENHOFF 2014) belegter Parasitoid, *Carcelia illiaca* (Diptera: Tachinidae) wurde in dieser Untersuchung nicht nachgewiesen. Dies verwundert, da diese Art durch ihre monophage Lebensweise (an *Thaumetopoea*) sowie die Art des Parasitierungsvorganges (Kleben von Eiern an Raupenhaare und/oder Seidenfäden des Raupennestes (vgl. hierzu HERTING 1960) eigentlich prädestiniert ist, ein wichtiger Vektor der Parasitierung zu sein. Die Art überwintert in den Nestern als Puparie und schlüpft im Folgejahr ungefähr zur Zeit des Larvenschlupfes des EPS (TSCHORSNIG 1996). Durch die Methodik der vorliegenden Untersuchung konnte die Art nicht erfasst werden, da nur adulte Parasitoide bis zur Art bestimmt wurden. Eine Bestimmung der in den Nestern enthaltenen Puparien wurde nicht durchgeführt. Das Vorkommen von *Carcelia illiaca* ist für Sachsen-Anhalt und Brandenburg bestätigt (ZIEGLER 2012). Man kann demnach davon ausgehen, dass die Art einen entsprechenden prozentualen Anteil an der Gesamtparasitierung hat. BOGENSCHÜTZ et al. (1988) und TSCHORSNIG (1996) geben Parasitierungsanteile von 15 % an.

### 5.3.2. Prädatoren

In der Literatur sind eine Vielzahl natürlicher Prädatoren des EPS bekannt, zu denen vor allem Vögel, räuberische Käfer oder Raubwanzen gehören. Deren Auflistung und Beschreibung erfolgte im Rahmen der Literaturrecherche in Kapitel 4.3.2. Des Weiteren sollten prädatorische Arthropoden in der Nähe der Verpuppungsnester des EPS erfasst werden.

Um einen Überblick über die Zusammensetzung einer Insekten-Population zu erhalten, sind relative Methoden der Populationsmessungen geeignet (SOUTHWOOD 2009). Diese erfordern eine vergleichsweise einfache Apparatur und liefern, da sie die Tiere oft konzentrieren bzw. kontinuierlich Proben liefern, eine vergleichbar hohe Anzahl an Daten. Zu unterscheiden sind zufällige Fänge von solchen, die in irgendeiner Weise die Insekten anlocken. So fangen Abfangfallen die Tiere mehr oder weniger zufällig, wenn sie sich im Lebensraum Luft, Wasser oder Land bewegen. Eine strikte Unterscheidung von zufälligen Fängen und angelockten ist allerdings schwierig, da Kombinationswirkungen möglich sind.

Im Rahmen des Projektes wurden Kreuzfensterfallen (Eklektoren nach Rahn) mit schwarzen Filmplatten als Prallflächenmaterial verwendet. Die Entscheidung, schwarze Prallflächen zu benutzen, war dadurch begründet, dass eine typische Struktur (Stamm, Starkast etc.), an welcher Verpuppungsnester sitzen, nachempfunden werden sollte. Auf diese Weise sollte der

Anflug potentieller Prädatoren und Parasitoide begünstigt werden. Installiert wurden die Eklektoren in der Nähe (max. Abstand 50 cm) eines Verpuppungsnestes des EPS meist unterhalb eines großen Astes oder einer Astgabel im Bereich des Stammes in maximal 5 m Höhe. Im Jahr 2018 wurden zusätzlich in ausgewählten Beständen Fallen im Kronenraum im Bereich eines Verpuppungsnestes aufgehängt. Außerdem wurden „Kontrollfallen“ am Stamm und in der Krone an einem Baum ohne EPS-Befall installiert. Diese wurden in ca. 100 m Entfernung zum Untersuchungsbestand installiert. Diese Kontrollfallen dienten als Referenz, um aufzeigen zu können, welche Antagonisten an EPS-Nester gebunden sind. Die Taxa der gefangenen Individuen wurden als „prädatörisch“ oder „nicht prädatörisch“ KOCH (1989) und SCHAEFER et al. (2006) eingestuft. Als prädatörisch wurden alle Taxa definiert, die potentiell in der Lage wären, prädatörisch an Entwicklungsstadien des EPS zu wirken.

Insgesamt wurden während des Untersuchungszeitraums 3.074 Individuen aus 22 verschiedenen Ordnungen erfasst. Diese gliedern sich in 368 Taxa. Die höchste Anzahl an festgestellten Taxa war in der Ordnung Coleoptera (Käfer) zu finden, gefolgt von Diptera (Zweiflügler) und Hymenoptera (Hautflügler). Die größte Anzahl verschiedener Arten entfällt auf die Ordnung Coleoptera (44,4 %), gefolgt von Arachnida (15,6 %) und Hymenoptera (13,3 %), die höchste Individuenzahl war der Gattung *Formica* (Hymenoptera) zuzuordnen (285 Individuen). Bei den Coleoptera war der Speckkäfer (*Dermestes lardarius*) mit 152 Individuen die abundanteste Art. ZANKOV (1960) bestätigt diese Art auch als Larvenprädatör bei *T. pityocampa*.

Es konnten 90 potentiell prädatörisch agierende Taxa ermittelt werden. Die meisten prädatörischen Taxa (92,2 %) wurden ausschließlich in den Nestfallen gefangen, eine Bindung dieser Antagonisten an ein EPS-Nest erscheint zunächst naheliegend. 7,8 % konnten nur in den Fallen ohne Nestbezug gefunden werden, 27,8 % wurden sowohl in Nestfallen als auch in den Kontrollfallen gefangen. Von den insgesamt zehn erfassten potentiell prädatörischen Zweiflüglern (Diptera) wurden neun Arten ausschließlich in den Nestfallen erfasst. Aus der Ordnung Wanzen (Heteroptera) konnten allein 62,5 % (5 von 8 Taxa) ausschließlich in direkter Nähe zu einem EPS-Nest gefangen werden. Die drei verbliebenen Taxa wurden sowohl in der Kontrollfalle als auch in der Nestfalle nachgewiesen. Dies zeigt schon die besondere Bedeutung, welche den Wanzen als potentielle Prädatoren zukommt und deckt sich mit den Ergebnissen der Literaturrecherche.

Die Ordnung der Hautflügler (Hymenoptera) war mit neun Arten (75 % der erfassten Hymenoptera) ausschließlich in den Nestfallen zu finden. Drei Arten wurden in den Kontrollfallen sowie Nestfallen nachgewiesen. Bei diesen drei Arten handelt es sich um eine nicht bis zur Art bestimmbare solitäre Faltenwespe (Eumenidae) sowie zwei Ameisenarten (Formicidae). Erwähnenswert ist der Rote Liste Status „Gefährdet“ von *Dolichoderus quadripunctatus* (Linnaeus, 1771) (SEIFERT 2011).

Bei den sieben in den Kontrollfallen gefangenen Taxa handelt es sich um drei Spinnenarten (Familien: Araneidae, Dysderidae, Thomisidae), zwei Laufkäfer (Familie: Carabidae) und einen Aaskäfer (Familie: Silphidae) sowie einen Rindenkäfer (Familie: Colydiidae). Aaskäfer befinden sich häufig in Fallen, welche aufgrund von Zersetzungerscheinungen (z. B. durch Mangel an Konservierungsflüssigkeit) stark olfaktorisch wirken. Der Fund der drei Spinnenarten in den Kontrollfallen sollte nicht zu hoch bewertet werden, da auch in den Nesterfallen andere Vertreter z.B. der Thomisidae gefangen wurden. Zusätzlich muss erwähnt werden, dass der verwendete Fallentyp gerne als Grundlage für den Netzbau verschiedener Spinnenarten genutzt wird und schon dadurch entsprechende Nachweise begründet sein können.

Der Fang von Invertebraten mit Kreuzfensterfallen ist insgesamt nicht einfach zu interpretieren. Zwar hat man mit den „Nestfallen“ das Nest als mehr oder weniger „lockenden“ Vektor, dennoch kann es immer möglich sein, dass Taxa zufällig gefangen werden. Auch ist die Aussagekraft des Vorkommens fliegender Taxa begrenzt, da diese durchaus in der Lage sind, größere Strecken zu überwinden.

Die Auswahl geeigneter Probenahmemethoden ist bei Diversitätsuntersuchungen von Insekten sehr wichtig (RUSSO ET AL. 2011; SHEIKH ET AL. 2016a). Ein maßgebender Faktor ist hierbei das Flugverhalten der Insekten. Form-, Siluetten- und Höheneffekt der Fangsysteme spielen eine entscheidende Rolle (SOUTHWOOD 2009; ALLISON ET AL. 2014). Inwieweit ein Insekt vom Anflug zum Ausweichen wechseln kann, hängt von seiner Fluggeschwindigkeit und seinem Gewicht ab. Schnellere und schwerere Flieger sind nicht in der Lage, die Richtung schnell zu ändern (SOUTHWOOD 2009). Zum Erfassen von Käfern sind Fensterflugfallen geeignet, da diese Tiere sich normalerweise nach dem Einfliegen in ein Objekt fallen lassen und nicht nach oben fliegen.

ALLISON ET AL. (2014) verglichen verschiedene Designs von Abfangfallen zur Optimierung der Erfassung von Populationen der Subfamilien Lamiinae und Cerambycinae der Ordnung der Bockkäfer (Cerambycidae). Dabei erwies sich eine mit Fluon als Schmiermittel behandelte Mehrfachtrichterfalle am effektivsten. Bei Untersuchungen verschiedener Fallentypen zum Fang von holzbewohnenden Käfern (BOUGET et al. 2008) fingen Einzelebenefallen signifikant mehr Individuen und Arten als Kreuzfensterfallen, welche allerdings aus Zeit- und Kostengründen häufig präferiert würden. Niedrigere Querflügel erzielten bessere Ergebnisse als Überdachungsfallen.

Der Funktionstyp der Malaise-Fallen wird als geeigneter beschrieben bei Diptera, Hymenoptera und Lepidoptera (NIEVES-ALDREY & REY DEL CASTILLO 1991; STEINBAUER ET AL. 2000; GANHO & MARINONI 2003; LAMARRE et al. 2012; MATTHEWS & MATTHEWS 2017), aber auch bei Ichneumonidae (TOWNES 1962, 1972; MAZÓN & BORDERA 2008). Eine Übersicht über verschiedene Variationen der Malaise-Fallen bieten SHEIKH ET AL. (2016). Modifikationen könnten die Attraktivität für weitere Insektengruppen erhöhen (MATTHEWS & MATTHEWS 2017).

Außerdem zeigen verschiedene Insektenfamilien unterschiedliche Präferenzen für verschiedene Fallenfarben, eine Übersicht findet sich bei HOBACK ET AL. (1999). Insekten besitzen verschiedene Typen von Fotorezeptoren, die verschiedene Wellenlängen des Lichtes detektieren können (TAO ET AL. 2012). Manche Hymenoptera können nicht nur Farben im Bereich von 340 nm, 430 nm und 535 nm wahrnehmen sondern auch Wellenlängen von mehr als 600 nm (HARDIE 1986; PEITSCH ET AL. 1992; BRISCOE & CHITTKA 2001). Viele der Insekten fliegen bevorzugt gelbe Fallen an (PROKOPY & OWENS 1983). Bei Untersuchungen des Verhaltens von Ichneumoniden auf verschiedene Fallenfarben in unterschiedlichen Untersuchungsregionen (TAO ET AL. 2012) erwiesen sich auf der Mehrzahl der Flächen gelb und grün als effektiver im Vergleich zu anderen Farben. Schwarz war am wenigsten geeignet, allerdings zeigte sich auf anderen Flächen ein anderes Bild. Bei der Untersuchung von BOUGET ET AL. (2008) spielte die Farbe der Schaufeln (transparent oder schwarz) keine Rolle.

Die hohe Abundanz der Ordnung Coleoptera (Käfer) in der vorliegenden Untersuchung entspricht den Angaben aus der Literatur, ist aber sicherlich auch zum Teil auf den Fallentyp „Kreuzfalle“ zurückzuführen. Es zeigt sich also, dass ein Fallentyp nicht ausreicht, um das komplette Spektrum natürlicher Gegenspieler zu erfassen, eine Kombination verschiedener Fallentypen erscheint deshalb sinnvoller zu sein. Weitere Optimierungsanalysen sind zu diesem Themenkomplex dringend erforderlich.

Insgesamt ist somit eine Vielzahl natürlicher Prädatoren des EPS bekannt, was die vorliegenden Untersuchungen auch bestätigen konnten. Die Bedeutung der Räuber ist bei der Regulation von Phytophagen-Populationen jedoch beschränkt, da eine Reihe von ökologischen Einflussfaktoren das Populationswachstum von Räuber und Beute beeinflussen (ALTENKIRCH ET AL. 2002; BRÄSICKE 2013). Im Regelfall können die Räuber nicht den Populationszuwachs bei einer starken Vermehrungsrate bremsen, da sie erst mit einer Zeitverzögerung von mehreren Jahren auf die Beutepopulation reagieren. Die Bedeutung der Räuber liegt eher darin, bei geringen bis mittleren Beutedichten den Bestand niedrig zu halten und damit einen Populationsanstieg zu verzögern ggf. auch zu verhindern (EKSCHMITT ET AL. 1997). Die Wirkung der Parasitoide wird höher eingeschätzt, weil ihre Spezialisierung auf bestimmte Wirtsarten stärker ausgeprägt ist, als bei vielen Räubern (BRÄSICKE 2013). Dichteänderungen des Wirtes bewirken meist eine schnellere numerische Reaktion (ALTENKIRCH ET AL. 2002). Mit dem Anstieg der Beutepopulation ist auch eine Zunahme spezialisierter Parasitoide zu erwarten. Dies bedeutet aber nicht, dass diese eine Massenvermehrung unmittelbar beeinflussen können, es ist eher mit einer zeitlichen Verzögerung ihres Dichteanstieges zu rechnen, die unter Umständen in Kombination mit anderen Faktoren zum Tragen kommen kann. Eine regulierende Wirkung wird von BRÄSICKE (2013) in der Latenz- und Retrogradationsphase angenommen. Für den Zusammenbruch von Gradationen des EPS konnten kaum Hinweise gefunden werden (SOBCZYK 2014).

Eine populationsregulierte Auswirkung war in der vorliegenden Untersuchung aufgrund der vergleichsweise hohen Parasitierungsraten am ehesten bei den Puppenparasiten zu erwarten, konnte jedoch insgesamt nicht nachgewiesen werden.

## 6. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Es ist in den letzten Jahren eine zunehmende Ausbreitung des Eichenprozessionsspinners (EPS; *Thaumetopoea processionea*) zu beobachten. Dies führt zu teils massiven Fraßschäden in Eichenwaldbeständen und aufgrund der von den giftigen Raupenhaaren ausgehenden Gesundheitsgefährdung zu einer Beeinträchtigung der Erholungsfunktion und der Bewirtschaftung der Wälder.

Im Rahmen des Verbundvorhabens „Modellgestützte Gefährdungsabschätzung des Eichenprozessionsspinners im Klimawandel (ModEPSKlim)“ sollte ein Online-Frühwarnsystem zur regional differenzierten Einschätzung der aktuellen Entwicklungsstadien (Phänologie) und Populationsdichten des EPS sowie der daraus resultierenden Gefahren für den Wald und die menschliche Gesundheit entwickelt werden. Durch die Verknüpfung phänologischer und populationsdynamischer Grundlagen der EPS-Entwicklung mit der Ausbreitung der Gifthaare in der Luft in Abhängigkeit von räumlicher Entfernung, Witterung und Wetterprognose wird das gegenwärtige und zukünftige Risiko von Fraßschäden und Gifthaarbelastungen der Raupen abschätzbar. Die Nutzung des Modells, welches prinzipiell eine Anwendbarkeit im gesamten Verbreitungsgebiet des EPS vorsieht, ermöglicht und erleichtert somit eine zeitgerechte und effektive Durchführung präventiver und regulierender Maßnahmen im Hinblick auf Pflanzen-, sowie Gesundheitsschutz des Menschen.

Das Teilprojekt (TP2A) bearbeitete den Themenkomplex:

„Erhebung wichtiger phänologischer Daten und korrespondierender Populationsdichten des Eichenprozessionsspinners sowie Untersuchung des Einflusses seiner natürlichen Gegenspieler unter unterschiedlichen klimatischen Bedingungen in verschiedenen Regionen Deutschlands“

Das Teilprojekt beinhaltete die folgenden Ziele:

- Ermittlung phänologischer Daten der Entwicklungsstadien Ei, Raupe, Puppe und Falter sowie Populationsdynamik des EPS auf den Untersuchungsflächen
- Analyse des Zusammenhangs zwischen Witterungsdaten, Phänologie und Verlauf der Populationsdynamik des EPS in den ausgewählten Regionen
- Untersuchung des Einflusses natürlicher Gegenspieler auf die Populationsdichte des EPS unter unterschiedlichen klimatischen Bedingungen in ausgewählten Regionen der Bundesländer Baden-Württemberg, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg
- Ermittlung der Parasitierungsraten und -spektren der Entwicklungsstadien Ei, Raupe bzw. Puppe des EPS auf den Untersuchungsflächen
- Literaturanalyse zur Rolle der Prädatoren in der Populationsdynamik des EPS

Hierzu wurden neun Untersuchungsflächen in Eichenwäldern in den Bundesländern Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Hessen, Brandenburg und Baden-Württemberg ausgewählt. Der Schwerpunkt der Untersuchungen fand in den Flächen statt, die im Zuständigkeitsbereich der Trägerländer der NW-FVA (Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Hessen) liegen. Ziel bei der Auswahl der Bestände war es, möglichst viele geografische Räume in Nord-, Süd-, Ost- und Westdeutschland in die Untersuchung mit einzubeziehen, so dass die Unterschiede zwischen diesen Räumen untersucht werden konnten. Ein wichtiges Kriterium war die Befallsdauer durch den EPS (Stand: 2016). Es wurde unterschieden zwischen „kurzfristigem“ (Befall seit weniger als 5 Jahren) sowie „langfristigem“ Befall (Befallsdauer: 5 Jahre und mehr). Innerhalb der Versuchsflächen wurde zwischen den Bestandesbereichen Waldrand,

Übergangsbereich und Bestandesinnere stratifiziert. Während des Beobachtungszeitraumes wurden Witterungsinformationen (Temperatur und Luftfeuchte) auf den Untersuchungsflächen erhoben. Diese wurden ergänzt mit DWD-Daten.

Phänologische Kenntnisse des EPS wurden ermittelt, indem der Falterschlupf witterungsabhängig mit Prognosemodellen geschätzt und fotodokumentarisch validiert wurde. Larven wurden in einem definierten Intervall (alle zwei Wochen) gesammelt und das jeweilige Entwicklungsstadium ermittelt. Die Zeitspanne des Falterfluges wurde durch Pheromonfallenfänge bestimmt.

Um Schwankungen innerhalb der Population in den Untersuchungsbeständen feststellen zu können, wurde mit Hilfe in der Praxis üblicher Monitoringverfahren (Fraßkartierung, Nesterzählung, Überwachung mit Pheromonfallen und Eigelegezählung) die Populationsdynamik bzw. der zu erwartende Befallsdruck des EPS bestmöglich erfasst. Vorhandene Verfahren der NW-FVA wurden teilweise modifiziert.

Über die Wechselwirkung von Parasitoiden und Prädatoren auf die Populationsdynamik des EPS war noch nicht viel bekannt. Ziel der durchgeführten Untersuchungen war es, den Einfluss natürlicher Gegenspieler auf die EPS-Populationen zu ermitteln. Hierzu wurden Parasitierungsraten und -spektren der Entwicklungsstadien Ei, Raupe und Puppe des EPS in ausgewählten Regionen untersucht. Neben parasitoid lebenden Gegenspielern, wurde eine Analyse der im direkten Umkreis eines Nestes vorkommenden potentiellen Prädatoren (Arthropoden) mit Hilfe von Eklektoren (Kreuzfensterfallen) durchgeführt sowie ausgewählte Verpuppungsnester des EPS mit Kameras beobachtet. Zusätzlich wurde diesbezüglich eine Literaturrecherche durchgeführt.

Der beobachtete Schlupfzeitpunkt lag in den Jahren 2017-2019 im Zeitraum vom 01.04 bis 12.04. Die verwendeten Modelle zur Schätzung des Schlupfzeitpunktes lieferten Ergebnisse, die mit den Beobachtungen weitestgehend gut korrelierten. Die Modelle von CUSTERS (2003) und WAGENHOFF et al. (2014) lieferten im Vergleich die beste Prognose. Abweichungen im Jahr 2019 waren überwiegend durch die verwendeten Eingangsdaten begründet. Die larvale Entwicklung (L1-L6) fand in den Jahren 2017 bis 2019 jeweils im Zeitraum von Anfang April bis Ende Juni statt. Bis Ende April befanden sich alle Larven im 1. Larvalstadium. Auffallend war das heterogene Auftreten verschiedener Stadien in den darauf folgenden Wochen. Anfang Juni befanden sich die Raupen, bis auf wenige L5-Stadien, ausschließlich im sechsten Larvalstadium. Bei zukünftigen Untersuchungen sollte das Beobachtungsintervall auf einen wöchentlichen Abstand verkürzt werden.

Der Beginn des Falterschlupfes des EPS variierte auf den Untersuchungsflächen in den Jahren 2017 bis 2019 in einer Spanne von Mitte Juli bis Mitte August. Dabei gab es sowohl Unterschiede zwischen den Beobachtungsjahren als auch zwischen den Flächen. Im Jahr 2018 fand der Beginn des Falterschlupfes teilweise einen Monat früher statt als 2017, im Vergleich zu 2019 ca. drei Wochen. 2017 und 2018 schlüpfen die Falter in Nauheim früher als auf den übrigen Flächen, wobei die Differenz 2017 größer war als 2018. 2019 war es die Fläche Magdeburgerforth, auf der die Falter zuerst in den Fallen gefunden wurden. Die kürzeren Entwicklungszeiten und der somit frühere Falterschlupf, sind vermutlich auf die trocken-warme Witterung im Jahr 2018 zurückzuführen.

Zu Beginn der Untersuchungen im Jahr 2016 wurden auf den Flächen Nesterzählungen durchgeführt. Vor allem im Revier Danndorf in Niedersachsen waren hohe Nesterdichten zu verzeichnen, in einem Ausmaß, das eine Bestandesgefährdung im Folgejahr erwarten ließ.

Das Fraßgeschehen im Folgejahr 2017 zeigte, abgesehen von der Fläche in Nauheim, mittleren (Magdeburgerforth 201b<sub>2</sub>) bzw. starken Fraß bis Kahlfraß (Danndorf 171a<sub>1</sub> und 178b sowie Mahlfuhl 3404a<sub>5</sub>). Im Revier Danndorf wurden in diesem Jahr auf beiden Flächen die Warnschwellen bei den Nester- und Eigelegezählungen überschritten, in Mahlfuhl 3404a<sub>5</sub> die der Eigelegezählungen. Auf den übrigen Flächen wurden geringere Eigelegedichten beobachtet. Auffällig hohe Populationsdichten, die sich in allen Monitoringverfahren wieder spiegelten und zu starkem Fraß bis Kahlfraß führten, waren 2018 im Revier Danndorf zu verzeichnen. Auch in den Pheromonfallen wurden in diesem Jahr vermehrt männliche Falter gefangen. In Mahlfuhl 2404a<sub>5</sub> wurde die Warnschwelle bei den Eigelegten überschritten und ein mittlerer Fraß beobachtet. Auch die Eigelegezählung zu Jahresbeginn 2019 deutete wieder auf ein anstehendes intensives Populationsgeschehen in Danndorf hin. Zu beobachten war dann ein mittlerer Fraß und eine widererwartend auffällig verringerte Nesterbildung. Demgegenüber war in Mahlfuhl 3404a<sub>5</sub> nach Überschreiten der Warnschwelle bei den Eigelegten ein starkes Fraßgeschehen und nach Erreichen mittlerer Nesterzahlen von fünf, welche nur knapp unter der Schwelle lagen, eine Bestandesgefährdung zu erwarten. In den Flächen Magdeburgerforth und Nauheim wurden geringere Populationsdichten beobachtet. Eine Reduktion der EPS-Population auf den Untersuchungsflächen im Revier Danndorf im Jahr 2019 könnte durch niedrige Temperaturen im Mai 2019 mit verbreiteten Nachtfrösten verursacht worden sein. Im Gebiet des Revieres Mahlfuhl war es demgegenüber etwas wärmer, Nachtfröste gab es an zwei einzelnen Tagen mit Temperaturen knapp unter dem Gefrierpunkt. Gründe, warum die Populationsentwicklung in Magdeburgerforth und Nauheim bei ebenso günstigen klimatischen Bedingungen auf niedrigerem Niveau ablief, könnten das jüngere Bestandesalter dieser Untersuchungsflächen sein.

Entscheidend für eine Prognose von Fraßereignissen ist der Zusammenhang zwischen der Größe einer Population und dem Fraß des Folgejahres. **Nesterzählungen** sind beim EPS die erste Stufe des Verfahrens. In der Praxis werden Bestände erfasst, die bereits durch erhöhte Fraßaktivitäten des EPS in Mitleidenschaft gezogen wurden und in denen ein weiterer starker Fraß im Folgejahr verhindert werden soll. Eingangsgröße zur bestandesweisen gutachtlichen Bewertung des Fraßdrucks durch den EPS ist der Mittelwert der gefundenen Nesterdichte pro Baum. Mit einem Kahlfraß im Folgejahr wird in einem Bestand nach Arbeitsanweisung der NW-FVA (2015) gerechnet, wenn die mittlere Anzahl an Nestern je Einzelbaum mind. 6 bzw. 9 Verpuppungsnestern des EPS liegt. In einem ersten Ansatz wurden in einem Regressionsmodell mit Hilfe der Nesterzahlen der Fraß des Folgejahres geschätzt. Eingangsgrößen des Modelles waren die Nesterzahlen und Fraßeinschätzungen des Einzelbaumes in den Untersuchungsbeständen, diese Werte wurden auf Bestandesebene genestet. Der Einfluss der Witterung wurde zunächst nicht als abhängige Variable berücksichtigt, die Berechnung bildet als ersten Ansatz die Situation von Jahren ohne Witterungseinbrüche ab. Bei der durchgeführten Regression konnten die wesentlichen Eigenschaften der empirischen Verteilung durch die Verteilungen aus dem Modell gestützt werden. Das Modell ist also in der Lage, einen Datengenerierenden Prozess abzubilden, der immer wieder eine Verteilung herausarbeitet, die vergleichbar ist zu der der gemessenen Werte. Der Erwartungswert liegt bei neun Nestern, was bei der erfolgten Regression als Schwellenwert für das Eintreten eines starken Fraßes bis Kahlfraßes angenommen werden kann. Das 95 %-Intervall liegt zwischen 7,5 und 11,5 EPS-Nestern. Ein Schwellenwert von neun Nestern liegt über dem derzeit in der Praxis verwendeten Wert von sechs Nestern (NW-FVA 2015), in dem jedoch eine Sicherheit für Überseh- und Zählfehler berücksichtigt wird und

der außerdem zunächst retrospektiv ermittelt wurde. Wesentliche Einflussgröße der Regression war die mittlere Nestdichte eines Bestandes und nicht die Einzelbaumwerte. Von diesen ist allerdings eine ausreichende Anzahl erforderlich, um eine stabile mittlere Nesterdichte zu erhalten.

Mit Hilfe von **Pheromonfallen** sollten Beginn und Verlauf des Falterfluges untersucht werden. Die Erfassung männlicher Falter mit Pheromonfallen ist beim EPS ein noch nicht ausgereiftes Verfahren. Die Ergebnisse des Projektes lassen den Einsatz von Pheromonfallen als weiteren Baustein sinnvoll erscheinen, den es weiter zu verfolgen gilt. Entscheidend ist hierbei die Position der Fallen. Die Fangleistung der Fallen, die in Oberkronen plaziert wurden, ist ungleich größer. Zu beachten ist aber, dass die Plazierung der Falle im Kronenraum arbeitsaufwendiger ist als am Stamm in 2 m Höhe.

**Eigelegezählungen** sind ein übliches Monitoringverfahren mit dem Ziel, durch Ermittlung der Besatzdichte und der Schlupfrate bzw. Parasitierung eine Vorhersage des Fraßgeschehens bzw. der gesundheitlichen Belastung der Population des EPS im Folgejahr treffen zu können. Diese werden in den Monaten November bis Mitte Februar durchgeführt. Bezugsgröße ist in der Regel ein laufender Meter Trieblänge bzw. 10 laufende Meter. Als Schwellenwert, der einen starken Fraß bis Kahlfraß prognostiziert, werden in der durchgeführten Untersuchung 0,1 Eigelege je lfd. Meter angenommen (NW-FVA 2017). Bei der deskriptiven Darstellung des Zusammenhanges von Fraßgeschehen des Folgejahres und Eigelegezahlen zeigt sich eine Abhängigkeit des Fraßes von der Anzahl Eigelege je lfd. Meter Astlänge. Bei mehr als 0,1 Eigelegen je lfd. Meter ist, abgesehen von den zwei Fällen (beide Untersuchungsflächen im Revier Danndorf im Jahr 2019), ein starker Fraß bis Kahlfraß aufgetreten. Die deskriptive Auswertung ist aufgrund des geringen Stichprobenumfangs als Übersicht zu verstehen und nicht als Grundlage für eine Validierung des Schwellenwertes. Erwähnt werden muss auch, dass es einzelne Fälle gab, bei denen Fraß im Folgejahr auftrat, obwohl der Schwellenwert für Eigelege nicht überschritten wurde oder gar keine Eigelege gefunden wurden. Ein Vorteil des Verfahrens ist, dass der zeitliche Abstand zum nachstehenden Fraßereignis geringer ist als bei der Nesterzählung. Ein Problem bei der Überwachung des EPS mit Hilfe von Eigelegezählungen ist jedoch, dass diese sehr aufwendig sind. Weiterführende differenzierte Analysen sollten durchgeführt werden, um den Schwellenwert weiter abzusichern. Dabei ist eine differenzierte Ansprache des Fraßes bei dem Wirkungsgeschehen der Eichenfraßgesellschaft immer zu beachten.

Für die forstliche Praxis konnten im Rahmen des Projektes wichtige Informationen zur Verfahrensoptimierung zur Bestimmung des Populationsdruckes und der Entwicklung des Befalls gewonnen werden. Eine Prognose der Populationsentwicklung hat zum Ziel, bestandesbedrohenden Schäden und ggf. die Gefahr gesundheitlichen Belastungen frühzeitig zu erkennen, um entgegen steuern zu können. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um eine differenzierte Vorhersage verbessern zu können. Das Witterungsgeschehen muss dabei zukünftig stärker berücksichtigt werden. Dabei können Extremereignisse in sensiblen Entwicklungsphasen des EPS der entscheidende Faktor für das Auftreten oder Nichtauftreten eines Fraßereignisses sein. Diese Extremereignisse sind schwierig in statistischen Modellen abzubilden, weswegen hier weiterhin wissenschaftlicher Entwicklungsbedarf besteht.

In den vorliegenden Untersuchungen ergaben sich sehr niedrige Parasitierungsraten der Eier von 0,05 % - 1,2 %. Als Eiparasitoid wurde eine *Trichogramma* sp. erfasst. Die Art konnte nicht genau bestimmt werden. Vergleichbar niedrige Parasitierungsraten werden auch in der Literatur beschrieben. Die geringe Parasitierungsrate des Eistadiums beim EPS kann

verschiedene Ursachen haben. Diese müssten jedoch gesondert untersucht werden. Eine Parasitierung der Larven fand ebenfalls nur in geringem Umfang statt. Insgesamt ergab sich eine Parasitierungsrate von 3,9 %. Es wurden die Parasitoide *Blondelia nigripes*, *Pales pavidus*, *Pales processionea* und *Zenilia libatrix* identifiziert. Die untersuchten Nester wiesen die höchste Parasitierung auf. In den Jahren 2016 - 2019 waren mittlere Parasitierungsraten von  $56,7 \% \pm 3,6 \%$  bei allerdings großer Streuung der Parasitierungsrate der einzelnen EPS-Nester festzustellen. Die Raten schwankten zwischen den Beobachtungsjahren. Zusammenhänge zwischen Parasitierungsrate und Bestandesbereichen sowie der Befallsdauer der Untersuchungsgebiete waren jedoch nicht erkennbar. Hauptparasitoide waren Tachiniden (*Pales processionea* (RATZEBURG, 1840), *Zenilia libatrix* (PANZER, 1798)), Ichneumoniden (*Pimpla processioneae* (RATZEBURG, 1849)) und *Pimpla rufipes* (MILLER, 1759). Vereinzelt fanden sich *Blondelia nigripes* sowie Vertreter der Familie Anthomyiidae. Das Artenspektrum veränderte sich in den Untersuchungsjahren 2016 - 2018 nur geringfügig, jedoch die prozentualen Anteile der jeweiligen Taxa. Neben der Anzahl Individuen verringerte sich 2019 das Artenspektrum deutlich. *Pales processionea* war wieder prozentual häufiger vertreten als *Zenilia libatrix*.

Vergleichbare Parasitierungsraten der einzelnen Stadien werden auch in der Literatur beschrieben, ebenso im Wesentlichen die Artzusammensetzung. Wann und in welchem Umfang eine Parasitierung einzelner Stadien stattfindet, ist häufig schwierig zu beantworten, u.a. weil Besiedlung und letale Wirkung unterschiedliche Entwicklungsstadien betreffen können. Weiterhin ist zu beachten, dass die Methodik der Erfassung von Parasitoiden einen Einfluss darauf haben kann, welche Arten erfasst werden können.

In der Literatur sind eine Vielzahl natürlicher Prädatoren des EPS bekannt, was die vorliegenden Untersuchungen auch bestätigen konnten. Vor allem Vögel, räuberische Käfer oder Raubwanzen gehören hierzu. Deren Auflistung und Beschreibung erfolgte im Rahmen der Literaturrecherche. Mit Hilfe von Kameras konnte die direkte Wirkweise verschiedener prädatoreischer Taxa gezeigt werden. Untersuchungen mit Kreuzfensterfallen bieten einen Überblick über die Zusammensetzung prädatoreischer Arthropoden. Insgesamt wurden während des Untersuchungszeitraums 3.074 Individuen aus 22 verschiedenen Ordnungen erfasst. Diese gliedern sich in 368 Taxa. Die höchste Anzahl an festgestellten Taxa war in der Ordnung Coleoptera (Käfer) zu finden, gefolgt von Diptera (Zweiflügler) und Hymenoptera (Hautflügler). Es wurden 90 potentiell prädatoreisch agierende Taxa ermittelt. Die meisten prädatoreischen Taxa wurden ausschließlich in den Fallen in Nesternähe gefangen, eine Bindung dieser Antagonisten an ein EPS-Nest erscheint zunächst naheliegend. Es zeigte sich, dass ein Fallentyp nicht ausreicht, um das komplette Spektrum natürlicher Gegenspieler zu erfassen, eine Kombination verschiedener Fallentypen erscheint deshalb sinnvoll.

Trotz der Vielfalt ist die Bedeutung der Räuber bei der Regulation von Phytophagen-Populationen jedoch beschränkt, da eine Vielzahl von ökologischen Einflussfaktoren das Populationswachstum von Räuber und Beute beeinflussen. Die Bedeutung der Räuber liegt eher darin, bei geringen bis mittleren Beutedichten den Bestand niedrig zu halten und damit einen Populationsanstieg zu verzögern ggf. auch zu verhindern. Die Wirkung der Parasitoide wird höher eingeschätzt, weil ihre Spezialisierung auf bestimmte Wirtsarten stärker ausgeprägt ist, als bei vielen Räubern. Eine regulierende Wirkung wird von in der Latenz- und Retrogradationsphase angenommenen. Für den Zusammenbruch von Gradationen des EPS konnten kaum Hinweise gefunden werden. Eine populationsregulierende Wirkung konnte auch in der vorliegenden Untersuchung nicht nachgewiesen werden. In wie weit eine gezielte

Ausbringung von Parasitoiden erfolgversprechend erfolgen kann, bedarf weiterer Untersuchungen.

## 7. Literatur

- ALLISON, J. D., BHANDARI, B. D., MCKENNEY, J. L., MILLAR, J. G. (2014): Design factors that influence the performance of flight intercept traps for the capture of longhorned beetles (Coleoptera: Cerambycidae) from the subfamilies Lamiinae and Cerambycinae. In: *PLoS One* 9 (3).
- ALTENKIRCH, W., C. MAJUNKE, B. OHNESORGE (2002): Waldschutz auf ökologischer Grundlage. Ulmer Fachbuch, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart: 434 S.
- ARAŞTIRILMASI, Ü. B. E. (2008): The effect of *Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera: Carabidae) feeding on the pine processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae), in the laboratory. In: *Turk J Zool* 32, S. 367–372.
- AUGER-ROZENBERG, M.-A., BARBARO, L., BATTISTI, A., BLACHE, S., CHARBONNIER, Y., DENUX, O. et al. (2015): Ecological responses of parasitoids, predators and associated insect communities to the climate-driven expansion of the pine processionary moth. In: *Processionary moths and climate change: an update*: Springer, S. 311–357.
- BAKER, R. (2009): *Evaluation of a pest risk analysis on Thaumetopoea processionea L., the oak processionary moth, prepared by the UK and extension of its scope to the EU territory*. Diss. European Commission
- BARBARO, L., DULAURENT, A.M., PAYET, K., BLACHE, S., VETILLARD, F., BATTISTI, A. (2013): Winter bird numerical responses to a key defoliator in mountain pine forests. *For. Ecol. Manag.*, 296, 90–97.
- BARBARO, L., BATTISTI, A. (2011): Birds as predators of the pine processionary moth (Lepidoptera: Notodontidae). In: *Biological Control* 56 (2), S. 107–114.
- BATTISTI, A. (1989): Field studies on the behaviour of two egg parasitoids of the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa*. In: *Entomophaga* 34 (1), S. 29–38.
- BATTISTI, A., BERNARDI, M., GHIRALDO, C. (2000): Predation by the hoopoe (*Upupa epops*) on pupae of *Thaumetopoea pityocampa* and the likely influence on other natural enemies. In: *Biocontrol* 45 (3), S. 311–323.
- BATTISTI, A., STASTNY, M., NETHERER, S., ROBINET, C., SCHOPF, A., ROQUES, A., LARSSON, S. (2005): Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. *Ecological applications*, 15(6), 2084-2096.
- BERGSTRÖM, C., BYSTROWSKI, C. (2011): The identity of *Blondelia pinivora* (Ratzeburg) (Diptera: Tachinidae), a parasitoid of processionary moths (Lepidoptera: Thaumetopoeidae). In: *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde A, Neue Serie* 4, S. 321–334.
- BEZZEL, E. (1989): Der Pirol: Das besondere Vogelporträt. In: *Minden/München*.
- BIN, F., TIBERI, R. (1983): Notizie preliminari sui parassitoidi oofagi di *Thaumetopoea processionea* (L.) in Italia centrale (Hym., Chalcidoidea; Lep., Thaumetopoeidae). In: *Redia giornale di zoologia*.
- BINOT-HAFKE M., BALZER S., BECKER N., GRUTTKE H., HAUPT H., HOFBAUER N., LUDWIG G., MATZKE-HAJEK G., STRAUCH M. (Red.) (2011): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 3: Wirbellose Tiere (Teil 1). – Münster (Landwirtschaftsverlag). – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (3): 716 S.
- BOGENSCHÜTZ, H., SCHWARTZ, G., LIMBERGER, S. (1988): Auftreten und Bekämpfung des Eichenprozessionsspinners, *Thaumetopoea processionea* L., in Südwestdeutschland 1986 bis 1988. In: *Mitt. Biol. Bundesanstalt Land-Forstwirtschaft* 245, S. 427–428.
- BOUGET, C., BRUSTEL, H., BRIN, A., NOBLECOURT, T. (2008): Sampling saproxylic beetles with window flight traps: methodological insights. In: *Revue d'écologie*.

- BRÄSICKE, N. (2013): Die Prozessionsspinner Mitteleuropas-Ein Überblick. In: *Julius-Kühn-Archiv* (440), S. 11.
- BRANCO, M., SANTOS, M., CALVAO, T., TELFER, G., PAIVA, M. R. (2008): Arthropod diversity sheltered in *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Notodontidae) larval nests. *Insect Conservation and Diversity*, 1(4), 215-221.
- BRISCOE, A. D., CHITTKA, L. 2001. The evolution of color vision in insects. *Annual Review of Entomology* 46: 471-510.
- BROWN, M. W., CAMERON, E. A. (1982): Natural enemies of *Lymantria dispar* [Lep.: Lymantriidae] eggs in Central Pennsylvania, USA, and a review of the world literature on natural enemies of *L. dispar* eggs. In: *Entomophaga* 27 (3), S. 311–321.
- CUSTERS, C. J.L. (2003): Climate change and trophic synchronisation. A case study of the oak processionary caterpillar. In: *Studentsverlag Wageningen University*.
- DAMESTOY, T., BRACHI, B., MOREIRA, X., JACTEL, H., PLOMION, C., CASTAGNEYROL, B. (2019): Oak genotype and phenolic compounds differently affect the performance of two insect herbivores with contrasting diet breadth. *Tree physiology*, 39(4), 615-627.
- DELB, H., SCHRÖTER, H., SEEMANN, D. (2005): Eichenprozessionsspinner. *Waldschutz-Info* 01/2002 (2. Auflage, April 2005). – Freiburg (Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Waldschutz): 1-16.
- DENNIS, D. S., LAVIGNE, R. J., DENNIS, J. G. (2009): Lepidoptera as prey of robber flies (Diptera: Asilidae) with unpublished records. In: *Journal of the Entomological Research Society* 11 (1), S. 71–84.
- DISSESCU, G., CEIANU, I. (1968): Cercetari asupra bioecologiei omizii procesionare a stejarului, *Thaumetopoea processionea* L.
- DWD (2016): DWD Jahresbericht 2016, 57 S. [https://www.dwd.de/DE/leistungen/jahresberichte\\_dwd/jahresberichte\\_pdf/jahresbericht\\_2016.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.dwd.de/DE/leistungen/jahresberichte_dwd/jahresberichte_pdf/jahresbericht_2016.pdf?__blob=publicationFile&v=3)
- DWD (2017): DWD Jahresbericht 2017, 77 S. [https://www.dwd.de/DE/leistungen/jahresberichte\\_dwd/jahresberichte\\_pdf/jahresbericht\\_2017.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.dwd.de/DE/leistungen/jahresberichte_dwd/jahresberichte_pdf/jahresbericht_2017.pdf?__blob=publicationFile&v=4)
- DWD (2018): Jahrbuch 2018 des DWD, 68 S. [https://www.dwd.de/DE/leistungen/jahresberichte\\_dwd/jahresberichte\\_pdf/jahresbericht\\_2018.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=7](https://www.dwd.de/DE/leistungen/jahresberichte_dwd/jahresberichte_pdf/jahresbericht_2018.pdf?__blob=publicationFile&v=7)
- DWD (2019): Jahrbuch 2019 des DWD, 72 S. [https://www.dwd.de/DE/leistungen/jahresberichte\\_dwd/jahresberichte\\_pdf/jahresbericht\\_2019.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.dwd.de/DE/leistungen/jahresberichte_dwd/jahresberichte_pdf/jahresbericht_2019.pdf?__blob=publicationFile&v=8)
- EBERT, G. (1994): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs Band 4–Nachtfalter II. In: *XV. Jahrgang, Heft 4*, S. 198.
- EKSCHMITT, K., WOLTERS, V., WEBER, M. (1997): Spiders, carabids, and staphylinids: the ecological potential of predatory macroarthropods. In: *Fauna in soil ecosystems: recycling processes, nutrient fluxes, and agricultural production*. New York: Marcel Dekker, S. 307–362.
- FEICHT, E., WEBER, M. (2012): Verbreitung und Populationsdynamik des Eichenprozessionsspinners. Witterungs und Waldstruktur beeinflussen die Entwicklung wärmeliebender Insekten in Eichenbeständen. In: *LWF aktuell* (88), S. 9–11. Online verfügbar unter [https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/waldschutz/dateien/a88\\_02\\_verbreitung-eichenprozessionsspinner.pdf](https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/waldschutz/dateien/a88_02_verbreitung-eichenprozessionsspinner.pdf), abgerufen am 28.05.2020.
- FRANK VAN VEEN, F. J., MORRIS, R. J., & GODFRAY, H. C. J. (2006). Apparent competition, quantitative food webs, and the structure of phytophagous insect communities. *Annual Review of Entomology*, 51, 187-208.
- FURTH, D., HALPERIN, J. (1979): Observations on the phenology and biogeography of *Thaumetopoea jordana* (Stgr.) (Lep. Thaumetopoeidae). *Israel Journal of Entomology*, 13, 1–11.

- GANHO, N. G., MARINONI, R. C. (2003): Fauna de Coleoptera no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. Abundância e riqueza das famílias capturadas através de armadilhas malaise. *Revista Brasileira de Zoologia* 20 (4): 727-736.
- GELMAN, A., CARLIN, JOHN B., STERN, HAL S., DUNSON, DAVID B., VEHTARI, AKI, RUBIN, DONALD B. (2020): *Bayesian Data Analysis*, Third edition. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Godefroid, M., Meurisse, N., Groenen, F., Kerdelhué, C., & Rossi, J. P. (2020). Current and future distribution of the invasive oak processionary moth. *Biological Invasions*, 22(2), 523-534.
- GROENEN, F., MEURISSE, N. (2012): Historical distribution of the oak processionary moth *Thaumetopoea processionea* in Europe suggests recolonization instead of expansion. In: *Agricultural and Forest Entomology* 14 (2), S. 147–155. DOI: 10.1111/j.1461-9563.2011.00552.x.
- GSCHWANTNER, T., HOCH, G., SCHOPF, A. (2002): Impact of predators on artificially augmented populations of *Lymantria dispar* L. pupae (Lep., Lymantriidae). In: *Journal of Applied Entomology* 126 (2-3), S. 66–73.
- HABERMANN, M. (2012): Abschätzung von Schad- und Bekämpfungsschwellen beim Eichenprozessionsspinner. *AFZ-Der Wald*, 22, 30-31.
- HALPERIN, J. (1990): Natural enemies of *Thaumetopoea* spp. (Lep., Thaumetopoeidae) in Israel. In: *Journal of Applied Entomology* 109 (1-5), S. 425–435.
- HARDIE, R. C. (1986): The photoreceptor array of the dipteran retina. *Trends in Neurosciences* 9: 419-423.
- HEINZE, B. (1994): Ein „Schädling“ der Region? Beobachtungen zum Vorkommen des Eichenprozessionsspinners (*Thaumetopoea processionea*) in der Umgebung von Havelberg (Lepidoptera, Thaumetopoeidae), Untere Havel. – *Naturkundliche Berichte* 3: 25–33.
- HERTING, B. (1960): Biologie der westpaläarktischen Raupenfliegen Dipt., Tachinidae: P. Parey (16-20).
- HINTON, H. E. (1981): *Biology of insect eggs*. Volume I, Volume II, Volume III: Pergamon Press.
- HOBACK, W. W., SVATOS, T. M., SPOMER, S. M., HIGLEY, L. G. (1999): Trap color and placement affects estimates of insect family-level abundance and diversity in a Nebraska salt marsh. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 91: 393-402.
- HOCH, G., SCHOPF, A. (2002): Vielfalt im Gegenspielerkomplex. In: *J. Appl. Ent.* 125, S. 217–227.
- ICP FORESTS (2010): *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. UNECE, ICP Forests, Hamburg
- IMBERY, F., KASPAR, F., FRIEDRICH, K., PLÜCKHAHN, B. (2021): Klimatologischer Rückblick auf 2020: Eines der wärmsten Jahre in Deutschland und Ende des bisher wärmsten Jahrzehnts. Deutscher Wetterdienst DWD, Abteilungen für Klimaüberwachung und Agrarmeteorologie, 14 S.
- JANS, H. W., FRANSSSEN, A. E. (2008): The urticating hairs of the oak processionary caterpillar (*Thaumetopoea processionea* L.), a possible problem for animals? *Tijdschrift voor diergeneeskunde*, 133(10), 424-429.
- JUDEICH, J.F. & NITSCHKE, H. (1895): *Lehrbuch der mitteleuropäischen Forstinsektenkunde*. Band 2: Schmetterlinge, Zweiflügler, Schnabelkerfe. Die Feinde der einzelnen Holzarten. – Berlin (Paul Parey): 1421 S.

- JUPE, H. (1953): Das Massenaufreten von *Thaumetopoea processionea* L. (Eichenprozessionsspinner) in der Altmark. – Entomologische Zeitschrift 63: 178-180.
- KANAT, M., OZBOLAT, M. (2006): Mass production and release of *Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera: Carabidae) used against the pine processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae), in biological control. In: *Turkish Journal of Zoology* 30 (2), S. 181.
- KASEM, A. E., KOZLOVA, E. G., ANISIMOV, A. I. (2020): Performance of a generalist predator, *Podisus maculiventris* (say) (Hemiptera: Pentatomidae) fed with adult grain moth *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Pyralidae) at late nymphal and adult stages, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 421, Issue 2.
- KOCH, K. C. (1989): Die Käfer Mitteleuropas. Ökologie, Bände E1-E7: Krefeld.
- KONVIČKA, M., HULA, V., FRIC, Z. (2005): *Picromerus bidens* (Heteroptera: Pentatomidae) as predator of the checkerspot *Euphydryas aurinia* (Lepidoptera: Nymphalidae). In: *Entomologica Fennica* 16 (4), S. 233–236.
- LAMARRE, G. P. A., MOLTO, Q., FINE, P. V. A., BARALOTO, C. (2012): A comparison of two common flight interception traps to survey tropical arthropods. In: *ZooKeys* (216), S. 43.
- LERER, A. Z., PLUGAR, S. G. (1962): A contribution to the study of the Tachinids (Diptera, Larvaevoridae) that parasitise pests of oak in Moldavia. In: *Entomologicheskoe obozrenie* 41 (pt. 2).
- LIEBHOLD, A. M., ROSSI, R. E., KEMP, W. P. (1993): Geostatistics and geographic information systems in applied insect ecology. *Annual Review of Entomology*, 38(1), 303-327.
- LOBINGER, G. (2009): Der Eichenprozessionsspinner in Bayern. – LWF aktuell 70: 56-57.
- LOBINGER, G. (2010): Eichenfraßgesellschaft 2009/2010. Die Bedeutung des Eichenprozessionsspinners als Schädling – Schadbilder 2009 und Ausblick auf weitere Entwicklungen 2010. LWF aktuell 75/2010. S. 54-55
- MAKSYMOV, J. K. (1978): Thaumetopoeidae, Prozessionsspinner. In: *Die Forstschädlinge Europas* 3, S. 391–404.
- MASUTTI, L. (1964): Ricerche sui parassiti oofagi della *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. In: *Ann. Centro Econ. Mont. Ven* 4, S. 205–271.
- MATTHEWS, R. W., MATTHEWS, J. R. (2017): The Malaise trap: its utility and potential for sampling insect populations. In: *The Great Lakes Entomologist* 4 (4), S. 4.
- MAZÓN, M., BORDERA, S. (2008): Effectiveness of two sampling methods used for collecting Ichneumonidae (Hymenoptera) in the Cabañeros National Park (Spain). *European Journal of Entomology* 105 (5): 879-888.
- MEURISSE, N., HOCH, G., SCHOPF, A., BATTISTI, A., GRÉGOIRE, J.-C. (2012): Low temperature tolerance and starvation ability of the oak processionary moth: implications in a context of increasing epidemics. In: *Agricultural and Forest Entomology* 14 (3), S. 239–250.
- MIRCHEV, P., TSANKOV, G., PETROV, Y. (2003): Study of some aspects of the bioecology of the oak processionary moth (*Thaumetopoea processionea* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Notodontidae) in North-east Bulgaria. In: *Silva Fennica Monographs* (3), S. 5–10.
- MIRCHEV, P., TSANKOV, G. (2005): Checklist of the parasitoids and predators on *Thaumetopoea* spp. (Lepidoptera: Notodontidae). In: *Acta entomologica bulgarica* 11 (1), S. 2.
- MÖLLER, K., ENGELMANN, A., Eberswalde, Landesforstanstalt (2007): Die aktuelle Massenvermehrung des Kiefernspinners, *Dendrolimus pini* (Lep., Lasiocampidae) in Brandenburg. In: *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent., im Druck*.

- MÖLLER, K. (2010): Wem schadet der Eichenprozessionsspinner-Wer muss handeln? Argumente für die aktuelle Waldschutzstrategie. Ebersw. Forstl. Schriftenr, 44, 71-81.
- MÖLLER, K. (2012): The influence of parasitoids on current mass outbreaks of needle eating pine pests. In: *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie* 18, S. 393–396.
- NFP u. LLUR (Niedersächsisches Forstplanungsamt u. Landesamt f. Landwirtschaft, Umwelt u. Ländlichen Raum Schleswig-Holstein) (2009): Forstliche Standortaufnahme. Geländeökologischer Schätzrahmen. Anwendungsbereich: pleistozänes (diluviales) Tiefland. 14 S. (<http://www.landesforsten.de/Publikationen.1291.0.html>)
- NFP (Niedersächsisches Forstplanungsamt): Bestandeslagerbuch Stichtag: 1.1.2011
- NIEVES -ALDREY , J. L., REY DEL CASTILLO , C. (1991): Ensayo preliminar sobre la captura de insectos por medio de una trampa "malaise" en la Sierra de Guadarrama (España) con especial referencia a los himenópteros (Insecta, Hymenoptera). *Ecología* 5: 383-403.
- NOYES, J.S. (2019): Universal Chalcidoidea Database. World Wide Web electronic publication. – URL: <http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids>. Last updated March 2019 (aufgerufen am 06.05.2020).
- NÜSSLIN, O., RHUMBLER, L. (1922): Tree insect news.
- NW-FVA (2015): Hinweise zur Überwachung und Bekämpfung des Eichenprozessionsspinners (EPS) im Waldschutz. Online verfügbar unter: [https://www.nw-fva.de/fileadmin/user\\_upload/Abteilung/Waldschutz/Arbeitsanweisungen/AAnw\\_Nesterzaehlung\\_EPS.pdf](https://www.nw-fva.de/fileadmin/user_upload/Abteilung/Waldschutz/Arbeitsanweisungen/AAnw_Nesterzaehlung_EPS.pdf)
- NW-FVA (2017): Arbeitsanweisung „Suche nach Eigelegen des Eichenprozessionsspinners“ Online verfügbar unter: [https://www.nw-fva.de/fileadmin/user\\_upload/Abteilung/Waldschutz/Arbeitsanweisungen/AAnw\\_Suche\\_nach\\_Eigelegen\\_des\\_Eichenprozessionsspinners.pdf](https://www.nw-fva.de/fileadmin/user_upload/Abteilung/Waldschutz/Arbeitsanweisungen/AAnw_Suche_nach_Eigelegen_des_Eichenprozessionsspinners.pdf), zuletzt geprüft am 27.05.2020.
- NW-FVA (2020): Arbeitsanweisung “Fraßbonitur und Erfolgskontrolle in Eichenbeständen” Online verfügbar unter: [https://www.nw-fva.de/fileadmin/user\\_upload/Abteilung/Waldschutz/Arbeitsanweisungen/AAnw\\_Frassbonitur\\_Eiche.pdf](https://www.nw-fva.de/fileadmin/user_upload/Abteilung/Waldschutz/Arbeitsanweisungen/AAnw_Frassbonitur_Eiche.pdf)
- OKYAR, Z., YURTCAN, M. (2007): Phytophagous Noctuidae (Lepidoptera) of the western Black Sea region and their ichneumonid parasitoids. In: *Entomofauna* 28 (28), S. 377–388.
- ONSTAD, D. W. MCMANUS, M. L. (1996): Risks of host range expansion by parasites of insects. *BioScience*, 46(6), 430-435.
- PEITSCH, D., FIETZ, A., HERTEL, H., DE SOUZA, J., VENTURA, D. F., MENZEL, R. (1992): The spectral input systems of hymenopteran insects and their receptor-based colour vision. *Journal of Comparative Physiology A* 170: 23-40.
- PETERCORD, R., H. VEIT, H. SCHRÖTER (2008): Forstinsekten im Klimawandel – alte Bekannte mit neuem Potenzial? FVA Einblick: 01/ 08: 34-37.
- PIMENTEL, C., NILSSON, J.-Å. (2007): Response of great tits *Parus major* to an irruption of a pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* population with a shifted phenology. In: *Ardea* 95 (2), S. 191–199.
- PLUGARU, S. G. (1968): The biology of the Oak processionary moth in Moldavia. In: *Vrednaja i Poleznaja Fauna Bespozvonocnyh Moldavii* (Part 3), S. 29–41.
- POCOCK, M. J., ROY, H. E., FOX, R., ELLIS, W. N., & BOTHAM, M. (2017): Citizen science and invasive alien species: predicting the detection of the oak processionary moth *Thaumetopoea processionea* by moth recorders. *Biological conservation*, 208, 146-154.

- PROKOPY, R. J., OWENS, E. D. (1983): Visual detection of plants by herbivorous insects. *Annual Review of Entomology* 28: 337-364.
- QUERO, C., BAU, J., GUERRERO, A., BREUER, M., DE LOOF, A., KONTZOG, H.-G., CAMPS, F. (2003): Sex pheromone of the oak processionary moth *Thaumetopoea processionea*. Identification and biological activity. In: *Journal of agricultural and food chemistry* 51 (10), S. 2987–2991.
- R CORE TEAM (2019): R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- ROBERT, T. (2013): Contribution à la connaissance des Hyménoptères Ichneumonidae de Lorraine (sous-famille des Pimplinae). In: *L'Entomologiste* 69 (2), S. 97–104.
- ROQUES, ALAIN (Hg.) (2015): *Processionary Moths and Climate Change: An Update*: Springer.
- RUSSO L, STEHOUWER R, HEBERLING J. M., SHEA K. (2011): The Composite Insect Trap: An Innovative Combination Trap for Biologically Diverse Sampling. *Plos one*, 6, 6.
- SANDS, R. J., JONUSAS, G., STRAW, N. A., KITSON, J. J.N., RAPER, C. M. (2015): *Carcelia Iliaca* (Diptera: Tachinidae), a specific parasitoid of the Oak Processionary Moth (Lepidoptera: Thaumetopoeidae), new to Great Britain. In: *British Journal of Entomology and Natural History* 28, S. 225–227.
- SANDS, R. J. (2017): The population ecology of oak processionary moth (Doctoral dissertation, University of Southampton). 183 S.
- SCHAEFER, M., BROHMER, P., ANSORGE, H., FIEDLER, K., SATTLER, K. (2006): *Fauna von Deutschland: ein Bestimmungsbuch unserer heimischen Tierwelt: Quelle und Meyer*.
- SCHEIDTER, F. (1934): Auftreten der "Gifthaare" bei den Prozession-spinnerraupe in den einzelnen Stadien. In: *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 44, S. 223–226.
- SCHIEFERDECKER, H. (1969): Zur Vermehrung von *Ooencyrtus kuwanae* (Howard, 1910) unter Laborverhältnissen (Hymenoptera: Encyrtidae). In: *Beiträge zur Entomologie= Contributions to Entomology* 19 (7-8), S. 803–815.
- SCHMIDT, J., TRAUTNER, J. & MÜLLER-MOTZFELD, G. (2016): Rote Liste und Gesamtartenliste der Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae) Deutschlands. – In: Gruttke, H., Balzer, S., Binot-Hafke, M., Haupt, H., Hofbauer, N., Ludwig, G., Matzke-Hajek, G. & Ries, M. (Bearb.): Rote Liste der gefährdeten Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 4: Wirbellose Tiere (Teil 2). – Bonn (Bundesamt für Naturschutz). – *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 70 (4): 139–204.
- SCHWENKE, W. (1978): *Die Forstschädlinge Europas. Dritter Band: Schmetterlinge*. Paul Parey, Hamburg. 467 S.
- SCHWERTFEGER, F. (1941): Über die Ursachen des Massenwechsels bei Insekten. *Journal of Applied Entomology*, Volume 28, Issue 2-3 S. 254–303.
- SEIFERT, B. (2011): Rote Liste und Gesamtartenliste der Ameisen (Hymenoptera: Formicidae) Deutschlands. – In: Binot-Hafke, M., Balzer, S., Becker, N., Gruttke, H., Haupt, H., Hofbauer, N., Ludwig, G., Matzke-Hajek, G. & Strauch, M. (Bearb.): Rote Liste der gefährdeten Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 3: Wirbellose Tiere (Teil 1). – Bonn (Bundesamt für Naturschutz). – *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 70 (3): 469–487.
- SHEIKH, A. H., THOMAS, M., BHANDARI, R., MESHAM, H. (2016): Malaise trap and insect sampling: Mini Review. In: *Bio Bulletin* 2 (2), S. 35–40.
- SOBCZYK, T. (2014): Der Eichenprozessionsspinner in Deutschland. *Historie – Biologie – Gefahren – Bekämpfung*. BfN-Skripten 365: 1-175.
- SOUTHWOOD, T. R. E., HENDERSON, P. A. (2009): *Ecological methods*. John Wiley & Sons.

- STAN DEVELOPMENT TEAM (2019): Stan: A C++ library for probability and sampling, version 2.19.2. <http://mc-stan.org/>.
- STEINBAUER, M. J., EDWARDS, P. B., HOSKINS, M., SCHATZ, T., FORNO, I. W. (2000): Seasonal abundance of insect biocontrol agents of *Mimosa pigra* in the Northern Territory. *Australian Journal of Entomology* 39 (4): 328-335.
- STIGTER, H., GERAEDTS, W.H.J.M, SPIJKERS, H.C.P (Hg.) (1997): *Thaumetopoea processionea* in the Netherlands: present status and management perspectives (Lepidoptera: Notodontidae). Proceedings of the section experimental and applied Entomology-Netherlands entomological society: Netherlands entomological society.
- STRAND, M. R., OBRYCKI, J. J. (1996): Host specificity of insect parasitoids and predators. *BioScience*, 46(6), 422-429.
- STRATAN, V. S. (1971): An egg parasite of the oak processionary moth. In: *Zashchita Rastenii* 16 (5).
- TAO, L., MAO-LING, S., SHU-PING, S., GUO-FA, C., ZHI-HONG, G. (2012): Effect of the trap color on the capture of ichneumonids wasps (Hymenoptera). In: *Revista Colombiana de Entomología* 38 (2), S. 347–350.
- TIBERI, R., BIN, F. (1988): Parassitismo e altri fattori di mortalità nelle uova di *Thaumetopoea processionea* (L.) in Italia centrale (Hym., Chalcidoidea, Lep., Thaumetopoeidae). In: *Redia* 71 (2), S. 299–311.
- TIBERI, R., ROVERSI, P. F., BIN, F. (1991): Egg parasitoids of pine and oak processionary caterpillars in central Italy. In: *Redia* 74 (3), S. 249–250.
- TOWNES, H. (1962): Design for a malaise trap. *Proceeding of the Entomological Society Washington* 64 (4): 253-262.
- TOWNES, H. (1972): A light-weight malaise trap. *Entomological News* 83: 239-247.
- TSCHORSNIG, H.- P. , HERTING, B.(1994) Die Raupenfliegen (Diptera: Tachinidae) Mitteleuropas: Bestimmungstabellen und Angaben zur Verbreitung und Ökologie der einzelnen Arten. In: *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde*, S. 1–170.
- TSCHORSNIG, H. P. (1996): Parasitoide aus dem Eichenprozessionsspinner *Thaumetopoea processionea* (Linnaeus) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae). In: *Mitt Ent V Stuttgart* 31, S. 105–107.
- TSCHORSNIG, H. P., WAGENHOFF, E. (2012): On the oviposition of *Phorocera grandis* (Tachinidae). In: *The Tachinid Times* 25, S. 3–7.
- VALDÉS-CORRECHER, E., MOREIRA, X., AUGUSTO, L., BARBARO, L., BOUGET, C., BOURIAUD, O. (2020): Search for top-down and bottom-up drivers of latitudinal trends in insect herbivory in oak trees in Europe (72).
- VAN STIPDONK, A., ZEEGERS, Th (2011): Eiafzet van de sluipvlieg *Phorocera grandis* op de eikenprocessierups *Thaumetopoea processionea* (Diptera: Tachinidae, Lepidoptera: Thaumetopoeidae). In: *Nederlandse Faunistische Mededelingen* 35, S. 69–72.
- WACHMANN, E., MELBER, A., DECKERT, J. (2008): Wanzen. Band 4 Pentatomorpha II. In: *Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile. Bd 81*, S. 230.
- WAGENHOFF, E., VEIT, H. (2011): Five years of continuous *Thaumetopoea processionea* monitoring: tracing population dynamics in an arable landscape of South-Western Germany. In: *Gesunde Pflanzen* 63 (2), S. 51–61.
- WAGENHOFF, E., WAGENHOFF, A., BLUM, R., VEIT, H., ZAPF, D.I, DELB, H. (2014): Does the prediction of the time of egg hatch of *Thaumetopoea processionea* (Lepidoptera: Notodontidae) using a frost day/temperature sum model provide evidence of an increasing

temporal mismatch between the time of egg hatch and that of budburst of *Quercus robur* due to recent global warming? In: *European Journal of Entomology* 111 (2), S. 207.

WAGENHOFF, E., TSCHORSNIG, H.-P., ZAPF, D., BLUM, R., SCHRÖTER, H., DELB, H. (2014): Fallstudie zur aktuellen Massenvermehrung des Eichenprozessionsspinners in Südwestdeutschland. *AFZ-Der Wald* 69 (14), 27-31.

WAY, M. J., PAIVA, M. R., & CAMELL, M. E. (1999): Natural biological control of the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) by the Argentine ant *Linepithema humile* (Mayr) in Portugal. *Agricultural and Forest Entomology*, 1(1), 27-31.

WESELOH, R. M. (1985): Predation by *Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera: Carabidae): evidence for a large impact on gypsy moth, *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae), pupae. In: *The Canadian Entomologist* 117 (9), S. 1117–1126.

WILLIAMS, D. T., JONUSAS, G. (2019): The influence of tree species and edge effects on pheromone trap catches of oak processionary moth *Thaumetopoea processionea* (L.) in the UK. In: *Agricultural and Forest Entomology* 21 (1), S. 28–37.

WILLIAMS, D. T., STRAW, N., TOWNSEND, M., WILKINSON, A. S., MULLINS, A. (2013): Monitoring oak processionary moth *Thaumetopoea processionea* L. using pheromone traps: the influence of pheromone lure source, trap design and height above the ground on capture rates. In: *Agricultural and Forest Entomology* 15 (2), S. 126–134.

YEATES, D. K., GREATHEAD, D. (1997): The evolutionary pattern of host use in the Bombyliidae (Diptera): a diverse family of parasitoid flies. *Biological Journal of the Linnean Society*, 60(2), 149-185.

ZANKOV, G. 1960. Untersuchungen über einige Merkmale aus der Biologie und Ökologie Kiefernprozessionsspinners (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) bei uns in Verbindung mit den Methoden zu seiner Bekämpfung.-Ministerium für Land und Forstwirtschaft, Forschungsinstitut für Forst und Forstwirtschaft, Wissenschaftliche Arbeiten, Bd. VIII, 231-262. (in Bulgarisch mit deutschem Abstract).

ZEEGERS, T. (1997): Tachinid flies (Diptera: Tachinidae) from Dutch oak processionary. In: *Entomologische Berichten* 57 (5), S. 73–78.

ZWAKHALS, C. (2005): *Pimpla processioneae* and *P. rufipes*, specialist versus generalist (Hymenoptera, Ichneumonidae, Pimplinae). In: *Entomologische Berichten* 65 (1), S. 14–16.

## 8. Anhang

**Tabelle I a-c:** Übersicht über die Ergebnisse der Fraßkartierungen und des Eigelegemonitorings (Hessen, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen; 2017-2019)

2017

Rev. Danndorf Abt. 171 a <sub>1</sub>	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Astlänge gesamt (cm)	990	1.300	1.020
Ø Fraß (%)	82	88	80
EG pro lfd. m	0,1	0,4	0,3

Rev. Danndorf Abt. 178 b	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Astlänge gesamt (cm)	1.330	1.230	1.480
Ø Fraß (%)	68	79	75
EG pro lfd. m	0,4	0,4	0,2

Rev. Mahlpfuhl Abt. 3404 a <sub>5</sub>	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Astlänge gesamt (cm)	1.380	1.800	1.720
Ø Fraß (%)	71	75	70
EG pro lfd. m	0,9	0,0	0,1

Rev. Magdeburgerforth Abt. 201 b <sub>2</sub>	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Astlänge gesamt (cm)	1.460	1.670	1.470
Ø Fraß (%)	30	34	40
EG pro lfd. m	0	0	0

Rev. Nauheim Abt. 18.1	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Astlänge gesamt (cm)	1.420	820	880
Ø Fraß (%)	30	27	20
EG pro lfd. m	0	0	0

**2018**

<b>Rev. Danndorf Abt. 171 a<sub>1</sub></b>	<b>Zone 1</b>	<b>Zone 2</b>	<b>Zone 3</b>
<b>Astlänge gesamt (cm)</b>	890	1.223	1.387
<b>Ø Fraß (%)</b>	87	89	82
<b>EG pro lfd. m</b>	0,56	0,33	0,29

<b>Rev. Danndorf Abt. 178 b</b>	<b>Zone 1</b>	<b>Zone 2</b>	<b>Zone 3</b>
<b>Astlänge gesamt (cm)</b>	1.212	889	1.186
<b>Ø Fraß (%)</b>	74	74	74
<b>EG pro lfd. m</b>	0,08	0,56	0,59

<b>Rev. Mahlpfuhl Abt. 3404 a<sub>5</sub></b>	<b>Zone 1</b>	<b>Zone 2</b>	<b>Zone 3</b>
<b>Astlänge gesamt (cm)</b>	1.858	1.361	1.114
<b>Ø Fraß (%)</b>	42	44	34
<b>EG pro lfd. m</b>	0	0,07	0

<b>Rev. Magdeburgerforth Abt. 201 b<sub>2</sub></b>	<b>Zone 1</b>	<b>Zone 2</b>	<b>Zone 3</b>
<b>Astlänge gesamt (cm)</b>	1.460	1.670	1.470
<b>Ø Fraß (%)</b>	19	15	15
<b>EG pro lfd. m</b>	0	0	0

<b>Rev. Nauheim Abt. 18.1</b>	<b>Zone 1</b>	<b>Zone 2</b>	<b>Zone 3</b>
<b>Astlänge gesamt (cm)</b>	1.228	992	1.248
<b>Ø Fraß (%)</b>	8	9	7
<b>EG pro lfd. m</b>	0	0	0

2019

Rev. Danndorf Abt. 171 a <sub>1</sub>	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Astlänge gesamt (cm)	/	/	/
Ø Fraß (%)	50	59	24
EG pro lfd. m	/	/	/

Rev. Danndorf Abt. 178 b	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Astlänge gesamt (cm)	1.972	1.728	1.693
Ø Fraß (%)	24	16	15
EG pro lfd. m	0,1	0,4	0,4

Rev. Mahlpfuhl Abt. 3404 a <sub>5</sub>	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Astlänge gesamt (cm)	1.456	1.108	1.262
Ø Fraß (%)	69	70	70
EG pro lfd. m	0,3	0,1	0,1

Rev. Magdeburgerforth Abt. 201 b <sub>2</sub>	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Astlänge gesamt (cm)	1.355	1.350	1.448
Ø Fraß (%)	19	19	19
EG pro lfd. m	0	0	0

Rev. Nauheim Abt. 18.1	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Astlänge gesamt (cm)	1.473	1.420	1.250
Ø Fraß (%)	10	10	13
EG pro lfd. m	0	0	0

**Tabelle II a-b:** Übersicht über die Ergebnisse der Fraßkartierungen und des Nestermonitorings (Hessen, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen; 2017-2019)

**2016**

Rev. Danndorf Abt. 171 a <sub>1</sub>	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Ø Fraß (%)	/	/	/
Ø Nester pro Baum	12,2	13,3	10,1

Rev. Danndorf Abt. 178 b	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Ø Fraß (%)	/	/	/
Ø Nester pro Baum	6	10,3	9,7

Rev.Mahlpfuhl Abt. 3404 a <sub>5</sub>	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Ø Fraß (%)	/	/	/
Ø Nester pro Baum	4,5	4,8	1,3

Rev.Magdeburgerforth Abt. 201 b <sub>2</sub>	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Ø Fraß (%)	/	/	/
Ø Nester pro Baum	1,7	0	0

Rev. Nauheim Abt. 18.1	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Ø Fraß (%)	/	/	/
Ø Nester pro Baum	1	1,3	1,5

**2017**

Rev. Danndorf Abt. 171 a <sub>1</sub>	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Ø Fraß (%)	82	88	80
Ø Nester pro Baum	11,4	18	11,1

Rev. Danndorf Abt. 178 b	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Ø Fraß (%)	68	79	75
Ø Nester pro Baum	6,2	8,4	8,2

Rev.Mahlpfuhl Abt. 3404 a <sub>5</sub>	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Ø Fraß (%)	71	75	70
Ø Nester pro Baum	4	4,9	2,9

Rev.Magdeburgerforth Abt. 201 b <sub>2</sub>	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Ø Fraß (%)	30	34	40
Ø Nester pro Baum	1,4	0	0

Rev. Nauheim Abt. 18.1	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Ø Fraß (%)	30	27	20
Ø Nester pro Baum	0	0	0

**2018**

Rev. Danndorf Abt. 171 a <sub>1</sub>	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Ø Fraß (%)	87	89	82
Ø Nester pro Baum	10,5	18,5	12,9

Rev. Danndorf Abt. 178 b	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Ø Fraß (%)	74	74	74
Ø Nester pro Baum	7,7	9,1	8,4

Rev.Mahlpfuhl Abt. 3404 a <sub>5</sub>	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Ø Fraß (%)	42	44	34
Ø Nester pro Baum	3,1	3,8	1,7

Rev.Magdeburgerforth Abt. 201 b <sub>2</sub>	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Ø Fraß (%)	19	15	15
Ø Nester pro Baum	0	0	0

Rev. Nauheim Abt. 18.1	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Ø Fraß (%)	8,1	8,5	7,2
Ø Nester pro Baum	0	0	0

**2019**

Rev. Danndorf Abt. 171 a <sub>1</sub>	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Ø Fraß (%)	50	59	24
Ø Nester pro Baum	1	1,6	1,2

Rev. Danndorf Abt. 178 b	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Ø Fraß (%)	24	16	15
Ø Nester pro Baum	0	0	0

Rev.Mahlpfuhl Abt. 3404 a <sub>5</sub>	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Ø Fraß (%)	69	70	70
Ø Nester pro Baum	5,1	5,4	5,6

Rev.Magdeburgerforth Abt. 201 b <sub>2</sub>	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Ø Fraß (%)	19	19	19
Ø Nester pro Baum	0	0	0

Rev. Nauheim Abt. 18.1	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Ø Fraß (%)	10	10	13
Ø Nester pro Baum	0	0	0

**Tabelle III-b:** Monatsdurchschnittstemperaturen (°C) der Klimastationen des DWD in den Jahren 2016 bis 2019 und des langjährigen Mittels (1981-2010)

Bundesland	Station	Sta- tions- numm.	Untersuchungsflächen	Monat	Monatsdurchschnittstemperatur (°C)				
					2016	2017	2018	2019	1981- 2010
Niedersachsen	Wittingen/ Vorhop	7432	Danndorf 171a <sub>1</sub> Danndorf 178b	1	0.4	-0.5	3.4	1.7	1.1
				2	3.4	2.6	-1.4	4.5	1.4
				3	4.4	7.1	2.0	6.8	4.6
				4	8.1	7.5	12.2	10.0	8.7
				5	14.7	14.4	16.8	11.4	13.3
				6	17.6	17.0	17.9	20.0	16.0
				7	18.8	17.6	20.4	18.5	18.2
				8	17.7	17.4	19.6	19.1	17.7
				9	17.2	13.2	14.7	13.6	13.7
				10	8.8	11.7	10.5	11.0	9.4
				11	3.6	5.7	5.2	5.5	4.9
				12	3.1	3.7	4.8	4.2	1.8
				<b>Jahr</b>	<b>9.8</b>	<b>9.8</b>	<b>10.5</b>	<b>10.5</b>	<b>9.2</b>
Sachsen-Anhalt	Demker	6273	Mahlfuhr 3404a <sub>5</sub>	1	0.1	-0.8	3.6	1.8	0.8
				2	3.8	2.6	-1.3	4.7	1.4
				3	4.6	7.3	2.0	7.2	4.7
				4	8.5	8.1	12.8	10.4	9.0
				5	15.2	15.1	17.2	12.4	14.0
				6	18.6	17.9	19.0	21.7	16.6
				7	19.8	18.5	21.6	19.6	19.0
				8	18.4	18.3	20.7	20.4	18.4
				9	17.8	13.9	16.0	14.7	14.2
				10	9.1	11.7	10.8	11.2	9.5
				11	3.7	5.9	5.0	5.8	4.9
				12	3.2	3.8	4.8	4.0	1.5
				<b>Jahr</b>	<b>10.2</b>	<b>10.2</b>	<b>11.0</b>	<b>11.2</b>	<b>9.5</b>
Sachsen-Anhalt	Drewitz	1052	Magdeburgerforst 212b <sub>1</sub>	1	0.0	-1.3	3.5	1.3	0.6
				2	3.6	2.5	-1.7	4.7	1.1
				3	4.5	7.3	1.8	7.0	4.5
				4	8.6	7.9	13.2	10.2	8.9
				5	15.2	15.0	16.9	12.3	13.8
				6	18.4	18.1	19.0	21.9	16.5
				7	19.7	18.4	21.3	19.5	18.9
				8	18.5	18.4	20.9	20.6	18.2
				9	17.6	13.7	16.0	14.8	14.1
				10	8.8	11.7	11.1	11.3	9.5
				11	3.7	5.7	5.3	5.9	4.6
				12	2.8	3.5	4.5	4.3	1.3
				<b>Jahr</b>	<b>10.1</b>	<b>10.1</b>	<b>11.0</b>	<b>11.1</b>	<b>9.3</b>

Bundesland	Station	Sta- tions- Key	Untersuchungsflächen	Monat	Monatsdurchschnittstemperatur (°C)				
					2016	2017	2018	2019	1981- 2010
Hessen	Frankfurt/ Main	1420	Nauheim 18.1	1	3.3	-0.9	6.0	2.1	1.9
				2	4.8	5.2	0.0	4.5	2.7
				3	5.6	9.3	4.8	8.3	6.7
				4	9.5	9.7	14.3	11.7	10.6
				5	15.1	15.9	18.2	12.7	15.1
				6	18.0	20.3	20.5	21.4	18.2
				7	20.5	20.3	23.2	21.6	20.2
				8	19.9	19.5	22.0	20.7	19.6
				9	18.8	14.2	16.6	15.5	15.3
				10	9.8	11.7	12.4	11.8	10.6
				11	5.3	5.9	7.1	6.1	5.9
				12	2.5	3.8	4.7	4.5	2.8
				<b>Jahr</b>				<b>11.1</b>	<b>11.2</b>
Brandenburg	Berge	5825	Neustadt, Lüttgen Dreetz. 101 a <sub>2</sub>  Brieselang, Friesack, 7434 b	1	0.0	-0.9	3.5	1.5	0.6
				2	3.9	2.3	-1.2	4.8	1.2
				3	4.7	7.3	1.6	6.9	4.5
				4	8.6	8.0	12.9	10.4	9.1
				5	15.4	14.7	17.2	12.5	14.1
				6	18.7	17.6	18.8	22.0	16.7
				7	19.7	18.4	21.0	19.3	19.1
				8	18.4	18.6	20.9	20.5	18.5
				9	18.0	13.9	16.3	14.9	14.3
				10	8.8	11.7	11.2	11.3	9.6
				11	3.7	5.9	5.3	6.1	4.7
				12	3.2	3.6	4.6	4.2	1.3
				<b>Jahr</b>				<b>10.2</b>	<b>10.1</b>
Baden- Württemberg	Freudenberg/ Main-Boxtal	7187	Stadtwald Wertheim	1	2.3	-2.3	5.5	1.5	0.8
				2	4.3	4.1	-1.1	3.4	1.4
				3	4.9	8.2	3.7	7.7	5.2
				4	8.6	8.5	13.3	10.6	9.0
				5	13.9	14.6	16.7	11.6	13.5
				6	17.4	18.8	18.9	19.7	16.6
				7	19.5	19.2	21.2	19.8	18.6
				8	18.5	18.4	20.9	19.4	18.0
				9	17.1	13.2	15.2	14.6	13.9
				10	8.9	11.3	10.8	11.2	9.5
				11	4.2	5.6	5.7	5.6	4.8
				12	1.9	3.4	4.4	3.4	1.8
				<b>Jahr</b>				<b>10.1</b>	<b>10.2</b>

**Tabelle IV a-b:** Monatsniederschläge (mm) der Klimastationen des DWD in den Jahren 2016 bis 2019 und des langjährigen Mittels (1981-2010)

Bundesland	Station	Sta- tions- Key	Untersuchungsflächen	Monat	Monatsniederschlag (mm)				
					2016	2017	2018	2019	1981- 2010
Niedersachsen	Wittingen/ Vorhop	7432	Danndorf 171a <sub>1</sub> Danndorf 178b	1	45	63	85	55	61
				2	63	40	6	16	45
				3	25	59	60	62	54
				4	37	32	53	26	39
				5	71	72	9	23	53
				6	96	108	42	74	62
				7	42	127	23	23	71
				8	24	65	20	40	64
				9	30	81	23	59	56
				10	70	59	15	68	52
				11	42	64	14	48	53
				12	37	64	66	42	62
					<b>Jahr</b>			<b>581</b>	<b>833</b>
Sachsen-Anhalt	Demker	6273	Mahlfuhr 3404a <sub>5</sub>	1	37	34	48	36	41
				2	37	29	5	17	34
				3	33	33	46	58	39
				4	21	16	28	21	30
				5	66	25	18	26	52
				6	45	120	21	41	56
				7	59	98	7	34	57
				8	20	71	38	36	56
				9	28	33	26	51	46
				10	50	48	6	57	36
				11	29	46	9	40	41
				12	33	37	35	24	45
					<b>Jahr</b>			<b>458</b>	<b>589</b>
Sachsen-Anhalt	Drewitz	1052	Magdeburgerforth 212b <sub>1</sub>	1	41	40	51	65	44
				2	38	39	4	21	38
				3	37	49	51	66	44
				4	29	25	26	13	33
				5	69	32	15	42	55
				6	98	105	23	40	58
				7	32	109	15	36	60
				8	29	32	31	21	63
				9	39	32	39	50	51
				10	48	58	15	58	39
				11	32	58	15	41	46
				12	33	46	57	32	53
					<b>Jahr</b>			<b>525</b>	<b>626</b>

Bundesland	Station	Sta- tions- Key	Untersuchungsflächen	Monat	Monatsniederschlag (mm)				
					2016	2017	2018	2019	1981- 2010
Hessen	Frankfurt/ Main	1420	Nauheim 18.1	1	67	24	71	42	54
				2	82	17	11	11	48
				3	57	43	40	42	51
				4	47	10	54	35	41
				5	89	85	33	73	62
				6	111	25	19	44	63
				7	47	94	17	44	63
				8	42	103	20	53	52
				9	24	63	26	51	56
				10	48	33	7	79	60
				11	39	83	26	48	53
				12	9	82	75	65	62
				<b>Jahr</b>	<b>662</b>	<b>663</b>	<b>401</b>	<b>586</b>	<b>665</b>
Brandenburg	Berge	5825	Neustadt, Lüttgen Dreetz. 101 a <sub>2</sub>  Brieselang, Friesack, 7434 b	1	28	22	48	32	38
				2	33	25	3	19	32
				3	22	43	43	53	38
				4	25	24	40	11	29
				5	52	35	10	18	50
				6	44	208	13	51	60
				7	53	145	50	43	52
				8	20	67	18	36	55
				9	31	22	20	71	47
				10	36	64	9	58	35
				11	26	57	11	46	39
				12	38	31	43	22	40
				<b>Jahr</b>	<b>408</b>	<b>743</b>	<b>307</b>	<b>460</b>	<b>515</b>
Baden- Württemberg	Freudenberg/ Main-Boxtal	7187	Stadtwald Wertheim	1	93	23	101	103	61
				2	75	41	16	22	57
				3	50	64	72	67	67
				4	64	28	75	30	51
				5	72	114	38	82	71
				6	59	72	21	51	69
				7	50	129	60	41	71
				8	39	65	18	43	61
				9	24	54	58	46	57
				10	57	62	13	104	62
				11	66	88	14	60	63
				12	9	93	114	84	70
				<b>Jahr</b>	<b>657</b>	<b>831</b>	<b>601</b>	<b>730</b>	<b>760</b>