

Autorinnen:  
Dr. Ute Koch, Dr. Regina G. Kleespies

## Schlussbericht zum Vorhaben

ModEPSKlim – Modellgestützte Gefährdungsabschätzung  
des Eichenprozessionsspinners im Klimawandel

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen  
Institut für Biologischen Pflanzenschutz, Darmstadt



Berichte aus dem Julius Kühn-Institut

214

## **Kontaktadresse/ Contact**

Dr. Regina G. Kleespies  
Julius Kühn-Institut (JKI)  
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen  
Institut für Biologischen Pflanzenschutz  
Heinrichstr. 243  
64287 Darmstadt  
Germany

E-Mail: [bi@julius-kuehn.de](mailto:bi@julius-kuehn.de)  
Telefon: +49 (0) 6151 407-0  
Telefax: +49 (0) 6151 407-290

Wir unterstützen den offenen Zugang zu wissenschaftlichem Wissen.  
Die Berichte aus dem Julius Kühn-Institut erscheinen daher als OPEN ACCESS-Zeitschrift.

We advocate open access to scientific knowledge.  
Reports from the Julius Kühn Institute are therefore published as open access journal.

Berichte aus dem Julius Kühn-Institut sind online verfügbar unter <https://ojs.openagrar.de/index.php/BerichteJKI>  
Reports from the Julius Kühn Institute are available free of charge under  
<https://ojs.openagrar.de/index.php/BerichteJKI>

## **Herausgeber / Editor**

Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Braunschweig, Deutschland  
Julius Kühn Institute, Federal Research Centre for Cultivated Plants, Braunschweig, Germany

**ISSN 1866-590X**

**DOI 10.5073/20211206-151738**



© Der Autor/ Die Autorin 2021.  
Dieses Werk wird unter den Bedingungen der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0) zur Verfügung gestellt (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>).



© The Author(s) 2021.  
This work is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>)

# Schlussbericht

zum Vorhaben

## ModEPSKlim – Modellgestützte Gefährdungsabschätzung des Eichenprozessionsspinnerers im Klimawandel

Autorinnen:

Dr. Ute Koch, Dr. Regina G. Kleespies

Zuwendungsempfänger:

Julius Kühn-Institut, Institut für Biologischen Pflanzenschutz, Darmstadt

Förderkennzeichen:

28W-C-4-090-03

Laufzeit:

01.03.2016 – 15.09.2020

Monat der Erstellung:

10/2020



Projektträger Bundesanstalt  
für Landwirtschaft und Ernährung



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.

# Final Report

## Of the Project

### ModEPSKlim – Model based risk assessment of oak processionary moth in climate change

#### Authors:

Dr. Ute Koch, Dr. Regina G. Kleespies

#### Donee:

Julius Kühn-Institut, Institute for Biological Control, Darmstadt

#### Support code:

28W-C-4-090-03

#### Term:

01.03.2016 – 15.09.2020

#### Month of creation:

10/2020



Projektträger Bundesanstalt  
für Landwirtschaft und Ernährung



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

The project was supported by funds of the Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) based on a decision of the parliament of the Federal Republic of Germany via the Federal Office for Agriculture and Food (BLE) under the Federal Programme for Ecological Farming and Other Forms of Sustainable Agriculture.

## I. Ziele

Im Projekt „Modellgestützte Gefährdungsabschätzung des Eichenprozessionsspinners im Klimawandel (ModEPSKlim)“ waren mehrere Teilprojekte vereinigt. Das Julius Kühn-Institut (JKI) befasste sich im Teilvorhaben 2B mit der Suche nach natürlichen mikrobiellen Antagonisten des Eichenprozessionsspinners (*Thaumetopoea processionea*) (L. 1758) (Lepidoptera, Notodontidae) wie Viren, Bakterien, Pilze, einschließlich Mikrosporidien. Diese sollten in Raupen und Imagines des Eichenprozessionsspinners (EPS) unterschiedlicher Herkunftsgebiete (räumlich und klimatisch) nachgewiesen und determiniert werden. Anhand vorliegender Erfahrungen über Virulenz und Wirkungsweise der verschiedenen Pathogengruppen sowie die Frequenz ihres natürlichen Vorkommens sollte deren Einfluss auf die Populationsdynamik des EPS eingeschätzt werden. Darüber hinaus war ein weiteres Ziel des JKI zu versuchen, neu isolierte Pathogene im Labor auf deren Virulenz zu testen und ihr Bekämpfungspotential zu ermitteln.

## I. Objectives

Several sub-projects were combined in the project “Model-based risk assessment of oak processionary moth in climate change (ModEPSKlim)”. In sub-project 2B, the Julius Kühn-Institut (JKI) looked for natural microbial antagonists of the oak processionary moth (*Thaumetopoea processionea*) (L. 1758) (Lepidoptera, Notodontidae) such as viruses, bacteria, fungi, including microsporidia. These should be detected and determined in caterpillars and adults of the oak processionary moth (EPS) from different areas of origin (regional and climatic). Based on existing experience about the virulence and mode of action of the various groups of pathogens as well as the frequency of their natural occurrence, their influence on the population dynamics of the EPS should be assessed. In addition, another aim of the JKI was to try to test newly isolated pathogens in the laboratory for their virulence and to determine their control potential.

## **Aufgabenstellung**

### **Arbeitspaket 1: Diagnostische Untersuchungen**

Im Rahmen des Projektes „ModEPSKlim“ sollte das natürlich vorkommende mikrobielle Antagonistenspektrum des Eichenprozessionsspinners erfasst werden. Von den anderen Projektpartnern, insbesondere der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg und der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt in Göttingen, wurden Flächen in Baden-Württemberg, Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg ausgewählt, auf denen von 2016-2019 die Probenahmen stattfinden sollten. Auf jeder Untersuchungsfläche sollten Larven verschiedener Entwicklungsstadien und Imagines des EPS gesammelt werden, insgesamt möglichst 100 oder mehr und mindestens 50 Exemplare pro Fläche, um aussagekräftige Daten zu erhalten. Die Larven wurden direkt am Baum gesammelt, die Falter mit Hilfe von Pheromonfallen erfasst. Im Labor sollten dann die aufgefundenen Tiere unter dem Stereomikroskop präpariert und nach Pathogenen untersucht werden. Gewebeproben von Fettkörper, Vorder-, Mittel- und Enddarm, Malpighischen Gefäßen, Tracheen und Epidermis mussten hierfür entnommen und zunächst unter dem Phasenkontrastmikroskop auf Pathogeninfektionen geprüft werden. Bei Infektionsverdacht sollten Ausstrichpräparate angefertigt und mit Erreger-angepassten Methoden für die weiteren Untersuchungen im Licht- und teilweise Transmissionselektronenmikroskop gefärbt werden, um die Pathogene determinieren zu können.

### **Arbeitspaket 2: Infektionsversuche**

Um Daten über Virulenz und Wirtsspektrum der aufgefundenen Pathogene zu erhalten, sollten Laborversuche zur Infektion von Junglarven (L1 bis L2) des Eichenprozessionsspinners und der Wachsmotte (*Galleria mellonella*) durchgeführt werden.

### **Arbeitspaket 3: Erstellung eines Merkblattes**

Das JKI sah eine weitere Aufgabe darin, Schädlingsbekämpfer in das Erkennen von möglicherweise erkrankten EPS und anderen Insekten einzuweisen und um Unterstützung bei der Sammlung krankheitsverdächtiger Larven zu bitten. Über die ausgewählten Untersuchungsflächen hinaus sollten hierdurch weitere Gebiete auf mögliches Vorkommen antagonistischer Mikroorganismen einbezogen werden, um noch effektiver nach neuen oder bekannten Pathogenen und möglichen Epizootien zu suchen.

## **Stand der Wissenschaft und Technik**

Der Eichenprozessionsspinner ist von großer Bedeutung, da seine Larven über hochgradig allergene Brennhaare verfügen. Außerdem führt er häufig zu Kahlfraß an Eichenbäumen, die hierdurch stark gefährdet werden. Während er von 1984-1988 in Süddeutschland eine Massenvermehrung durchmachte, waren es danach nur noch einzelne höhere Aufkommen. Seit 1993 trat diese Art jedoch immer häufiger in großer Anzahl in verschiedenen Bundesländern wie Bayern, Baden-Württemberg und Sachsen-Anhalt auf, was vermutlich auch eine Folge der Klimaerwärmung ist – der Eichenprozessionsspinner ist eine wärmeliebende Art. Problematisch ist er vor allem deshalb, weil er nicht nur in Wäldern vorkommt, sondern auch Einzelbäume an Straßenrändern oder im städtischen Bereich befällt. Die Gesundheitsgefährdung für den Menschen ist dadurch erhöht. Dazu kommt, dass das in den Brennhaaren eingeschlossene Gift über viele Jahre stabil bleibt. Dadurch sind besonders auch Kinder gefährdet, die durch ihre Freilandaktivitäten, wie z. B. Spielen auf dem Boden, mit den Brennhaaren in Kontakt kommen können (ROHE et al. 2020).

Der Einfluss von Insektenpathogenen (Viren, Bakterien, Pilze, einschließlich Mikrosporidien) auf die Populationsdynamik des EPS ist nur wenig untersucht. Bei anderen im Forst schädlichen Lepidopteren konnte jedoch gezeigt werden, dass Entomopathogene häufig zu natürlichen Dezimierungen beitragen

(BRAXTON et al., 2003; TANADA and KAYA, 2012). Derzeit gibt es insbesondere für Deutschland nur wenige Informationen zum natürlichen Infektionsgrad. Der Einfluss von Gegenspielern wird jedoch im Allgemeinen stark unterschätzt.

Entomopathogene **Viren** wurden bereits in den 1950-60er Jahren in französischen EPS-Populationen entdeckt (VAGO and VASILJEVIC, 1955; BILIOTTI, 1959; GRISON, 1959, 1960) und sind später auch in weiteren Ländern, wie Bulgarien (TSANKOV et al., 1979) und der Türkei (INCE et al., 2007; JAKUBOWSKA et al., 2015), beschrieben worden.

Untersuchungen zum natürlichen Vorkommen von entomopathogenen **Bakterien** wurden jüngst ebenfalls an türkischen EPS-Populationen durchgeführt (KATI et al., 2009, 2010; INCE et al., 2014). Es wurden dabei u. a. zwei Stämme von *Bacillus thuringiensis* ssp. *morrisoni* isoliert (KATI et al., 2009). Schon eher konnte auch in Spanien *B. thuringiensis* in EPS nachgewiesen werden. Hier waren die Subspezies *aizawai*, *konkukian*, *mexicanensis* und *andaluciensis* vertreten (VARGAS-OSUNA et al., 1994). Wie bekannt, werden zahlreiche Stämme verschiedener Subspezies von *B. thuringiensis* erfolgreich zur biologischen Bekämpfung von Schadinsekten eingesetzt. Als biologisches Bekämpfungsmittel wurde *Bacillus thuringiensis* ssp. *kurstaki* HD-1 von der FVA BaWü im Jahr 2008 getestet, mit einem Wirkungsgrad von 70-90%.

Auch entomopathogene **Pilze** infizieren den EPS. Es wurden Infektionen mit *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii*, *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea*, *Isaria farinosa* und *Tolypocladium cylindrosporum* nachgewiesen (PAPARATTI et al., 1988; VARGAS-OSUNA et al., 1994; ER et al., 2007). In eigenen Untersuchungen des JKI-Instituts für Biologischen Pflanzenschutz konnten in EPS-Populationen aus Deutschland, Bulgarien und Italien *B. bassiana*, *I. fumosorosea*, *I. farinosa* und *Scopulariopsis* sp. isoliert werden (s. <https://arthropodenkrankheiten.julius-kuehn.de/index.php>).

HOCH et al. (2008) beschrieben **Mikrosporidien**funde aus Österreich, die vier unterschiedlichen Gattungen angehören (*Endoreticulatus*, *Nosema*, *Cystosporogenes* und *Vairimorpha*). Mit *Endoreticulatus* sp. konnten im Labor auch Schwammspinnerlarven infiziert werden; Sporen dieser Mikrosporidie konnten im Freilandversuch auf Eichen auch in geringem Maße Eichenprozessionsspinnerlarven infizieren. In einer späteren Studie untersuchten HOCH et al. (2014) EPS-Larven aus Belgien, Frankreich und Deutschland, letztere von drei Standorten in Bayern und fünf in Sachsen-Anhalt, auf Mikrosporidieninfektionen. Dazu sammelten sie jeweils ca. 140 Raupen von jeweils 4-5 Bäumen pro Standort. Insgesamt ergab sich für Deutschland eine hohe Infektionsrate von 85,7%.

Da es bisher für die Gründe von Einbrüchen der Gradationen des EPS keine gesicherten Befunde gibt (SOBCZYK, 2014), sind die im Projekt durchgeführten Untersuchungen von großer Bedeutung, um den Schädling überwachen zu können.

## Fachliteratur

ANDREADIS, T.G., 1984: Epizootiology of *Nosema pyrausta* in field populations of the European corn borer (Lepidoptera, Pyralidae). Environ. Entomol. **13**, 882–887.

BILIOTTI, E., 1959: Observations on epizootics affecting the pine procession moth. Rev. Pathol. Végét. d'Entomol. Agricole France **38** (2), 149-155.

BRAXTON, S.M., D.W. ONSTAD, D.E. DOCKTER, R. GIORDANO, R. LARSSON, R.A. HUMBER, 2003: Description and analysis of two internet-based databases of insect pathogens: EDWIP and VIDIL. J. Invertebr. Path. **83** (3), 185-195.

CAGÁÑ, L., A. PLAČKOVÁ, P. BOKOR, 2012: The effects of *Nosema pyrausta* infection on European corn borer populations from five European countries. Acta Protozool. **51** (2) 169-177.

ER, M.K., H. Tunaz, A. Gokce, 2007: Pathogenicity of entomopathogenic fungi to *Thaumetopoea pityocampa* (Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) larvae in laboratory conditions. J. Pest Sci. **80** (4), 235-239.

GRISON, P., 1959: Aerial distribution of a pathogenic preparation against the processionary caterpillar. Agric. Aviation, The Hague **1** (2), 39-41.

- GRISON, P., 1960: Control of *T. pityocampa* in the forest with a specific virus preparation. Z. Angew. Entomol. **47** (1), 24-31.
- GRISON, P., C. VAGO, R. MAURY, 1959: La lutte contre la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. dans le massif du Ventoux. Essai d'utilisation pratique d'un virus spécifique. Rev. Forest. Franc. **11** (5), 353-370.
- HILL, R.E., W.J. GARY, 1979: Effects of the microsporidium, *Nosema pyrausta*, on field populations of European corn borers in Nebraska. Environ. Entomol. **8** (1), 91-95.
- HOCH, G., S. VERUCCHI, A. SCHOPF, 2008: Mikrosporidien des Eichenprozessionsspinners, *Thaumetopoea processionea* (L.) (Lep., Thaumetopoeidae) in den Eichenwäldern Ostösterreichs. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Ang. Entomol. **16**, 225-228.
- HOCH, G., D. GOERTZ, N. MEURISSE, 2014: Microsporidian pathogens in outbreak populations of the oak processionary moth, *Thaumetopoea processionea* (L. 1758) (Lep., Notodontidae) in Belgium, France and Germany. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Ang. Entomol. **19**, 51-56.
- HUGER, A.M., 1974: Versuche zur künstlichen Infektion einer Freilandpopulation des Maiszünslers mit Mikrosporidien. Jahrb. Biol. Bundesanst. Land- und Forstw. Braunschweig, Kap. **3.2**, p H 89.
- HUGER, A.M., 1975a: Diagnostische Untersuchungen über Krankheiten in Freilandpopulationen des Maiszünslers. Jahrb. Biol. Bundesanst. Land- und Forstw. Braunschweig, Kap. **3.1**, p H 80.
- HUGER, A.M., 1975b: Versuche zur künstlichen Infektion von Freilandpopulationen des Maiszünslers mit Mikrosporidien. Jahrb. Biol. Bundesanst. Land- und Forstw. Braunschweig, Kap. **3.2**, p H 81.
- HUGER, A.M., 1979: Versuche zur künstlichen Infektion von gesunden Freilandpopulationen wichtiger Schadinsekten, vor allem mit Mikrosporidien. Jahrb. Biol. Bundesanst. Land- und Forstw. Braunschweig, Kap. **8**, p H 84.
- HUGER, A.M., 1980a: Über die Auswirkungen einer persistenten Mikrosporidiose auf die Überlebensrate überwinterner Maiszünslers-Populationen. Jahrb. Biol. Bundesanst. Land- und Forstw. Braunschweig, Kap. **7.1**, p H 83–H 84.
- HUGER, A.M., 1980b: Über die Auswirkung einer persistenten Mikrosporidiose auf die Vermehrungsrate des Maiszünslers. Jahrb. Biol. Bundesanst. Land- und Forstw. Braunschweig, Kap. **7.2**, p H 84.
- INCE, I.A., I. DEMIR, Z. DEMIRBAG, R. NALCACIOGLU, 2007: A cytoplasmic polyhedrosis virus isolated from the pine processionary caterpillar, *Thaumetopoea pityocampa*. J. Microbiol. Biotechnol. **17** (4), 632-637.
- INCE, I.A., Z. DEMIRBAG, H. KATI, 2014: *Arthrobacter pityocampae* sp. nov., isolated from *Thaumetopoea pityocampa* (Lep., Thaumetopoeidae). Int. J. Syst. Evol. Microbiol. **64**, 3384-3389.
- JAKUBOWSKA, A.K., R. NALCACIOGLU, A. MILLAN-LEIVA, A. SANZ-CARBONELL, H. MURATOGLU, S. HERRERO, Z. DEMIRBAG, 2015: In Search of Pathogens: Transcriptome-Based Identification of Viral Sequences from the Pine Processionary Moth (*Thaumetopoea pityocampa*). Viruses **7** (2), 456-479.
- KATI, H., I.A. INCE, K. SEZEN, S. ISCI, Z. DEMIRBAG, 2009: Characterization of two *Bacillus thuringiensis* ssp *morrisoni* strains isolated from *Thaumetopoea pityocampa* (Lep., Thaumetopoeidae). Biocontr. Sci. Technol. **19** (5-6), 475-484.
- KATI, H., I.A. INCE, I. DEMIR, Z. DEMIRBAG, 2010: *Brevibacterium pityocampae* sp. nov., isolated from caterpillars of *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera, Thaumetopoeidae). Int. J. Syst. Evol. Microbiol. **60**, 312-316.
- KELLER, S., V. KALSBECK, J. EILENBERG, 1999: Redescription of *Entomophthora muscae* (Cohn) Fresenius. Sydowia **51** (2), 197-209.
- KLEESPIES, R.G., A.M. HUGER, G. ZIMMERMANN, 2008: Diseases of insects and other arthropods: results of diagnostic research over 55 years. Biocontr. Sci. Technol. **18** (5), 439-482.
- KLEESPIES, R.G., A.M. HUGER, G. ZIMMERMANN, 2010: Database on diagnosis of arthropod diseases in the Internet of the Julius Kühn-Institute. J. Appl. Entomol. **134** (1), 80-80.
- Lewis, L.C., D.V. SUMERFORD, L.A. BING, R.D. GUNNARSON, 2006: Dynamics of *Nosema pyrausta* in natural populations of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*: a six-year study. Biocontrol **51**, 627–642.
- LEWIS, L.C., D.J. BRUCK, J.R. PRASIFKA, E.S. RAUN, 2009: *Nosema pyrausta*: its biology, history, and potential role in a landscape of transgenic insecticidal crops. Biol. Control **48**, 223–231.



PAPARATTI, B., R FABOZZI, 1988: A new pathogen of the pine processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa* Den. et Schiff.), Lepidoptera: Thaumetopoeidae. *Informatore Fitopatologico* **38** (9), 45-48.

ROHE, W., L. SCHWARZ, D. EKARIUS, 2020: Der Eichenprozessionsspinner: Vorkommen - Gefahr - Bekämpfung. Wiebelsheim: Quelle & Meyer, 109 pp.

SOBCZYK, T., 2014: Der Eichenprozessionsspinner in Deutschland: Historie, Biologie, Gefahren, Bekämpfung. BfN Bundesamt für Naturschutz.

TANADA, Y., H.K. KAYA, 2012: *Insect Pathology*. Academic Press.

TSANKOV, G., L. ENCHEVA, P. KAJTAZOVA, 1979: Virus Disease on *Thaumetopoea pityocampa* Caterpillars. *Gorskostopanska Nauka* **16** (6), 68-72.

VAGO, C., L. VASILJEVIC, 1955: A virosis localized in the intestines with cytoplasmatic affinity in the Lepidoptera *Thaumetopoea processionea*. *Antonie Van Leeuwenhoek Journal of Microbiology and Serology* **21** (2), 210-214.

VARGAS-OSUNA, E., J. MUNOZ-LEDESMA, H.K. ALDEBIS, C. SANTIAGO-ALVAREZ, 1994: Pathogens and parasitoids for the control of *Thaumetopoea pityocampa* (D. & Schiff.) (Lep. Notodontidae). *Boletin de Sanidad Vegetal, Plagas* **20** (2), 511-515.

ZIMMERMANN, G., A.M. HUGER, G.-A. LANGENBRUCH, R.G. KLEESPIES, 2016: Pathogens of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, with special regard to the microsporidium *Nosema pyrausta*. *J. Pest Sci.*, **89**(2), 329-346.

## Verwendete Literaturdatenbanken:

Web of Science, Scopus

## Zusammenarbeit mit anderen Stellen

### Schädlingsbekämpfer:

George Hüttig, Der Puschmann GmbH	73269 Hochdorf
Christian Roch, Schädlingsbekämpfung	91587 Adelshofen
Simon Härtig, Baumpflege	97892 Kreuzwertheim

Weitere Schädlingsbekämpfer wurden telefonisch um Probenmaterial gebeten.

### Baumkletterer, Zapfenpflücker:

Die Projektkoordinatoren von der FVA in Freiburg vermittelten einige Baumkletterer und Zapfenpflücker mit der Bitte um Zusendung von Probenmaterial an das Julius Kühn-Institut zur diagnostischen Untersuchung.

### Bakteriendeterminierung mittels MALDI TOF:

Dr. Annette Wensing, Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau, Dossenheim.

## **II. Ergebnisse**

### **Arbeitspaket 1: Diagnostische Untersuchungen**

#### **Ergebnisse der diagnostischen Untersuchungen von Larven verschiedener Stadien und Imagines des Eichenprozessionsspinner**

##### **1.1 Lage der Untersuchungsgebiete**

Die Proben wurden an insgesamt 10 Standorten in fünf Bundesländern gesammelt, die sich wie folgt darstellen (Abbildung 1):

##### **Baden-Württemberg:**

Nagold

Wertheim-Dertingen

Wertheim-Höhefeld

Freiburg

##### **Hessen:**

Nauheim bei Groß-Gerau

##### **Niedersachsen:**

Danndorf

##### **Sachsen-Anhalt:**

Altmark-Magdeburgerforst

Mahlpfehl

##### **Brandenburg:**

Prämer Berge

Zootzen



Abbildung 1: Lage der Untersuchungsgebiete in einer schematischen Karte von Deutschland.

Quelle: [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Karte\\_Deutschland.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Karte_Deutschland.svg)

Der Eichenprozessionsspinner kommt darüber hinaus in Deutschland noch in fünf weiteren Bundesländern vor, nämlich Bayern, Berlin, Mecklenburg-Vorpommern, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchungsjahre 2016 bis 2019 dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass nicht in jedem Jahr genau dieselben Flächen zur Probenentnahme zur Verfügung standen. In Nagold (Baden-Württemberg) konnte nur in den Jahren 2016 und 2017 Material gesammelt werden, Larven und Imagines aus Versuchen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt in Freiburg (FVA-BW) wurden ebenfalls nur aus den Jahren 2016 und 2017 untersucht. Proben aus Nauheim (Hessen) erhielten wir in den Jahren 2017 und 2018. Lediglich aus Wertheim-Dertingen liegen aus allen vier Jahren Proben vor, in den übrigen Gebieten stammen die Proben aus den Jahren 2017-2019.

2019 traten in einigen Gebieten in sehr großer Zahl Schwammspinner-Imagines (*Lymantria dispar*) in den Pheromonfallen auf. Stichproben davon wurden ebenfalls auf Pathogene untersucht, da es nicht ausgeschlossen ist, dass diese auch den Eichenprozessionsspinner infizieren können, wie es von HOCH et al. (2008) beschrieben wurde.

## 1.2 Aufgefundene mikrobielle Antagonisten

In den untersuchten Raupen und Imagines konnten verschiedene Pathogene nachgewiesen werden. Infektionen mit entomopathogenen **Pilzen** aus der Ordnung der Entomophthoromycota waren in insgesamt 12 Imagines aus drei Untersuchungsgebieten (Wertheim-Dertingen, Prämer Berge und Zootzen) zu finden (Abbildung 2). Pilze aus dieser Ordnung können zu Epizootien führen, wie es z. B. für den sog. Fliegentöterpilz, *Entomophthora muscae*, bekannt ist (KELLER et al., 1999). Diese Art befällt Fliegen u. a. der Gattung *Musca*. Sporen des Pilzes zeigen sich nach Infektion als weißer Belag auf der Oberfläche der Fliege

sowie in einem die Fliege umgebenden Hof. Der Pilz schleudert Sporen aus, die dann auf einem neuen Wirt landen und somit eine neue Infektion verursachen können. Pilze aus dieser Ordnung lassen sich nicht auf künstlichen Nährmedien kultivieren, sondern sind auf lebende Insektenwirte spezialisiert. Bisher ist eine derartige Epizootie, verursacht durch einen Vertreter der Entomophthoromycota, beim Eichenprozessionsspinner in der uns zugänglichen Literatur nicht beschrieben worden.

Des Weiteren waren in zwei Proben je ein sporenbildendes **Bakterium** in einer Imago aus Danndorf und einer weiteren aus Prämer Berge nachzuweisen. Auch in einer Larve aus dem Gebiet Prämer Berge fand sich ein sporenbildendes Bakterium. Eine vorläufige Bestimmung von zweien dieser Bakterien erfolgte in einem Schwesterinstitut des JKI, Institut für Pflanzenschutz im Obst- und Weinbau, in Dossenheim. Die Bestimmung wurde von Frau Dr. Annette Wensing mit Hilfe eines MALDI TOF-Gerätes durchgeführt, das auf einem System der Massenspektrometrie basiert (**M**atrix-**A**ssistierte **L**aser-**D**esorption-**I**onisierung =. MALDI, **T**ime of **F**light = TOF). (Siehe z.B. [https://www.biospektrum.de/blatt/d\\_bs\\_pdf&id=1054304](https://www.biospektrum.de/blatt/d_bs_pdf&id=1054304)

Der EPS aus Danndorf wies eine Infektion mit *Bacillus subtilis* auf. In dem Exemplar aus der Imago von Prämer Berge konnte ebenfalls ein Bakterium der Gattung *Bacillus* nachgewiesen werden. Es gehört der *Bacillus cereus*-Gruppe an, zu der auch die bereits gegen den EPS eingesetzte Lepidopteren-wirksame Bakterienart *Bacillus thuringiensis* ssp. *kurstaki* HD-1 gehört. Das Bakterium aus der Larve konnte mit dem MALDI TOF-System nicht bestimmt werden.

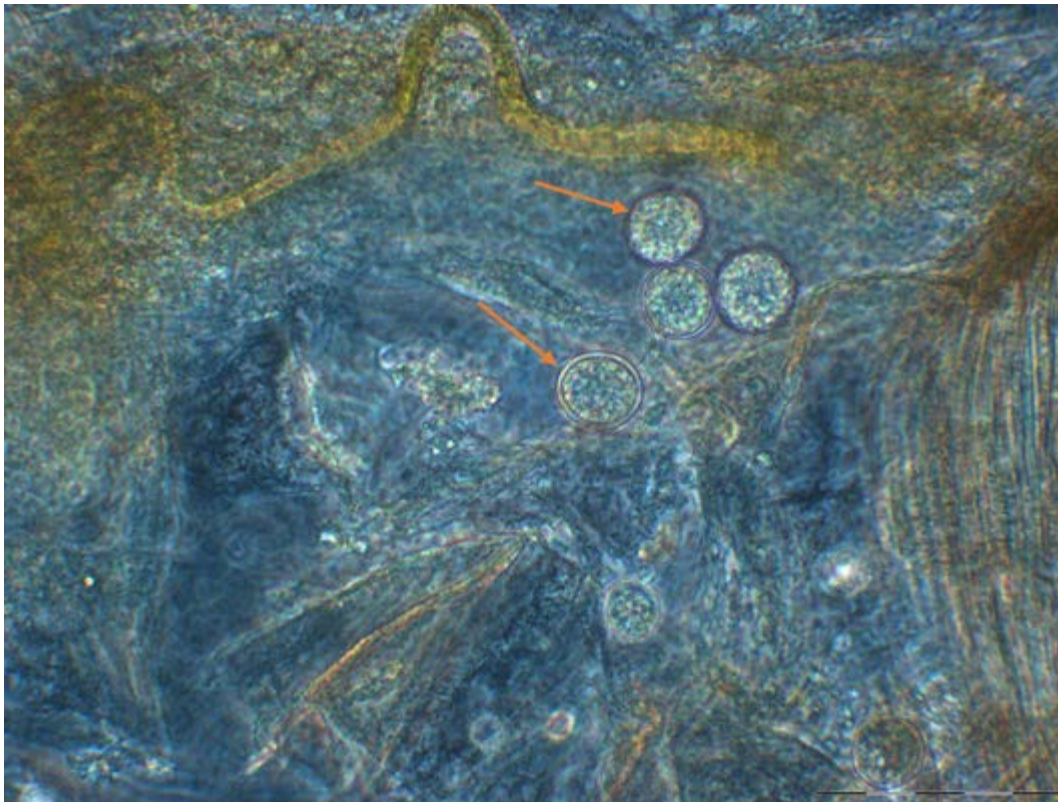


Abbildung 2: Entomopathogener Pilz aus der Ordnung der Entomophthoromycota aus einer Imago des Eichenprozessionsspinners im Phasenkontrastmikroskop (die roten Pfeile markieren kugelförmige Überdauerungssporen, die sich durch eine dicke Hülle auszeichnen, Maßstab = 50 µm).

Den weitaus größten Anteil an mikrobiellen Krankheitserregern stellten **Mikrosporidien** (Abbildung 3). Diese Einzeller werden den Pilzen zugeordnet, sind jedoch auf lebende Wirte angewiesen, können also nicht auf künstlichen Nährmedien vermehrt werden, wie es häufig für entomopathogene Pilze möglich ist. Mikrosporidien zeichnen sich durch eine einzigartige Biologie aus. Sie verfügen über einen hohlen Polfaden, mit dem sie ihren Zellinhalt (Protoplast) mit hohem Druck in eine Wirtszelle transportieren. In der Wirtszelle bilden sich Entwicklungsstadien des Erregers aus, die sich durch Teilung stark vermehren. Das letzte Entwicklungsstadium ist dann wieder die Spore, welche erneut durch Polfadenausschleuderung eine neue Wirtszelle befällt. Nach zahlreichen Zyklen sind ein oder mehrere Gewebe des Wirtes dicht ausgefüllt mit Sporen. Mikrosporidien führen in der Regel zu chronischen Infektionen ihrer Wirte, die häufig verminderte Lebensdauer, Fertilität und Fekundität zur Folge haben.

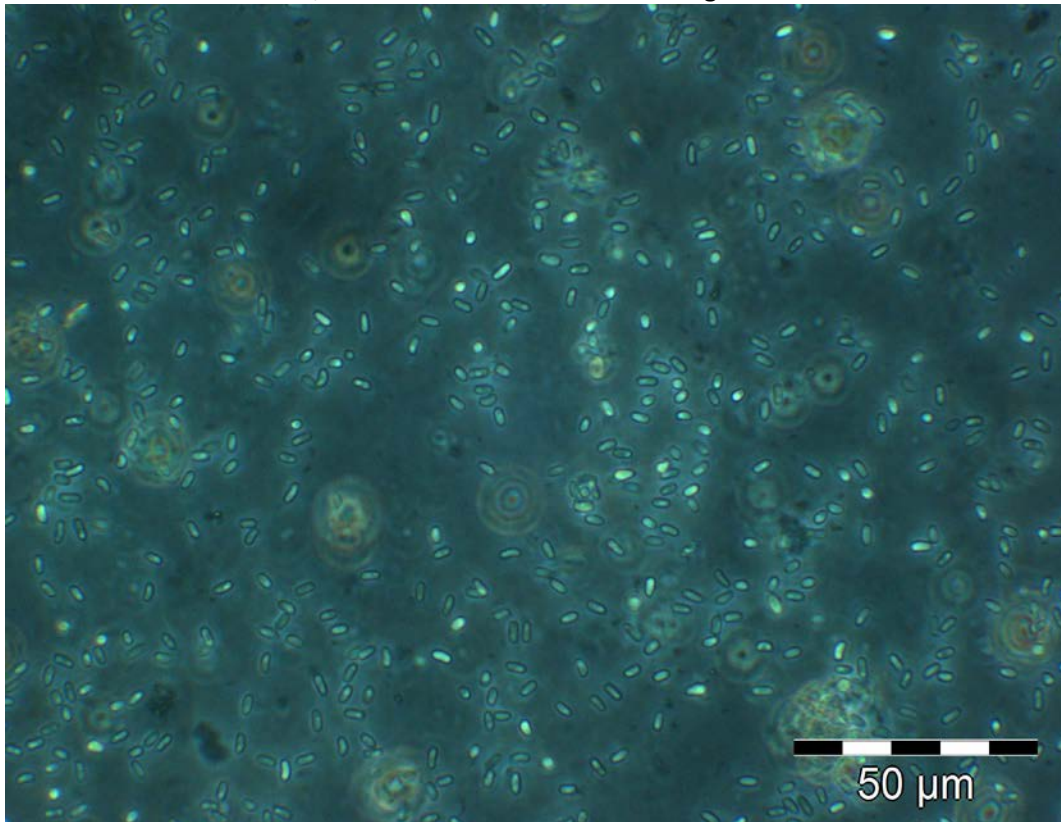


Abbildung 3: Mikrosporidiensporen aus einer Raupe des Eichenprozessionsspinners im Phasenkontrastmikroskop. Die Sporen reflektieren das Licht und erscheinen daher leuchtend weiß. Ihre Form ist oval bis kommaförmig.

In den untersuchten Proben traten überwiegend zwei unterschiedliche Arten auf. Sie waren sowohl in Larven als auch in Imagines nachzuweisen, und auch in den untersuchten Schwammspinnern waren Mikrosporidien zu finden, deren Sporengröße und -form sich von denen in den Eichenprozessionsspinnern diagnostizierten unterschieden. Von allen mit Mikrosporidien infizierten Proben wurden jeweils nach Giemsa gefärbte Ausstriche angefertigt. Diese werden für eine morphologische Determinierung benötigt. Anhand des Entwicklungszyklus, der Sporenform und -größe sowie der Kernverhältnisse lässt sich eine erste Gattungszuordnung der Mikrosporidie vornehmen. In allen erhaltenen EPS-Proben, die eine Mikrosporidieninfektion aufwiesen, waren jedoch nur reife Überdauerungssporen zu finden, mit denen allein keine Bestimmung vorgenommen werden kann. Größe und Form der beiden am häufigsten aufgefundenen Gattungen stimmen mit denen von HOCH et al. (2008) beschriebenen *Nosema* und *Vairimorpha* in etwa überein.

Auch Parasitoidenlarven bzw. -puppen der Ordnung Diptera konnten aufgefunden werden, und zwar ausschließlich in Larven. 85 Individuen waren befallen, die aus fast allen Untersuchungsgebieten stammten, mit Ausnahme von Freiburg, Nagold und Zootzen. Diese wurden zur Determinierung an die Kollegen der NW-FVA in Göttingen gesandt, die sich im Projekt-Teilvorhaben 2A dem Einfluss von Parasiten und Parasitoiden auf die EPS-Populationsdynamik widmeten.

**Im Folgenden verwendete Abkürzungen:**

Mik.: Mikrosporidien

Paras.: Parasitoide

Imag.: Imagines

sporenbild. Bakt.: sporenbildendes Bakterium

Entomoph.: Pilz aus der Ordnung Entomophthoramyota

Die Ergebnisse der EPS-Untersuchungen sind nach Bundesländern geordnet dargestellt. Larven mit Parasitoiden werden bei der Ermittlung der % mikrobieller Befall nicht mitgezählt, sondern zählen als „ohne Befund“, da Parasitoide keine mikrobiellen Krankheitserreger sind.

*Tabelle 1: Übersicht über die Gesamtzahl untersuchter Tiere (Larven und Imagines des EPS sowie Imagines des Schwammspinners) in den einzelnen Gebieten, geordnet nach den Untersuchungsjahren.*

Standort	Anzahl untersuchter Tiere in den Jahren			
	2016	2017	2018	2019
<b>Geordnet nach Bundesländern</b>				
<b>Baden-Württemberg</b>				
Nagold	72	101	-	-
Wertheim-Dertingen	737	145	138	232
Wertheim-Höhefeld	-	189	215	336
Freiburg	159	94	-	-
<b>Hessen</b>				
Nauheim bei Groß-Gerau	-	66	9	29
<b>Niedersachsen</b>				
Danndorf		24	211	774
<b>Sachsen-Anhalt</b>				
Altmark-Magdeburgerforth	-	24	74	242
Mahlpfuhl	-	5	45	288
<b>Brandenburg</b>				
Prämer Berge	-	167	313	350
Zootzen	-	91	182	181
<b>Gesamtzahl</b>	<b>968</b>	<b>906</b>	<b>1187</b>	<b>2432</b>

**Baden-Württemberg:**

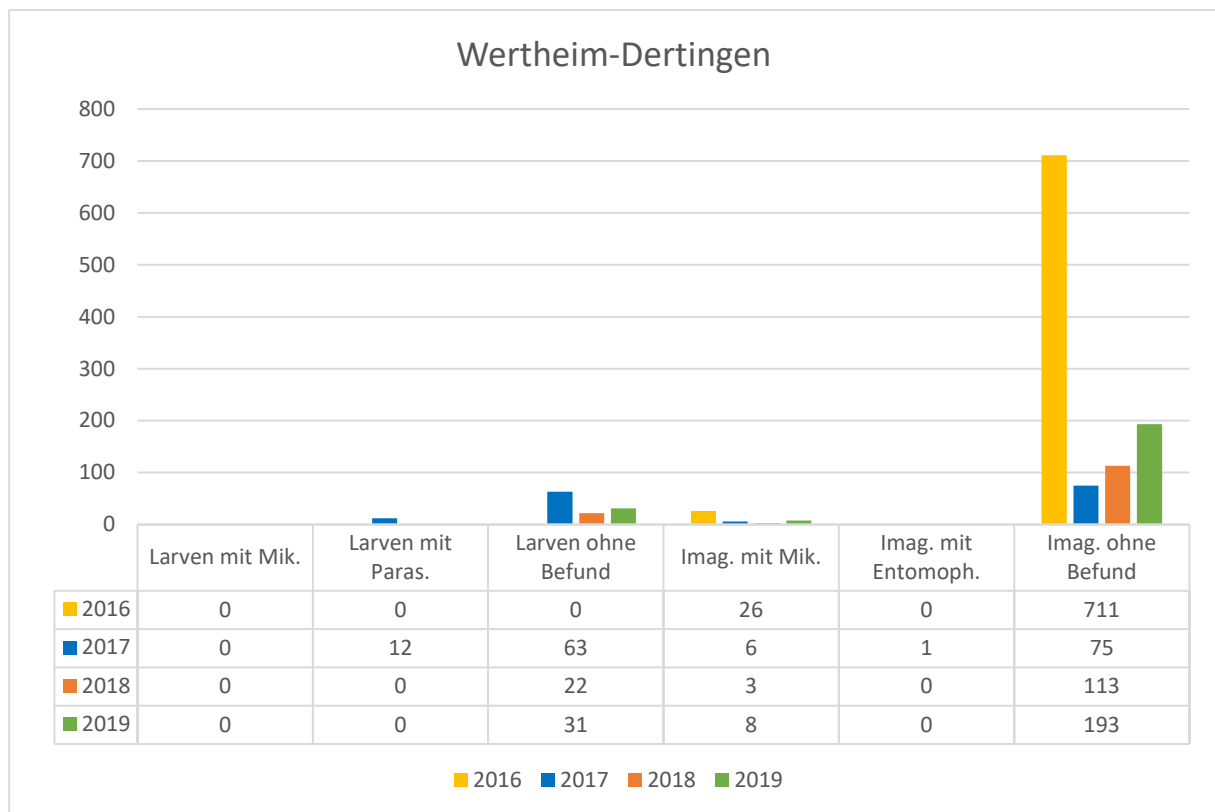
Aus **Nagold** wurden 2016 insgesamt 72 Larven des Eichenprozessionsspinners eingesandt und diagnostisch untersucht, 2017 waren es 101 Larven. In keiner der Raupen konnten mikrobielle Pathogene nachgewiesen werden. Von diesem Standort erhielten wir keine Imagines und in den Folgejahren keine Proben mehr.

Eichenprozessionsspinnerraupen aus **Wertheim-Dertingen** (Baden-Württemberg) wiesen lediglich in 2017 einen geringen mikrobiellen Befall auf, auch war dies das einzige der vier Untersuchungsjahre, in dem Parasitoide gefunden wurden (Grafik-Tabellen 2 und 3). Bei den Imagines lag im Jahr 2016 der Befall mit Mikrosporidien am höchsten, aber in den anderen Jahren waren sie wenigstens auch immer zu einem geringen Prozentsatz vorhanden. 2017 war auch das einzige Jahr, in dem ein insektenpathogener Pilz (Ordnung: Entomophthoramycoata) nachgewiesen werden konnte.

Grafik-Tabelle 2:

Ergebnisse der diagnostischen Untersuchungen der EPS-Stadien aus:

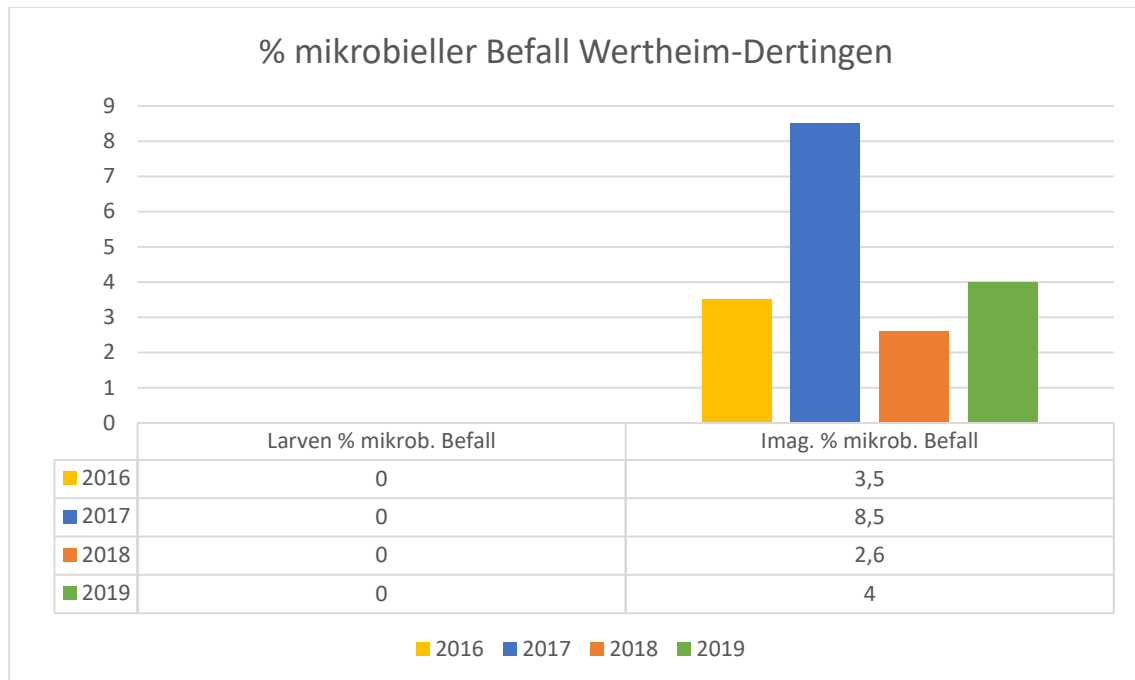
Baden-Württemberg: Wertheim-Dertingen





Grafik-Tabelle 3:

Prozentualer Anteil mikrobieller Infektionen der diagnostisch untersuchten EPS-Stadien aus:  
Baden-Württemberg: Wertheim-Dertingen



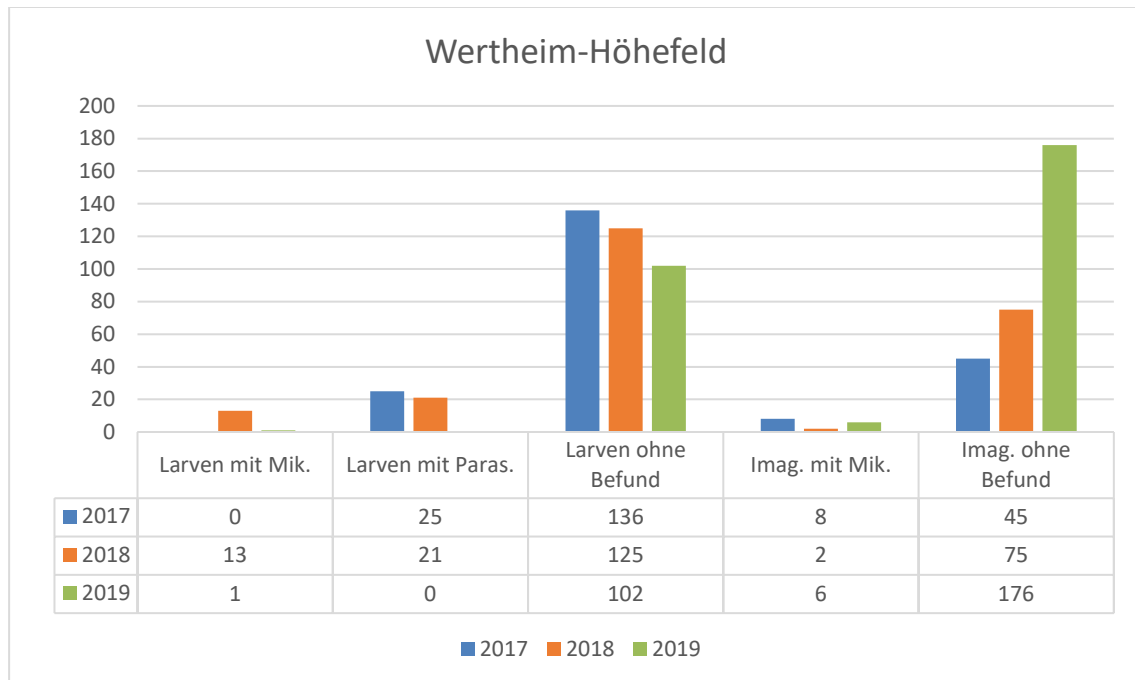
**Wertheim-Höhefeld** lieferte Proben aus den Jahren 2017, 2018 und 2019 (Grafik-Tabellen 4 und 5). Lediglich in 2018 konnte ein stärkerer Befall mit Mikrosporidien in den EPS-Larven nachgewiesen werden, während die Parasitierung in 2017 und 2018 etwa gleich stark war. 2019 dagegen waren alle Larven außer einer ohne Befund, lediglich bei zwei von 11 Larven unbestimmter Falter, die mit untersucht wurden, konnte ein positiver Mikrosporidienbefund festgestellt werden. Bei den Imagines war 2017 der stärkste Befall mit Mikrosporidien mit 15,1 % zu verzeichnen, 2019 war er hingegen stark abgesunken auf nur noch 3,3 % (Grafik-Tabelle 5).

Die in 2019 untersuchten Schwammspinner wiesen einen etwa gleich starken Befall mit Mikrosporidien wie die EPS auf (3,8 %, N = 51).



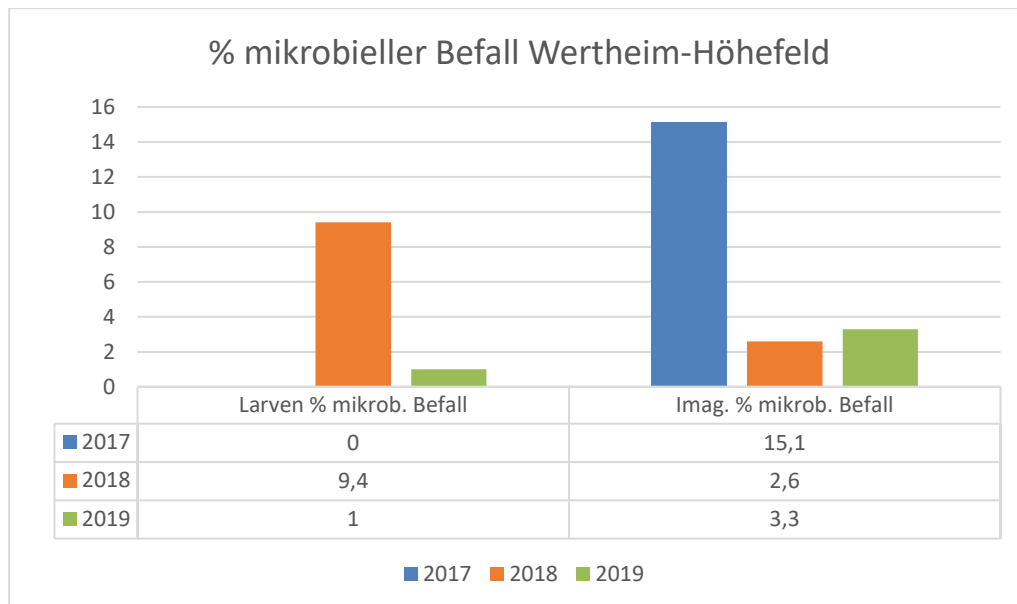
Grafik-Tabelle 4:

Ergebnisse der diagnostischen Untersuchungen der EPS-Stadien aus:  
Baden-Württemberg: Wertheim-Höhefeld



Grafik-Tabelle 5:

Prozentualer Anteil mikrobieller Infektionen der diagnostisch untersuchten EPS-Stadien aus:  
Baden-Württemberg: Wertheim-Höhefeld



Die Tiere aus **Freiburg** stammten aus den Untersuchungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA). 2016 wurden insgesamt 54 EPS-Raupen und 105 EPS-Imagines eingesandt und diagnostisch untersucht, 2017 waren es 94 Raupen. Alle untersuchten Tiere waren ohne Befund.

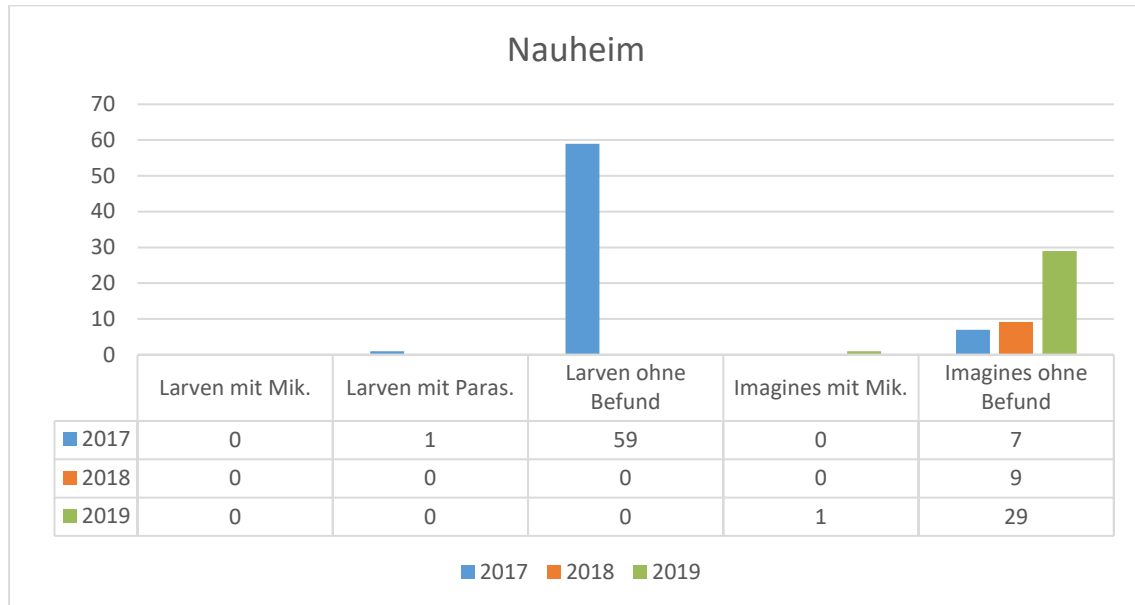
**Hessen:**

In **Nauheim** (bei Groß-Gerau) wurden in 2017 und 2018 Proben gesammelt. Es waren insgesamt nur wenige Tiere, von denen nur eine Imago einen mikrobiellen Befund aufwies, sie war mit einem Mikrosporidium infiziert (Grafik-Tabellen 6 und 7). 2018 und 2019 konnten in diesem Gebiet keine frischen Nester mehr gefunden werden.

Grafik-Tabelle 6:

Ergebnisse der diagnostischen Untersuchungen der EPS-Stadien aus:

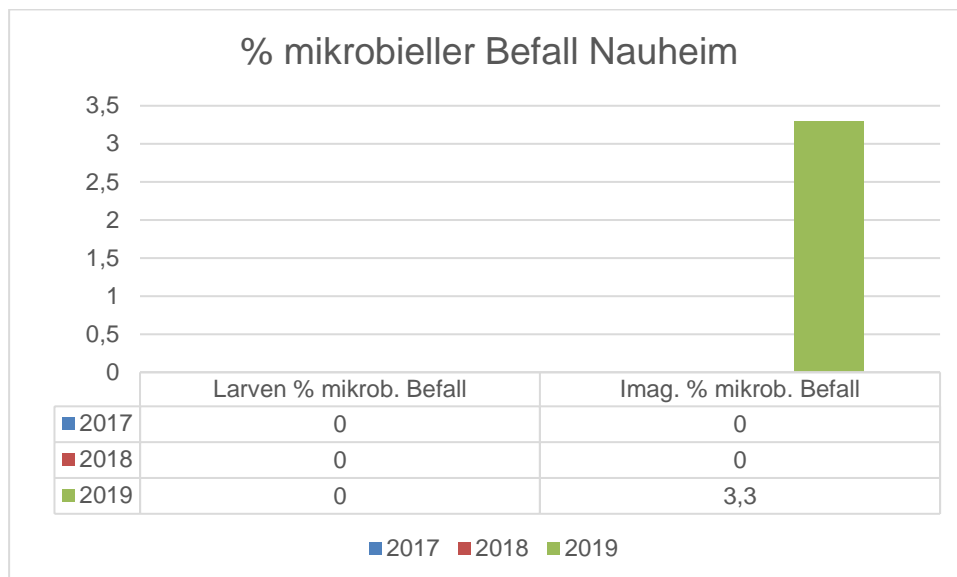
Hessen: Nauheim bei Groß-Gerau



Grafik-Tabelle 7:

Prozentualer Anteil mikrobieller Infektionen der diagnostisch untersuchten EPS-Stadien aus:

Hessen: Nauheim bei Groß-Gerau



**Niedersachsen:**

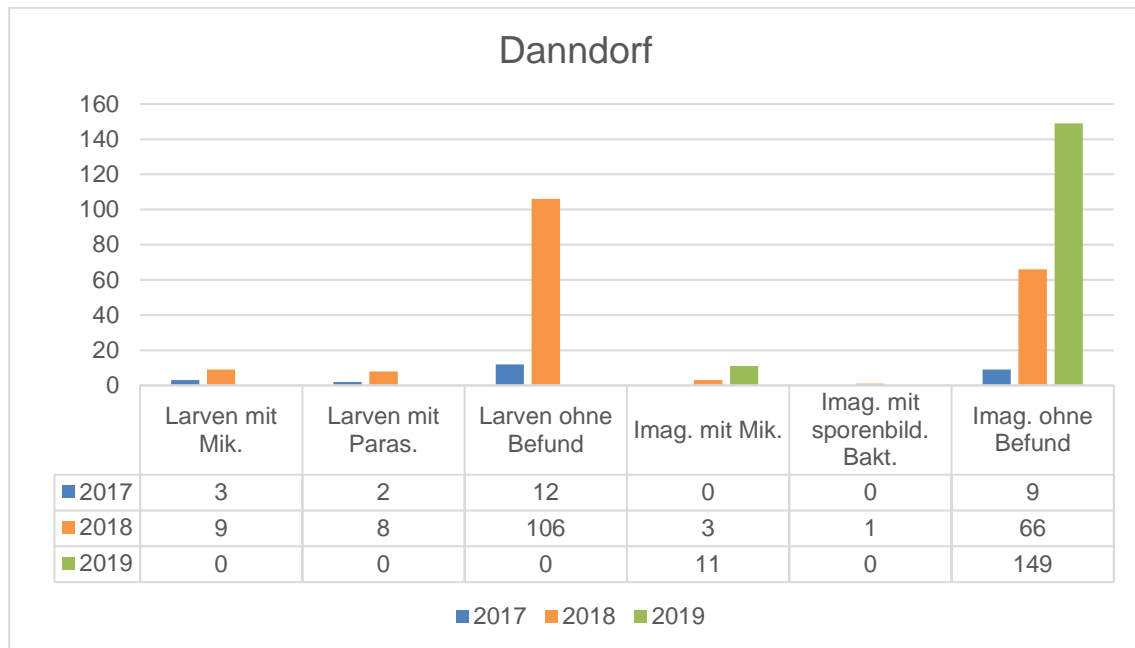
Aus **Danndorf** lagen aus den Jahren 2017, 2018 und 2019 Proben vor (Grafik-Tabellen 8 und 9). Sowohl in Raupen als auch in Imagines des Eichenprozessionsspinners konnten Mikrosporidien nachgewiesen werden, wobei sich der prozentuale Anteil in den Raupen von 2017 zu 2018 deutlich verringerte; in 2019 wurden keine Raupen zur Diagnose eingesandt, da keine Nester aufgefunden werden konnten. In den Imagines stieg er dagegen von 2018 zu 2019 leicht an; 2017 wurden nur 9 Imagines gesendet und untersucht, die alle ohne Befund waren. Zusätzlich wurde 2018 ein sporenbildendes Bakterium nachgewiesen, vermutlich *Bacillus subtilis*.

Schwammspinner-Imagines wurden aus den Jahren 2018 und 2019 untersucht, wobei in beiden Jahren ein Befall mit Mikrosporidien festgestellt werden konnte. Dieser nahm von 2018 mit 7,7 % (N = 26) zu 2019 mit 2,5 % (N = 614) deutlich ab.

Grafik-Tabelle 8:

Ergebnisse der diagnostischen Untersuchungen der EPS-Stadien aus:

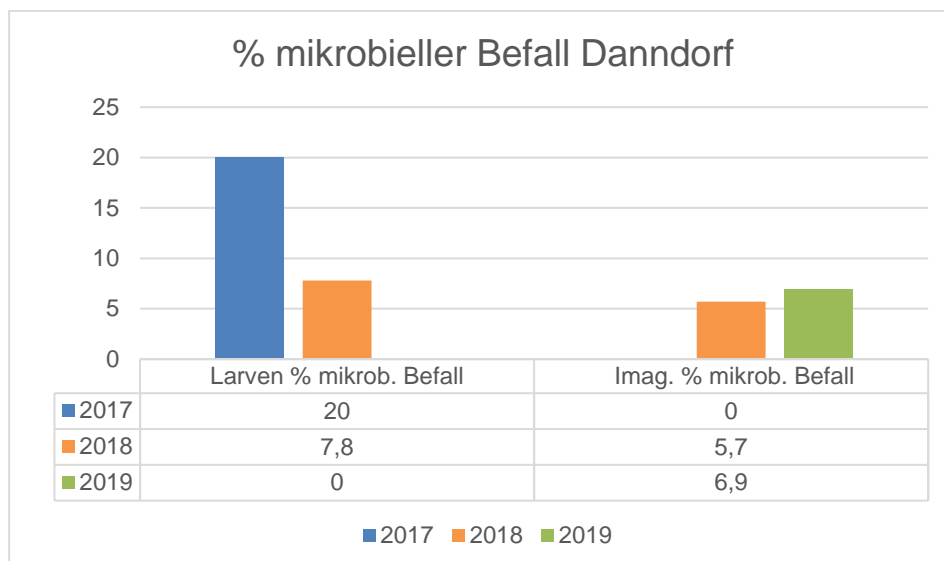
Niedersachsen: Danndorf



Grafik-Tabelle 9:

Prozentualer Anteil mikrobieller Infektionen der diagnostisch untersuchten EPS-Stadien aus:

Niedersachsen: Danndorf



**Sachsen-Anhalt:**

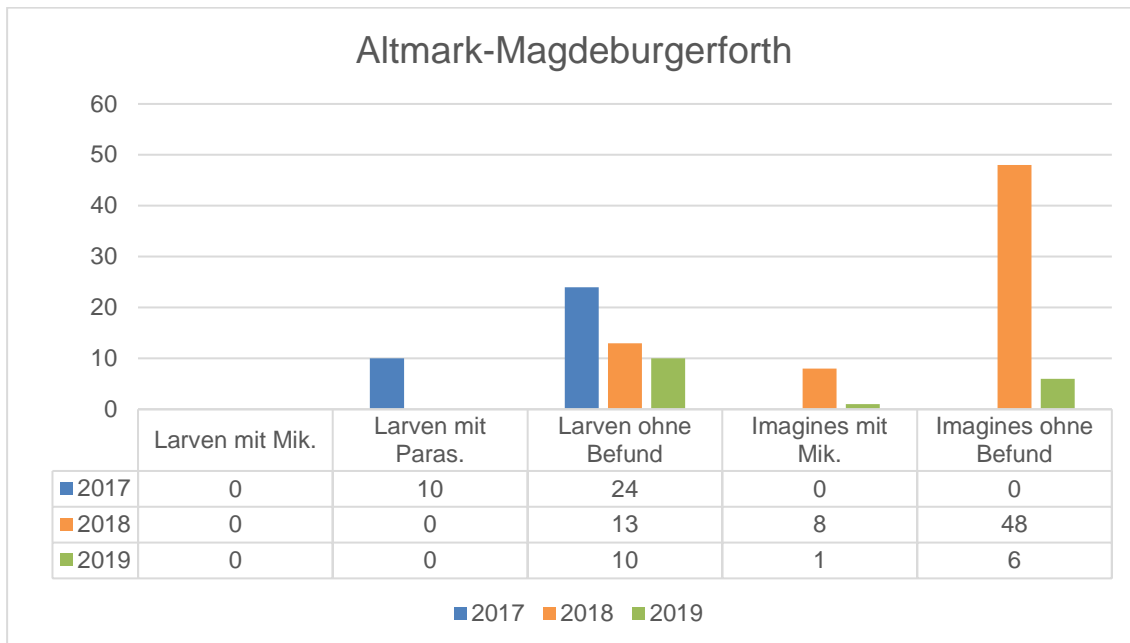
Im Gebiet **Altmark-Magdeburgerforth** bot sich ein etwas unerwartetes Bild (Grafik-Tabellen 10 und 11). In EPS-Raupen konnten in keinem der Jahre von 2017 bis 2019 Mikrosporidien aufgefunden werden, lediglich Parasitoide waren in 2017 nachzuweisen. Dagegen wiesen die Imagines 2018 und 2019 Mikrosporidien zu einem relativ hohen Prozentsatz auf (14,3 %) (Grafik-Tabelle 11).

In den Schwammspinnern fiel der Mikrosporidienbefall von 2018 zu 2019 von 16,7 % (N = 5) auf 0,4 % (N = 225) sehr deutlich ab, was aber auch mit der geringen Anzahl eingesandter, untersuchter Falter in 2018 zusammenhängen könnte.

Grafik-Tabelle 10:

Ergebnisse der diagnostischen Untersuchungen der EPS-Stadien aus:

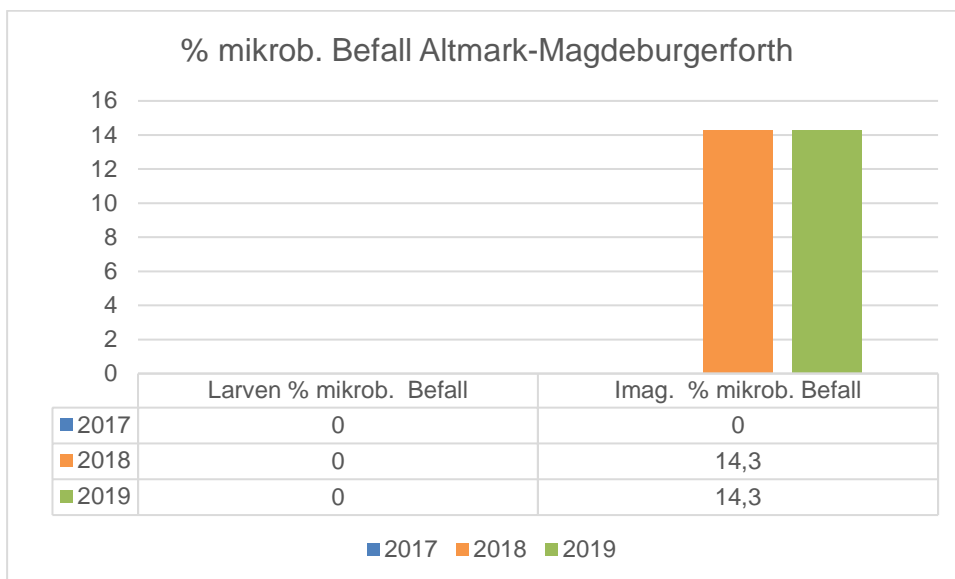
Sachsen-Anhalt: Altmark-Magdeburgerforth



Grafik-Tabelle 11:

Prozentualer Anteil mikrobieller Infektionen der diagnostisch untersuchten EPS-Stadien aus:

Sachsen-Anhalt: Altmark-Magdeburgerforth

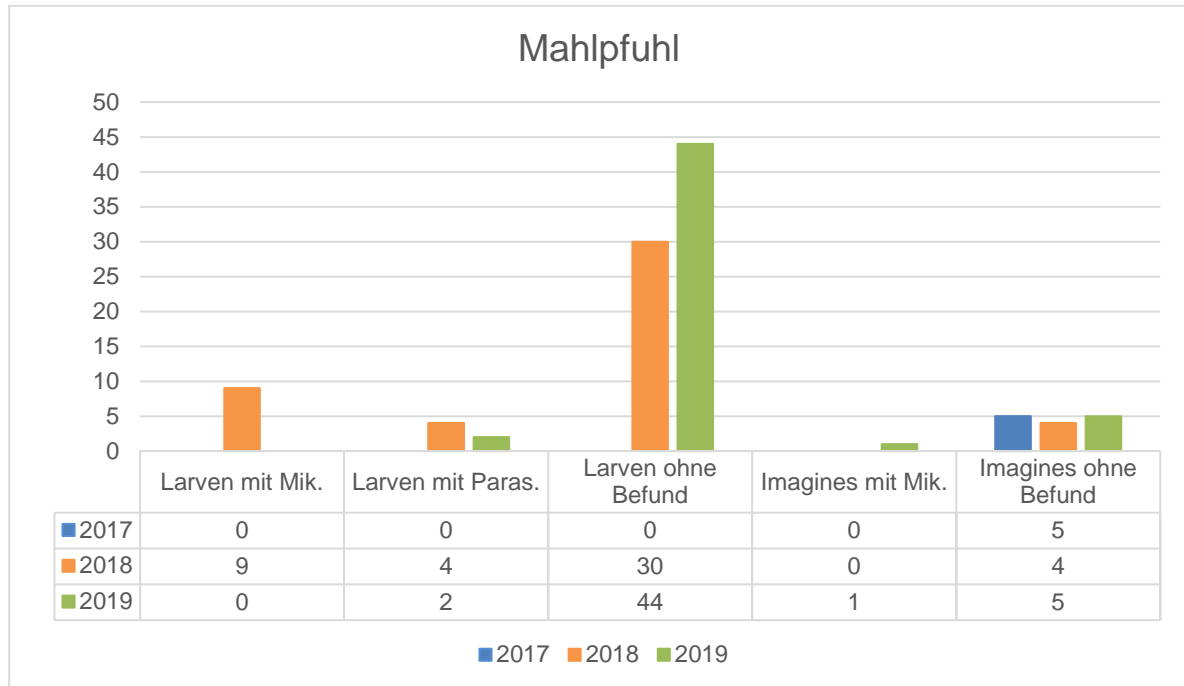


Im Gebiet **Mahlpfuhl** (Sachsen-Anhalt) fanden sich nur in den im Jahr 2018 gesammelten Larven Mikrosporidien, allerdings recht viele (23,1 %) (Grafik-Tabellen 12 und 13). Parasitoide waren in 2018 und in 2019 vorhanden, allerdings nur in geringer Anzahl. Eichenprozessionsspinner-Imagines wurden insgesamt nur wenige an uns gesandt, und nur in 2019 konnte in einem Tier ein Mikrosporidienbefall festgestellt werden.

Auch bei den untersuchten Schwammspinnern waren nur in 2019 Mikrosporidien zu finden (2,5 %, N = 238), doch wurden 2018 auch nur zwei Tiere untersucht.

Grafik-Tabelle 12:

Ergebnisse der diagnostischen Untersuchungen der EPS-Stadien aus:

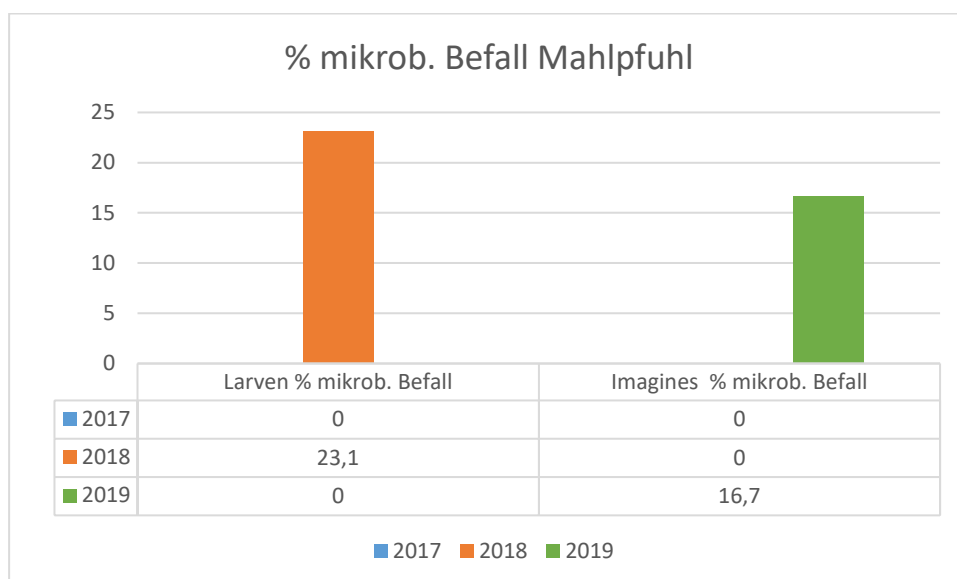


Sachsen-Anhalt: Mahlpuhl

Graphik-Tabelle 13:

Prozentualer Anteil mikrobieller Infektionen der diagnostisch untersuchten EPS-Stadien aus:

Sachsen-Anhalt: Mahlpuhl

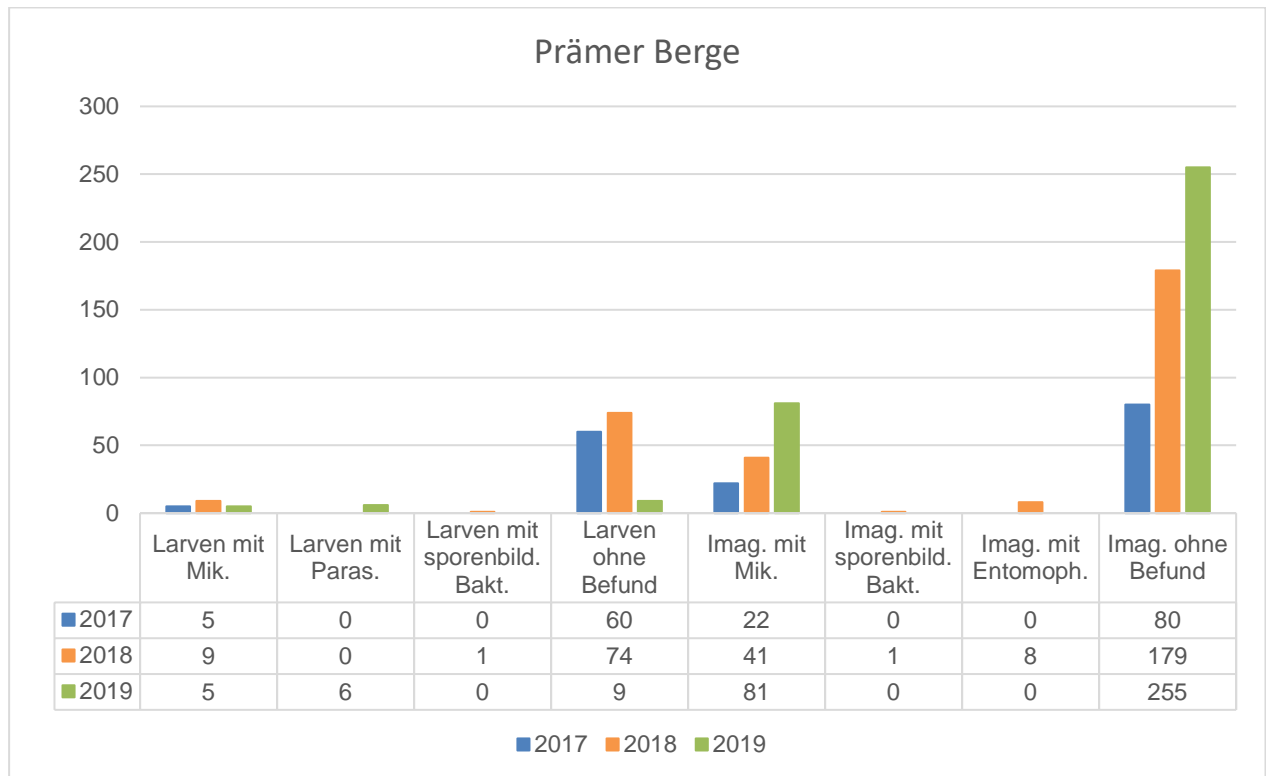


**Brandenburg:**

Nur im Gebiet **Prämer Berge** konnte ein kontinuierlicher Anstieg des Befalls mit Mikrosporidien nachgewiesen werden (Grafik-Tabellen 14 und 15). Von 2017 bis 2019 waren hier sowohl bei den Larven als auch bei den Imagines in jedem Jahr prozentual mehr infizierte Tiere zu finden. Zusätzlich traten 2018 mehrere Infektionen mit einem insektenpathogenen Pilz aus der Ordnung der Entomophthoromycota auf. Auch war Prämer Berge das zweite Gebiet, in dem sporenbildende Bakterien nachzuweisen waren. In der Imago handelte es sich diesmal um eines aus der *Bacillus cereus*-Gruppe, das Bakterium aus der Larve konnte mit dem MALDI-TOF-System nicht determiniert werden.

Grafik-Tabelle 14:

Ergebnisse der diagnostischen Untersuchungen der EPS-Stadien aus:

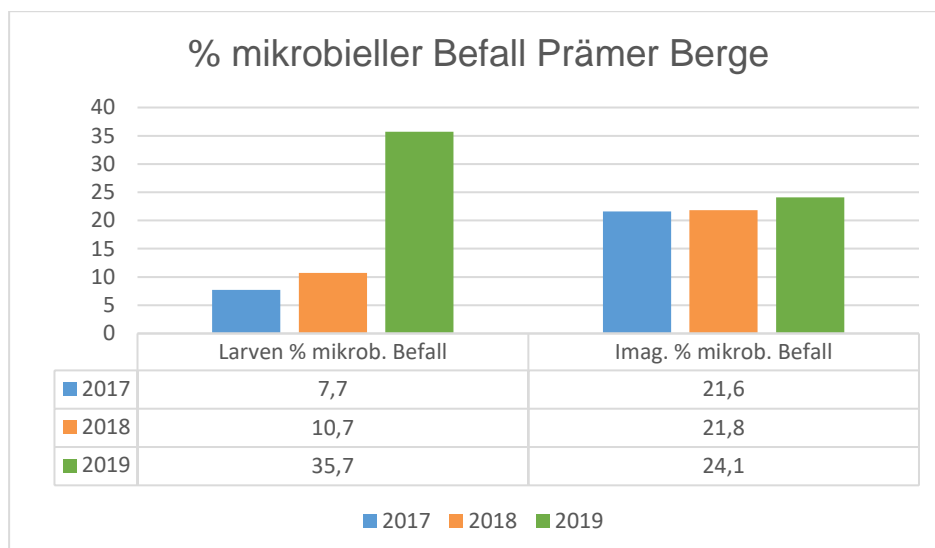


Brandenburg: Prämer Berge

Grafik-Tabelle 15:

Prozentualer Anteil mikrobieller Infektionen der diagnostisch untersuchten EPS-Stadien aus:

Brandenburg: Prämer Berge

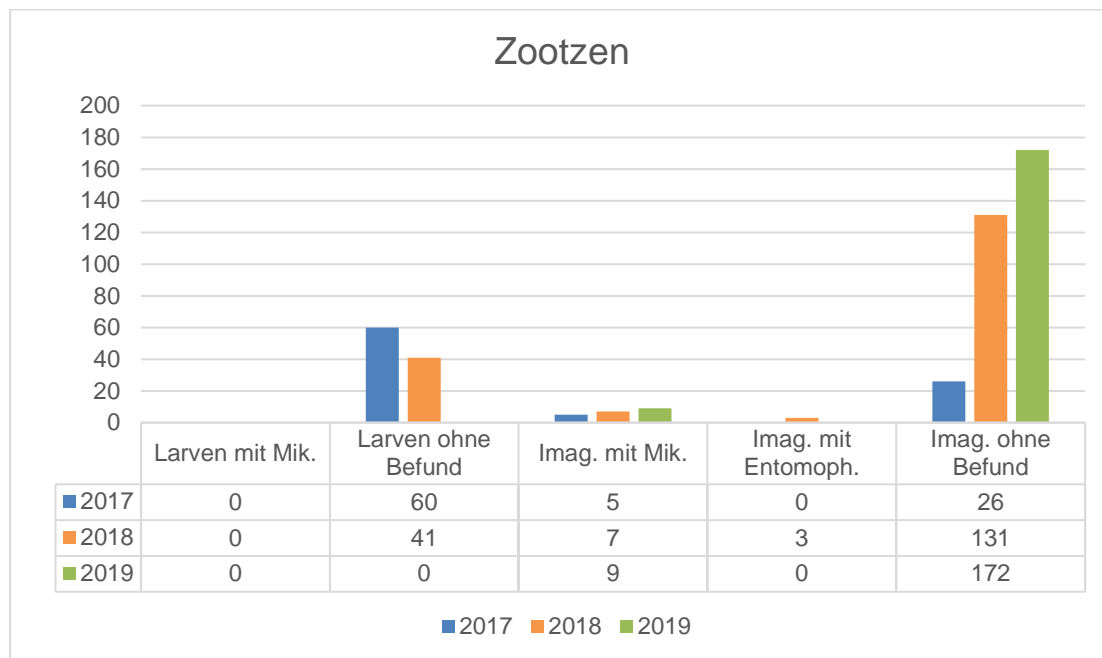


Im Gebiet **Zootzen** war sowohl 2017 als auch 2018 in keiner der EPS-Raupen ein Befall mit Mikrosporidien nachzuweisen (Grafik-Tabellen 16 und 17). Bei den Imagines dagegen fanden sich in allen drei Untersuchungsjahren infizierte Tiere, wobei der Prozentsatz mit steigender Anzahl untersuchter Tiere fiel (Grafik-Tabelle 17). 2018 wurde in drei Imagines eine Infektion mit einem entomopathogenen Pilz aus der Ordnung Entomophthoromycota aufgefunden. Vertreter dieser Pilz-Ordnung wurden außerdem in Baden-Württemberg, Wertheim-Dertingen, und ebenfalls in Brandenburg, Prämer Berge, diagnostiziert.

Grafik-Tabelle 16:

Ergebnisse der diagnostischen Untersuchungen der EPS-Stadien aus:

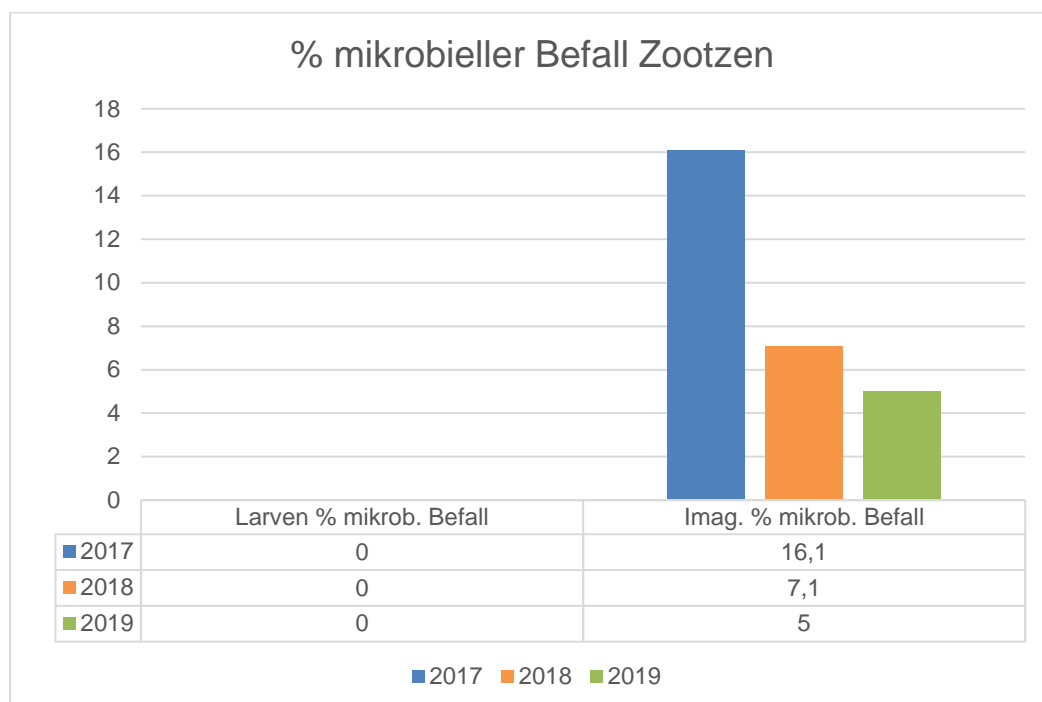
Brandenburg: Zootzen



Grafik-Tabelle 17:

Prozentualer Anteil mikrobieller Infektionen der diagnostisch untersuchten EPS-Stadien aus:

Brandenburg: Zootzen



In keinem der Untersuchungsgebiete konnten Viren in den untersuchten Larven und Imagines nachgewiesen werden. Auch andere entomopathogene Pilze als der hier diagnostizierte aus der Ordnung Entomophthoromycota, wie Vertreter der Gattungen *Beauveria* sp. oder *Metarhizium* sp., die in vorangegangenen Untersuchungen des EPS diagnostiziert wurden (PAPARATTI et al., 1988; VARGAS-OSUNA et al., 1994; ER et al., 2007, KLEESPIES et al., 2008, 2010), waren in den eingesandten EPS-Proben nicht vorhanden.

## Arbeitspaket 2: Infektionsversuche

### ***Infektionsversuche an Junglarven (1. bis 2. Larvenstadium) des Eichenprozessionsspinners und der Wachsmotte (Galleria mellonella)***

In zwei Versuchsreihen sollte getestet werden, ob Mikrosporidien, die in den untersuchten EPS-Raupen aufgefunden wurden, Junglarven infizieren konnten. Außerdem sollte eine Vermehrung der Mikrosporidiensporen erfolgen, um genügend Sporenmaterial für weitere Infektionsversuche zu gewinnen. Die hierfür verwendeten Mikrosporidiensporen stammten aus Larven, die einen massiven Befall mit diesen Pathogenen aufwiesen, um mit einem hohen Sporentiter eine ausreichende Infektionswahrscheinlichkeit zu gewährleisten.

Im ersten Laborversuch 2017 wurden insgesamt 30 Raupen des 1. Larvalstadiums (L1) des EPS (je 10 L1 pro Blatt) direkt nach dem Schlupf aus dem Ei auf junge Eichentriebe überführt. Die Stiele wurden in ein mit nasser Watte gefülltes Gläschen gesteckt, um ein zu rasches Austrocknen der Blätter zu verhindern. Die Blätter wurden mit einer Mikrosporidien suspension von ca.  $1 \times 10^5$  Sporen/ml benetzt, in ein Kunststoffgefäß eingebracht und bei Raumtemperatur (ca. 23 °C) gehalten (Abbildung 4 a und b). Leider verweigerten die Larven die Futteraufnahme und starben innerhalb von zwei Tagen, so dass keine Ergebnisse erzielt werden konnten. Eine mögliche Erklärung ist, dass die als Nahrung zur Verfügung gestellten Eichenblätter nicht genau der in der Natur bevorzugten Eichenvariante entsprachen, da auch unbehandelte Blätter der Kontrollcharge verweigert wurden. Durch den späten Frost im Jahr 2017 waren viele Eichentriebe erfroren, so dass kaum frisches Laub zur Verfügung stand und die Auswahl daher stark eingeschränkt war. Weiterhin wäre denkbar, dass die angebotenen Blätter bereits zu weit entwickelt waren, da die ganz jungen EPS-Larven sich im Freiland von den gerade frisch ausgetriebenen Eichenblättern ernähren.

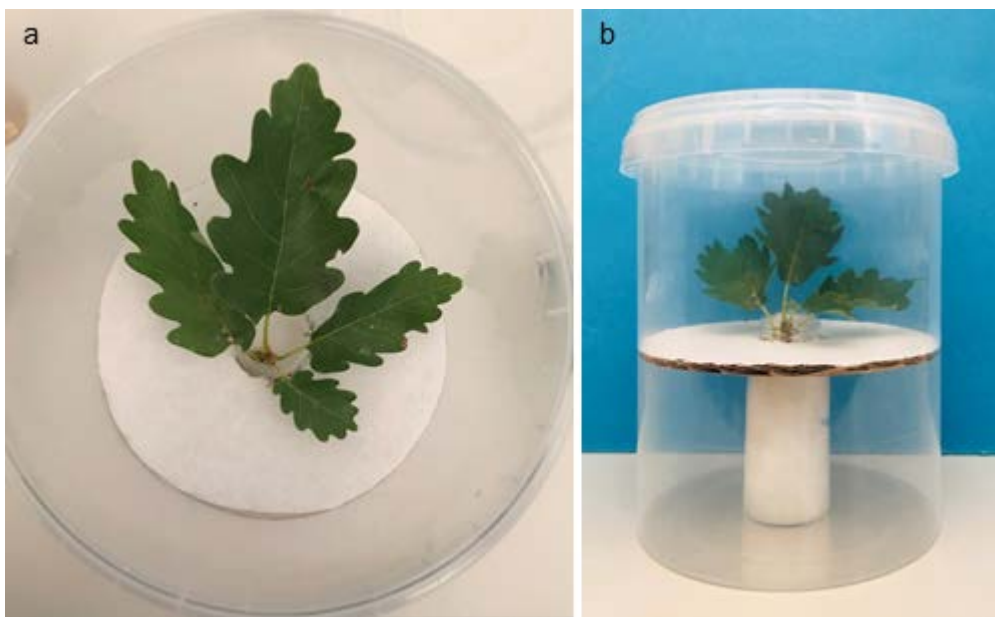


Abbildung 4 a und b: Versuchsaufbau für die Infektionsversuche an Eichenprozessionsspinnerlarven. 4 a Aufsicht, 4 b Seitenansicht.

In einem später durchgeführten Laborversuch wurde je  $3 \times 10$  jungen Wachsmottenraupen aus der JKI-eigenen Zucht eine neu hergestellte Mikrosporidien suspension mit wiederum ca.  $1 \times 10^5$  Sporen/ml ins Futter gemischt (Abbildung 5 a und b). Das Futtermedium bestand aus folgenden Zutaten (Tabelle 2):



Tabelle 2: Zusammensetzung des Futtermediums für Wachsmottenraupen (*Galleria mellonella*)

Menge	Zutat
500 g	Honig
500 g	Glyzerin 8 (99,5 %)
139 g	Bienenwachs
722 g	Weizenvollkornmehl
222 g	Bierhefe
1 Hdv.	Weizenkleie

Das Bienenwachs wurde geschmolzen, und alle Zutaten wurden miteinander vermischt. Aus dieser Masse wurden kleine Mengen in Medikamentenbecher (25 ml Inhalt) gegeben. Die Futtermedium wurde in einem Kühlschrank aufbewahrt.

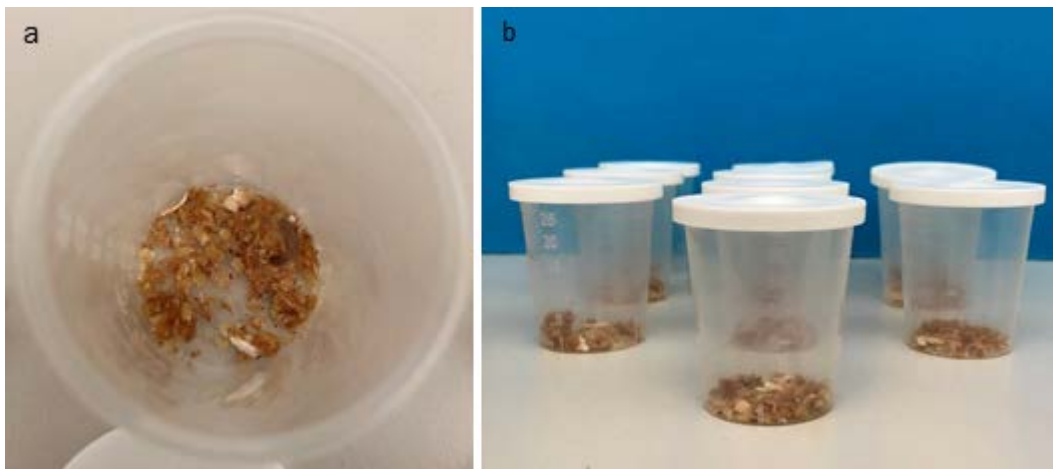


Abbildung 5 a und b: Versuchsaufbau für die Infektionsversuche an Wachsmottenlarven. 5 a Aufsicht, 5 b Seitenansicht.

Der Versuch lief über mehrere Wochen, bis alle Individuen entweder abgestorben waren oder das Adultstadium erreicht hatten. Eine Mikrosporidieninfektion konnte in keiner der verwendeten Raupen oder der Falter nachgewiesen werden. Möglicherweise reichten die aufgenommene Nahrung und damit die Anzahl der Sporen für eine Infektion nicht aus, oder sind die getesteten Mikrosporidienarten für die Insektenart *Galleria mellonella* nicht infektiös.

2018 sollte der EPS-Laborversuch wiederholt werden, wobei in diesem Jahr vorsorglich junge Eichen erworben, im Gewächshaus vorgetrieben und dann im Freiland weiter kultiviert wurden. Somit sollte für ausreichend Nachschub an frischen jungen Eichenblättern gesorgt sein. Die Versuchsbedingungen waren wie zuvor beschrieben. Die jungen Eichenprozessionsspinnerraupen verweigerten aber auch diesmal die Futteraufnahme, so dass der Versuch abgebrochen werden musste.

Später im Jahr wurden uns von der FVA in Freiburg nochmals Eigelege des EPS zugesandt, die durch Kühlung am Schlüpfen gehindert wurden. Diese Eigelege wurden im JKI bis zum zweiten Larvenstadium gehalten, um sie an das vorhandene Eichenlaub zu gewöhnen, bevor sie in einen neuen Infektionsversuch mit Mikrosporidien sporen eingesetzt wurden. Wie zuvor erfolgte erneut die Benetzung von Eichenblättern mit einer Mikrosporidien suspension (ca.  $1 \times 10^5$  Sporen/ml). Die Raupen begannen die Blätter aufzunehmen, stoppten jedoch die Futteraufnahme nach einiger Zeit und begannen auch nicht mehr damit, als sie frisches, unbehandeltes Eichenlaub angeboten bekamen. Die Raupen starben, bevor eine Vermehrung des Mikrosporidien erregers stattgefunden hatte.

Auch im zweiten Laborversuch mit Wachsmottenraupen, der wieder mit dem zuvor beschriebenen Versuchsaufbau durchgeführt wurde, erzielte keine mit Mikrosporidien infizierte Individuen, obgleich die Sporenzahl von  $1 \times 10^5$  auf  $1 \times 10^6$  erhöht wurde.

Somit konnte bisher nicht geklärt werden, ob die in den Eichenprozessionsspinnern aufgefundenen Mikrosporidien weitere Larven infizieren können, und ob sie in der Lage sind, auch eine andere Lepidopterenart, *Galleria mellonella*, zu befallen.

## Arbeitspaket 3: Erstellung eines Merkblattes

### Erstellung eines Merkblattes für Schädlingbekämpfer, Forstarbeiter und andere Zielgruppen als Erkennungshilfe für erkrankte Insekten

Es wurde eine allgemeine, nicht speziell auf den Eichenprozessionsspinner ausgerichtete Anleitung als Erkennungshilfe für erkrankte Insekten erstellt, die in der Anlage beigelegt ist.

## II. 2 Wesentliche erzielte Ergebnisse

Ein natürliches Vorkommen von Insektenpathogenen war in 7 von 10 Untersuchungsgebieten gegeben. In Freiburg, Nagold waren keine und in Nauheim nur einmal mikrobielle(n) Antagonisten nachweisbar.

Die in den Jahren 2016 bis 2019 gesammelten Exemplare von Raupen und Imagines des Eichenprozessionsspinners wiesen in unterschiedlicher Stärke einen Befall mit **Mikrosporidien** auf.

Insbesondere im Gebiet Prämer Berge, in Brandenburg war ein kontinuierlicher Anstieg der Infektionsraten mit Mikrosporidien zu erkennen. Diese Tendenz stimmt mit den Erhebungen der gegenläufigen Eigelegevolumina überein, die von der FVA-Freiburg ermittelt wurden: Im Jahr 2017 wurde ein Eigelegevolumen von durchschnittlich 28,3 Litern an insgesamt 30 Eichen ermittelt. 2018 waren es 19,8 Liter und 2019 nur noch 6,4 Liter. Der Rückgang der Eigelegevolumina zeigt einen Rückgang des Befalls mit EPS an. Dabei ist nicht auszuschließen, dass die diagnostizierten mikrobiellen Antagonisten zur Reduktion des Schädling merklich beigetragen haben. Allerdings müssen weitere Faktoren, wie z. B. Witterungsbedingungen, in das Populationsgeschehen einbezogen werden. Die gesamten Datenerhebungen fließen daher bei der FVA-Freiburg zusammen und werden in situationsangepassten Handlungsempfehlungen publiziert.

In allen anderen Gebieten variierte der Prozentsatz der mit Mikrosporidien und anderen mikrobiellen Pathogenen infizierten EPS-Individuen von Jahr zu Jahr und unterschied sich auch zwischen Larven und Imagines innerhalb eines Jahres. Aus diesen Befunden ließ sich nicht eindeutig schließen, welchen Einfluss mikrobielle Krankheitserreger auf die Populationsdichten des Eichenprozessionsspinners in den Untersuchungsgebieten hatten, da sich auch die Anzahl der Nester des EPS von Jahr zu Jahr stark schwankten (s. Berichte der Projektpartner). Jedoch waren dementsprechend Krankheitserreger latent in unterschiedlichen und schwankenden Infektionsraten vorhanden.

Bemerkenswert waren einzelne Nachweise eines **entomopathogenen Pilzes** aus der Ordnung **Entomophthoromycota**. Wie bereits beschrieben (s. Punkt II 1.2.), können Pilze aus dieser Ordnung zu Epizootien führen, wenn die klimatischen Bedingungen für den Pilz günstig sind.

Ebenso war das sporenbildende **Bakterium** aus der *Bacillus cereus*-Gruppe ein neuer Fund. Zu dieser Gruppe gehört auch, wie schon anfangs erwähnt, die bereits gegen den EPS eingesetzte Lepidopteren-wirksame Bakterienspezies *Bacillus thuringiensis* ssp. *kurstaki* HD-1. Vergleichende Infektionsstudien könnten Unterschiede in der Virulenz der beiden Bakterienstämme aufzeigen.

Mit den aufgefundenen **Mikrosporidien** ließen sich im Labor keine erfolgreichen Infektionen von Eichenprozessionsspinner- oder Wachsmottenlarven durchführen, so dass es keine sicheren Erkenntnisse über ihr Wirtsspektrum oder ihre Virulenz gibt.

Aufgrund fehlender Entwicklungsstadien der Mikrosporidien in den untersuchten EPS-Stadien war keine mikroskopisch-morphologische Bestimmung möglich, jedoch handelt es sich offensichtlich um mindestens zwei verschiedene Arten. Größe und Form der beiden am häufigsten aufgefundenen Gattungen stimmen mit denen von HOCH et al. (2008) beschriebenen *Nosema* und *Vairimorpha* in etwa überein. Die molekulare Charakterisierung Proben steht noch aus.

Das **Merkblatt**, mit dessen Hilfe erkrankte Larven besser erkannt werden können, ist ein wichtiges Hilfsmittel, um in der Natur vorkommende Pathogene zu entdecken. Es soll sensibilisieren, auffällige Krankheits-symptome an Insekten zu entdecken und diese zur diagnostischen Untersuchung zum JKI-Institut für Biologischen Pflanzenschutz zu senden. Je mehr Material zur Verfügung steht, umso größer ist die Möglichkeit, ein wirksames Pathogen zu entdecken, das sowohl virulent als auch möglichst wirtsspezifisch ist. Dies würde im besten Fall zu einem biologischen Bekämpfungsmittel führen.

### III Verwertung

Über den Einfluss natürlicher mikrobieller Gegenspieler auf die Populationsdichte des EPS ist bisher nur wenig bekannt. Die Projektergebnisse werden zusammen mit den Ergebnissen aus dem Teilprojekt der NW-FVA, in dem das Spektrum natürlich vorkommender Parasitoide ermittelt wurde, dazu beitragen, das Befallsrisiko des EPS und dessen Auswirkungen besser einschätzen zu können. Schulungen von am Projekt beteiligten Personen im Forstbereich fanden statt und haben das Erkennen möglicher kranker EPS-Stadien gefördert. Hierdurch sollen weiterhin natürliche Begrenzungsfaktoren aufgefunden und diese sowohl im Ursprungsgebiet als auch in anderen Regionen etabliert werden.

Die gesamten Datenerhebungen aus allen Teilprojekten werden bei der FVA-Freiburg verwertet und in situationsangepassten Handlungsempfehlungen publiziert.

Die neuen, einzelnen Nachweise eines **entomopathogenen Pilzes** aus der Ordnung **Entomophthoromycota** in verschiedenen Befallsgebieten des EPS könnten zu Epizootien führen, wenn die klimatischen Bedingungen für den Pilz günstig sind. Erhebungen dazu und die Förderung der natürlichen Verbreitung des Pilzes könnten zur biologischen Reduktion des EPS beitragen.

Ebenso sollte der neue diagnostische Befund eines sporenbildenden **Bakteriums** aus der *Bacillus cereus*-Gruppe verwertet werden. Vergleichende Infektionsstudien mit *Bacillus thuringiensis* ssp. *kurstaki* HD-1. könnten Unterschiede in der Virulenz der beiden Bakterienstämme aufzeigen und ggf. eine noch wirksamere Bekämpfung des Schädlings ermöglichen.

Das Auftreten von **Mikrosporidieninfektionen** in 7 der 10 Untersuchungsgebieten ist von großem Interesse. Diese meist chronisch wirksame Pathogengruppe führt in der Regel zu verringerter Lebensdauer, Fertilität und Fekundität ihrer Wirte (ZIMMERMANN et al., 2016). So verursachten z. B. Infektionen mit dem Mikrosporidium *Nosema pyrausta* bei dem bedeutenden Schädling im Mais, dem Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*), Reduktionen von Eizahlen und Larvenschlupf von 30-50 % unter Labor- und Freilandbedingungen (HUGER, 1980 a, b; ANDREADIS, 1984; LEWIS et al., 2006, 2009; CAGÁÑ et al., 2012).

Das Mikrosporidium *N. pyrausta* wurde als ein idealer biotischer Begrenzungsfaktor eingestuft (HILL and GARRY, 1979; LEWIS et al., 2006). Versuche zur Etablierung dieses Pathogens in Maiszünslerpopulationen in Südhessen führten zu Infektionsraten von bis zu 81 %. (HUGER, 1974, 1975 a, b). Im Folgejahr wurden in 44 % der Maiszünsler-raupen eine Infektion mit dem Mikrosporidium diagnostiziert (HUGER, 1979). Auch in den U.S.A. konnte die Persistenz des Erregers in einer sechsjährigen Studie nachgewiesen werden (LEWIS et al., 2006).

Derartige Reduktionen könnten auch bei den in diesem Projekt diagnostizierten Mikrosporidien möglich sein. Hinweise darauf gab es im Gebiet Prämer Berge, in Brandenburg, in dem die EPS-Eigelegevolumina mit steigender Anzahl Mikrosporidien-infizierter Individuen geringer wurden.

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse des Teilprojektes werden zusammen mit dem Teilprojekt der NW-FVA in Form situationsangepasster Handlungsempfehlungen (z. B. Waldschutzinfos und Praxisinformationen der NW-FVA) für die forstliche Praxis direkt nutzbar gemacht und in die Politikberatung einfließen, insbesondere im Hinblick auf natürliche Begrenzungsfaktoren.

Die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten sind somit durch den Schutz und die Erhaltung von Eichenbeständen gegeben.

Die in den vier vergangenen Projektjahren nachgewiesenen Mikrosporidien und sporenbildenden Bakterien könnten als Basis für neue Bekämpfungsstrategien dienen. Die Produktion und Einführung von Mikrosporidien in gesunde Populationen wären hier denkbar sowie die Verbreitung des entomopathogenen Pilzes aus der Ordnung Entomophthoromycota.

In daran anschließenden Untersuchungen sollte verstärkt nach erkrankten EPS-Raupen in spätem Entwicklungsstadium gesucht werden. Bisher konnten davon zu wenige Proben eingesammelt und untersucht werden. Schädlingsbekämpfer mussten jeweils sehr schnell die EPS-Nester eliminieren, so dass eine gezielte Beobachtung und Suche nach auffälligen, krankheitsverdächtigen Raupen kaum möglich war.

Entomopathogene **Viren** wirken häufig nur gegen eine Insektenart und wären somit als sehr spezifischer Antagonist zur biologischen EPS-Bekämpfung besonders gut geeignet. Wie erwähnt, wurden entomopathogene Viren bereits in den 1950-60iger Jahren in französischen EPS-Populationen entdeckt (VAGO and VASILJEVIC, 1955) und auch beim Pinienprozessionsspinner *Thaumetopoea pityocampa* sind virusbedingte Epizootien bekannt (Biliotti, 1959; Grison et al., 1959; GRISON, 1959, 1960; Tsankov et al., 1979; INCE et al., 2007; JAKUBOWSKA et al., 2015). Daher sollte die Suche nach viruserkrankten EPS-Raupen verstärkt werden.

Die von uns verfasste Anleitung zur Suche nach krankheitsverdächtigen Individuen soll dabei unterstützen.

Als Projektpartner in dem ebenfalls vom FNR geförderten Projekt **ARTEMIS** (Adaptives Risikomanagement in trockenheitsgefährdeten Eichen- und Kiefernwäldern mit Hilfe integrativer Bewertung und angepasster Schadschwellen) könnten wir unsere Expertise einbringen, da in diesem Projekt einige Befallsgebiete des EPS beprobt werden, die auch in unserem Projekt als Standorte dienen. Mit Hilfe der bereits gewonnenen Daten ließen sich die Befallsentwicklung und Infektionen durch mikrobielle Antagonisten sowie die Suche nach weiteren Pathogenen längerfristig weiterverfolgen, was erheblich zur Überwachung und Eindämmung des Eichenprozessionsspinners beitragen könnte.

## IV Veröffentlichungen

HALBIG, P., KLEESPIES, R.G., KOCH, U., SCHUMACHER, J., MÜHLFEIT, M., PLASIL, P., LOBINGER, G., MÖLLER, K. and DELB, H. 2019: The oak processionary moth (*Thaumetopoea processionea*) in climate change – Bionomy, phenology and natural antagonists. International Congress on Invertebrate Pathology and Microbial Control & 52nd Annual Meeting of the Society for Invertebrate Pathology & 17th Meeting of the IOBC-WPRS Working Group "Microbial and Nematode Control of Invertebrate Pests"; 28th July - 1st August 2019, Valencia; Programme and Abstracts, PMC-1.

KLEESPIES, R.G., KOCH, U., HALBIG, P., SCHUMACHER, J., MÜHLFEIT, M., PLAŠIL, P., LOBINGER, G., MÖLLER, K. und DELB, H. 2018: Natürliche mikrobielle Antagonisten und modellbasierte Risikobewertung des Eichenprozessionsspinners (*Thaumetopoea processionea*) im Klimawandel. In JKI (Hrsg.): 61. Deutsche Pflanzenschutztagung: Herausforderung Pflanzenschutz – Wege in die Zukunft; -Kurzfassungen der Vorträge und Poster- 11. - 14. September 2018, Universität Hohenheim (Julius-Kühn-Archiv 461), Braunschweig, p. 464.

KLEESPIES, R.G., KOCH, U., HALBIG, P., SCHUMACHER, J., MÜHLFEIT, M., PLAŠIL, P., LOBINGER, G., MÖLLER, K. and DELB, H. 2017: Natural microbial antagonists and model based risk assessment of oak processionary moth (*Thaumetopoea processionea*) in climate change. Microbial and Nematode Control of Invertebrate Pests: 16th Meeting of the IOBC WPRS Working Group; Programme and abstract book; June, 11 - 15, 2017 Tbilisi – Georgia, p. 99.

## „Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft“ erscheinen seit 1995 in zwangloser Folge

Seit 2008 werden sie unter neuem Namen weitergeführt:  
**„Berichte aus dem Julius Kühn-Institut“**

- Heft 192, 2017 9th Young Scientists Meeting 2017, 6th – 7th November in Siebeldingen - Abstracts -, 2017, 80 S.
- Heft 193, 2018 Sekundäre Pflanzenstoffe – Rohstoffe, Verarbeitung und biologische Wirksamkeiten, 52. Vortragstagung, 2018, 65 S.
- Heft 194, 2018 Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz, Zwei-Jahresbericht 2015 und 2016, Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2016. Bearbeitet von/ Compiled by: Silke Dachbrodt-Saaydeh, Jörg Sellmann, Jörn Strassemeyer, Jürgen Schwarz, Bettina Klocke, Sandra Krengel, Hella Kehlenbeck, 2018.
- Heft 195, 2018 Abschätzung der Habitatwirkung veränderter Produktionsverfahren auf Indikatorvogelarten der Ackerbaugebiete im Forschungsvorhaben „Maisanbau für hohen Ertrag und biologische Vielfalt“ am Beispiel der Feldlerche (*Alauda arvensis*). Jörg Hoffmann, Udo Wittchen, 2018, 48 S.
- Heft 196, 2018 SPISE 7, 7th European Workshop on Standardized Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe Athens, Greece, September 26-28, 2018. Bearbeitet von/ Compiled by: Paolo Balsari, Hans-Joachim Wehmann, 2018, 302 S.
- Heft 197, 2018 Schlussbericht zum Vorhaben Vorkommen und Schädigung des *Soil-borne wheat mosaic virus* (SBWMV) in Winterweizen. Dr. Ute Kastirr, Dr. Angelika Ziegler, 2018, 34 S.
- Heft 198, 2018 Schlussbericht zum Vorhaben Monitoring zum Vorkommen bodenbürtiger Viren in Weizen, Triticale und Roggen in den wichtigsten Getreideanbaugebieten Deutschlands. Dr. Ute Kastirr, Dr. Angelika Ziegler, Dr. Annette Niehl, 2018, 58 S.
- Heft 199, 2018 NEPTUN-Gemüsebau 2017. Dietmar Roßberg, Martin Hommes, 2018, 42 S.
- Heft 200, 2018 11th Young Scientists Meeting 2018, 14th – 16th November in Braunschweig, - Abstracts -, 86 S.
- Heft 201, 2018 Schlussbericht zum Vorhaben Untersuchung von Interaktionen zwischen bodenbürtigen Zuckerrübenviren und deren Auswirkung auf die Rizomania. Dr. Ute Kastirr, Dr. Katja Richert-Pöggeler, 2018, 52 S.
- Heft 202, 2018 Trial Report – Closed Transfer Systems (CTS). Matthias Kemmerling, Jens Karl Wegener, Dirk Rautmann, Jan-Philip Pohl, Eckhard Immenroth, Dieter von Hörsten, 2018, 52 S.
- Heft 203, 2018 Statusbericht Biologischer Pflanzenschutz 2018. Eckhard Koch, Annette Herz, Regina G. Kleespies, Annegret Schmitt, Dietrich Stephan, Johannes A. Jehle, 2018, 126 S.
- Heft 204, 2019 2nd International Plant Spectroscopy Conference (IPSC) 2019. Hartwig Schulz, Catharina Blank, Christoph Böttcher, Benjamin Fürstenau, Andrea Krähmer, Torsten Meiners, David Riewe (Eds.), 137 S.
- Heft 205, 2019 Auswertung der Anzahl Resistenzklassen von Wirkstoffen für Pflanzenschutzmittelanwendungen - Evaluation of the number of resistance classes of active ingredients for crop protection applications. Frank Jeske, 45 S.
- Heft 206, 2019 12th Young Scientists Meeting 2019, 6th – 8th November in Kleinmachnow - Abstracts -, 2019, 56 S.
- Heft 207, 2019 Witterung und Ertrag, 2019, 50 S.
- Heft 208, 2020 Report on the legal framework governing the use of nutrient rich side streams (NRSS) as biobased fertilisers (BBFs) EU legislation, 2020, 52 S.
- Heft 209, 2020 „Indikatoren zur Früherkennung von Nitratfrachten im Ackerbau“ – Studie „Messprogramme der Bundesländer und angrenzender EU-Staaten (NL, DK) zum Abgleich des Frühindikatorensystems“. Burkhard Stever-Schoo, Anne Ostermann, Oliver Stock, Martin Kücke, Jörg-Michael Greef, 166 S.
- Heft 210, 2021 Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz Jahresbericht 2017 - Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2017. Silke Dachbrodt-Saaydeh, Jörg Sellmann, Jörn Strassemeyer, Jürgen Schwarz, Bettina Klocke, Sandra Krengel, Hella Kehlenbeck, 140 S.
- Heft 211, 2021 Produktqualität und Konsumentenverhalten im Spannungsfeld von Nachhaltigkeit und Krisen, 54. Jahrestagung DGQ, 23. März 2021, Georg-August-Universität Göttingen, (online-Veranstaltung) - Abstracts -, 42 S.
- Heft 212, 2021 Schlussbericht zum Vorhaben: Aufbau, Selektion und Prüfung von Zuchtstämmen der Zitronenmelisse (*Melissa officinalis*) mit verbesserter Winterhärte, höherer Ertragsleistung und höherem Gehalt an ätherischem Öl (Phase II). Frank Marthe,; Ute Kästner, 86 S.
- Heft 213, 2021 13th Young Scientists Meeting Conference 2021, 11th – 13th October in Quedlinburg - Abstracts -, 50 S.

