



Bundesministerium  
für Landwirtschaft, Ernährung  
und Heimat



---

Schlussbericht zum Thema

---

# **Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung mit reduzierter Varroamilbenbehandlung auf die Leistungsfähigkeit und Vitalität von Honigbienen in der naturnahen Imkerei**

FKZ: 2819NA036, 2819NA108

Projektnehmer/Projektnehmerin:

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen

Gefördert durch das Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat auf Grund eines Beschlusses des deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau.

Das Bundesprogramm Ökologischer Landbau (BÖL) hat sich zum Ziel gesetzt, die Rahmenbedingungen für die ökologische Landwirtschaft in Deutschland zu verbessern. Es wird vom Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH) finanziert und in der BÖL-Geschäftsstelle in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) in die Praxis umgesetzt. Das Programm gliedert sich in zwei ineinandergreifende Aktionsfelder - das Forschungs- und das Informationsmanagement.

**Detaillierte Informationen und aktuelle Entwicklungen finden Sie unter:**

[www.bundesprogramm.de](http://www.bundesprogramm.de)  
[www.oekolandbau.de/forschung](http://www.oekolandbau.de/forschung)

**Wenn Sie weitere Fragen haben, wenden Sie sich bitte an:**

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung  
Bundesprogramm Ökologischer Landbau  
Deichmanns Aue 29  
53179 Bonn  
Tel.: 0228-6845-3280  
E-Mail: [boel-forschung@ble.de](mailto:boel-forschung@ble.de)



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft



---

## Abschlussbericht zum Thema

---

### **Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung mit reduzierter Varroamilbenbehandlung auf die Leistungsfähigkeit und Vitalität von Honigbienen in der naturnahen Imkerei**

Förderkennzeichen 2819NA036, 2819NA108

Projektnehmer/Projektnehmerin:

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Bieneninstitut Kirchhain

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft auf Grund eines Beschlusses des deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau.

Das Bundesprogramm Ökologischer Landbau (BÖL) hat sich zum Ziel gesetzt, die Rahmenbedingungen für die ökologische Landwirtschaft in Deutschland zu verbessern. Es wird vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) finanziert und in der BÖLGeschäftsstelle in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) in die Praxis umgesetzt. Das Programm gliedert sich in zwei ineinandergreifende Aktionsfelder – das Forschungs- und das Informationsmanagement.

Detaillierte Informationen und aktuelle Entwicklungen finden Sie unter:

[www.bundesprogramm.de](http://www.bundesprogramm.de)

[www.oekolandbau.de/forschung](http://www.oekolandbau.de/forschung)

Wenn Sie weitere Fragen haben, wenden Sie sich bitte an:

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

Bundesprogramm Ökologischer Landbau

Deichmanns Aue 29

53179 Bonn

Tel.: 0228-6845-3280

E-Mail: [boel-forschung@ble.de](mailto:boel-forschung@ble.de)

## **Abschlussbericht**

### **Zuwendungsempfänger:**

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Bieneninstitut Kirchhain

### **Förderkennzeichen:**

2819NA036 (Julius-Maximilians-Universität Würzburg)

2819NA108 (Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Bieneninstitut Kirchhain)

### **Vorhabensbezeichnung:**

Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung mit reduzierter Varroamilbenbehandlung auf die Leistungsfähigkeit und Vitalität von Honigbienen in der naturnahen Imkerei

### **Laufzeit des Vorhabens:**

17.05.2021 – 14.04.2025

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Inhalt

1.	Einführung.....	6
1.1	Gegenstand des Vorhabens .....	6
1.2	Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zu den einschlägigen Zielen des BÖLN oder zu konkreten Bekanntmachungen und Ausschreibungen .....	7
1.3	Planung und Ablauf des Projektes.....	11
2.	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde .....	16
3.	Material und Methoden .....	17
3.1	AP 1: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Populationsdynamik von Bienenvolk und Varroamilbe, Honigertrag und Wintersterblichkeit.....	17
3.2	AP 2: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Vitalität, die Fruchtbarkeit und den Paarungserfolg von Drohnen .....	20
3.2.1	Vitalität der Drohnen.....	20
3.2.2	Fruchtbarkeit .....	21
3.2.3	Paarungserfolg .....	22
3.3	AP 3: Stressresilienz .....	23
3.3.1	Auswahl und Testung der PSM.....	23
3.3.2	Mortalitätsstudien .....	24
3.4	AP 4: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Virenlast, das Immunsystem und die Virenverbreitung bei Drohnen und Arbeiterinnen .....	31
	Virenlast und Immunsystem bei Arbeiterinnen .....	31
3.5	AP5: Praxis-Forschungsnetzwerk „Naturnahe Bienenhaltung“ lokale Imkernetzwerke, Wissenstransfer .....	37
4.	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse.....	38
4.1	AP 1: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Populationsdynamik von Bienenvolk und Varroamilbe, Honigertrag und Wintersterblichkeit.....	38
4.1.1	Populationsdynamik der Varroamilbe in Kirchhain.....	38
4.1.2	Populationsdynamik der Varroamilbe in Würzburg .....	39
4.1.3	Populationsentwicklung der Bienenvölker in Kirchhain.....	40
4.1.3	Honigertrag in Kirchhain .....	41
4.1.4	Honigertrag in Würzburg .....	41
4.2	AP2: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Vitalität, die Fruchtbarkeit und den Paarungserfolg von Drohnen .....	43
4.3	AP3: Auswirkungen von Umwelt-Stress auf Arbeiterinnen und Drohnen aus herkömmlicher Bienenhaltung und solchen aus innovativer Bienenhaltung.....	46
4.3.1	Auswahl des Pflanzenschutzmittels .....	46
4.3.2	Mortalitätsversuche .....	46
4.3.3	Rückstandsanalysen .....	55
4.3.4	Futtersaftdrüsen (HPGs) .....	56
4.3.4	RFID .....	57
4.3.5	Tanzverhalten.....	58
4.3.6	Nektaranalysen .....	60

4.3.7 Pollen, Juvenilhormon, Homing .....	60
4.4    AP4: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Virenlast, das Immunsystem und die Virenverbreitung bei Drohnen und Arbeiterinnen .....	61
4.1.1 Immunsystem .....	61
4.1.2 RT-qPCR .....	62
4.1.3 High-throughput qPCR .....	63
4.5    AP5: Praxis-Forschungsnetzwerk „Naturnahe Bienenhaltung“ lokale Imkernetzwerke, Wissenstransfer .....	64
4.5.1 Praxis-Forschungsnetzwerk .....	64
4.5.2 Fragebogen .....	65
5.    Diskussion der Ergebnisse .....	66
5.1 AP1: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Populationsdynamik von Bienenvolk und Varroamilbe, Honigertrag und Wintersterblichkeit .....	66
5.2 AP2: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Vitalität, die Fruchtbarkeit und den Paarungserfolg von Drohnen .....	68
5.3 AP3: Auswirkungen von Umwelt-Stress auf Arbeiterinnen und Drohnen aus herkömmlicher Bienenhaltung und solchen aus innovativer Bienenhaltung .....	69
5.4 AP4: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Virenlast, das Immunsystem und die Virenverbreitung bei Drohnen und Arbeiterinnen .....	71
5.5 AP5: Praxis-Forschungsnetzwerk „Naturnahe Bienenhaltung“ lokale Imkernetzwerke, Wissenstransfer .....	74
6.    Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse .....	75
7.    Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen .....	76
8.    Zusammenfassung .....	79
9.    Literaturverzeichnis .....	80
10.   Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt (Printmedien, Newsletter usw.), bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse .....	83
Publikationen (peer reviewed): .....	83
Artikel in Fachzeitschriften: .....	83
Tagungsbeiträge: .....	84

# **1. Einführung**

Im Rahmen des Projekts ‚Vitalbiene‘ sollte aufgeklärt werden, wie sich eine innovative Methode der Honigbienenhaltung auf die Leistungsfähigkeit, die Gesundheit und den Paarungserfolg von Honigbienenvölkern auswirkt.

## **1.1 Gegenstand des Vorhabens**

Der im Projekt untersuchte Ansatz beruht auf einer Bienenhaltung, die sich eine induzierte mehrwöchige Brutpause der Königin im Spätsommer, ähnlich der, die während des natürlichen Schwarmverhaltens eines Bienenvolks auftritt, zunutze macht. Während der Brutpause können sich die parasitischen Varroamilben (*Varroa destructor* Anderson & Trueman) nicht vermehren, da ihre Wirte, die Bienenpuppen, fehlen. Im Anschluss an die Brutpause erfolgte eine einmalige Behandlung mit Oxalsäure. Im Gegensatz zur herkömmlichen Bienenhaltung wurde die Drohnenbrut nicht entfernt, um so die natürliche Selektion von varroaresistenten Bienen durch die Auslese angepasster Drohnen zu unterstützen.

Als Vergleichsgruppe dienten Bienenvölker, die unter herkömmlichen Methoden gehalten wurden. Zur Reduzierung der Milbenlast wurde bei diesen Völkern neben mehrmaligen Behandlungen mit Ameisensäure im Juli/August eine zusätzliche Behandlung mit Oxalsäure im Winter durchgeführt. Die Drohnenbrut, die für Varroamilben deutlich attraktiver ist und in der sie sich stärker vermehren können als in Arbeiterinnenbrut, wurde nach gängiger Praxis größtenteils entfernt. Es wurde erwartet, 1) dass neben der fehlenden Anpassung an die Milbe bei diesen Völkern keine natürliche Selektion der vitalsten Drohnen stattfindet, da nur wenige Drohnen zum Paarungsplatz gelangen und 2) dass während der Aufzucht dieser Drohnen der Selektionsdruck einer hohen Varroaparasitierung im Volk nicht vorhanden ist, durch den ein stabiles Parasit-Wirt-Verhältnis begünstigt werden könnte.

Im Projekt sollte zunächst die Wirksamkeit der innovativen Haltungsmethode im Vergleich zur herkömmlichen Praxis anhand eines umfassenden und komplexen Pakets an kontrollierten Experimenten untersucht werden. Neben der wissenschaftlichen Analyse der erhobenen Daten lag ein Schwerpunkt im frühzeitigen Wissenstransfer in die Imkerschaft. Mittels eines Imkernetzwerkes sollten Wirksamkeit

und Umsetzbarkeit der innovativen Bienenhaltung in verschiedenen Regionen Deutschlands mit Hilfe der Imkerschaft untersucht werden. Neben einem frühzeitigen Praxistransfer ging es uns um die enge Einbindung der Praxis, um eine qualifizierte Analyse der Einstellung zu dieser neuen Haltungsform zu ermöglichen und entsprechende Anpassungen vornehmen zu können.

## **1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zu den einschlägigen Zielen des BÖLN oder zu konkreten Bekanntmachungen und Ausschreibungen**

Unsere wissenschaftlichen Ziele lagen in der angewandten Forschung, die darauf abzielte, die Gesundheit von Honigbienenvölkern mittels innovativer Haltung zu verbessern und eine entsprechende Methode der Völkerführung praxisnah zu erproben und in der Imkerschaft zu verbreiten. Vor- und Nachteile der innovativen Bienenhaltung sollten wissenschaftlich begleitet werden und im Rahmen der Grundlagenforschung untersucht werden, ob sich neben dem Ertrag und der Vitalität von Honigbienen auch ihre Resilienz gegenüber Umweltstress erhöht. Dies ist ein zentrales Thema bei der Gesunderhaltung von Honig- und Wildbienen, deren Bedeutung u.a. durch die Initiativen zum Schutz der Bienen politisch und gesellschaftlich immer mehr zunimmt.

Unser Projekt bezog sich unmittelbar auf die Förderschwerpunkte im Rahmen der Bekanntmachung über die Förderung von Forschungsvorhaben zum Schutz von Bienen und weiterer Bestäuberinsekten in der Agrarlandschaft vom 18. Juli 2019. Unser Projekt ist dem Modul B, dem „Bundesprogramm ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN)“ zugeordnet.

Gefördert werden sollten unter anderem Vorhaben, die durch Innovation darauf abzielen, „gesunde und widerstandsfähige Honigbienen“ zu erhalten, zur „Verbesserung der Bienenvitalität“ beitragen sowie den „Wissenstransfer von Forschungsergebnissen in Imkerei- und landwirtschaftliche Betriebe, Beratung, Praxis, Bevölkerung und Politik“ berücksichtigen.

Aus den Zielen der Bekanntmachung wurden folgende Arbeitspakete (APs) für unser Projekt definiert:

**AP1: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Populationsdynamik von Bienenvolk und Varroamilbe, Honigertrag und Wintersterblichkeit**

Beteiligte Partner: LLH, JMU

Untersuchung der Wirksamkeit der innovativen Haltungsmethode im Hinblick auf die Entwicklung des Bienenvolks:

- Populationsdynamik der Versuchsvölker im Jahresverlauf
- Varroabefall der Versuchsvölker im Jahresverlauf
- Erfassung des Honigertrags der Versuchsvölker
- Erfassung der Wintersterblichkeit.

Übergeordnetes Ziel dieses Arbeitspaketes war es, positive und negative Auswirkungen der innovativen Bienenhaltung auf die Vitalität, den Ertrag und die Entwicklung der Völker zu erfassen.

**AP2: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Vitalität, die Fruchtbarkeit und den Paarungserfolg von Drohnen**

Beteiligte Partner: LLH

Untersuchung der herkömmlichen und innovativen Bienenhaltung auf einzelne Drohnen und deren Paarungskonkurrenz:

- Mortalität (prä-kopulative Konkurrenz)
- Fruchtbarkeit (post-kopulative Konkurrenz)
- Paarungserfolg (Konkurrenz auf Populationsebene).

Ziel des AP war es, die Auswirkungen der innovativen Haltungsmethode und des damit einhergehenden erhöhten Varroabefalls auf die Fruchtbarkeit und den Paarungserfolg von Drohnen im Vergleich zu Drohnen aus herkömmlich gehaltenen Völkern zu quantifizieren.

### **AP3: Auswirkungen von Umwelt-Stress auf Arbeiterinnen und Drohnen aus herkömmlicher Bienenhaltung und solchen aus innovativer Bienenhaltung**

Beteiligte Partner: JMU

- Vergleich der Resilienz von Bienen aus herkömmlicher und innovativer Haltung gegenüber definiertem Umweltstress (z. B. subletale Pestizid-Exposition)
- Analyse physiologischer Parameter wie Mortalität, Futtersaftdrüsenentwicklung und Verhaltensänderungen.

Ziel des AP war es, die Auswirkungen eines zusätzlichen Stressors auf die Honigbienen beider Haltungen zu quantifizieren.

### **AP4: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Virenlast, das Immunsystem und die Virenverbreitung bei Drohnen und Arbeiterinnen**

Beteiligte Partner: JMU, LLH

- Erfassung und Vergleich der Virenlast bei Drohnen und Arbeiterinnen
- Analyse der Immunparameter unter beiden Haltungsformen
- Untersuchung möglicher Übertragungswege von Viren durch Drohnen.

Ziel des AP war es einzuschätzen, ob die innovative Haltungsmethode Auswirkungen auf die Virenlast und das Immunsystem hat und ob sich dies positiv oder negativ auf die Gesundheit der Bienen auswirkt.

### **AP5: Praxis-Forschungsnetzwerk „Naturnahe Bienenhaltung“ lokale Imkernetzwerke, Wissenstransfer**

Beteiligte Partner: JMU, LLH

Wissenstransfer in die Imkerschaft

- Aufbau eines Imkernetzwerkes in verschiedenen Regionen Deutschlands
- Frühzeitiger Transfer von Projektergebnissen in die Praxis
- Untersuchung der Akzeptanz der Methoden in der Imkerschaft.

Langfristiges Ziel dieses APs war die nachhaltige Akzeptanz und Etablierung einer innovativen Bienenhaltung durch die breite Imkerschaft, mit der wir unsere Bienenvölker durch Unterstützung der Selektion zu einer höheren Abwehr der

Varroamilbe bringen, ohne dass es zu einer reduzierten Honigproduktion kommt. Im Vordergrund standen daher ein enger Austausch mit der Imkerschaft und ein rascher Wissenstransfer unserer Forschungsergebnisse über das im Rahmen des Projekts gegründete Vitalbiene-Praxis-Forschungsnetzwerk.

## 1.3 Planung und Ablauf des Projektes

Projektjahr Quartal	2021			2022				2023				2024	Partner	PhD	
	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1			
<b>AP1 – Vitalität Bienenvolk</b>															
Populationsdynamik	[Violet bar]												M1	LLH, JMU	PhD1, PhD2
Varroalast	[Violet bar]													LLH, JMU	PhD1, PhD2
Honigleistung															
Publikation															
<b>AP2 – Paarungserfolg Drohnen</b>															
Mortalität		[Red]													
Spermienqualität		[Red]													
Paarungserfolg															
Mortalität Drohnen															
Spermaqualität															
Publikation															
<b>AP3 – Stressresilienz</b>															
Mortalität Arbeiterinnen															
Publikation															
Futtersaftdrüsen															
RFID															
Kommunikation															
Publikation															
<b>AP4 – Viren &amp; Immunabwehr</b>															
Arbeiterinnen															
Drohnen															
Virentransfer															
Publikation															
<b>AP5 – Regionallabore</b>															
Gruppenaktivitäten vor Ort															
Imkerbefragung															
Publikation															

Farben markieren die jeweiligen Projektpartner: violett = LLH und JMU; rot = LLH; blau = JMU  
 Abkürzungen Verantwortliche: PhD1 bzw. 2 = Doktorand\*in 1 bzw. 2; IB = Imkerberater\*in; Soz = Soziolog\*in/Psycholog\*in; M: Meileinstein; AP: Arbeitspaket

Abbildung 1: Ablaufplan des Vitalbiene Projekts

### AP 1: Populationsdynamik von Bienenvolk und Varroamilbe, Honigertrag und Wintersterblichkeit

Beteiligte Partner: LLH, JMU

Insgesamt wurden 32 Völker im Sommer 2021 am LLH auf die Versuchsgruppen aufgeteilt und die entsprechenden Behandlungen durchgeführt. Die Erhebung von

Populationsdynamik, Varroalast und Honigleistung erfolgte am LLH, wie im Projektantrag vorgesehen, von Projektbeginn bis Anfang 2024. Die Publikation zu diesem Arbeitspaket ist derzeit noch in Bearbeitung und soll zeitnah eingereicht werden. An der JMU wurden, wie vorgesehen, jeweils 5 Bienenvölker zur Bereitstellung von Arbeiterinnen entsprechend der beiden Versuchsgruppen gehalten und über den gesamten Projektzeitraum (Juni 2021-Juli 2024) bezüglich Volksstärke, Honigleistung und Varroabefall überwacht.

## **AP 2: Vitalität, Fruchtbarkeit und Paarungserfolg von Drohnen**

Beteiligte Partner: LLH

Da bei Projektbeginn im Juni 2021 die Versuchsgruppen erst etabliert werden mussten und nach der ersten Stufe der Etablierung der Gruppen (Sommerbehandlung entsprechend der Gruppenzugehörigkeit) die Drohnensaison abgeschlossen war, konnten die Versuche erst für das Jahr 2022 eingeplant werden. Leider kam es in 2022 zu verschiedenen (hauptsächlich coronabedingten) Krankheitsfällen, die sowohl das technische Personal, das die Versuche unterstützen sollte, betrafen, als auch die Doktorandin selbst. Eine Durchführung der aufwendigen Laborversuche war aus diesem Grund 2022 nicht möglich. Die in AP2 angesetzten Laborversuche zur Vitalität der Drohnen wurden daher in die Versuchssaisons 2023 und 2024 verlegt. Die Käfig-Versuche (Mortalität) wurden 2023 und 2024 durchgeführt, und um die Erhebung des Schlupfgewichts und Varroabefalls der Drohnenproben ergänzt. Die Untersuchung der Spermienqualität erfolgte im Juli 2024. Versuche zum Paarungserfolg wurden, wie im Antrag vorgesehen, im Sommer 2022 und 2023 durchgeführt. Dafür konnte die Belegstelle "Hohe Rhön" genutzt werden. Die Proben wurden gesichert und sequenziert, die Datenanalyse und Auswertung befinden sich derzeit noch in Bearbeitung. Die Ergebnisse dieses AP sollen zeitnah publiziert werden.

## **AP 3: Auswirkungen von Umwelt-Stress**

Beteiligte Partner: JMU

Im Arbeitspaket 3 (AP3) wurde zunächst im Jahr 2021 ein Screening verschiedener Pflanzenschutzmittel (PSM) durchgeführt, um eine geeignete Auswahl zu treffen. Außerdem wurden die geplanten Rückstandsanalysen an Drohnen wie vorgesehen

umgesetzt. Ein Vorexperiment zum Tanzverhalten konnte 2021 jedoch nicht mehr stattfinden, da es jahreszeitlich zu spät war, um ein neues Beobachtungsvolk aufzubauen. Aus demselben Grund war auch das Aufsetzen der Miniplus-Einheiten für die RFID-Versuche in dieser Saison nicht mehr realisierbar.

Im Jahr 2022 wurden dann die geplanten PSM-Mortalitätsversuche erfolgreich durchgeführt. Die Untersuchungen an den Hypopharynxdrüsen wurden 2022 zunächst methodisch erarbeitet und anschließend 2023 umgesetzt. Das Tanzverhalten und die RFID-Experimente wurden zunächst noch nicht umgesetzt, da zuerst geprüft werden musste, ob sich Unterschiede zwischen der innovativen und der herkömmlichen Haltungsmethode zeigen, bevor ein zusätzlicher Stressor hinzukam. Mit den Versuchen zu Tanzverhalten und RFID wurde ab 2022 begonnen. Diese liefen bis 2024. Die Pollen- und Nektaranalysen wurden statt 2022 schließlich im Jahr 2023 durchgeführt. Insgesamt zeigt sich, dass einzelne Arbeitsschritte aus jahreszeitlichen und logistischen Gründen leicht verschoben wurden, die Kernziele und geplanten Analysen jedoch vollständig umgesetzt werden konnten.

#### **AP4: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Virenlast, das Immunsystem und die Virenverbreitung bei Drohnen und Arbeiterinnen**

##### **AP 4.1: Virenlast und Immunsystem bei Arbeiterinnen**

Beteiligte Partner: JMU

Im Arbeitspaket 4 (AP4) startete 2021 die Etablierung der qPCR-Methoden. Die eigentlichen Analysen fanden dann 2023 statt und nicht wie ursprünglich geplant 2022. Die Hämazytenanalysen wurden 2022 erlernt und im Jahr 2023 durchgeführt. Im Verlauf des Jahres 2023 wurden zudem die Proben für die qPCR- und High-Throughput-qPCR-Analysen gesammelt und erste Laboruntersuchungen gestartet. Die High-Throughput-qPCR selbst wurde dann Anfang 2024 abgeschlossen.

Insgesamt zeigt sich, dass einzelne Arbeitsschritte aus jahreszeitlichen und logistischen Gründen leicht verschoben wurden, die Kernziele und geplanten Analysen jedoch vollständig umgesetzt werden konnten.

## **AP 4.2: Virenlast, Virenverbreitung und Immunsystem bei Drohnen**

Beteiligte Partner: LLH

Wie unter AP 2 erläutert, konnten die Laboruntersuchungen der Drohnen am LLH 2021 und 2022 nicht durchgeführt werden. Die Untersuchung des Immunsystems und die Beprobung der Virenbelastung der Drohnen wurde deshalb auf die Drohnensaison 2023 und 24 verschoben. Die Analyse der Virenbelastung der Drohnen am LLH steht noch aus und ist für den Herbst 2025 geplant. Auch die Untersuchungen des Virentransfers waren von den Verschiebungen betroffen und wurden auf 2024 verlegt und entsprechend des Versuchsplans vorbereitet. Da der Drohnenabtrieb aus den Bienenvölkern früher als erwartet einsetzte, standen zum Zeitpunkt der Besamung nicht mehr ausreichenden Drohnen zur Verfügung, so dass die Besamung und die daran anschließenden Untersuchungen zum Virentransfer nicht mehr durchgeführt werden konnten.

## **AP5: Praxis-Forschungsnetzwerk „Naturnahe Bienenhaltung“ lokale Imkernetzwerke, Wissenstransfer**

### **AP 5.1: “Gruppenaktivitäten vor Ort”**

Beteiligte Partner: LLH

Die Betreuung von Imkervereinen durch den Imkerberater (LLH) wurde entsprechend des Antrags bei Projektbeginn im Juni 2021 mit der Identifizierung von Vereinen und dem Angebot von Informationsveranstaltungen begonnen und eine intensive Betreuung bis 2024 sichergestellt. Die Verbreitung des innovativen Konzepts und die Weitergabe von Erkenntnissen zu Populationsdynamik von Varroamilbe und Bienenvolk in die interessierte Imkerschaft wurde dabei während des gesamten Projektzeitraums, auch über die ausgewählten Vereinsbereiche hinaus, durch zahlreiche Vorträge sichergestellt.

## **Arbeitspaket 5.2: “Imkerbefragung”:**

Beteiligte Partner: JMU, Soz., LLH

Für die Soziologische Untersuchung wurde zu Projektbeginn ein Auftrag ausgeschrieben (JMU), ein Soziologen-Team (unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Peter Kriwy, TU Chemnitz) identifiziert und beauftragt. In enger Zusammenarbeit des Projektteams aus JMU, LLH (Fachberater und Wissenschaftlerinnen) und dem Soziologenteam wurden mehrere Fragebögen erstellt und bei den Vitalbiene-Veranstaltungen der Netzwerk-Vereine ausgefüllt.

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

Die Bedeutung der Honigbiene (*Apis mellifera*) als eines der wichtigsten Bestäuberinsekten ist gut dokumentiert. Die hohen Völkerverluste der letzten Jahre wurden vor allem auf Parasiten wie die Varroamilbe (*Varroa destructor*) und auf Pestizide zurückgeführt. Die bisherige Standardpraxis in der Bienenhaltung beruht auf wiederholter Behandlung mit Tierarzneimitteln und Entfernung der Drohnenbrut, was die natürliche Selektion varroaresistenter Bienen stark einschränkt.

Innovative Ansätze, wie die induzierte Brutpause, wurden am Bieneninstitut Kirchhain entwickelt und bereits erfolgreich erprobt und bieten Potenzial für eine nachhaltigere Varroakontrolle. Erste Vorversuche zeigten positive Effekte auf die Populationsentwicklung und die Reduzierung der Milbenlast. Der kombinierte Ansatz aus reduzierter chemischer Behandlung und Erhalt der Drohnenbrut eröffnet neue Perspektiven für eine naturnahe Bienenhaltung, die gleichzeitig den biologischen Bedürfnissen der Honigbiene Rechnung trägt.

An diese wissenschaftlichen Vorarbeiten knüpfte das Projekt *VITALBIENE* an, um das Konzept unter praxisnahen Bedingungen weiterzuentwickeln und die relevanten physiologischen, verhaltensbiologischen und ökologischen Fragestellungen systematisch zu untersuchen.

### **3. Material und Methoden**

#### **3.1 AP 1: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Populationsdynamik von Bienenvolk und Varroamilbe, Honigertrag und Wintersterblichkeit**

Am LLH wurde über die gesamte Projektlaufzeit unter kontrollierten Bedingungen ein Großversuch mit insgesamt 32 Völkern durchgeführt. Dazu wurden auf zwei Bienenständen jeweils 8 Völker nach etablierter Imkerpraxis geführt, während jeweils 8 weitere Völker nach der innovativen Methode gehalten wurden (siehe Tab. 1).

**Tabelle 1: Übersicht über die Maßnahmen des herkömmlichen und des innovativen Konzepts**

<b>Maßnahmen</b>	<b>Herkömmlich</b>	<b>Innovativ</b>
Drohnenbrut entfernen	Ja	Nein
Künstliche Brutpause	Nein	Ja
Sommerbehandlung	Ameisensäure	Oxalsäure (brutfrei)
Winterbehandlung	Ja Oxalsäurebehandlung	Nein (nur wenn notwendig, nach Schadschwelle)

Im Juni 2021 wurden zwei Bienenstände eingerichtet (Abbildung 2) und Versuchsvölker bereitgestellt, die in Bezug auf Volksstärken und Varroabefall gleichmäßig auf die Versuchsgruppen verteilt wurden.



**Abbildung 2: Bienenstände des Vitalbiene-Projekts am LLH.**

Die Völker der beiden Versuchsgruppen wurden im Folgenden entsprechend ihrer Behandlungskonzepte geführt (Tabelle 1, Abbildung 3). Zur Verfolgung und Quantifizierung der Volksentwicklung im Saisonverlauf wurden an beiden Versuchsständen Populationsschätzungen zur Erfassung der Entwicklung der Versuchsvölker durchgeführt. Die Populationsdynamik der Versuchsvölker wurde dazu, beginnend mit ihrer Etablierung im Sommer 2021, über zwei weitere volle Jahre bis zur Auswinterung der Versuchsvölker im März 2024 entsprechend der Liebefelder Schätzmethode (Imdorf et al. 1987) im dreiwöchigen Rhythmus erhoben. Die Wintermonate waren von der Schätzung ausgenommen. Die Entwicklung der Völker im Winter wurde anhand des Winterindex (Anzahl Bienen bei Auswinterung/Anzahl Bienen bei Einwinterung) berechnet. Verluste von Völkern und Königinnen wurden über den gesamten Versuchszeitraum erfasst.

Der Varroabefall wurde über das Auswaschen von Bienenproben (Dietemann et al. 2013) während der Bienensaison und darüber hinaus über Gemülldiagnosen mittels Bodeneinlagen (Abbildung 4) über den gesamten Projektzeitraum quantifiziert.

Da der Honigertrag eine entscheidende Rolle in der Imkerei und bei der Auswahl der Haltungsmethode spielt, wurde auch der Honigertrag der Völker kontrolliert erfasst und verglichen.



**Abbildung 3: Wabe mit Durchlaufkäfig zum Käfigen der Königin.**



**Abbildung 4 Bodenschieber zur Auszählung des Milbenfalls.**

Die Winterbehandlung wurde laut Versuchsplan nur in der Gruppe der herkömmlichen Völker durchgeführt. Auf die Behandlung der innovativen Gruppe wurde 2021 gänzlich verzichtet. In den Wintern 2022/23 und 2023/24 wurde die Oxalsäurebehandlung standardmäßig in der herkömmlichen Gruppe durchgeführt, in der innovativen Versuchsgruppe ab einer Schwelle von 1 Milbe/Tag in der brutfreien Gemülldiagnose im Dezember.

Am Standort JMU wurden in kleinerem Format (5 Völker pro Gruppe) Bienenvölker entsprechend der beiden Behandlungsgruppen zu Projektbeginn etabliert und über den gesamten Projektzeitraum zur Bereitstellung von Arbeitsbienen gehalten (Abbildung 5). Die Volksentwicklung wurde durch regelmäßige Erhebung der besetzten Wabengassen beobachtet. Der Varroabefall wurde über das Auszählen des natürlichen Milbenfalls überwacht und zusätzlich während der Bienen-saison durch das Auswaschen von Bienenproben quantifiziert. Darüber hinaus erfolgte eine kontinuierliche Kontrolle des Varroabefalls mittels Gemülldiagnosen, die mindestens alle zwei Wochen über Bodeneinlagen durchgeführt wurden.



Abbildung 5: Bienenstand des Vitalbiene-Projekts an der JMU.

## **3.2 AP 2: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Vitalität, die Fruchtbarkeit und den Paarungserfolg von Drohnen**

Der Versuchsansatz aus AP1 wurde dafür genutzt, gezielt die Auswirkungen der herkömmlichen und innovativen Bienenhaltung auf einzelne Drohnen und deren Paarungskonkurrenz zu untersuchen. Im Vordergrund standen dabei die Mortalität (prä-kopulative Konkurrenz), die Fruchtbarkeit (post-kopulative Konkurrenz) sowie der Paarungserfolg (Konkurrenz auf Populationsebene) der Drohnen, da dies entscheidende und bislang wenig untersuchte Faktoren bei der natürlichen Selektion sind.

### **3.2.1 Vitalität der Drohnen**

Die Vitalität der Drohnen beider Gruppen wurde anhand von Überlebensversuchen analysiert. Darüber hinaus wurden das Schlupfgewicht und der Varroabefall der Drohnenproben gemessen.

#### **Überlebensversuche:**

Die Untersuchung der Vitalität der Drohnen erfolgte anhand von Käfigstudien (Mortalitätstest). Zwischen Mai und Juli 2023 und 2024 wurden insgesamt 1080 Drohnen bezüglich ihrer Überlebensfähigkeit untersucht. Dafür wurden zu jedem Starttermin jeweils sechs frisch geschlüpfte Drohnen eines Volkes in einen Käfig mit 24 jungen Arbeiterinnen gesetzt und für 22 Tage in einem Brutschrank (32-33°C und 50-60 % rel. Luftfeuchte) gehalten. Durch das Verhältnis von vier Arbeiterinnen auf einen Drohn wurde die Fütterung und Pflege der Drohnen sichergestellt. Um Drohnen

im Alter von 0-24 Stunden zu erhalten, wurden die Drohnenbrutwaben kurz vor dem Schlupf drohnenfrei in eine Bannwabentasche in ihre Völker gegeben und regelmäßig kontrolliert. Die Arbeiterinnen wurden aus einem nicht in den Versuch eingebundenen Volk entnommen. Dabei wurde darauf geachtet, möglichst junge, aber keine frisch geschlüpften Arbeiterinnen zu entnehmen. Die Käfige wurden einmal täglich auf tote Arbeiterinnen und Drohnen geprüft, sowie die Futtermittel (auf 50 % verdünntes APIINVERT® und Pollenpaste ad libitum) gewechselt. Tote Individuen wurden entnommen und Arbeiterinnen gegebenenfalls aufgefüllt.

Die Versuche zur Mortalität der Drohnen beider Versuchsgruppen wurden 2023 von einer Studentin der Justus-Liebig-Universität Gießen im Rahmen ihrer Masterarbeit unterstützt und wurden 2024 wiederholt.

### **Schlupfgewicht** (zusätzlich)

Zwischen Mai und Juli 2023 und 2024 wurden zusammen mit den Drohnen der Käfigversuche, soweit möglich, zu jedem Zeitpunkt jeweils 30 weitere Drohnen aus den Völkern entnommen und bis zur Analyse bei  $-18^{\circ}\text{C}$  gelagert. Um das Schlupfgewicht zu ermitteln, wurden die Drohnen anschließend für fünf Minuten bei Raumtemperatur aufgetaut und gewogen (Sartorius MC1 Analytic AC 210 S). Die Versuche zur Mortalität der Drohnen beider Versuchsgruppen wurden 2023 von einer Studentin der Justus-Liebig-Universität Gießen im Rahmen ihrer Masterarbeit durchgeführt und wurden 2024 wiederholt.

### **Varroabefall der Drohnenproben** (zusätzlich)

Nach der Gewichtsbestimmung der Drohnen wurden diese pro Volk und Zeitpunkt zusammengefasst und die Proben analog zur Varroabestimmung der Bienenproben ausgewaschen, um den Varroabefall der Drohnenproben zu bestimmen.

### **3.2.2 Fruchtbarkeit**

Zum Vergleich der Fruchtbarkeit der Drohnen beider Versuchsgruppen wurden Spermamenge und Motilität des Spermias von jeweils 50 Drohnen pro Haltungstyp untersucht. Dafür wurden jeweils sechs frisch geschlüpfte Drohnen eines Volkes in einen Käfig mit 24 jungen Arbeiterinnen gesetzt und für 22-24 Tage in einem Brutschrank gehalten. Die Drohnen wurden individuell für 30 Minuten durch Kälte immobilisiert, das Abdomen geöffnet und die *Vesiculae seminalis* in Pufferlösung

verbracht. Die Quantifizierung der Anzahl der lebenden Spermatozoen erfolgte durch eine Neubauer Improved Zählkammer (C-Chip disposable hemocytometer, NanoEn Tek Inc., Hwaseong, Gyeonggi, South Korea). Anschließend erfolgte eine Abtötung der Spermatozoen und die Quantifizierung der Gesamtzahl an Spermatozoen mithilfe einer Neubauer Improved Zählkammer und der Berechnung des Anteils lebendiger Spermatozoen.

### **3.2.3 Paarungserfolg**

Um den tatsächlichen Paarungserfolg von Drohnen aus unterschiedlich gehaltenen Völkern auf Populationsebene vergleichen zu können, waren kontrollierte Freilandversuche notwendig. Um Fremdeinfluss durch Drohnenzuflug aus anderen Völkern vorzubeugen, eigneten sich nur isolierte Paarungsräume, wie sie natürlicherweise durch Inseln vorgegeben werden oder auf abgelegenen und geographisch gut isolierten Landbelegstellen erreicht werden. Um gezielt den Paarungserfolg von Drohnengruppen untersuchen zu können, wurde im Projekt die gesetzlich geschützte Landbelegstelle Hohe Rhön (Hessen) genutzt (Abbildung 6). In Vorbereitung auf die Freiland-Paarungsversuche wurden entsprechende Versuchsköniginnen im Herbst 2021 erfolgreich eingeweiselt. Ab der Versuchssaison 2022 wurden Freilandversuche zum Paarungserfolg der beiden Versuchsgruppen durchgeführt. Dazu wurden nacheinander jeweils einer der Bienenstände mit 16 Drohnenvölkern (8 Völker/Gruppe) auf die Belegstelle verbracht. Es wurden Begattungseinheiten aufgestellt, die sich auf der Belegstelle frei anpaaren konnten. Von den erfolgreich begatteten Königinnen wurden frisch geschlüpfte Arbeiterinnen entnommen und die Proben gesichert und der Vorgang mit dem zweiten Bienenstand wiederholt. Um die Sicherheit der Ergebnisse zu erhöhen, wurden die Versuche 2023 wiederholt. Zur Auswertung der Vaterschaftsverhältnisse wurde die DNA der Arbeiterinnen sowie der Drohnen der Vatervölker extrahiert und im Unterauftrag von Eurofins Genomics AgriGenomics sequenziert. Die Auswertung der Daten erfolgte in Kooperation mit der University of the Basque Country (UPV/EHU).



Abbildung 6: Impressionen von der Belegstelle Hohe Rhön.

### **3.3 AP 3: Stressresilienz**

Im Arbeitspaket 3 wurden die Auswirkungen ausgewählter Pflanzenschutzmittel (PSM) auf die Mortalität von Honigbienen aus innovativer und herkömmlicher Haltung untersucht. Ziel war es, mögliche Unterschiede in der Resilienz von Arbeiterinnen und Drohnen gegenüber zusätzlichem PSM-bedingtem Stress zu erfassen.

#### **3.3.1 Auswahl und Testung der PSM**

Zu Beginn wurden die Wirkstoffe Tebuconazol, Prochloraz und Acetamiprid hinsichtlich ihrer Effekte auf die Bienen bewertet. Aufgrund der Einstufung von

Acetamidrid als bienenungefährlich (B4) und gleichzeitig festgestellter Effekte bei höheren Konzentrationen wurde dieser Wirkstoff für weiterführende Tests ausgewählt. Eine LD50-Bestimmung bestätigte die Eignung für subletale Mortalitätstests.

### **3.3.2 Mortalitätsstudien**

Es wurden Mortalitätstests an frisch geschlüpften Arbeiterinnen, Sammlerinnen und Drohnen, durchgeführt. Die Exposition erfolgte in standardisierten Käfigversuchen über einen Zeitraum von sieben Tagen.

#### **Frisch geschlüpfte Arbeiterinnen:**

Für jede Behandlungsgruppe wurden 50 frisch geschlüpfte Arbeiterinnen pro Replik in Käfigen gehalten. Die Fütterung erfolgte *ad libitum* mit 50 % Zuckerlösung, welche je nach Gruppe mit Acetamidrid in verschiedenen Konzentrationen versetzt war. Die Kontrollgruppen erhielten reine Zuckerlösung (50%). Die geprüften Konzentrationen orientierten sich an feldrealistischen Rückständen (FR):

- Kontrolle (0× FR)
- FR × 10
- FR × 100
- FR × 500

Die Mortalität wurde täglich erfasst. Für frisch geschlüpfte Arbeiterinnen wurden zwei Replikate für FR × 10 und FR × 100 durchgeführt.

#### **Sammlerinnen:**

Ergänzend wurden im Rahmen einer Masterarbeit (Mireille Marx) Mortalitätstests mit Sammlerinnen durchgeführt. Diese erhielten ebenfalls Acetamidrid in den genannten Konzentrationen. Hier wurden zwei Replikate pro Konzentration durchgeführt.

#### **Drohnen:**

Bei Drohnen wurde zunächst untersucht, ob diese bei der Fütterung durch Arbeiterinnen indirekt PSM aufnehmen. Dazu wurden Drohnen in Käfigen in drei Replikaten pro Konzentration mit 50 % Zuckerlösung gefüttert. Die geprüften Konzentrationen waren FR × 10 und FR × 500. Insgesamt wurden pro Konzentration 3 Replikate angesetzt. Auch hier erfolgte eine tägliche Mortalitätskontrolle über sieben Tage. Die Ergebnisse der Rückstandsanalysen der Drohnen bestätigten die Aufnahme

des PSM, was durch eine unabhängige Laboranalyse (Labor Friedle) abgesichert wurde.

### **3.3.3 RFID Experimente**

Zur Untersuchung möglicher Effekte der innovativen Bienenhaltung sowie einer zusätzlichen Belastung durch Pflanzenschutzmittel (PSM) auf das Verhalten von Honigbienen wurden RFID-Experimente durchgeführt.

#### **Versuchsdesign RFID**

Zur Analyse der Auswirkungen auf das Sammel- und Flugverhalten kamen RFID-Tags zum Einsatz. Zunächst wurde geprüft, ob die innovative Haltungsmethode allein, also ohne zusätzlichen Stressor, Verhaltensunterschiede verursacht. Hierfür wurden frisch geschlüpfte Arbeiterinnen aus beiden Behandlungsgruppen mit RFID-Tags markiert und in Freilandversuchen beobachtet.

#### **Vorbereitung der Versuchstiere**

Brutwaben mit verdeckelter Brut aus beiden Haltungsformen wurden über Nacht in einem Brutschrank bei 32 °C und 70 % relativer Luftfeuchte inkubiert. Am folgenden Tag wurden alle frisch geschlüpften Bienen von den Brutwaben entfernt und entsprechend ihrer Herkunftsgruppe in getrennten Boxen gesammelt. Die Bienen wurden auf Eis immobilisiert und anschließend einzeln auf Styroporplatten fixiert.

#### **RFID-Markierung**

Zur individuellen Verfolgung wurden RFID-Tags (mic3-TAG 16k, Microsensys GmbH) verwendet. Die Transponder wurden zunächst mit einem USB-Reader ausgelesen, um jede ID eindeutig zuzuordnen. Anschließend wurden sie mit Sekundenkleber auf dem Thorax der Bienen befestigt. Nach dem Trocknen wurden die markierten Bienen in Käfigen getrennt nach Behandlungsgruppe gehalten und mit 50 %iger Zuckerlösung *ad libitum* gefüttert.

#### **Kombination mit PSM-Stress**

Im Anschluss wurden dieselben Verhaltensparameter unter zusätzlicher Belastung mit Acetamidrid untersucht. Dazu erhielten die markierten Arbeiterinnen Zuckerlösung, die mit unterschiedlichen Konzentrationen des PSM versetzt war. Die getesteten

Konzentrationen orientierten sich an den Mortalitätstests (FR × 10, FR × 100). Eine Kontrollgruppe erhielt reine Zuckerlösung (50%).

## **Durchführung**

Die Käfige mit den markierten Bienen wurden jeweils auf Mini-Plus-Völkern positioniert, die für die Versuche bereitgestellt wurden. Die RFID-Daten wurden über die gesamte Versuchsdauer aufgezeichnet, bis keine markierten Bienen mehr registriert wurden. So konnten Parameter wie Flugaktivität und potenzielle Verhaltensänderungen in Abhängigkeit von Haltungsform und PSM-Belastung erfasst werden.

### **3.3.4 Tanzverhalten**

Zusätzlich zu den RFID-Experimenten wurde untersucht, ob die innovative Haltungsform sowie eine zusätzliche Exposition mit Pflanzenschutzmitteln (PSM) das Tanzverhalten der Honigbienen beeinflussen. Das Tanzverhalten gilt als wichtiger Parameter zur Bewertung der Kommunikationsleistung und Orientierung innerhalb des Bienenvolks.

## **Versuchsdesign**

Die Beobachtungen des Tanzverhaltens wurden in allen Versuchsjahren durchgeführt:

- **2022 und 2023** wurde der Einfluss der Haltungsform ohne zusätzlichen PSM-Stressor geprüft.
- **2024** wurde das Tanzverhalten erstmals auch unter zusätzlicher Belastung mit Acetamiprid untersucht. Hierzu wurden eine Kontrollgruppe (ohne PSM) und eine Behandlungsgruppe mit einer Acetamiprid Konzentration von FR × 10 getestet.

Die Versuchsdurchführungen umfassten verschiedene Gruppengrößen:

- In den Jahren 2022, 2023 und 2024 wurden Versuche mit mehreren Replikaten von jeweils ca. 100 markierten Bienen pro Behandlungsgruppe durchgeführt.
- Teilweise wurden nach dem ersten Replikat pro Jahr auch kleinere Gruppen mit ca. 50 Bienen pro Behandlungsgruppe eingesetzt, um die Akzeptanz der Bienen zu verbessern.

Die Bienen wurden frisch geschlüpft mit Nummernplättchen markiert, in ein Beobachtungsvolk eingesetzt und das Tanzverhalten mittels Videoaufzeichnung dokumentiert. Die Beprobung erfolgte sowohl unter Standardbedingungen als auch unter PSM-Exposition.

### **3.3.5 Futtersaftdrüsen:**

Neben Mortalitäts- und Verhaltenstests wurde untersucht, ob sich die innovative Haltungsform und eine zusätzliche Belastung durch Pflanzenschutzmittel (PSM) auf die Größe der Hypopharynxdrüsen (HPGs) von Arbeiterinnen auswirken. Die Größe der HPGs dient als Indikator für den physiologischen Zustand und die Fütterungsleistung der Bienen.

#### **Versuchsaufbau**

Die Untersuchungen wurden zunächst ohne PSM durchgeführt, um die Effekte der Haltungsform isoliert zu analysieren. Anschließend wurde geprüft, ob sich eine zusätzliche PSM-Belastung (Acetamidrid) auf die HPG-Entwicklung auswirkt.

Die frisch geschlüpften Arbeiterinnen wurden in Käfigen mit 50 %iger Zuckerlösung gefüttert. Für die PSM-Exposition erhielten die Bienen Zuckerlösung, die mit Acetamidrid in verschiedenen Konzentrationen angereichert war:

- Kontrolle (50%ige Zuckerlösung)
- FR × 10
- FR × 500

Die Fütterung erfolgte über einen Zeitraum von sieben Tagen *ad libitum*.

#### **Präparation der HPGs**

Die Bienen wurden einzeln aus den Käfigen entnommen, auf Eis betäubt und anschließend präpariert. Die Köpfe wurden in einer schwarzen Sezierschale mit phosphatgepufferter Salzlösung (PBS) platziert. Mit zwei Präparierpinzetten wurde die Kopfkapsel an den Komplexaugen geöffnet und vorsichtig auseinandergezogen, um die HPGs freizulegen.

Eine der beiden Hypopharynxdrüsen (immer auf derselben Seite) wurde entnommen. Die Drüsen wurden über Nacht bei 4 °C in PBS mit 4 % Formaldehyd (pH 6,9) fixiert. Anschließend wurden die fixierten Drüsen viermal in PBS gespült.

### **Präparation der Objekte und Mikroskopie**

Die fixierten Drüsen wurden auf Spezialobjektträger mit Vertiefungen (Superfrost®) aufgebracht und mit Aqua-Poly/Mount eingebettet. Ein Deckgläschen wurde vorsichtig aufgesetzt, um die Präparate abzudecken. Nach vollständigem Trocknen wurden die Präparate unter einem Binokular begutachtet.

### **Messung der Drüsenzellen**

Für die Bildaufnahme wurde ein Binokular („Stemi 508“, Carl Zeiss) mit der Software ZEN (Version 2.3 lite) genutzt. Die Durchmesser der Acini wurden mit dem Programm ImageJ (Version 1.54g) vermessen. Vor jeder Messreihe wurde die Skala anhand von Millimeterpapier kalibriert.

Pro Hypopharynxdrüse wurden 15 zufällig ausgewählte Acini-Durchmesser ermittelt, um eine belastbare Mittelwertbildung zu ermöglichen.

### **3.3.5 Nektaranalysen:**

Zur Beurteilung möglicher Effekte der Haltungsform auf die Nahrungsaufnahme wurden Nektarqualität und -quantität bei Arbeiterinnen ohne zusätzliche PSM-Exposition untersucht.

### **Probennahme**

Um optimale Bedingungen für die Nektarproduktion sicherzustellen, wurden die Proben ausschließlich an sonnigen Tagen gesammelt. Sammelbienen wurden direkt am Flugloch beim Rückflug ins Volk abgefangen. Es wurden nur Nektarsammlerinnen berücksichtigt. Bienen mit Pollenhöschchen wurden ausgeschlossen. Pro Volk wurden sechs Nektarsammlerinnen einzeln gefangen und auf Eis betäubt. Um ein vorzeitiges Ausscheiden des Nektars zu verhindern, wurde der Betäubungsvorgang so kurz wie möglich gehalten.

Die immobilisierten Bienen wurden mit dem Kopf nach unten in vorbereitete 0,5 ml Eppendorf-Tubes gesetzt, die in 1,5 ml Eppendorf-Tubes gestellt wurden. Der Kropfinhalt wurde durch Zentrifugation bei 1.300 rpm für zehn Minuten freigesetzt.

## **Bestimmung der Zuckerkonzentration**

Zur Messung der Zuckerkonzentration im Kropfinhalt wurden zwei Refraktometer mit unterschiedlichen Brix-Bereichen verwendet:

- Brix-Skala 0–44 % (Bieno® Vinum)
- Brix-Skala 58–90 % (CATANIA®)

Von jeder Probe wurden 10 µl des ausgetretenen Kropfinhalts auf das Prisma pipettiert. Brix-Werte  $\leq 5$  % wurden als Wasser interpretiert. Bei Proben mit sehr geringem Volumen ( $< 10$  µl) oder sehr hohen Konzentrationen wurde eine 1:10-Verdünnung durchgeführt, um den Messbereich der Geräte optimal zu nutzen. Die gemessenen Werte wurden anschließend entsprechend der Verdünnung korrigiert. Nach jeder Messung wurde die Prismenoberfläche mit Wasser und Präzisionstüchern gereinigt.

## **Messung des Kropfvolumens**

Das Gesamtvolumen des Nektars wurde mit einer Pipette (10–100 µl) bestimmt. Der gesamte Kropfinhalt wurde aus den Eppendorf-Tubes pipettiert. Für die genaue Volumenbestimmung wurde revers pipettiert. Etwaige für Verdünnungen entnommene Teilvolumina wurden in die Berechnung einbezogen.

### **3.3.5 Pollenanalyse:**

Im Rahmen eines weiteren Versuchs wurde der Proteingehalt des von den Bienen eingetragenen Pollens ermittelt, um mögliche Auswirkungen der innovativen Haltungsmethode auf die Pollenqualität zu prüfen.

## **Probenahme**

Dazu wurden im Juni 2023 vor allen zehn Versuchsvölkern Pollenfallen installiert. Der Pollen wurde über einen Zeitraum von 24 Stunden gesammelt und anschließend unmittelbar tiefgefroren, um die Qualität der Proben zu sichern. Dies wurde vier mal wiederholt.

## **Probenaufbereitung und Analyse**

Die eingefrorenen Proben wurden vor der Analyse lyophilisiert (Gefriertrocknung) und zu feinem Pulver vermahlen. Die Bestimmung des Proteingehalts erfolgte

anschließend mittels Bradford-Assay, einem etablierten Verfahren zur quantitativen Proteinmessung.

### **3.3.6 Analyse der Juvenilhormon-Level (zusätzlich):**

Um die Auswirkungen der unterschiedlichen Haltungsformen auf die Altersphysiologie und hormonelle Entwicklung der Honigbienen zu untersuchen, wurden Juvenilhormon-(JH)-Analysen durchgeführt.

#### **Probenvorbereitung**

Brutwaben mit verdeckelter Brut aus Völkern beider Haltungsformen wurden über Nacht in einem Brutschrank bei 32 °C und 70 % relativer Luftfeuchte inkubiert. Am folgenden Tag wurden alle frisch geschlüpften Bienen vorsichtig mit einem Bienenbesen abgestreift, je nach Haltungsform in getrennte Boxen sortiert, farblich markiert und anschließend in Käfige gesetzt. Dort wurden sie mit 50 %iger Zuckerlösung *ad libitum* gefüttert. Die Käfige wurden auf Mini-Plus-Völkern positioniert, um den Kontakt zu Arbeiterinnen zu ermöglichen. Nach einem Tag im Käfig wurden die Bienen in die Mini-Plus-Völker entlassen. Von diesem Versuch wurden vier Replikate angefertigt.

#### **Probenahme der Hämolymphe**

Nach 6, 8, 10, 12 und 14 Tagen wurden jeweils zehn Bienen pro Behandlungsgruppe entnommen und auf Eis immobilisiert. Anschließend wurden die Bienen mit Nadeln auf Styroporplatten fixiert. Mithilfe einer Glasmikrokapillare (servoprax®) wurde die Kutikula zwischen dem vierten und fünften Abdominalsegment durchstoßen und bis zu 5 µl Hämolymphe gewonnen. Die Proben wurden direkt in flüssigem Stickstoff schockgefroren und bis zur Analyse bei –80 °C gelagert.

#### **Analytik**

Die Juvenilhormon-Konzentrationen in der Hämolymphe wurden mittels Flüssigchromatographie gekoppelt an Tandem-Massenspektrometrie (LC-MS/MS) bestimmt. Die Messungen erfolgten auf einem Waters Acuity Ultra-High-Performance-LC-System, gekoppelt an ein Waters Micromass Quattro Premier Triple-Quadrupol-Massenspektrometer. Die Methodik folgte den etablierten Verfahren nach Schilcher et al. (2021) und Scholl et al. (2014).

### **3.3.6 Homing-Experimente (zusätzlich):**

Ergänzend zu den anderen Tests wurde geprüft, ob die Haltungform Auswirkungen auf die Orientierungs- und Rückkehrfähigkeit (Homing) der Honigbienen hat.

#### **Versuchsaufbau**

Pro Versuch wurden 50 Sammlerinnen direkt am Flugloch beim Ausflug gefangen, auf Eis immobilisiert und individuell farblich markiert. Die Bienen wurden in Metallhaltern fixiert und mit 60 %iger Zuckerlösung bis zur Sättigung gefüttert, um eine umgehende Rückkehr nach der Freilassung zu gewährleisten.

Anschließend wurden die Bienen in kleinen Käfigen zu einem Freilassungsort ca. 500 m vom Bienenstand entfernt transportiert. Nach der Freilassung wurde die Rückkehrzeit jeder Biene dokumentiert. Um Doppelzählungen zu vermeiden, war am Flugloch ein Drahtgitter installiert, durch das zurückkehrende markierte Bienen gezielt eingesammelt werden konnten.

#### **Durchführung**

Das Homing-Experiment wurde als zusätzlicher Versuch Anfang Juli 2023 durchgeführt und insgesamt dreimal wiederholt.

## **3.4 AP 4: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Virenlast, das Immunsystem und die Virenverbreitung bei Drohnen und Arbeiterinnen**

### **Virenlast und Immunsystem bei Arbeiterinnen**

#### **Untersuchungen an der JMU**

Am Standort der JMU wurden die Auswirkungen der unterschiedlichen Bienenhaltungsmethoden auf das Immunsystem und die Virenlast von Honigbienen durch verschiedene methodische Ansätze untersucht. Die RT-qPCR wurde hierbei innerhalb einer Masterarbeit (Lena Wolf) untersucht.

#### **3.4.1 Hämozytenzählung**

Zur Beurteilung der Effizienz des Immunsystems wurde die Hämozytenzahl als Indikator bestimmt. Dazu wurden Brutwaben aus Völkern beider Haltungformen im

Frühjahr 2023 entnommen und für einen Tag in einem Brutschrank inkubiert. Nach dem Schlupf wurden pro Haltungsform 20 frisch geschlüpfte Bienen (0–24 h alt) für die Analyse verwendet. Weitere frisch geschlüpfte Bienen wurden in Käfigen bei 30 °C und 50 % rel. Luftfeuchte mit Zuckerlösung (50 %) und Pollen *ad libitum* für weitere 24 Stunden gehalten, um anschließend auch Bienen im Alter von 24–48 h zu untersuchen.

Die Bienen wurden vor der Entnahme der Hämolymphe auf Eis betäubt und mit Nadeln fixiert. Mit einer gezogenen Mikrokapillare wurde pro Biene ca. 5 µl Hämolymphe aus dem Hinterleib entnommen, mit 5 µl DAPI-Färbelösung (50 µg/ml) vermischt und direkt in eine Neubauer-Zählkammer überführt. Die Zählung erfolgte unter einem Fluoreszenzmikroskop. Für beide Altersgruppen wurde die Zählung mehrfach wiederholt (drei Replikate 0-24h, 4 Replikate 24-48h), um eine belastbare Datenbasis zu erhalten.

### **3.4.2 RT-qPCR DWV-B**

#### **Probenahme zu unterschiedlichen Zeitpunkten**

Um saisonale Unterschiede in der Virenlast zu berücksichtigen, wurden die Völker zu drei definierten Zeitpunkten während der Bienensaison 2023 beprobt:

- zu Beginn der Saison direkt nach der Überwinterung (April 2023)
- vor der Sommerbehandlung (Juni 2023), wenn der Unterschied im Varroabefall zwischen den Gruppen am größten war
- vor dem Einwintern (Oktober 2023).

Zu allen Zeitpunkten wurden Arbeiterinnen als Sammelbienen direkt vor dem Flugloch mit einem modifizierten Handsauger gefangen und sofort in flüssigem Stickstoff gelagert. Zusätzlich wurden frisch geschlüpfte Bienen direkt von den Brutwaben entnommen. Hierbei wurde darauf geachtet, dass alle Bienen asymptomatisch waren. Alle Proben wurden individuell in Röhrchen gesammelt und bis zur Analyse bei –80 °C gelagert.

#### **Aufbereitung der Proben für die qPCR**

Für die Analyse der Virenlast wurde ausschließlich der Hinterleib verwendet, da in Vorversuchen dort auch bei asymptomatischen Bienen relevante Viruskonzentrationen gezeigt werden konnten. Die RNA-Extraktion erfolgte mit einem kommerziellen Kit nach Herstellerprotokoll, mit geringen Modifikationen für optimierte

Ausbeute. Nach Messung der RNA-Konzentration wurden die Proben bis zur cDNA-Synthese bei  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  gelagert.

Für die Herstellung der cDNA wurden 400 ng Gesamt-RNA eingesetzt. Die cDNA-Synthese erfolgte in einem Thermocycler mit standardisiertem Temperaturprogramm. Die fertigen cDNA-Proben wurden bis zur qPCR-Analyse bei  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  aufbewahrt.

### **Standardkurven und qPCR-Analysen**

Zur quantitativen Bestimmung der DWV-B Last (Deformed Wing Virus-B) wurden Standardkurven mit gereinigten, quantifizierten PCR-Produkten erstellt. Die Standardkurven deckten einen Bereich von 5 bis 50 Millionen Kopien pro Reaktion ab und wurden in jedem Lauf mitgeführt, um eine absolute Quantifizierung zu ermöglichen.

Die real-time qPCR wurde mit einem kommerziellen qPCR-Mix durchgeführt. Die Reaktionen liefen in Triplikaten pro Probe und verwendeten spezifische Primer für DWV-B. Die Analyse erfolgte mit einem Rotor-Gene Q Real-Time PCR Cycler, einschließlich eines Schmelzkurvenprotokolls zur Überprüfung der Spezifität.



**Abbildung 7** Biene mit den klassischen Symptomen einer DWV Erkrankung. Die klassischen Symptome sind verkrüppelte Flügel und ein aufgeblähtes Abdomen.

### **3.4.3 High-Troughput-qPCR**

Zusätzlich zur RT-qPCR wurde eine High-Troughput-qPCR durchgeführt, die neben DWV-B noch 17 weitere Honigbienenpathogene detektieren konnte.

Um die Auswirkungen der unterschiedlichen Haltungsformen auf die Pathogenbelastung und Genexpression der Honigbienen zu untersuchen, wurden am Standort JMU Arbeiterinnen und Drohnen zu drei definierten Zeitpunkten während der Bienensaison 2023 beprobt:

- Frühjahr (April 2023) direkt nach der Überwinterung

- Sommer (Ende Juni 2023) vor der Varroabehandlung, wenn die Unterschiede im Milbenbefall am größten waren
- Herbst (Oktober 2023) vor der Einwinterung.

Für eine umfassende Beurteilung wurden pro Zeitpunkt und Kolonie sowohl frisch geschlüpfte Arbeiterinnen als auch Sammlerinnen untersucht. Die Kombination dieser Stadien erlaubt Rückschlüsse auf mögliche Übertragungswege und die Rolle von *Varroa destructor* als Vektor innerhalb des Bienenvolkes. Zusätzlich wurden im Sommer Drohnen beprobt, da diese nur zu dieser Jahreszeit in ausreichender Zahl verfügbar waren.

Die Probenahme erfolgte standardisiert:

- 20 Sammlerinnen pro Kolonie wurden mit einem modifizierten Handsauger am Flugloch abgefangen
- 20 frisch geschlüpfte Bienen wurden direkt von den Brutwaben entnommen
- 20 Drohnen wurden am Drohnenrahmen gesammelt.

Alle Proben wurden unmittelbar in flüssigen Stickstoff gegeben und bei  $-80\text{ °C}$  bis zur Analyse gelagert.

Vor der RNA-Extraktion wurden 20 Bienen pro Kolonie und Zeitpunkt in drei Gruppen zu je sechs Tieren aufgeteilt, um technische Replikate zu gewährleisten. Die Proben wurden mit Keramik- und Stahlkugeln sowie Glas-/Zirkoniperlen in TRIzol homogenisiert. Nach der Zugabe von Chloroform, Phasentrennung und Isopropanol-Fällung wurde die RNA isoliert, mit 75 % Ethanol gewaschen und in nukleasefreiem Wasser gelöst. Die RNA-Konzentrationen wurden mittels NanoDrop bestimmt.

Für die anschließende Analyse der Pathogenlast und der Genexpression kam eine High-Throughput-qPCR auf einem Biomark HD-System (Standard BioTools) zum Einsatz. Dabei wurden insgesamt 12 Viren, vier Parasiten und zwei pathogenassoziierte Bakterien parallel erfasst. Die untersuchten Zielorganismen umfassten:

- *Acarapis woodi*
- *Crithidia/Lotmaria*
- *Nosema apis*
- *Nosema ceranae*
- *Melissococcus plutonius*
- *Paenibacillus larvae*
- Acute bee paralysis virus (ABPV)

- Black queen cell virus (BQCV)
- Chronic bee paralysis virus (CBPV)
- Deformed wing virus A (DWV-A)
- Deformed wing virus B (DWV-B)
- Invertebrate iridescent virus 6 (IIV-6)
- Israeli acute paralysis virus (IAPV)
- Kashmir bee virus (KBV)
- Lake Sinai virus (LSV)
- Sacbrood virus (SBV)
- Slow bee paralysis virus (SBPV)
- Varroa destructor macula-like virus (VDMLV)

Zur Normalisierung der Genexpression wurden vier Referenz-Gene mitanalysiert (*Actin*, *Elongation factor 1*, *Ribosomal protein S5*, *TBP-association factor*). Die Assay-Designs folgten etablierten Protokollen nach D'Alvise et al. (2019) und Kohl et al. (2023). Alle qPCR-Reaktionen wurden in zwei technischen Replikaten pro Zielsequenz durchgeführt.

## **Arbeitspaket 4.2: Virenlast, Virenverbreitung und Immunsystem bei Drohnen**

Am LLH sollten die Auswirkungen der beiden Haltungsformen auf das Immunsystem, die Virenlast und die Virenverbreitung untersucht werden.

### **3.4.4 Hämozytenzählung**

Die Funktionalität des Immunsystems wurde über die lichtmikroskopische Quantifizierung von Hämozyten bestimmt. Die Analyse der Drohnen wurde zwischen Mai und Juli 2023 und 2024 durchgeführt. Die Drohnen wurden analog zu den Käfigversuchen zur Drohnenvitalität vorbereitet, dafür wurden zu jedem Starttermin jeweils sechs frisch geschlüpfte Drohnen eines Volkes in einen Käfig mit 24 jungen Arbeiterinnen gesetzt und für 24 Stunden in einem Brutschrank gehalten. Im Alter von 24-48 Stunden wurden je Drohn 5 µl Hämolymphe aus dem Abdomen entnommen und sofort mit 5 µl DAPI verdünnt (1:100 Verdünnung mit 5 mg DAPI stock solution and Phosphate-buffered saline), die Mischung für ca. 2 Sekunden zentrifugiert und in eine Neubauer Improved Zählkammer überführt (C-Chip disposable hemocytometer, NanoEn Tek Inc., Hwaseong, Gyeonggi, South Korea). Pro Drohn wurden unter einem Phasenkontrastmikroskop fünf Felder (diagonal) gezählt und die mittlere Anzahl der

Hämozyten berechnet. Wenn möglich, wurden pro Volk und Zeitpunkt sechs Drohnen untersucht (insgesamt 380 Drohnen).

#### **3.4.5 Probenahme zur Virenuntersuchung (DWV-B)**

Die Beprobung der Versuchsvölker zur Untersuchung der Virenlast der Drohnen wurde am LLH jeweils im Juni und Juli 2023 und 2024 durchgeführt. Die Proben wurden bei  $-80\text{ °C}$  gesichert. Die Probenanalyse steht noch aus und ist für den Herbst 2025 geplant.

#### **3.4.6 Untersuchung möglicher Übertragungswege von Viren durch Drohnen**

Es sollte überprüft werden, inwieweit bei der Begattung Viren von den Drohnen auf die Königinnen übergehen, und ob sich die Viren in der Spermatheka verbreiten. Dazu wollten wir 60 Königinnen künstlich mit dem Sperma von Drohnen aus Völkern beider Haltungstypen besamen. Ein Teil der Königinnen sollte 2 Wochen danach abgetötet und auf Viren untersucht, eine zweite Gruppe von künstlich besamten Königinnen in Kunstschwärmen zum Eier legen animiert werden und die folgende Generation mittels qPCR auf Virenbefall und ggf. klinische Symptome untersucht werden. Die imkerliche Betreuung dieses Versuchsteils einschließlich Aufzucht und Besamung der Königinnen sowie Bildung und Betreuung der Versuchsvölker sollte vom Fachpersonal des LLH übernommen, die Virusanalyse mittels qPCR an der JMU durchgeführt werden. Die Besamung der Königinnen mit den Drohnen beider Versuchsgruppen sollte 2024 durchgeführt werden. Dafür wurden Königinnen aufgezogen sowie geeignete Bienenvölker entweiselt und mit verdeckelter Drohnenbrut aus den Versuchsvölkern je einer der Versuchsgruppen versehen, die in den Völkern bis zum Erreichen der Geschlechtsreife und der folgenden Besamung gepflegt werden sollten. Wetterbedingt kam es in diesem Jahr jedoch zu einem vorzeitigen Drohnenabtrieb aus den Bienenvölkern, so dass zum geplanten Zeitpunkt nicht mehr ausreichend Drohnen zur Besamung zur Verfügung standen.

### **3.5 AP5: Praxis-Forschungsnetzwerk „Naturnahe Bienenhaltung“ lokale Imkernetzwerke, Wissenstransfer**

Für den Aufbau des „Praxis-Forschungsnetzwerks“ wurden zu Projektbeginn zahlreiche Vereine aus ganz Deutschland angesprochen und Informationsveranstaltungen durchgeführt. Es konnten drei regionale Vereine und ein Netzwerk erwerbsorientierter Imkereibetriebe gewonnen werden, die sich vor Saisonbeginn 2022 dem Netzwerk anschlossen. Bereits ab Projektbeginn wurden Informationsmaterialien sowie ein Schulungskonzept zusammengestellt und Einführungsveranstaltungen angeboten. Der Imker-Fachberater des LLH begleitete die Regionallabore intensiv bei der Umsetzung des innovativen Konzepts, sowohl durch Seminare, als auch durch Workshops und direkte Hilfestellung in der Praxis vor Ort.

Für die Netzwerk-Vereine wurden jeweils Theorie- und Praxisveranstaltungen abgehalten, in denen Hintergrundwissen sowie die praktische Anwendung der Methoden geübt und gestärkt werden konnten.

Für die soziologische Untersuchung wurde aus Würzburg ein Auftrag ausgeschrieben, ein Soziologen-Team (unter der Leitung von Prof. Dr. Peter Kriwy) identifiziert und beauftragt. In enger Zusammenarbeit des Projektteams aus JMU, LLH (Fachberater und Wissenschaftlerinnen) und dem Soziologenteam wurden mehrere Fragebögen erstellt und bei den Veranstaltungen der Netzwerk-Vereine ausgefüllt.

## **4. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse**

### **4.1 AP 1: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Populationsdynamik von Bienenvolk und Varroamilbe, Honigertrag und Wintersterblichkeit**

#### **4.1.1 Populationsdynamik der Varroamilbe in Kirchhain**

Die Populationsdynamik von Varroamilbe und Bienenvolk zeigt im Jahresverlauf eine unterschiedliche Entwicklung der beiden Versuchsgruppen, nachdem die Völker im Juni 2021 gleichmäßig auf die Versuchsgruppen verteilt und im weiteren Verlauf entsprechend ihrer Gruppenzugehörigkeit geführt wurden.

Wie im innovativen Konzept vorgesehen war die Varroabelastung der Bienenproben der innovativen Völker (Abbildung 8), insbesondere im Frühjahr und -sommer 2022 im Vergleich zur herkömmlichen Gruppe stark erhöht. Im Frühjahr 2023, nachdem im vorausgehenden Winter auch die innovativ geführten Völker selektiv mit Oxalsäure behandelt wurden, waren die Effekte weniger stark ausgeprägt, zeigten aber auch hier signifikante Unterschiede in der Varroabelastung der Versuchsgruppen vor der Sommerbehandlung.

Die Sommerbehandlung der innovativen Völker durchs „Käfigen und Behandeln“ zeigte deutliche Wirkung und eine erhebliche Reduktion der Varroalast. Kein Unterschied zwischen der Belastung der Versuchsgruppen konnte jeweils im Spätsommer 2021-2023 festgestellt werden, allerdings zeigte sich 2022 und 2023 eine höhere Belastung der innovativen Versuchsgruppe bei Einwinterung.

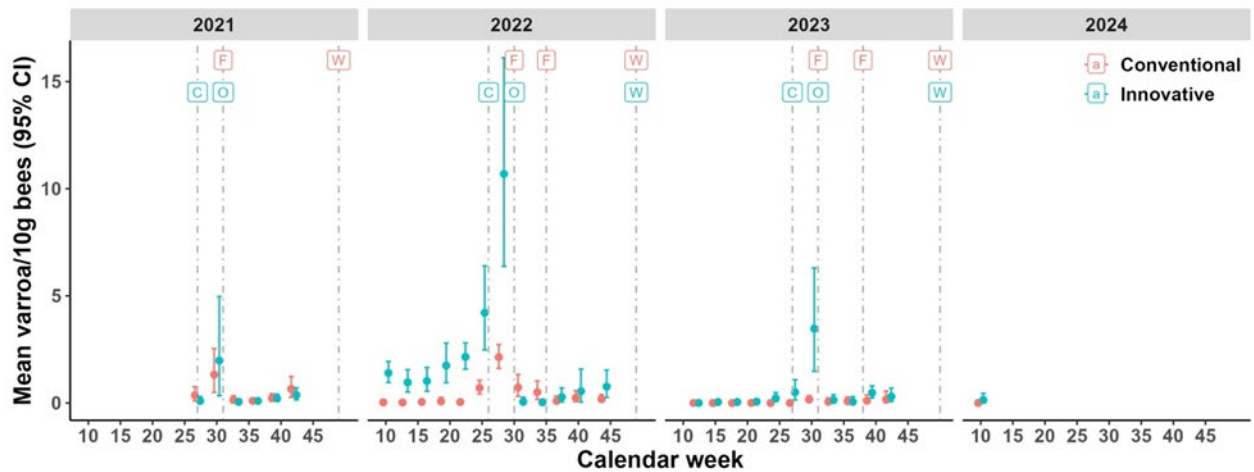
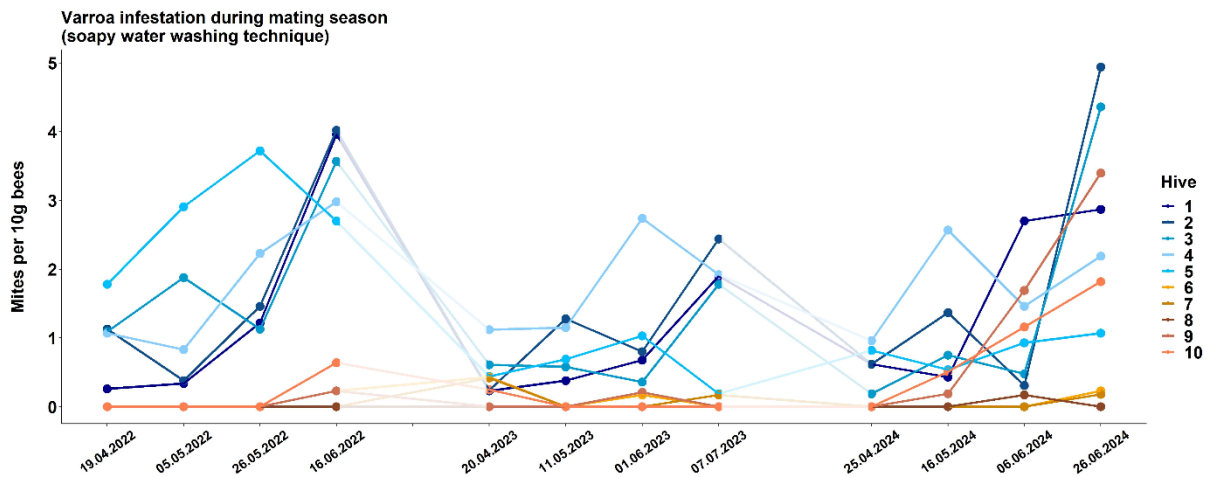


Abbildung 8 Varroadynamik der Versuchsvölker im Jahresverlauf Juli 2021-März 2024.

(Mittelwert  $\pm$  95% Konfidenzintervall; C = Käfigen der Königin; F = Ameisensäurebehandlung, O = Oxalsäurebehandlung, W = Winterbehandlung)

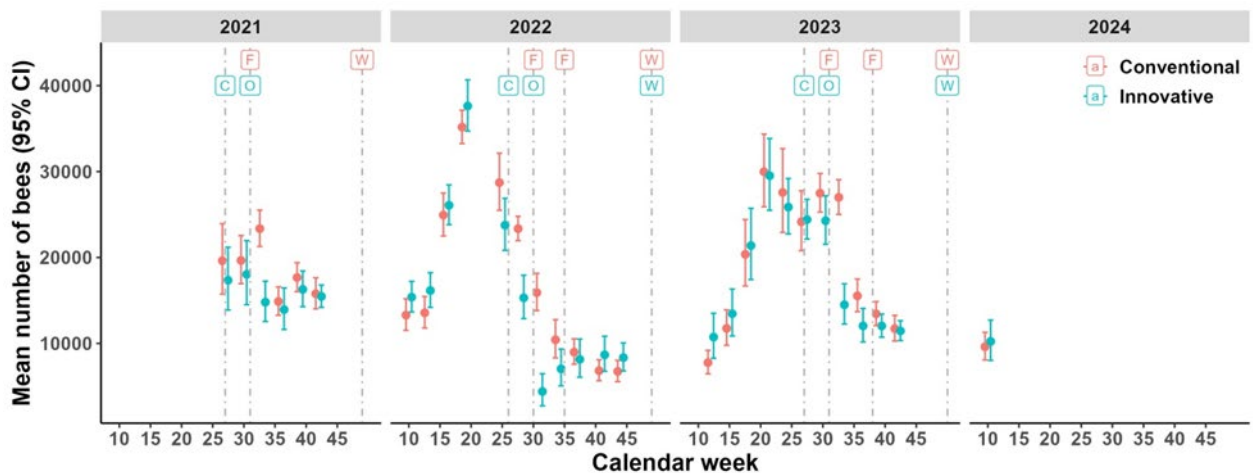
#### **4.1.2 Populationsdynamik der Varroamilbe in Würzburg**

Die an der JMU parallel erhobenen Daten zeigten über alle Jahre hinweg einen höheren Varroadruck in der innovativ geführten Gruppe im Vergleich zu den konventionell gehaltenen Völkern, vor allem im Frühjahr und Sommer vor der Sommerbehandlung (Abbildung 9). Der Varroabefall stieg in den innovativen Völkern jeweils im Frühjahr kontinuierlich an und erreichte seinen Höchststand vor der Sommerbehandlung. Direkt im Anschluss an die Behandlung konnte eine deutliche Reduktion der Milbenlast in den innovativ geführten Völkern verzeichnet werden. Eine Winterbehandlung war in Würzburg nur im Winter 2022/23 bei zwei Völkern der innovativen Gruppe notwendig. Im Herbst zeigte sich insgesamt kein signifikanter Unterschied in der Varroabelastung zwischen den beiden Haltungsgruppen. Eine detaillierte Darstellung der Bodenschieber-Daten (Gemülldiagnosen) ist in Hilsmann et al. (2025a) enthalten.



**Abbildung 9: Varroabefall der Versuchsgruppen (Auswaschproben).** In blau zeigen die innovativ geführten Völker bei den Auswaschproben in allen beobachteten Jahren eine deutlich erhöhte Varroabelastung während der aktiven Saison im Vergleich zu den herkömmlich behandelten Völkern (orange).

### 4.1.3 Populationsentwicklung der Bienenvölker in Kirchhain



**Abbildung 10: Anzahl Bienen der Versuchsvölker im Jahresverlauf Juli 2021-März 2024.** (Mittelwert  $\pm$  95% Konfidenzintervall; C = Käfigen der Königin; F = Ameisensäurebehandlung, O = Oxalsäurebehandlung, W = Winterbehandlung)

Bezüglich der Volksstärken der Versuchsgruppen (Abbildung 10) zeigten sich keine Unterschiede im Frühsommer 2022 und 2023. Im Spätsommer nach der den Versuchsgruppen entsprechend angewendeten Sommerbehandlung ergaben sich signifikante Unterschiede, die das Einbrechen der Volksstärken in der innovativen Gruppe nach dem Ende der Käfigdauer zeigen. Im Laufe des Spätsommers glich sich die Volksstärke der beiden Gruppen wieder aus, bei Einwinterung 2021 und 2023 zeigten sich keine Unterschiede der Volksstärken zwischen den Versuchsgruppen, während 2022 die Völker der innovativen Gruppe etwas stärker in den Winter gingen.

### 4.1.3 Honigertrag in Kirchhain

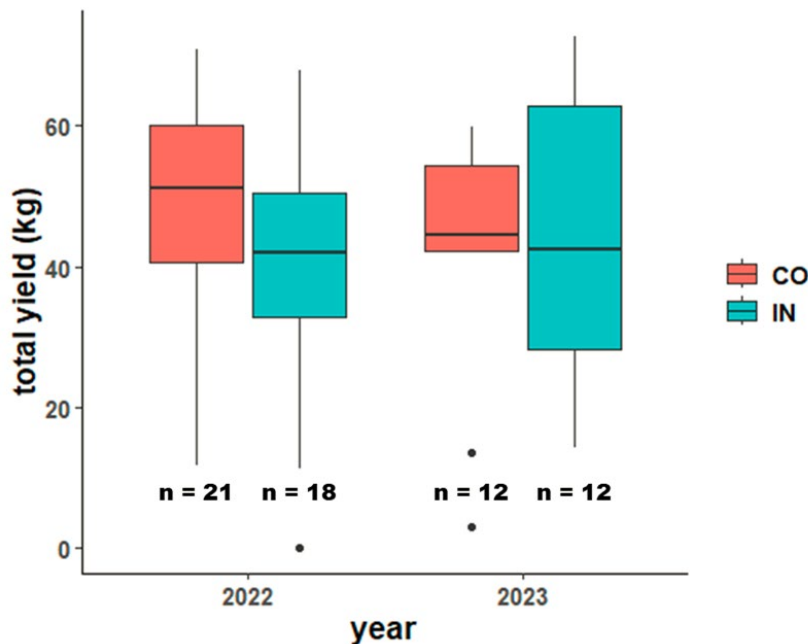
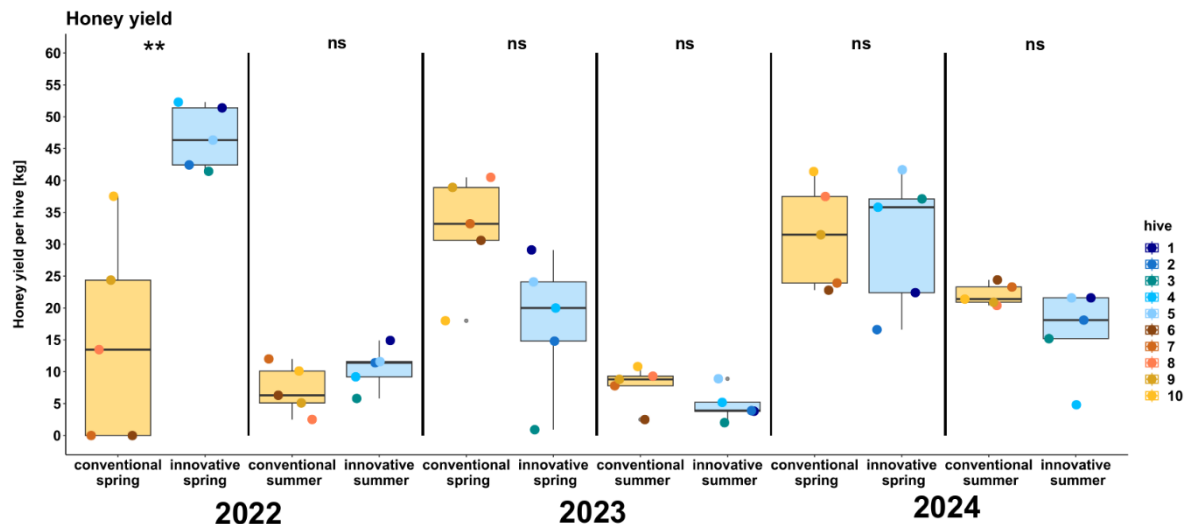


Abbildung 11: Honigertrag an den Standorten Kirchhain 2022-2023. (CO = herkömmlich, IN = innovativ) 2022 und 2023.

Es wurden keine Unterschiede im Gesamthonigertrag (Abbildung 11) der Versuchsvölker 2022 und 2023 und in der Frühtrachternte 2022 festgestellt. Bei der Sommerernte 2022 war der Ertrag der herkömmlichen Versuchsgruppe signifikant höher.

### 1.1.4 Honigertrag in Würzburg

Der Honigertrag wurde in Würzburg sowohl im Frühling als auch im Sommer erhoben (Abbildung 12). Im Frühling 2022 erzielten die innovativ geführten Völker im Durchschnitt einen signifikant höheren Honigertrag als die konventionell gehaltenen Völker (T-Test,  $p=0,001$ ). Ab dem Sommer 2022 bis einschließlich Sommer 2024 konnten keine signifikanten Unterschiede im Honigertrag zwischen den beiden Versuchsgruppen festgestellt werden. Auch in einer zusammenfassenden Modellanalyse über alle Erhebungsjahre hinweg konnten keine signifikanten Unterschiede im Honigertrag zwischen den Gruppen festgestellt werden (Hilsmann et al. 2025a).



**Abbildung 12: Honigertrag am Standort Würzburg 2022-2024.** Durchschnittlicher Honigertrag (kg) der innovativ (blau) und konventionell (gelb) geführten Völker an der JMU im Frühling und Sommer 2022–2024. Signifikante Unterschiede wurden nur im Frühling 2022 festgestellt und sind in der Abbildung durch \*\* gekennzeichnet; in den folgenden Ernten traten keine statistischen Unterschiede auf (ns).

#### 4.1.5 Wintersterblichkeit und Winterindex

Der Winterindex wurde für drei aufeinanderfolgende Jahre aus den in der Populationsschätzung erhobenen Daten berechnet. Zusätzlich wurden Völkerverluste dokumentiert. Über den gesamten Versuchszeitraum wurden nur in der innovativen Gruppe Völkerverluste festgestellt (Abbildung 13). In der herkömmlichen Gruppe wurden Verluste von Königinnen im Projektverlauf festgestellt, die Völker konnten aber ohne das Auftreten von Völkerverlusten über die gesamte Projektlaufzeit geführt werden. In der innovativen Versuchsgruppe traten Völkerverluste sowohl im Winter als auch aufgrund einer zu hohen Varroabelastung 2022 (nach vollständigem Verzicht auf Winterbehandlung und Drohnenschnitt, auch bei stark belasteten Völkern) im Sommer auf. Während Verluste von Königinnen während der Ameisensäurebehandlung der herkömmlichen Völker vor allem 2022 beobachtet wurden, waren diese 2023 in der innovativen Gruppe stärker ausgeprägt.

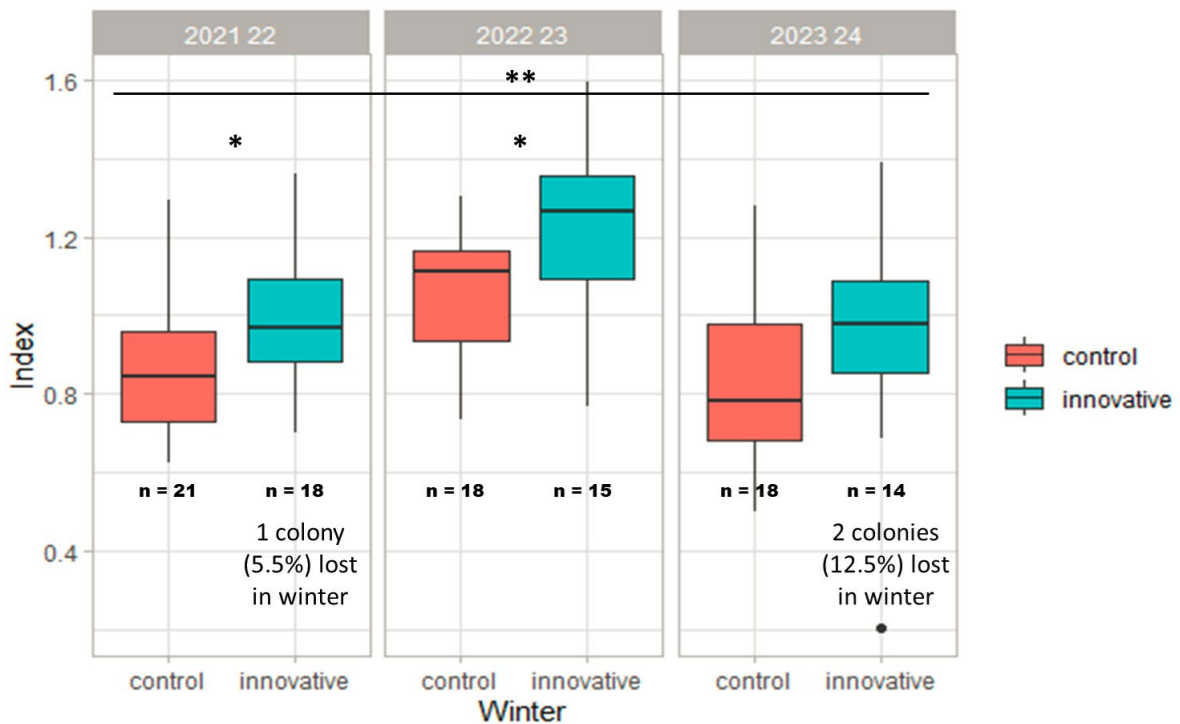


Abbildung 13: Winterindex der beiden Versuchsgruppen 2021-24. \* =  $p < 0.05$ , \*\* =  $p < 0.01$ , Two sample t-test

Der Winterindex (Abbildung 13) zeigt eine signifikant bessere Überwinterung der Völker der innovativen Gruppe.

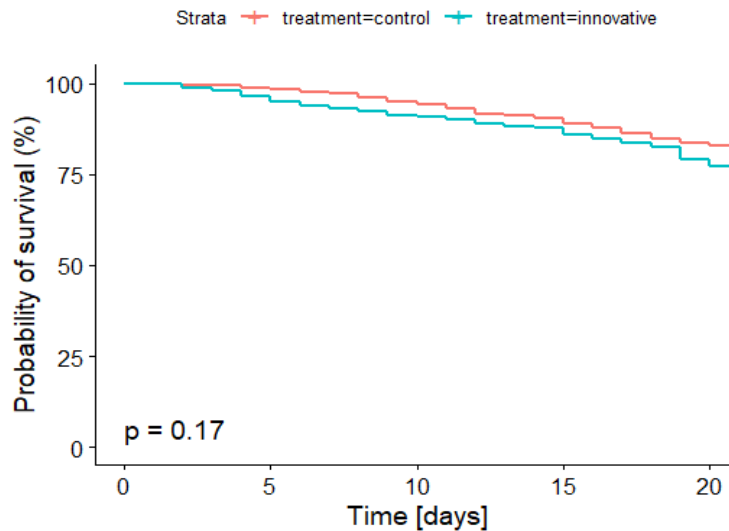
In Würzburg konnte im Verlauf der Projektzeit von 2021-2024 keine erhöhte Wintersterblichkeit festgestellt werden.

## **4.2 AP2: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Vitalität, die Fruchtbarkeit und den Paarungserfolg von Drohnen**

### **4.2.1 Vitalität der Drohnen**

#### **Überlebenstests**

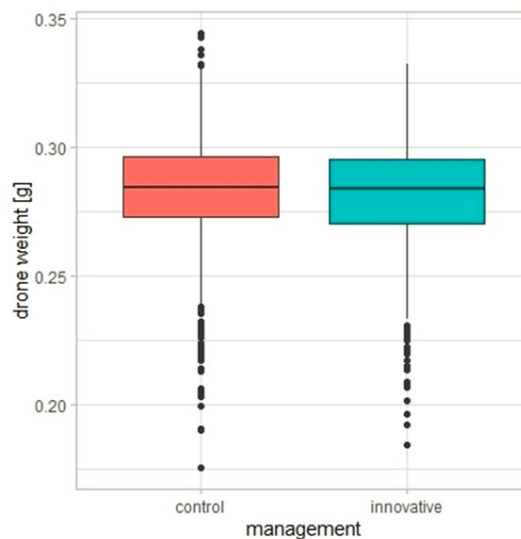
Die Vitalität der Drohnen wurde unter anderem mittels Überlebenstests untersucht. Die Analyse der Versuchsdaten zeigt dabei eine Tendenz zu einer höheren Sterblichkeit der Drohnen der innovativen Gruppe, jedoch konnte über alle Zeitpunkte kein signifikanter Effekt der Versuchsgruppe auf die Sterblichkeit der Drohnen und das Erreichen des begattungsfähigen Alters festgestellt werden (Abbildung 14).



**Abbildung 14: Überlebenswahrscheinlichkeit der Drohnen über 22 Tage über alle Wiederholungen.** (n herkömmlich (control) in rot = 468, n innovative in blau = 612).

### Schlupfgewicht

Zusätzlich zu den Überlebensversuchen wurden zu jedem der Probestermine weitere frisch geschlüpfte Drohnen aus den Völkern entnommen und ihr Gewicht ermittelt. Die Auswertung der aufgenommenen Versuchsdaten zeigt dabei im Mittel keinen Unterschied im Gewicht der Drohnen der beiden Versuchsgruppen (Abbildung 15).



**Abbildung 15: Gewicht der Drohnen in der Drohnensaison 2023 und 2024.** n herkömmlich (control) in rot = 1394, n innovativ in blau = 1473.

### Varroabefall der Drohnenproben

Nach dem Erfassen der Schlupfgewichte der Drohnen wurden die Proben pro Volk und Zeitpunkt zusammengefasst und der Varroabefall analog zum Auswaschen der Bienenproben ermittelt. Der Vergleich der Proben frisch geschlüpfter Drohnen der

beiden Versuchsgruppen zeigt einen signifikanten Unterschied (Mann-Whitney-U,  $p < 0,05$ ) bezüglich ihres Varroabefalls (Abbildung 16).

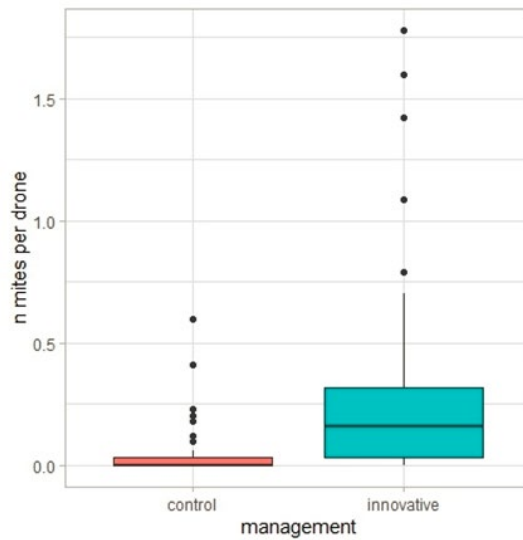


Abbildung 16: Anzahl Milben pro Drohnen in den Sammelproben frisch geschlüpfter Drohnen beider Versuchsgruppen zwischen Mai und Juli 2023 und 2024. n herkömmlich (control) in rot = 45, n innovativ in blau = 49

#### 4.2.2 Fruchtbarkeit

Die Untersuchungen zur Fruchtbarkeit zeigen keine Unterschiede der untersuchten Drohnen zwischen den Versuchsgruppen sowohl in Bezug auf Spermamenge (Abb. 17 A) als auch auf den Anteil lebendiger Spermatozoen (Abb. 17 B).

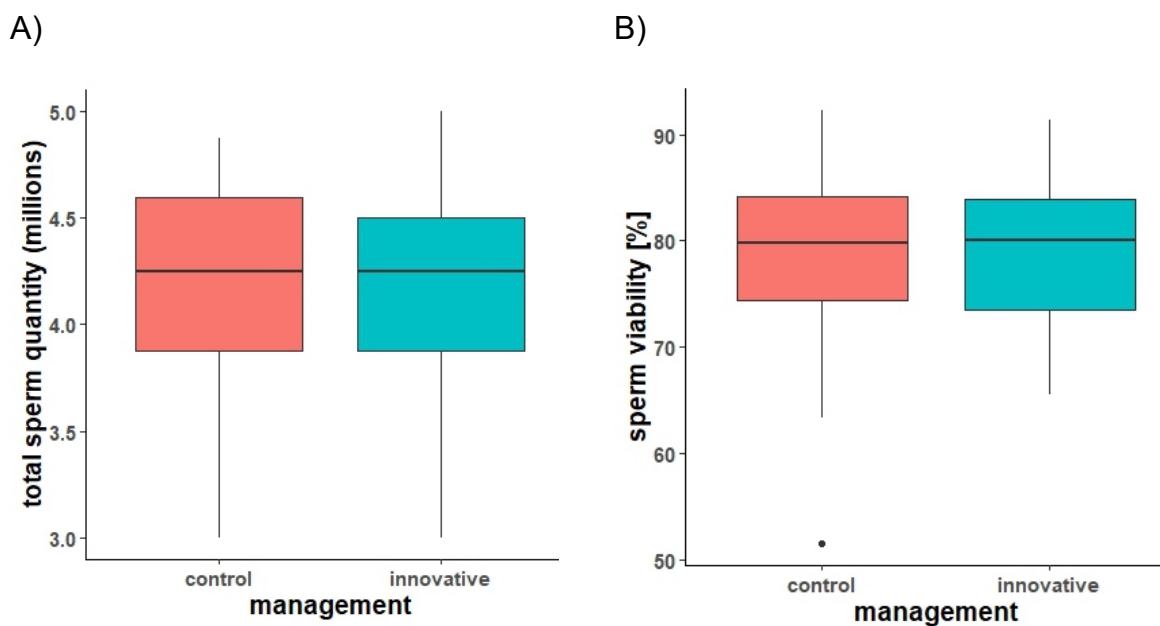


Abbildung 17: Drohnensperma A) Anzahl Spermien (in Millionen). B) Anteil lebendiger Spermien [%] der Drohnen beider Versuchsgruppen. (control = herkömmlich in rot, n = 50; innovative in blau, n = 50)

### **4.3 AP3: Auswirkungen von Umwelt-Stress auf Arbeiterinnen und Drohnen aus herkömmlicher Bienenhaltung und solchen aus innovativer Bienenhaltung**

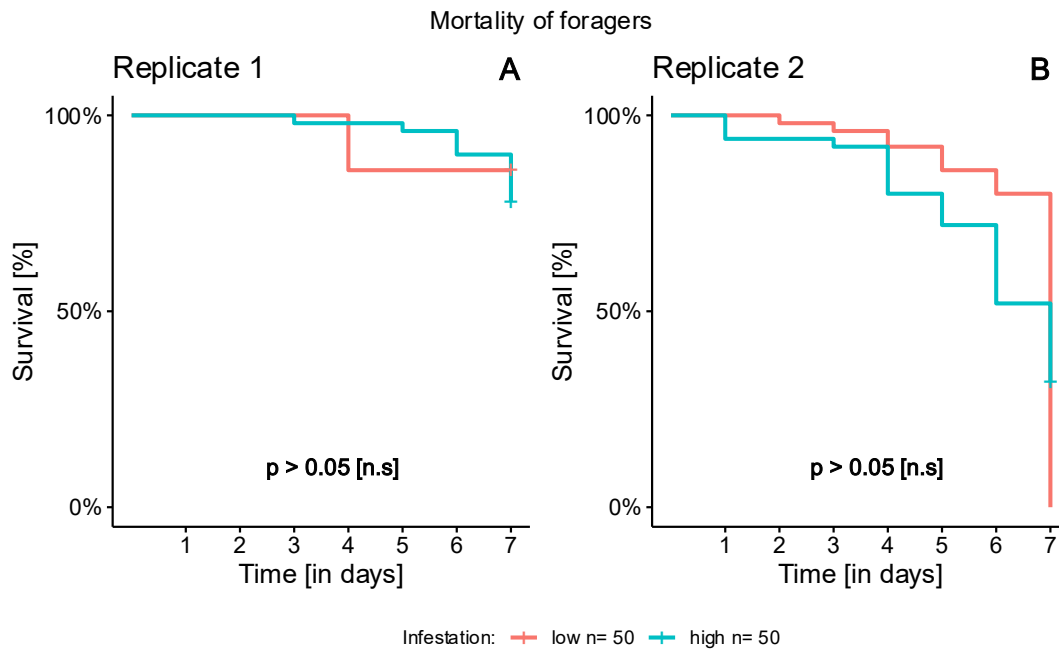
#### **4.3.1 Auswahl des Pflanzenschutzmittels**

Um zu untersuchen, wie Bienen aus innovativer und konventioneller Haltung auf zusätzlichen Umweltstress reagieren, wurden zunächst verschiedene Pflanzenschutzmittel (PSM) getestet. Nach einer Vorbewertung wurde Mospilan mit dem Wirkstoff Acetamiprid ausgewählt, da dieses Pflanzenschutzmittel als B4, also bienenungefährlich, eingestuft ist, aber in den Vorversuchen die größten Effekte zeigte. Die Tests konzentrierten sich daher auf Acetamiprid (Mospilan®) in verschiedenen Dosierungen, um einen zusätzlichen Stressor und die damit einhergehenden Effekte auf die Honigbienen zu erfassen.

#### **4.3.2 Mortalitätsversuche**

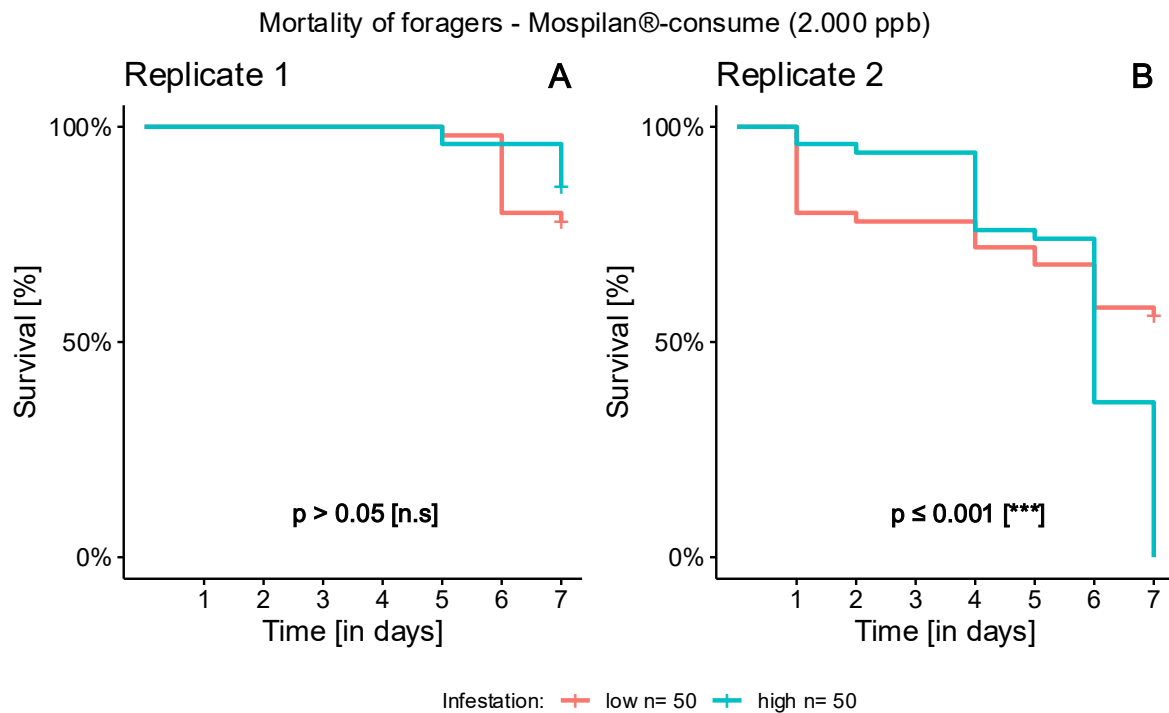
##### **Sammlerinnen:**

Die Mortalität von Sammlerinnen wurde in zwei Replikaten untersucht, um mögliche Effekte des Varroadrucks auf die Mortalität zu überprüfen. Im ersten Replikat zeigte die Varroabelastung keinen signifikanten Einfluss auf die Mortalität der mit Zuckerlösung gefütterten Sammlerinnen (Abbildung 18;  $\text{Chisq} = 0.8$ ,  $\text{df} = 1$ ,  $p = 0.4$ ; n.s.; Log-Rank-Test). Auch die Analyse des zweiten Replikats bestätigte dieses Ergebnis: Es konnte ebenfalls kein signifikanter Effekt des Varroadrucks auf die Mortalität der Sammlerinnen festgestellt werden ( $\text{Chisq} = 0.3$ ,  $\text{df} = 1$ ,  $p = 0.6$ ; n.s.; Log-Rank-Test).



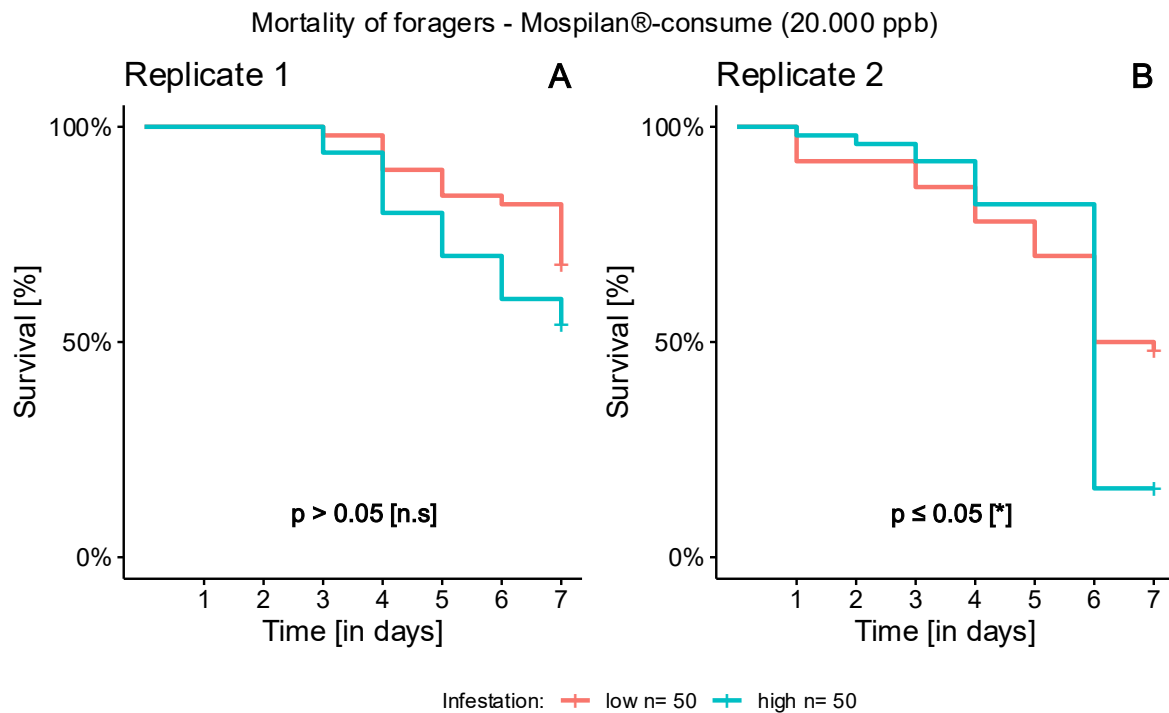
**Abbildung 18: (A, B): Kaplan-Meier-Kurven zur Mortalität von Sammlerinnen.** Kaplan-Meier-Kurven zur Mortalität von Sammlerinnen aus innovativ geführten Völkern (blau) mit hohem bzw. aus konventionell geführten Völkern (rot) mit niedrigem Varroadruck. Die Bienen wurden mit 50 %iger Zuckerlösung gefüttert. (A) Erstes Replikat; (B) zweites Replikat. Es zeigte sich kein Einfluss des Varroadrucks auf die Mortalität der Sammlerinnen.

Die Mortalität von Sammlerinnen wurde zusätzlich unter dem Einfluss eines kombinierten Stressors aus Varroadruck und einer niedrigen Mospilan®-Konzentration (2.000 ppb; entspricht FR10) untersucht. Im ersten Replikat hatte die Kombination aus Varroadruck und PSM-Stress keinen signifikanten Effekt auf die Mortalität der Sammlerinnen (Abbildung 19; Chisq = 1.2, df = 1, p = 0.3 [n.s.]; Log-Rank-Test). Im zweiten Replikat zeigte die Analyse jedoch, dass der Varroadruck in Kombination mit dem zusätzlichen Stressor in Form einer niedrigen Mospilan®-Konzentration (FR10) die Überlebenswahrscheinlichkeit der Sammlerinnen signifikant reduzierte (Chisq = 17.1, df = 1, p ≤ 0.001 [\*\*]; Log-Rank-Test).



**Abbildung 19: (A, B): Kaplan-Meier-Kurven zur Mortalität von Sammlerinnen mit zusätzlichem Stress durch PSM (FR10).** Kaplan-Meier-Kurven zur Mortalität von Sammlerinnen aus Völkern mit (blau) bzw. ohne (rot) Varroadruck und zusätzlichem Stress durch eine niedrige Mospilan®-Konzentration (2.000 ppb, FR10). (A) Erstes Replikat; (B) zweites Replikat. Im zweiten Replikat führte die kombinierte Belastung zu einer signifikant reduzierten Überlebenswahrscheinlichkeit der Bienen aus innovativer Haltung.

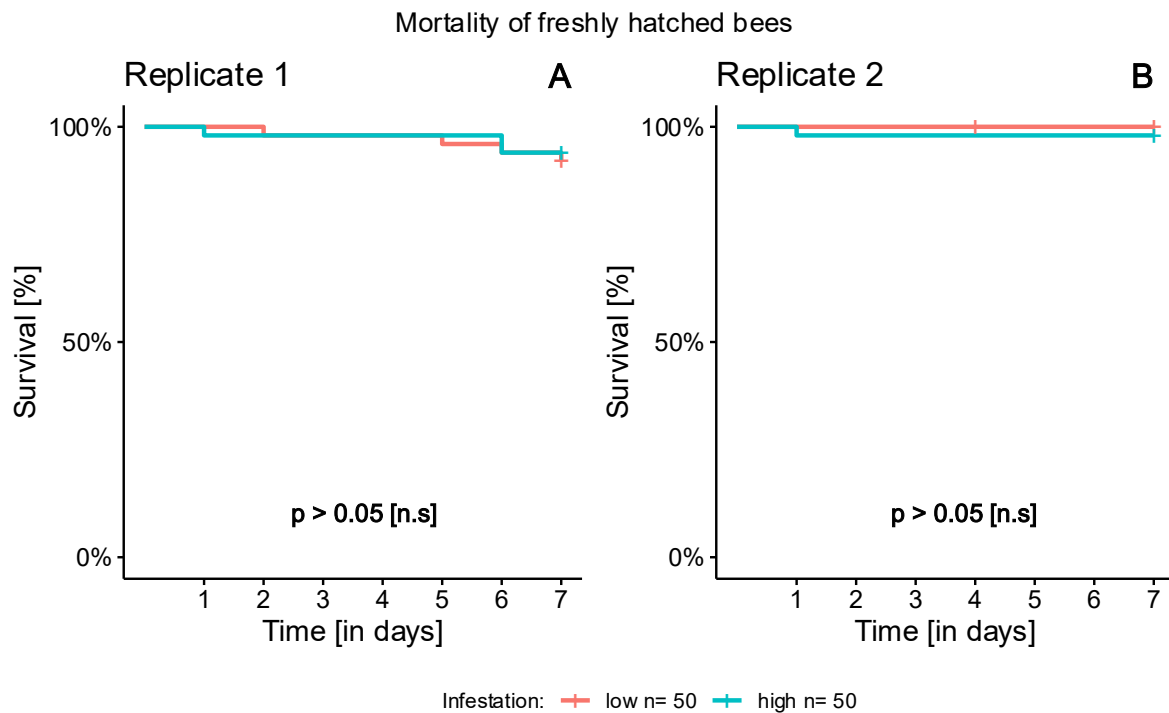
Des weiteren wurden Sammlerinnen unter dem Einfluss eines zusätzlichen Stressors durch eine hohe Mospilan®-Konzentration (20.000 ppb) untersucht. Im ersten Replikat zeigte die Kombination aus Varroadruck und PSM-Stress keinen signifikanten Effekt auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Sammlerinnen beider Haltungsmethoden (Abbildung 20;  $\text{Chisq} = 2,7$ ,  $\text{df} = 1$ ,  $p = 0,1$  [n.s.]; Log-Rank-Test). Im zweiten Replikat führte die Kombination aus Varroadruck und dem zusätzlichen Stressor in Form der hohen Mospilan®-Konzentration jedoch zu einer signifikanten Verringerung der Überlebenswahrscheinlichkeit der innovativ gehaltenen Sammlerinnen ( $\text{Chisq} = 3,8$ ,  $\text{df} = 1$ ,  $p \leq 0,05$  [\*]; Log-Rank-Test).



**Abbildung 20: Kaplan-Meier-Kurven zur Mortalität von Sammlerinnen unter zusätzlichem Stress durch PSM (FR100).** Mortalität von Sammlerinnen aus Völkern mit (blau) bzw. ohne (rot) Varroadruck und zusätzlichem Stress durch eine hohe Mospilan®-Konzentration (20.000 ppb). (A) Erstes Replikat; (B) zweites Replikat. Im zweiten Replikat führte die kombinierte Belastung zu einer signifikant reduzierten Überlebenswahrscheinlichkeit der Bienen.

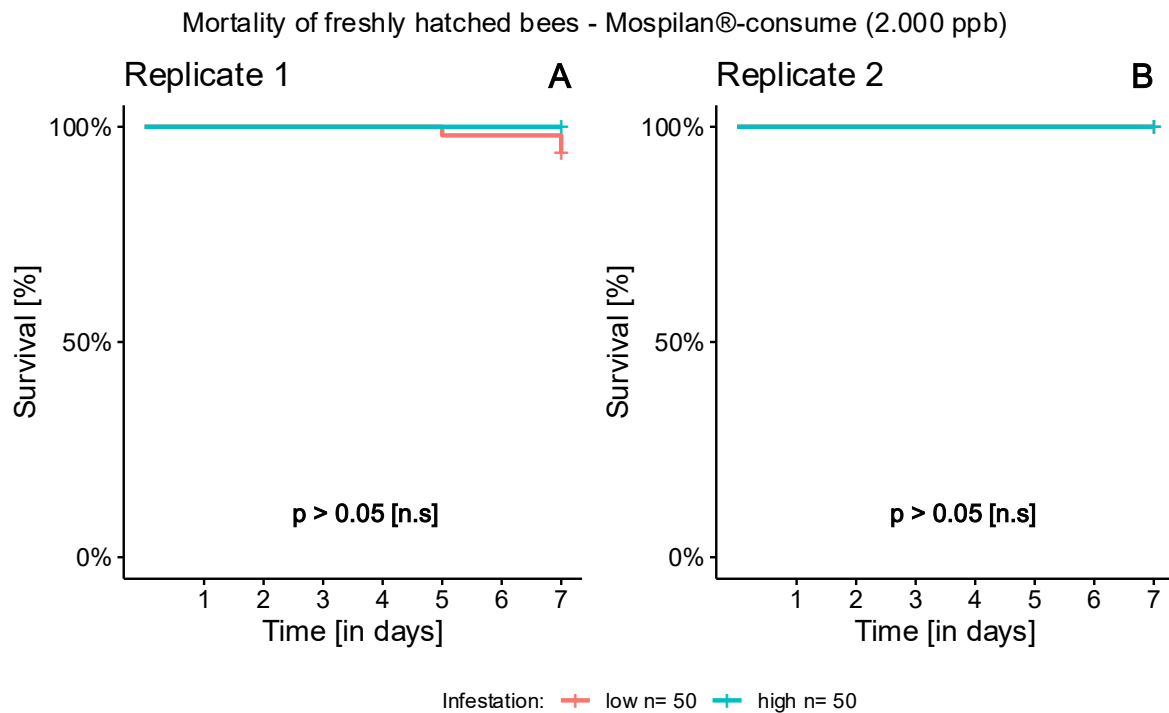
### Frischgeschlüpfte Arbeiterinnen:

Die Mortalität frisch geschlüpfter Arbeiterinnen wurde in zwei Replikaten untersucht, um mögliche Effekte des Varroadrucks zu erfassen. Die statistische Analyse des ersten Replikats ergab keinen signifikanten Einfluss des Varroadrucks auf die Mortalität der mit 50%iger Zuckerlösung gefütterten Bienen (Abbildung 21;  $\text{Chisq} = 0.2$ ,  $\text{df} = 1$ ,  $p = 0.7$  [n.s.]; Log-Rank-Test). Auch im zweiten Replikat konnte kein signifikanter Effekt festgestellt werden ( $\text{Chisq} = 1$ ,  $\text{df} = 1$ ,  $p = 0.3$  [n.s.]; Log-Rank-Test).



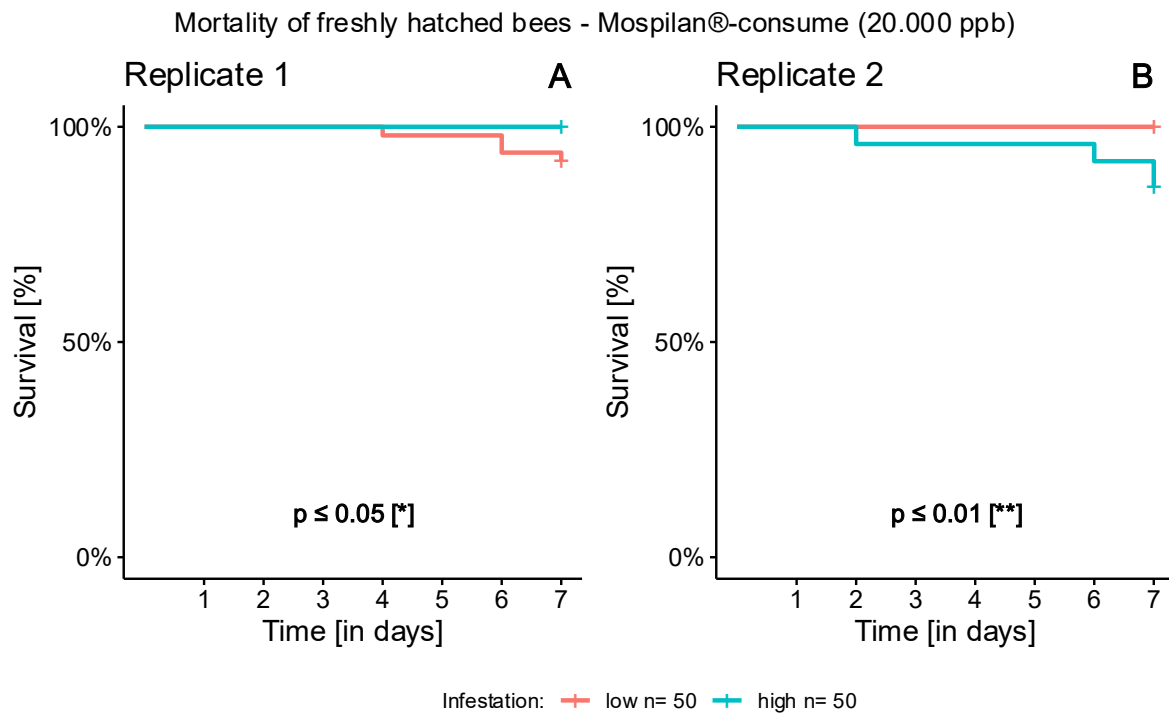
**Abbildung 21: (A, B): Kaplan-Meier-Kurven zur Mortalität frisch geschlüpfter Arbeiterinnen.** Kaplan-Meier-Kurven zur Mortalität von frisch geschlüpften Sammlerinnen aus innovativ geführten Völkern (blau) mit hohem bzw. aus konventionell geführten Völkern (rot) mit niedrigem Varroadruck. Die Bienen wurden mit 50 %iger Zuckerlösung gefüttert. (A) Erstes Replikat; (B) zweites Replikat. Es zeigte sich kein Einfluss des Varroadrucks auf die Mortalität der frisch geschlüpften Bienen.

Die Mortalität von frisch geschlüpften Bienen wurde unter dem Einfluss eines kombinierten Stressors aus Varroadruck und einer niedrigen Mospilan®-Konzentration (2.000 ppb) untersucht. Im ersten Replikat zeigte die Kombination aus Varroadruck und PSM-Stress keinen signifikanten Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der frisch geschlüpften Bienen (Abbildung 22;  $\text{Chisq} = 3,1$ ,  $\text{df} = 1$ ,  $p = 0,08$  [n.s.]; Log-Rank-Test). Im zweiten Replikat traten unter beiden Bedingungen – mit und ohne Varroadruck in Kombination mit dem zusätzlichen Stressor – keine Mortalitätsereignisse auf, wodurch eine statistische Auswertung nicht möglich war ( $\text{Chisq} = 2$ ,  $\text{df} = -1$ ,  $p = \text{NA}$ ; Log-Rank-Test).



**Abbildung 22: (A, B): Kaplan-Meier-Kurven zur Mortalität frisch geschlüpfter Arbeiterinnen unter zusätzlichem Stress durch PSM (FR10).** Kaplan-Meier-Kurven zur Mortalität von frisch geschlüpften Bienen unter zusätzlichem Stress durch eine niedrige Mospilan®-Konzentration (2.000 ppb). Mortalität von Bienen aus Völkern mit (blau) bzw. ohne (rot) Varroadruck. (A) Erstes Replikat; (B) zweites Replikat. Im zweiten Replikat traten keine Mortalitätsereignisse auf, sodass keine statistische Vergleichbarkeit gegeben war.

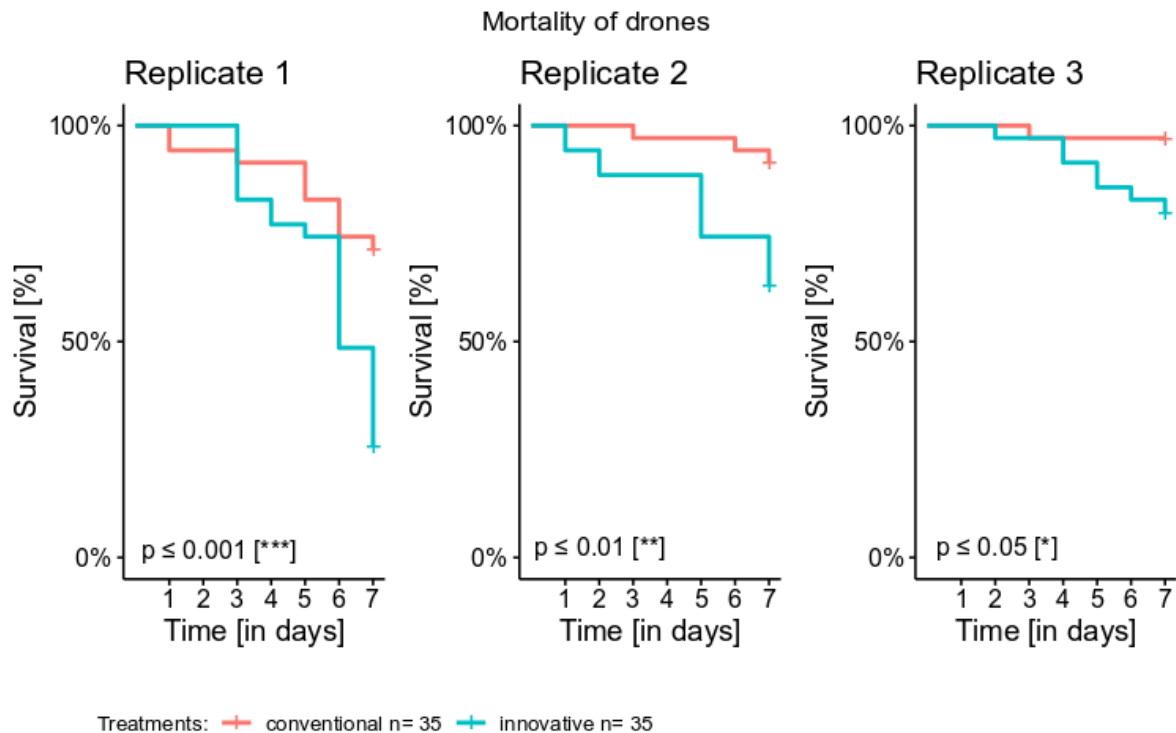
Die Mortalität frisch geschlüpfter Arbeiterinnen wurde zusätzlich unter dem Einfluss eines kombinierten Stressors aus Varroadruck und einer hohen Mospilan®-Konzentration (20.000 ppb; entspricht FR100) untersucht. Im ersten Replikat führte die Kombination aus Varroadruck und PSM-Stress zu einer signifikant reduzierten Überlebenswahrscheinlichkeit der herkömmlich gehaltenen Bienen (Abbildung 23;  $\text{Chisq} = 4.1$ ,  $\text{df} = 1$ ,  $p \leq 0.05$  [\*]; Log-Rank-Test). Die Analyse des zweiten Replikats zeigte jedoch ein gegenteiliges Ergebnis: Diesmal zeigten Bienen, die Varroadruck und einer hohen Mospilan®-Konzentration ausgesetzt waren, eine signifikant verringerte Überlebenswahrscheinlichkeit ( $\text{Chisq} = 7.5$ ,  $\text{df} = 1$ ,  $p \leq 0.01$  [\*\*]; Log-Rank-Test).



**Abbildung 23: (A, B): Kaplan-Meier-Kurven zur Mortalität frisch geschlüpfter Arbeiterinnen unter zusätzlichem Stress durch PSM (FR100).** Kaplan-Meier-Kurven zur Mortalität frisch geschlüpfter Arbeiterinnen unter Varroadruck und zusätzlichem Stress durch eine hohe Mospilan®-Konzentration (20.000 ppb, FR100). Rot = herkömmlich ohne erhöhtem Varroadruck; blau = innovativ mit erhöhtem Varroadruck. (A) Erstes Replikat: Hier zeigte sich eine geringere Überlebenswahrscheinlichkeit bei der herkömmlich geführten Gruppe. (B) Zweites Replikat: Hier war die Mortalität in der innovativen Gruppe signifikant erhöht.

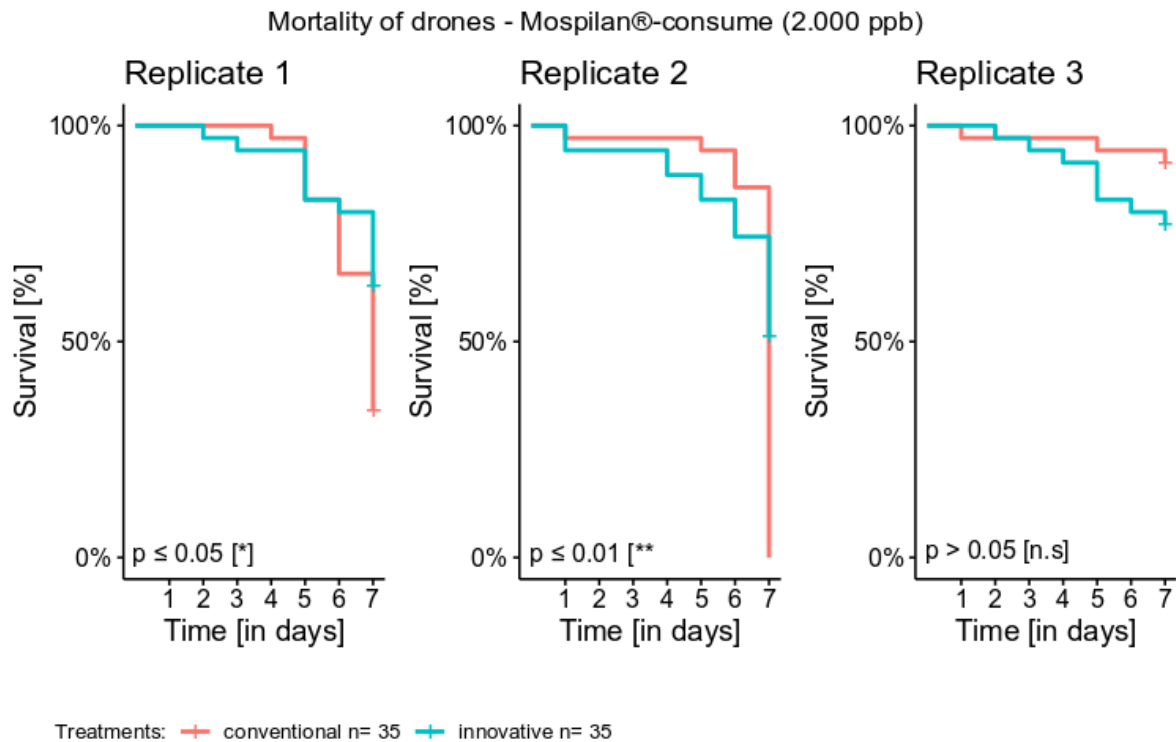
### Drohnen:

Bei den Drohnen war dagegen ein signifikanter Unterschied in der Kontrolle (50% Zuckerlösung) der Drohnen aus innovativer Haltung zu beobachten. Im ersten Replikat zeigte sich, dass Varroadruck einen signifikanten Einfluss auf das Überleben der Drohnen hatte (Abbildung 24;  $\text{Chisq} = 11,5$ ,  $\text{df} = 1$ ,  $p < 0,0007$  [\*\*\*]; Log-Rank-Test). Auch im zweiten Replikat reduzierte der Varroadruck das Überleben der Drohnen aus innovativer Haltung signifikant ( $\text{Chisq} = 8,1$ ,  $\text{df} = 1$ ,  $p = 0,004$  [\*\*]; Log-Rank-Test). Im dritten Replikat führte der Varroadruck ebenfalls zu einer signifikant verringerten Überlebenswahrscheinlichkeit der innovativ gehaltenen Drohnen im Vergleich zu den konventionell gehaltenen Drohnen ( $\text{Chisq} = 4,9$ ,  $\text{df} = 1$ ,  $p = 0,03$  [\*]; Log-Rank-Test).



**Abbildung 24: (A, B, C): Kaplan-Meier-Kurven zur Mortalität Drohnen.** Kaplan-Meier-Kurven zur Mortalität von Drohnen unter Varroadruck (ohne PSM). Mortalität von Drohnen aus Völkern mit (blau) bzw. ohne (rot) Varroadruck. (A) Erstes Replikat; (B) zweites Replikat; (C) drittes Replikat. In allen drei Replikaten führte der Varroadruck zu einer signifikant reduzierten Überlebenswahrscheinlichkeit der Drohnen aus innovativer Haltung.

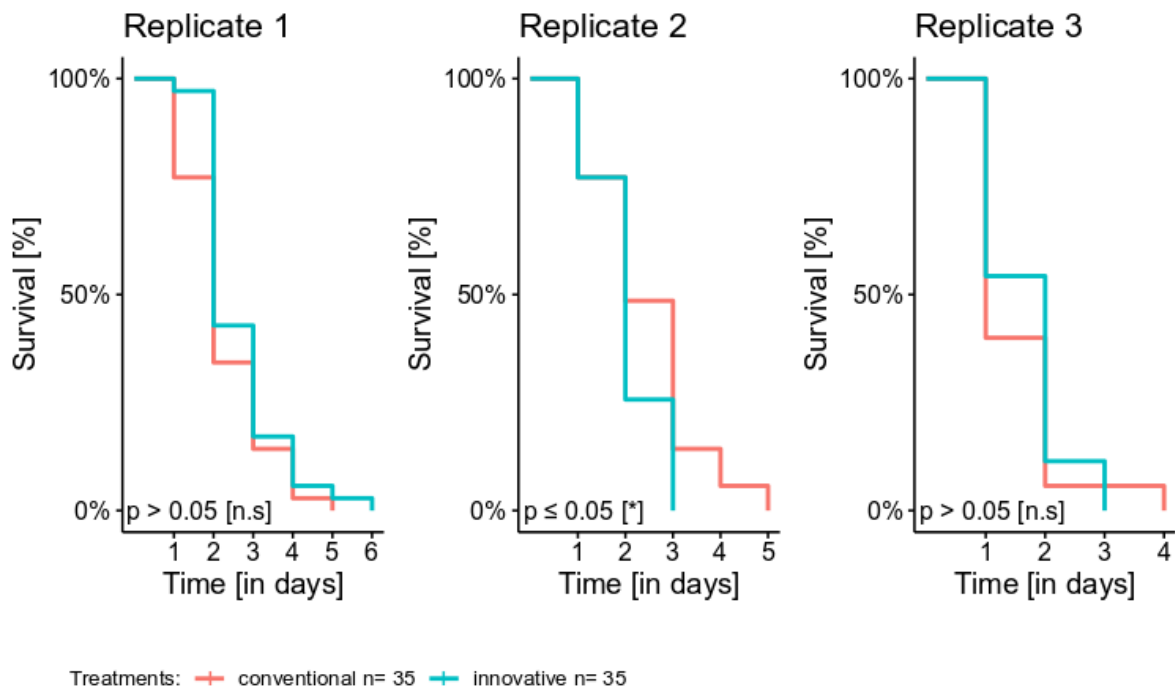
Die Mortalität von Drohnen wurde zusätzlich unter dem Einfluss eines kombinierten Stressors aus Varroadruck und einer niedrigen Mospilan®-Konzentration (2.000 ppb; FR10) untersucht. Im ersten Replikat führte die Kombination aus Varroadruck und PSM-Stress zu einer signifikant reduzierten Überlebenswahrscheinlichkeit der Drohnen aus innovativer Haltung (Abbildung 25; Chisq = 4,6, df = 1, p = 0,03 [\*]; Log-Rank-Test). Im zweiten Replikat zeigte sich ebenfalls eine signifikant verringerte Überlebenswahrscheinlichkeit der innovativ gehaltenen Drohnen (Chisq = 8,5, df = 1, p = 0,004 [\*\*]; Log-Rank-Test). Im dritten Replikat zeigte sich hingegen kein signifikanter Unterschied zwischen innovativ und konventionell gehaltenen Drohnen (Chisq = 2,7, df = 1, p = 0,1 [n.s.]; Log-Rank-Test).



**Abbildung 25: (A, B, C): Kaplan-Meier-Kurven zur Mortalität Drohnen unter zusätzlichem Stress durch PSM (FR10).** Kaplan-Meier-Kurven zur Mortalität von Drohnen unter Varroadruck in Kombination mit einer niedrigen Mospilan®-Konzentration (2.000 ppb; FR10). Mortalität von Drohnen aus innovativ (blau) bzw. konventionell (rot) gehaltenen Völkern. (A) Erstes Replikat; (B) zweites Replikat; (C) drittes Replikat. In den Replikaten 1 und 2 führte die kombinierte Belastung zu einer signifikant reduzierten Überlebenswahrscheinlichkeit der Drohnen aus innovativer Haltung; im dritten Replikat ergab sich kein signifikanter Unterschied.

Die Mortalität von Drohnen wurde außerdem unter dem Einfluss eines kombinierten Stressors aus Varroadruck und einer hohen Mospilan®-Konzentration (100.000 ppb; FR500) untersucht. Im ersten Replikat zeigte die Kombination aus Varroadruck und PSM-Stress keinen signifikanten Effekt auf die Mortalität der Drohnen, sodass sich kein Unterschied zwischen innovativ und konventionell gehaltenen Drohnen ergab (Abbildung 26; Chisq = 2, df = 1, p = 0,2 [n.s.]; Log-Rank-Test). Im zweiten Replikat führte die kombinierte Belastung zu einer signifikant reduzierten Überlebenswahrscheinlichkeit der Drohnen aus innovativer Haltung (Chisq = 4,4, df = 1, p = 0,04 [\*]; Log-Rank-Test). Im dritten Replikat ergab sich erneut kein signifikanter Unterschied zwischen innovativ und konventionell gehaltenen Drohnen (Chisq = 0,5, df = 1, p = 0,5 [n.s.]; Log-Rank-Test).

### Mortality of drones - Mospilan®-consume (100.000 ppb)



**Abbildung 26: (A, B, C): Kaplan-Meier-Kurven zur Mortalität Drohnen unter zusätzlichem Stress durch PSM (FR500).** Kaplan-Meier-Kurven zur Mortalität von Drohnen unter Varroadruck in Kombination mit einer hohen Mospilan®-Konzentration (100.000 ppb; FR500). Mortalität von Drohnen aus innovativ (blau) bzw. konventionell (rot) gehaltenen Völkern. (A) Erstes Replikat; (B) zweites Replikat; (C) drittes Replikat. Im zweiten Replikat führte die kombinierte Belastung zu einer signifikant reduzierten Überlebenschance der Drohnen aus innovativer Haltung; in den Replikaten 1 und 3 ergaben sich keine Unterschiede.

### 4.3.3 Rückstandsanalysen

Um zu überprüfen, ob die Drohnen im Käfigversuch tatsächlich Rückstände des eingesetzten Pflanzenschutzmittels (PSM) aufnahmen, wurden Rückstandsanalysen für alle getesteten PSMs bei einer niedrigen Konzentration (FR10) durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass die Drohnen, die gemeinsam mit Arbeiterinnen gehalten und von diesen mit PSM-haltigem Zuckerwasser gefüttert wurden, messbare Rückstände aufwiesen. Dies bestätigt, dass die Arbeiterinnen das PSM nicht vollständig abbauen, sondern über die Fütterung an die Drohnen weitergeben. Für Acetamiprid wurden in den Drohnen Rückstände von 0,148 ng pro Individuum nachgewiesen, während in der Kontrolle keine Rückstände detektiert wurden, was belegt, dass die Drohnen vor dem Versuch rückstandsfrei waren (Tabelle 2).

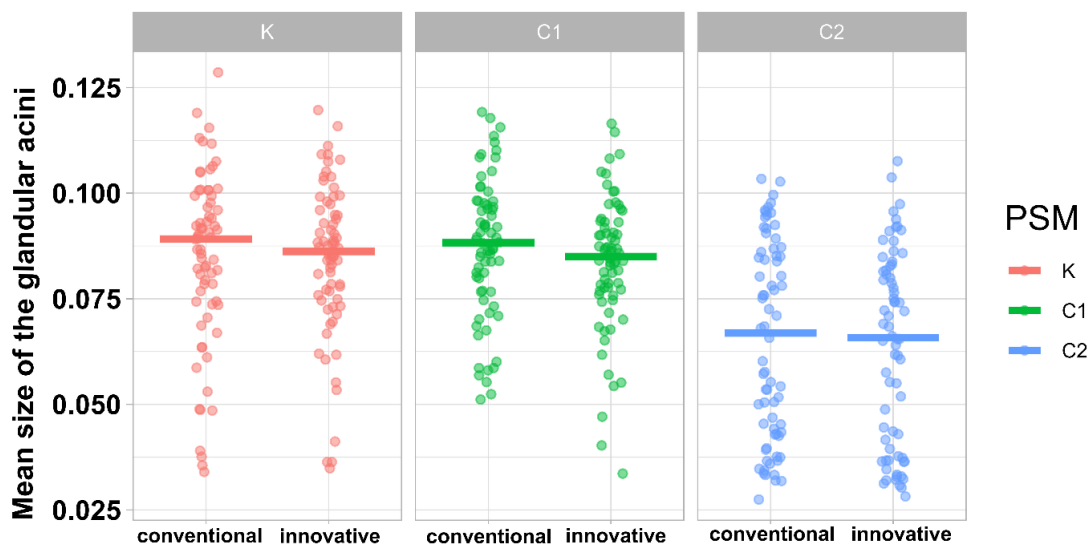
**Tabelle 2: Rückstandsanalysen von PSM in Drohnen.**

Drohnen die im Käfigversuch gemeinsam mit Arbeiterinnen und einer niedrigen Mospilan®-Konzentration (FR10) gehalten wurden. Angegeben sind die nachgewiesenen Rückstände von Acetamiprid (ng/Drohne); in der Kontrolle wurden keine Rückstände gefunden.

Pflanzenschutzmittel	Rückstand [ng/Biene]
Tebuconazol (FR*10, c = 210 µg/l)	0,077
Procloraz (FR*10, c = 23 µg/l)	0,003
Acetamiprid (FR*10, c = 200 µg/l)	0,148
6-Chlornicotinsäure (Met. Acetamiprid)	0,116
Kontrolle (50%iges ZW)	-----

#### 4.3.4 Futtersaftdrüsen (HPGs)

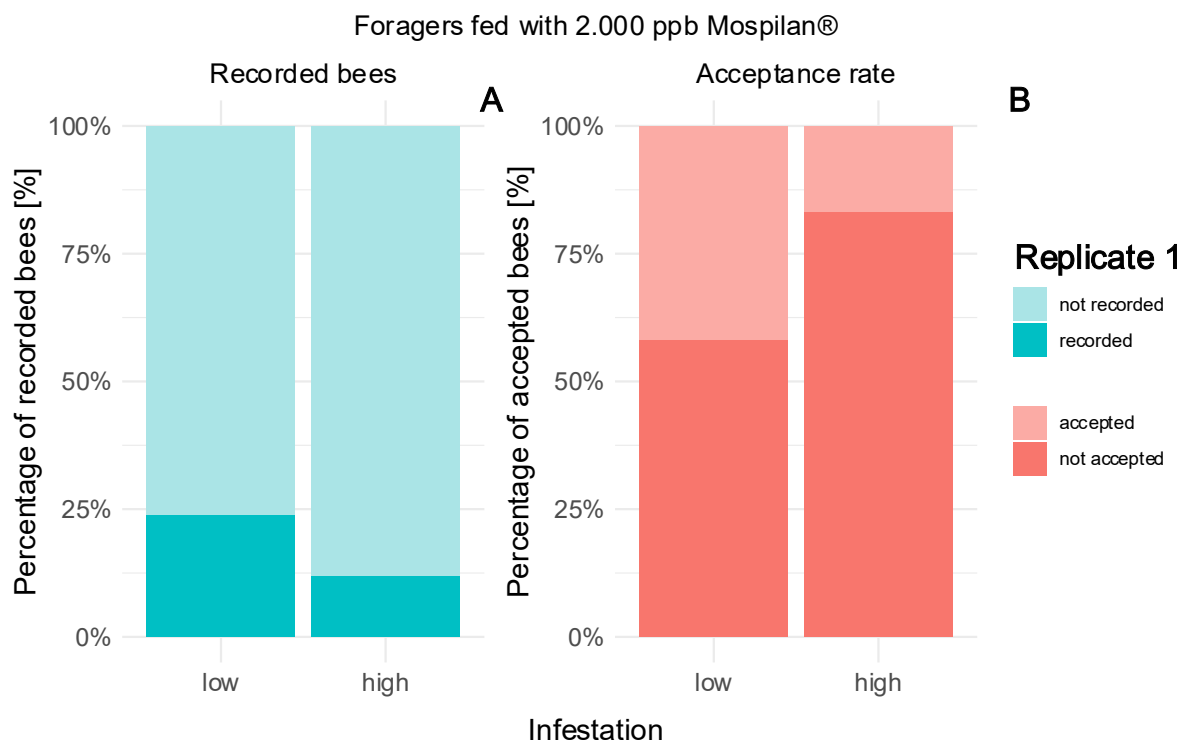
Der Durchmesser der Futtersaftdrüsen unterschied sich nicht signifikant zwischen den Haltungsmethoden ( $p = 0,48$ ). Allerdings zeigte sich ein signifikanter Einfluss des Pflanzenschutzmittels: Die Gabe einer hohen Konzentration (FR500) führte zu einer deutlichen Verkleinerung der Futtersaftdrüsen im Vergleich zur Kontrolle (Abbildung 27). Der Tukey-Posthoc-Test mit Bonferroni-Korrektur ergab keinen Unterschied zwischen Kontrolle und niedriger Konzentration (K vs. C1,  $p = 0,88$  [n.s.]), jedoch signifikante Unterschiede zwischen Kontrolle und hoher Konzentration (K vs. C2,  $p < 0,001$ ) sowie zwischen niedriger und hoher Konzentration (C1 vs. C2,  $p < 0,001$ ).



**Abbildung 27: Durchmesser der Futtersaftdrüsen unter verschiedenen PSM-Konzentrationen.** Die HPGs von Arbeiterinnen aus unterschiedlichen Haltungsmethoden und nach Behandlung mit zwei Konzentrationen eines Pflanzenschutzmittels (niedrig: C1 (FR10), hoch: C2 (FR500)). Die hohe PSM-Konzentration führte zu einer signifikanten Reduktion des Drüsendurchmessers.

#### 4.3.4 RFID

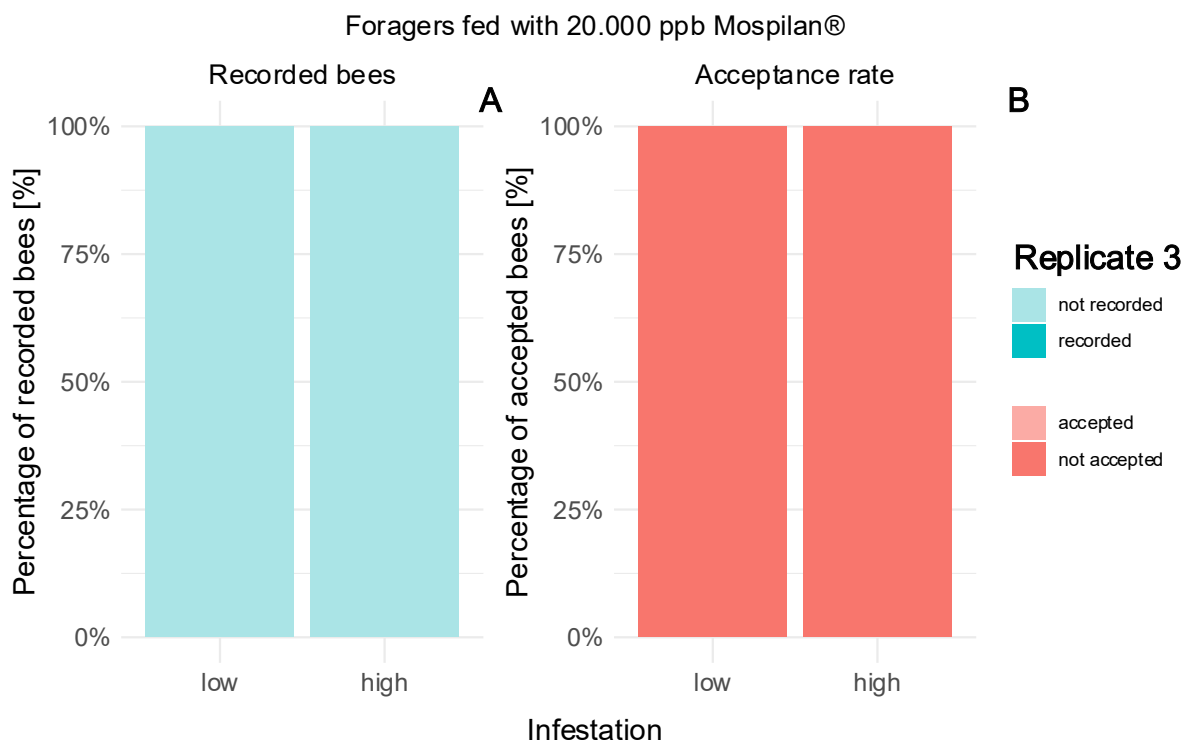
Im Rahmen der RFID-Experimente mit dem Pflanzenschutzmittel (PSM) kam es zu einer derart niedrigen Akzeptanzrate der getaggten Bienen, dass es uns trotz mehrfacher Wiederholung nicht möglich war, ausreichend valide Datensätze zu generieren (Abbildung 28; 2.000 ppb, FR10). Von insgesamt 50 markierten Sammlerinnen aus Völkern mit niedrigem Varroa-Befall wurden lediglich 24 % (12 Individuen) erfasst, aus stark befallenen Völkern sogar nur 12 % (6 Individuen). Die Akzeptanzrate war ebenfalls unzureichend: 58 % der Bienen aus niedrig befallenen Völkern und 83 % aus stark befallenen Völkern wurden nicht in die Empfängervölker integriert.



**Abbildung 28: RFID Akzeptanzrate nach chronischer Fütterung mit der FR10 Konzentration.** Prozentualer Anteil der Honigbienen, die in den RFID-Experimenten erfasst und von den Völkern akzeptiert wurden. Die markierten Sammlerinnen stammten entweder aus Völkern mit niedrigem oder hohem Befallsgrad durch *Varroa destructor* und erhielten eine Zuckerlösung mit 2.000 ppb Mospilan® (FR10). Von insgesamt 50 markierten Bienen aus Völkern mit geringem Varroa-Befall (low) wurden 12 Individuen (24 %) erfolgreich erfasst. Aus Völkern mit hohem Varroa-Druck (high) wurden lediglich 6 von 50 Bienen (12 %) aufgezeichnet. Hinsichtlich der Akzeptanzrate wurden 58 % der Bienen aus niedrig befallenen Völkern und 83 % der Bienen aus stark befallenen Völkern von den Empfängervölkern nicht akzeptiert.

Bei der noch höheren Belastung (20.000 ppb, FR100) verschlechterte sich die Situation zusätzlich: Von insgesamt 50 markierten Bienen pro Gruppe wurde keine einzige Biene erfasst (0 %) und 100 % der Individuen wurden in beiden Varroa-Gruppen nicht akzeptiert (Abbildung 29). Während der Einsatz der RFID-Technologie

in vorangegangenen Versuchen ohne PSM-Belastung (Vergleich innovativ vs. konventionell gehaltene Bienen) zuverlässig funktionierte und aussagekräftige Ergebnisse lieferte (detailliert beschrieben in (Hilsmann et al. 2025a), erwies sich die Kombination aus PSM-Stressor und RFID-Tracking in diesem Versuchsansatz als nicht praktikabel. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass sich unter subletaler bis erhöhter PSM-Belastung die Akzeptanz und Integration markierter Individuen in das Volk erheblich verschlechtern können, was die Praxistauglichkeit der RFID-Methode in solchen Belastungsszenarien deutlich einschränkt.

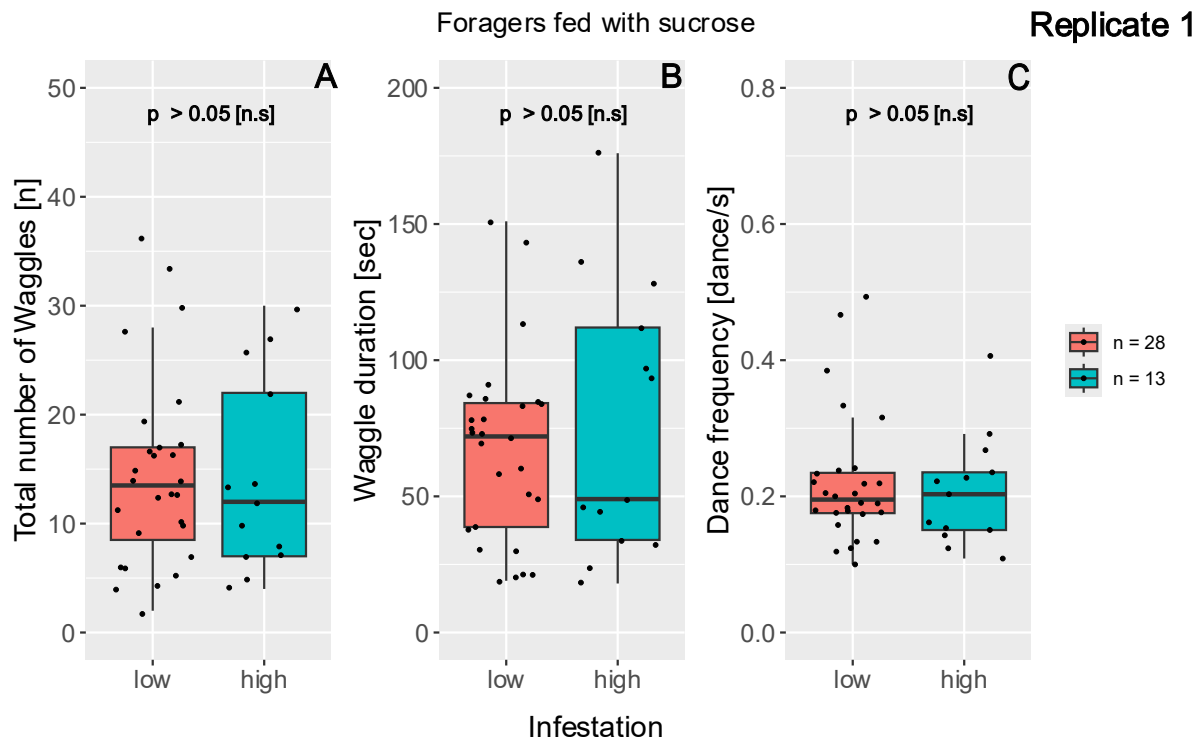


**Abbildung 29: RFID Akzeptanzrate nach chronischer Fütterung mit der FR100 Konzentration.** Prozentualer Anteil der Honigbienen, die im zweiten Replikat der RFID-Experimente erfasst und von den Völkern akzeptiert wurden. Die markierten Sammlerinnen stammten wiederum aus Völkern mit niedrigem (low) oder hohem (high) Befallsgrad durch *Varroa destructor* und erhielten eine Zuckerlösung mit 20.000 ppb Mospilan®. Von 50 markierten Bienen aus Völkern mit geringem Varroa-Befall wurde keine einzige Biene erfasst (0 %). Auch aus stark befallenen Völkern wurden keine Bienen registriert (0 %). Die Akzeptanzrate war ebenfalls bei beiden Gruppen inakzeptabel: 100 % der Bienen aus niedrig und aus stark befallenen Völkern wurden von den Empfängervölkern nicht akzeptiert.

### 4.3.5 Tanzverhalten

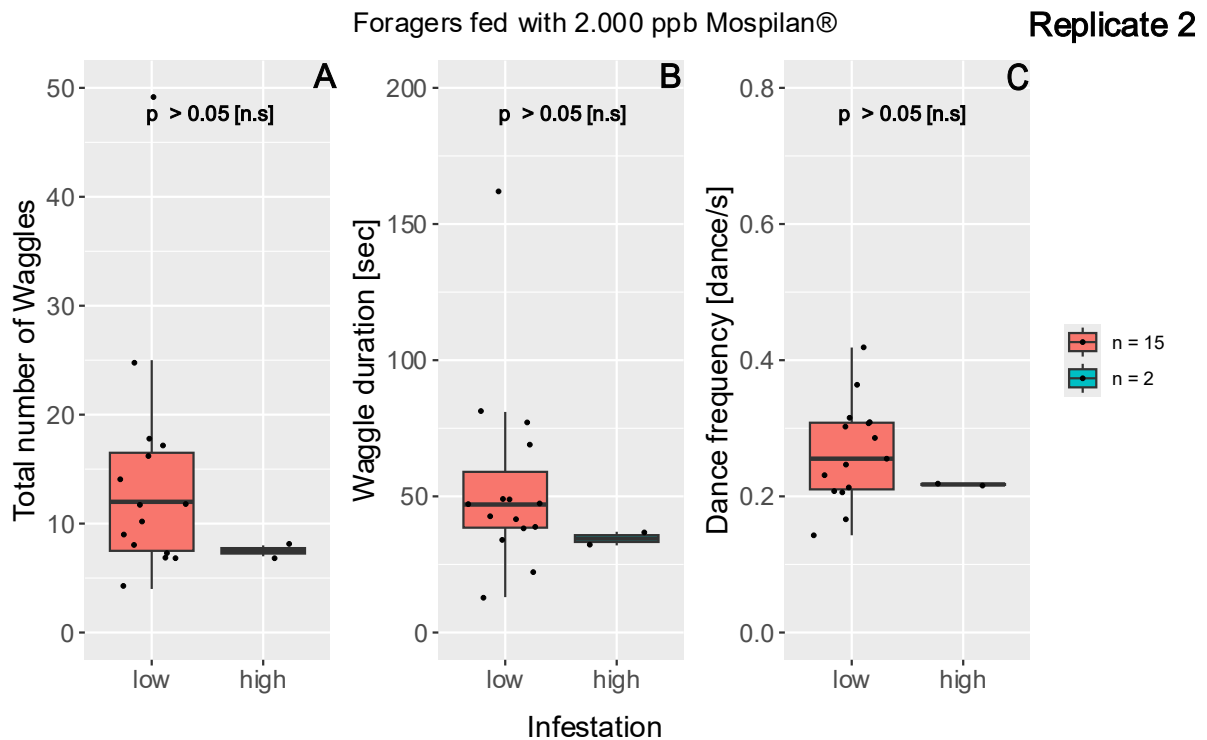
Auch im Rahmen der Versuche zum Tanzverhalten zeigte sich ein ähnliches Bild wie bei den RFID-Experimenten: Bei den Kontrollen ohne PSM konnten aus der konventionell gehaltenen Gruppe (low) noch 28 Individuen mit dokumentiertem Tanzverhalten ausgewertet werden, während es bei der innovativ gehaltenen Gruppe

(high) immerhin noch 13 Individuen waren (Abbildung 30). Hinsichtlich der Anzahl an Tänzen, der Dauer und der Tanz-Frequency zeigten sich dabei keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Haltungformen.



**Abbildung 30: Tanzverhalten von Bienen ohne PSM.** Beobachtung des Tanzverhaltens von Honigbienen in den Kontrollgruppen ohne PSM-Belastung. Die Sammlerinnen stammten aus konventionell geführten Völkern mit niedrigem Varroa-Befall (rot) bzw. innovativ geführten Völkern mit hohem Varroa-Befall (blau) und erhielten eine 50 %ige Zuckerlösung. Hinsichtlich der Anzahl an Tänzen, der Dauer und der Tanz-Frequency zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Haltungformen.

Unter PSM-Belastung (2.000 ppb, FR10) reduzierte sich die Zahl der auswertbaren Individuen jedoch drastisch: Es konnten nur noch 15 Bienen aus der konventionellen Gruppe und lediglich 2 aus der innovativ gehaltenen Gruppe erfasst werden (Abbildung 31). Aufgrund dieser geringen Fallzahlen war eine belastbare statistische Auswertung nicht möglich. Es deutet sich an, dass der PSM-Stressor auch hier einen deutlichen Einfluss auf die Integrität und das Verhalten der markierten Bienen hatte, wodurch ein aussagekräftiger Vergleich zwischen den Haltungformen in diesem Ansatz nicht durchführbar war.



**Abbildung 31: Tanzverhalten von Honigbienen nach einer chronischen Fütterung mit der FR10 Konzentration.** Die Sammlerinnen stammten aus konventionell geführten Völkern mit niedrigem (rot) bzw. innovativ geführten Völkern mit hohem Varroabefall (blau) und wurden mit einer 50 %igen Zuckerlösung versetzt mit Mospilan (FR10) gefüttert. Durch die geringe Anzahl an Individuen war die statistische Auswertung nicht ausreichend, um eine Aussage zu treffen.

#### 4.3.6 Nektaranalysen

Für die Nektarproben wurden Werte mit einer Zuckerkonzentration unter 5 % als Wasser gewertet und ebenso wie heimkehrende Sammlerinnen ohne Eintrag vor der Analyse ausgeschlossen. Die statistischen Auswertungen zeigten, dass weder die konventionelle noch die innovative Haltungsmethode einen signifikanten Einfluss auf das gesammelte Nektarvolumen hatte. Auch bei der Zuckerkonzentration des gesammelten Nektars ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Haltungformen.

#### 4.3.7 Pollen, Juvenilhormon, Homing

**Pollen:** Die Pollenanalysen zeigten Unterschiede in der Qualität und Zusammensetzung des gesammelten Pollens zwischen den Gruppen. Insbesondere war der Proteingehalt in den Proben der innovativ gehaltenen Bienen signifikant höher.

### **Juvenilhormonwerte (JH):**

Die Messungen der Juvenilhormonkonzentrationen in der Hämolymphe zeigten, dass Bienen unter innovativer Haltung signifikant höhere JH-Werte an Tag 6,8,10 und 12 aufwiesen. An Tag 14 konnten nicht mehr genügend Tiere der innovativen Gruppe gefunden werden, um eine stichhaltige Aussage zu treffen.

### **Homingverhalten:**

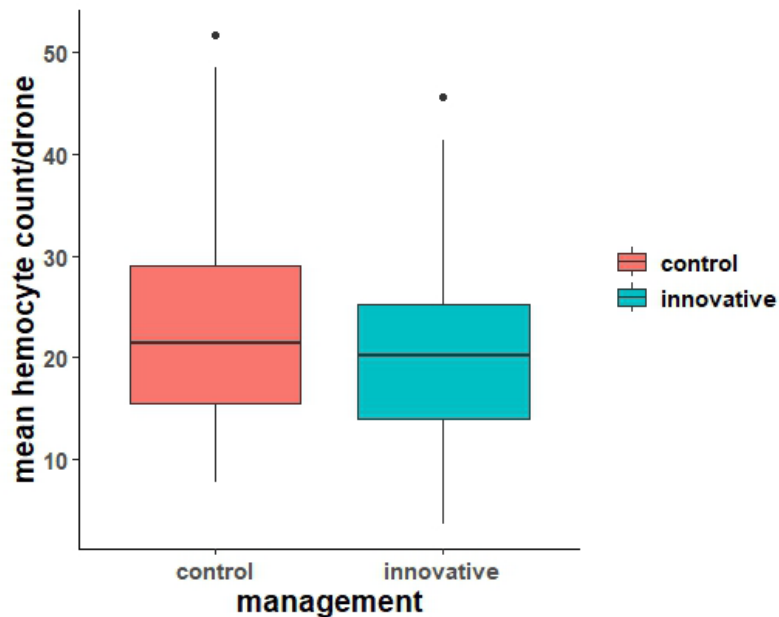
Untersuchungen zum Rückkehrverhalten (Homing) ergaben keine signifikanten Unterschiede zwischen innovativ und konventionell gehaltenen Bienen.

Die detaillierten Ergebnisse zu diesen Punkten sind in Hilsmann et al. (2025a) umfassend beschrieben.

## **4.4 AP4: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Virenlast, das Immunsystem und die Virenverbreitung bei Drohnen und Arbeiterinnen**

### **4.1.1 Immunsystem**

Bei Bienen, die jünger als 24 Stunden alt waren, zeigten sich keine Unterschiede in der Gesamtzahl der Hämatozyten zwischen den beiden Haltungsformen ( $W = 1933$ ,  $p = 0.487$ ; Wilcoxon-Rank-Sum-Test). Allerdings wiesen Arbeiterinnen 48 Stunden nach dem Schlupf in der innovativen Gruppe signifikant weniger Hämatozyten auf als in der konventionellen Gruppe ( $W = 3865.5$ ,  $p = 0.023$ ). Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse findet sich in Hilsmann et al. (2025c).



**Abbildung 32: Mittlere Anzahl gezählter Hämocyten der Drohnen beider Versuchsgruppen aus 2023.** n herkömmlich (=control, in rot) = 146, n innovativ (in blau) = 167.

Die Auswertung der Gesamtzahl der Hämocyten von Drohnen am LLH (48 Stunden nach dem Schlupf) zeigte in 2023 über alle Probenahmezeitpunkte keine Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen (Abbildung 32). Die weitere Auswertung ist derzeit in Bearbeitung und soll zusammen mit den Ergebnissen aus AP2 zeitnah veröffentlicht werden.

#### 4.1.2 RT-qPCR

Zu Beginn der Saison (April) konnten keine Unterschiede in der Viruslast zwischen den Haltungsguppen festgestellt werden, weder bei frisch geschlüpften Bienen noch bei Sammlerinnen.

Mit dem Anstieg der Varroabelastung im Sommer stiegen auch die DWV-B-Titer an. Insbesondere kurz vor der Sommerbehandlung (Ende Juni) wiesen sowohl frisch geschlüpfte Bienen als auch Sammlerinnen der innovativen Gruppe signifikant höhere Viruslasten auf (frisch geschlüpft:  $W = 117$ ,  $p = 0,025$ ; Sammlerinnen:  $W = 99$ ,  $p = 0,006$ ; Wilcoxon-Rank-Sum-Test). Nach der Sommerbehandlung sanken die DWV-B-Werte in beiden Gruppen wieder deutlich ab, sodass im Herbst (Oktober) keine signifikanten Unterschiede mehr zwischen innovativ und konventionell geführten Völkern festgestellt wurden.

Die Viruslast korrelierte dabei positiv mit den Werten der gefallenen Milben auf die Bodeneinlagen: Sowohl bei Sammlerinnen ( $\rho = 0,306$ ,  $p = 0,001$ ) als auch bei frisch geschlüpften Bienen ( $\rho = 0,246$ ,  $p = 0,007$ ) zeigte sich ein Zusammenhang zwischen höherem Milbenfall und erhöhten DWV-B-Titern. Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse findet sich in Hilsmann et al. (2025c).

#### 4.1.3 High-throughput qPCR

Weiterhin wurde die Pathogenbelastung mittels einer High-Throughput-qPCR für insgesamt 18 Honigbienen-Pathogene an frisch geschlüpften Arbeiterinnen, Sammlerinnen und Drohnen untersucht. Die Analyse erfolgte über drei Saisonzeitpunkte hinweg, um mögliche Zusammenhänge mit dem Varroadruck zu erfassen.

Die Milbenbelastung war in der innovativen Gruppe mit zeitweilig hohem Varroadruck bereits im Frühjahr signifikant höher als in der konventionellen Gruppe mit konstant niedrigem Varroadruck ( $W = 1$ ,  $p < 0,05$ ). Ein saisonaler Vergleich zeigt, dass dieser erhöhte Varroadruck bereits zum Beginn der Saison den Startpunkt für erhöhte Pathogenlasten setzt: Frisch geschlüpfte Arbeiterinnen aus der innovativen Gruppe mit hohem Varroadruck hatten schon im Frühjahr signifikant höhere DWV-B-Werte ( $W = 374$ ,  $p < 0,05$ ). Bei Sammlerinnen gab es zu diesem Zeitpunkt keine Unterschiede.

Im Sommer verstärkte sich der Unterschied im Varroadruck nochmals deutlich ( $W = 0$ ,  $p < 0,01$ ). Dies hatte auch Auswirkungen auf die Pathogenbelastung: Frisch geschlüpfte Bienen aus der Gruppe mit hohem Varroadruck wiesen signifikant höhere DWV-B-Werte auf ( $W = 330$ ,  $p < 0,01$ ). Sammlerinnen aus dieser Gruppe zeigten erhöhte Belastungen bei gleich vier Pathogenen: DWV-B ( $W = 356,5$ ,  $p < 0,05$ ), Lake Sinai Virus (LSV) ( $W = 210$ ,  $p < 0,001$ ), BQCV ( $W = 60$ ,  $p < 0,001$ ) sowie *C. mellificae* / *L. passim* ( $W = 302$ ,  $p < 0,05$ ). Auch Drohnen, die unter hohem Varroadruck standen, wiesen höhere DWV-B- ( $W = 144$ ,  $p < 0,001$ ) und BQCV-Werte ( $W = 220$ ,  $p < 0,01$ ) auf.

Nach der Sommerbehandlung und vor der Überwinterung im Herbst waren die Milbenlasten in beiden Gruppen wieder vergleichbar ( $W = 13,5$ ,  $p > 0,05$ ). Auch die Pathogenlasten sanken deutlich ab: Bei frisch geschlüpften Bienen wurden keine

signifikanten Unterschiede mehr festgestellt. Bei Sammlerinnen trat nur noch bei CBPV ein höherer Wert in der Gruppe mit hohem Varroadruck auf ( $W = 300, p < 0,05$ ). Überraschenderweise zeigten Sammlerinnen der konventionellen Gruppe mit konstant niedrigem Varroadruck im Herbst signifikant höhere Belastungen mit VdMLV ( $W = 540, p < 0,05$ ) sowie *C. mellificae* / *L. passim* ( $W = 585, p < 0,01$ ).

Von den getesteten 18 Pathogenen wurden insgesamt 15 nachgewiesen. Der am häufigsten nachgewiesene Erreger war das Black Queen Cell Virus (BQCV) mit einer Prävalenz von über 45 %, gefolgt vom Darmparasiten *Nosema ceranae* (42,81 %) und DWV-B (22,57 %). *M. plutonius* (Europäische Faulbrut), IAPV und KBV wurden nicht detektiert. Die größte Diversität an Pathogenen wurde bei Sammlerinnen gefunden (15 Pathogene), gefolgt von frisch geschlüpften Arbeiterinnen (11 Pathogene). Drohnen wiesen mit nur acht Pathogenen die geringste Anzahl auf.

Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse findet sich in Hilsmann et al. (2025b).

## **4.5 AP5: Praxis-Forschungsnetzwerk „Naturnahe Bienenhaltung“ lokale Imkernetzwerke, Wissenstransfer**

### **4.5.1 Praxis-Forschungsnetzwerk**

Für den Aufbau des Praxis-Forschungsnetzwerks wurden zu Projektbeginn zahlreiche Vereine aus ganz Deutschland angesprochen und Informationsveranstaltungen angeboten (sowohl online als auch in Präsenz). Wir konnten so vor Saisonbeginn 2022 drei regionale Vereine in Hessen, Bayern und NRW sowie ein Netzwerk von erwerbsorientierten Bio-Imkereibetrieben gewinnen, die am Projekt mitwirken und sich dem Netzwerk anschlossen. Des Weiteren wurden 2021 erste Informationsmaterialien sowie ein Schulungskonzept zusammengestellt und Einführungsveranstaltungen angeboten.

Der Imker-Fachberater des LLH begleitete die Regionallabore intensiv bei der Umsetzung des innovativen Konzepts, sowohl durch Seminare, als auch durch Workshops und direkte Hilfestellung in der Praxis vor Ort. Im Mittelpunkt des Praxis-Forschungsnetzwerks stand die Frage, wie man eine Betriebsweise unter Verzicht auf Drohnenschnitt und Winterbehandlung mit den Erfordernissen von Imkern und unter Berücksichtigung der regionalen Gegebenheiten in der Praxis umsetzen kann. Da sich ein Bedarf in der Umsetzung sicherer Varroadiagnose zeigte, wurde hier ein weiterer

Schwerpunkt gesetzt. Ein weiterer Schwerpunkt wurde auf die Umsetzung effektiver Behandlungsstrategien mittels Nutzung biotechnischer Methoden, (Käfigen und Behandeln) gesetzt.

Das Netzwerk entwickelte sich sehr positiv, und wir konnten 2023 eine Zunahme an interessierten Personen verzeichnen. Über die steigende Zahl an Teilnehmenden aus den Vereinen hinaus haben sich auch Nachbarvereine an die ursprünglichen Netzwerke angeschlossen. Über das sich bildende Netzwerk hinaus wurde das Projekt bei zahlreichen Fachveranstaltungen und Vorträgen vorgestellt (Siehe 10.).

#### **4.5.2 Fragebogen**

Im Rahmen des Projekts wurde ein Praxisnetzwerk aufgebaut, um die innovative Varroabehandlungsmethode gemeinsam mit der Imkerschaft zu evaluieren. Hierzu wurde in Zusammenarbeit mit einem Soziologen der TU Chemnitz ein Fragebogen entwickelt und an Imkerinnen und Imker verschiedener Betriebsformen verteilt. Insgesamt nahmen 112 ImkerInnen an der ersten Erhebungswelle teil.

Die Befragung zeigte, dass die Mehrheit der Teilnehmenden Hobbyimker und Hobbyimkerinnen waren (ca. 77 %), gefolgt von Nebenerwerbsimkern und -imkerinnen (ca. 14 %). Nur 8% der Teilnehmenden waren Berufsimker bzw. Berufsimkerinnen. Teilnehmende aller Betriebsformen bewerteten die Befragung insgesamt positiv und unterstützten das Vorhaben. Zudem gaben 92 % der Befragten an, sich regelmäßig über neue Trends und Entwicklungen in der Imkerei zu informieren.

Bei der Zufriedenheit mit den bisher bekannten Varroabehandlungsmethoden wurden Ablegerbildung, Brutpause, Flugling und Kunstschwarm überwiegend als zufriedenstellend bewertet. Weniger zufrieden zeigten sich die Befragten mit Verfahren wie dem Bannwabenverfahren und der vollständigen Brutentnahme. Fast 90 % der Befragten äußerten den Wunsch nach neuen Impulsen und Innovationen im Bereich der Varroabehandlung.

Die Informationsangebote im Rahmen der Projektveranstaltungen wurden sehr positiv aufgenommen. Informationsmaterialien wie Flyer und Arbeitsblätter wurden überwiegend gut bis sehr gut bewertet.

Eine multivariate logistische Regressionsanalyse untersuchte das Vertrauen der Teilnehmenden in die vorgestellten neuen Verfahren der Varroabekämpfung. Dabei zeigte sich, dass das Vertrauen in die induzierte Brutunterbrechung mit steigender Erntehäufigkeit und höherem Bildungsgrad (Abitur) abnahm. Außerdem sank das Vertrauen mit zunehmendem Alter der Teilnehmenden nahezu linear. Ähnlich waren Alterseffekte beim Vertrauen in das Bannwabenverfahren und die vollständige Brutentnahme zu beobachten, wobei hier jüngere und ältere Befragte unterschiedlich stark betroffen waren.

Die Analyse legt nahe, dass bei zukünftigen Imkereiveranstaltungen gezielte Kommunikationskonzepte entwickelt werden sollten, um die spezifischen Bedürfnisse, insbesondere bei älteren und jüngeren Imkern, besser zu adressieren. Dabei könnten Themen wie das Bannwabenverfahren, die vollständige Brutentnahme sowie die induzierte Brutunterbrechung und Behandlung mit Oxalsäure besonders berücksichtigt werden.

Das ursprünglich geplante Fazit zur Befragung, basierend auf einem weiteren Fragebogen, konnte aufgrund der zu geringen Rücklaufquote trotz durchgeführter Abschlussveranstaltungen und mehrmaligem Versuch der Befragung leider nicht ausgewertet werden.

## **5. Diskussion der Ergebnisse**

### **5.1 AP1: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Populationsdynamik von Bienenvolk und Varroamilbe, Honigertrag und Wintersterblichkeit**

Die Varroabelastung war, wie im innovativen Konzept vorgesehen, zur Drohnenaufzucht in den innovativen Völkern erhöht. Durch den Verzicht auf Winterbehandlung und Drohnenschnitt im innovativen Ansatz wurde eine erhöhte Varroabelastung der Bienenvölker zugelassen, die Züchtern die Selektion varroatoleranter Bienen erleichtern kann, da die Entwicklung der Varroapopulation im Sommer eine wichtige Rolle für die Zuchtauslese spielt. Durch den Verzicht auf im herkömmlichen Konzept vorgesehene Behandlungsmaßnahmen können Unterschiede zwischen den Völkern deutlicher erkannt werden. Die Ergebnisse unserer Untersuchungen unterstreichen dabei die Notwendigkeit der konsequenten Beobachtung der Varroabefallsentwicklung, insbesondere bei Anwendung des

innovativen Konzepts, da bei striktem Verzicht auf Winterbehandlung und Drohnenschnitt Völkerverluste nicht auszuschließen sind. Durch ein konsequentes Monitoring und ein rechtzeitiges Eingreifen, z.B. durch die Entnahme der Drohnenbrut, kann die Varroavermehrung in den Bienenvölkern gebremst werden, während die Drohnen weniger resistenter Völker gleichzeitig von der Teilnahme am Paarungsgeschehen ausgeschlossen werden. Die Überwachung des Milbenfalls im Spätsommer und Herbst ermöglicht es, einen erneut erhöhten Varroabefall, wie er im Herbst durch Reinvasion auftreten kann, rechtzeitig zu erkennen und eine Notbehandlung durchzuführen, so dass Völkerverluste im Winter vermieden werden können.

Die Sommerbehandlung durchs Käfigen und Behandeln zeigte sich als hocheffektiv, so dass auch bei Völkern, die bereits einer überdurchschnittlich hohen Varroabelastung ausgesetzt waren, eine Reduktion des Befalls erreicht werden konnte, die eine gute Entwicklung der Bienenvölker im Spätsommer ermöglichte. Unsere Untersuchungen zeigen deutlich, dass die durchs Käfigen ausgelöste Brutpause im Vergleich zur herkömmlichen Gruppe zu einer Reduktion der Volksstärken führt, die sich insbesondere nach dem Freilassen der Königinnen zeigt. Im Verlauf des Spätsommers verliert sich dieser Effekt im Vergleich zur herkömmlichen Gruppe. Während Völker der herkömmlichen Betriebsweise im Spätsommer und Herbst einen typischen Rückgang ihrer Volksstärken zeigen, wird in den innovativ geführten Völkern die Brutpause nach dem Freilassen der Königinnen kompensiert, so dass es hier zu einer Erholung der Volksstärken kommt. Wir konnten zeigen, dass die Volksstärken der innovativen Gruppe vor der Einwinterung jene der herkömmlichen Völker erreichen (2021 und 2023) oder übertreffen (2022).

Über den Winterindex kann die Überwinterung der Bienenvölker verglichen werden. Wir konnten zeigen, dass die innovativen Völker im Vergleich zur herkömmlich geführten Gruppe einen höheren Winterindex aufwiesen. Unser Versuchsaufbau erlaubt aber keine Aussage darüber, welche Rolle dabei das Ausbleiben der Winterbehandlung spielte. Unsere Daten deuten jedoch darauf hin, dass die geringe Milbenbelastung und die erhöhte Brutaufzucht der innovativen Völker nach dem „Käfigen und Behandeln“ eine wichtige Rolle bei der Aufzucht der folgenden Generationen und vitaler Winterbienen spielen.

Der Honigertrag der Völker der herkömmlichen Gruppe war im Vergleich zu dem der innovativen Gruppe im Sommer 2022 signifikant höher, da die Völker der innovativen Gruppe unter der erhöhten Varroabelastung nach dem Ausbleiben von Winterbehandlung und dem fehlenden Drohnenschnitt unabhängig von der jeweiligen Belastung der Völker zusammenzubrechen drohten. Im Frühjahr 2022 gab es hingegen keine Unterschiede im Honigertrag, auch 2023 gab es keine signifikanten Effekte der Versuchsgruppen auf den Honigertrag der Völker. Der in Würzburg gemessene Honigertrag unterschied sich im Frühling 2022, wobei die innovativ gehaltenen Völker einen höheren Ertrag verzeichneten. Im weiteren Verlauf der Projektzeit gab es keine Unterschiede im Honigertrag zwischen den Haltungsformen. Eine Modellanalyse über den Ertrag der drei Jahre zeigt, dass es keine Unterschiede gab. Dieses Ergebnis ist wichtig, um die Imkerschaft für die innovative Methode zu gewinnen, da diese keine Verluste in der Honigernte mit sich bringt.

## **5.2 AP2: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Vitalität, die Fruchtbarkeit und den Paarungserfolg von Drohnen**

In diesem Arbeitspaket wollten wir untersuchen, welche Auswirkung die innovative Haltungsmethode und der damit einhergehende erhöhte Varroabefall auf die Fruchtbarkeit und den Paarungserfolg von Drohnen im Vergleich zu Drohnen aus herkömmlich gehaltenen Völkern hat. Die Ergebnisse von AP1 zeigen deutlich den erhöhten Varroabefall der innovativ geführten Völker. Auch die Drohnen waren stärker befallen. Obwohl wir zeigen konnten, dass der Befall mit Varroamilben in den Proben frisch geschlüpfter Drohnen der innovativ gehaltenen Völker im Vergleich zu denen der herkömmlichen Gruppe signifikant erhöht war, konnten wir keinen Unterschied im Schlupfgewicht der beiden Gruppen feststellen. Das Schlupfgewicht ist ein Indikator für die Vitalität von Drohnen (Czekońska et al. 2019), so dass sich diese Ergebnisse mit denen der Überlebensversuche der Drohnen decken. Auch hier konnten wir keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Überleben der Drohnen beider Versuchsgruppen über 22 Tage feststellen. Die Untersuchung der Gesamtzahl an Spermatozoen sowie des Anteils lebendiger Spermatozoen nach Haltung der Drohnen unter der Pflege von Arbeitsbienen im Brutschrank für 22 Tage zeigte keinen Unterschied zwischen den Versuchsgruppen. Wir schließen daraus, dass trotz der erhöhten Varroabelastung der Völker der innovativen Versuchsgruppe Drohnen, die

das begattungsfähige Alter überschreiten, in ihrer Paarungsfähigkeit nicht eingeschränkt sind. Eine tiefergehende Auswertung der in diesem AP erhobenen Daten sowie die wissenschaftliche Publikation befindet sich in Vorbereitung. Darüber hinaus wird die Auswertung des Freilandversuchs zum Paarungserfolg der Drohnen beider Versuchsgruppen weitere wertvolle Erkenntnisse über den Einfluss der Anwendung des innovativen Konzepts auf die Drohnen liefern. Die Auswertung der Daten zur Genomanalyse findet zur Zeit in Kooperation mit Wissenschaftlerinnen der University of the Basque Country (UPV/EHU) statt. Die Publikation der Ergebnisse steht noch aus.

### **5.3 AP3: Auswirkungen von Umwelt-Stress auf Arbeiterinnen und Drohnen aus herkömmlicher Bienenhaltung und solchen aus innovativer Bienenhaltung**

Die Ergebnisse aus den Mortalitätsversuchen zeigen, dass der kombinierte Stress durch Varroabefall und PSM-Exposition durchaus einen Einfluss auf die Mortalität von Honigbienen haben kann. Dieser Effekt war jedoch nicht in allen Replikaten konsistent, was darauf hindeutet, dass individuelle Unterschiede bei den Bienen vorliegen können. Während frisch geschlüpfte Arbeiterinnen und Sammlerinnen bei niedriger PSM-Konzentration (2.000 ppb; FR10) in den meisten Fällen keine signifikant erhöhte Mortalität zeigten, kam es in einzelnen Replikaten bei Kombination mit hohem Varroadruck zu einer signifikanten Reduktion der Überlebenswahrscheinlichkeit. Ähnlich verhielt es sich bei der hohen PSM-Konzentration (20.000 ppb; FR100): Auch hier waren die Effekte teilweise nur in einzelnen Replikaten signifikant. Dies deutet darauf hin, dass weitere Einflussfaktoren wie individuelle Kolonиеigenschaften oder Umwelteinflüsse eine Rolle spielen und zu variablen Ergebnissen beitragen können.

Besonders deutlich traten die negativen Auswirkungen des PSM-Stressors im Rahmen der RFID-Experimente zutage. Hier führte bereits die chronische Fütterung mit einer niedrigen Konzentration (FR10) zu drastisch verringerten Akzeptanzraten der getaggtten Bienen in den Empfängervölkern. Von den ursprünglich markierten Bienen wurden bei niedrigem Varroa-Druck in einem Replikat nur noch 24 % erfasst, bei hohem Varroa-Druck sogar nur 12 %. Bei der höheren PSM-Konzentration (FR100) konnten in einem Replikat keine der markierten Individuen mehr erfasst werden, die Akzeptanzrate sank auf 0 % bei gleichzeitig vollständiger Abweisung (100 %) durch die

Bienen in den Mini-Plus Kolonien. Diese Ergebnisse legen nahe, dass die Kombination aus RFID-Technologie und PSM-Stressor unter diesen Bedingungen nicht praxistauglich ist. Offensichtlich beeinflusst das PSM die Bienen so stark, dass belastete Individuen nicht mehr in die Kolonie integriert werden. Dies passt zu Ergebnissen von Cappa et al. (2019), die zeigen konnten, dass die Belastung mit Pflanzenschutzmitteln die Zusammensetzung der kutikulären Kohlenwasserstoffe auf der Außenhaut der Bienen verändert, die als zentrale Erkennungssignale bei Honigbienen dienen.

Auch beim Tanzverhalten bestätigen die Daten diesen Trend: Während bei den Kontrollen ohne PSM-Belastung noch ausreichend Individuen (28 konventionell, 13 innovativ) für eine Analyse zur Verfügung standen und keine signifikanten Unterschiede in der Anzahl der Tänze, der Dauer der Tänze oder der Tanzfrequenz festgestellt wurden, reduzierte sich die Zahl auswertbarer Individuen unter PSM-Belastung drastisch (15 konventionell, 2 innovativ). Aufgrund dieser geringen Stichprobengröße war eine belastbare statistische Auswertung nicht möglich. Es ist jedoch anzunehmen, dass die Kombination aus Varroadruck und PSM-Stress auch hier die Integrität des Sozialverhaltens beeinflusst und somit eine Vergleichbarkeit der Haltungsmethoden in diesem Setup verhindert.

Darüber hinaus liefern die Ergebnisse zu den Futtersaftdrüsen (HPGs) wichtige Hinweise auf mögliche Auswirkungen des PSM-Stressors auf die Arbeitsteilung innerhalb des Bienenvolks. Obwohl sich die Drüsengröße zwischen den beiden Haltungsmethoden allein nicht signifikant unterschied, führte die Gabe einer hohen Mospilan®-Konzentration (FR500) zu einer deutlichen Verkleinerung der Futtersaftdrüsen im Vergleich zur Kontrolle. Da die HPGs eine zentrale Rolle für die Produktion von Futtersaft spielen und damit direkt mit der Funktion der Ammenbienen verknüpft sind, könnte eine Reduktion der Drüsengröße potenziell die Versorgung von Larven und Königin beeinträchtigen (Hanser and Rembold 1964). Dies deutet darauf hin, dass nicht nur Sammlerinnen und Sammelverhalten sondern auch zentrale Aufgaben im Brutnest unter zusätzlichem PSM-Stress leiden könnten. In Verbindung mit den anderen Ergebnissen wird somit klar, dass ein kombinierter Stressor nicht isoliert auf einzelne Arbeiterinnengruppen wirkt, sondern potenziell die gesamte innerkoloniale Arbeitsteilung und Volksentwicklung beeinflusst.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse von AP3, dass der zusätzliche Stressor Pflanzenschutzmittel auch bei als bienenungefährlich eingestuften Mitteln nicht nur die Mortalität von Honigbienen beeinflussen kann, sondern vor allem deutliche Auswirkungen auf deren Verhalten und die Integration ins Volk hat (Schuhmann and Scheiner 2025). Zudem verdeutlichen die Ergebnisse, dass innovative Haltungsmethoden mit bewusst höherem Varroadruck in Kombination mit weiteren Umweltstressoren an die Belastungsgrenzen der Bienen stoßen können (Hristov et al. 2020). Weitere Studien sollten daher prüfen, wie sich solche Belastungskombinationen unter Freilandbedingungen auswirken und ob Anpassungsmechanismen existieren, die diese Effekte langfristig abmildern können. Eine ausführliche Diskussion zu den Experimenten ohne PSM-Exposition ist in Hilsman et al. (2025a) zu finden.

#### **5.4 AP4: Auswirkungen einer innovativen Bienenhaltung auf die Virenlast, das Immunsystem und die Virenverbreitung bei Drohnen und Arbeiterinnen**

Die Ergebnisse zu den Immunparametern zeigen, dass ein erhöhter Varroadruck nicht nur die Pathogenlast der Honigbienen verstärken, sondern auch die individuellen Abwehrmechanismen beeinträchtigen kann. Zwar konnten bei frisch geschlüpften Bienen (< 24 h) keine Unterschiede in der Gesamtzahl der Hämocyten festgestellt werden, jedoch wiesen Arbeiterinnen bereits 48 Stunden nach dem Schlupf in der innovativ geführten Gruppe signifikant weniger Hämocyten auf als in der konventionellen Gruppe. Da Hämocyten eine zentrale Rolle in der zellulären Immunabwehr der Honigbiene spielen, deutet dieses Ergebnis darauf hin, dass ein erhöhter Varroadruck das Immunsystem junger Arbeiterinnen in einer sensiblen Entwicklungsphase nachhaltig schwächen kann (Marmaras and Lampropoulou 2009). Dies könnte die Abwehrbereitschaft gegenüber weiteren Pathogenen oder Stressoren herabsetzen und so die Anfälligkeit der Kolonien insgesamt erhöhen (Negri et al. 2016).

Die RT-qPCR-Ergebnisse bestätigen diesen Zusammenhang: Während zu Beginn der Saison keine signifikanten Unterschiede in der Viruslast nachgewiesen werden konnten, stiegen die DWV-B-Titer mit zunehmender Varroabelastung im Verlauf der

Saison deutlich an. Insbesondere kurz vor der Sommerbehandlung wiesen sowohl frisch geschlüpfte Bienen als auch Sammlerinnen aus der innovativ geführten Gruppe signifikant höhere Viruslasten auf als die konventionell geführten Vergleichsgruppen. Dieses Ergebnis war zu erwarten, da *Varroa* als Vektor für DWV bekannt ist (Traynor et al. 2020). Diese Befunde korrelieren klar mit den Milbenfallwerten auf den Bodeneinlagen und unterstreichen die enge Kopplung von Varroapopulation und Viruslast im Volk. Diese Korrelation wurde auch von Molinatto et al. (2025) für Honigbienen aus Frankreich und Italien gezeigt. Nach der Sommerbehandlung sanken die DWV-B-Titer in beiden Gruppen wieder deutlich ab, was zeigt, dass eine gezielte und rechtzeitig durchgeführte Sommerbehandlung den zuvor bewusst aufgebauten Varroadruck und die damit verbundene Virusbelastung effektiv reduziert (Hilsmann et al. 2025c). Dieses Ergebnis belegt, dass sich durch die innovative Haltungsmethode Völker zwar einem kontrollierten, zeitlich begrenzten Varroadruck aussetzen lassen, was potenziell die Selektion von Anpassungsmechanismen fördern kann, gleichzeitig aber durch die effiziente Sommerbehandlung sichergestellt wird, dass die Viruslast zum Zeitpunkt der Einwinterung wieder auf ein unkritisches Niveau sinkt. So kann die Wintervitalität der Kolonien gewährleistet und die Überlebenschancen erhöht werden.

Die High-Throughput-qPCR bestätigt den Trend und zeigt zudem, dass der Varroadruck nicht nur die DWV-B-Last, sondern auch die Diversität anderer Pathogene verstärkt. Besonders im Sommer traten bei frisch geschlüpfte Arbeiterinnen, Sammlerinnen und Drohnen unter hohem Varroadruck signifikant erhöhte Belastungen mit mehreren Pathogenen auf. Interessant ist dabei, dass bei Sammlerinnen neben DWV-B auch Lake Sinai Virus (LSV), BQCV sowie *C. mellificae/L. passim* häufiger nachgewiesen wurden. Dies legt nahe, dass *Varroa* als Multiplikator und Vektor für eine Vielzahl von Pathogenen fungiert und somit nicht nur Einzelinfektionen, sondern auch Ko-Infektionen fördert. Bemerkenswert ist zudem, dass bei Drohnen, die oft vernachlässigt werden, ebenfalls signifikant höhere DWV-B- und BQCV-Titer festgestellt wurden, was auf ihre potenzielle Rolle bei der Weitergabe von Viren über die Begattung hinweist. Allerdings konnte bisher nur gezeigt werden, dass ein Virenterfer von Drohnen auf Sammlerinnen nur bei künstlicher Befruchtung auftritt (Yañez et al. 2020).

Zusammenfassend belegen die Ergebnisse, dass eine innovative Haltung mit bewusst zeitweise höherem Varroadruck tatsächlich zu einer signifikant erhöhten Belastung mit verschiedenen Pathogenen führt, insbesondere in der Phase vor der Sommerbehandlung. Dies bestätigt die Rolle der Varroamilbe als Schlüsselfaktor für die Verbreitung und Übertragung von Bienenpathogenen. Gleichzeitig zeigen die stark abfallenden Virus- und Pathogenwerte nach der Behandlung eindrucklich, dass ein gezieltes Timing bei der Varroakontrolle entscheidend ist, um die Infektionslast im Volk nachhaltig zu senken.

Bemerkenswert ist dabei, dass die innovativ geführten Völker nach der Sommerbehandlung teilweise sogar geringere Belastungen aufwiesen als die konventionell behandelten Völker. Dies deutet darauf hin, dass die Kombination aus einer induzierten Brutunterbrechung und der anschließenden Behandlung mit Oxalsäure eine effektive Regenerations- bzw. Erholungsphase für das Bienenvolk einleitet. Die Brutpause unterbricht den Reproduktionszyklus der Varroamilbe, was zu einer signifikanten Reduktion der Milbenpopulation führt und somit die physiologische Belastung der Bienenkolonie verringert. Durch den Wegfall der Varroamilben wird die Kaskade der Pathogenübertragung effektiv gestoppt. Dadurch können Parasiten und Krankheitserreger reduziert werden, bevor die langlebigen Winterbienen aufgezogen werden, was für die Überwinterung von zentraler Bedeutung ist. Interessant ist zudem, dass Sammlerinnen der konventionellen Gruppe im Herbst bei einzelnen Pathogenen (z. B. VdMLV, *C. mellificae*) höhere Werte aufwiesen. Dies könnte auf eine Persistenz bestimmter Erreger oder auf sekundäre Infektionsquellen hinweisen, die trotz durchgehender Varroakontrolle bestehen bleiben.

Insgesamt wird deutlich, dass die Varroabelastung eng mit der Pathogenlast und der Immunleistungsfähigkeit der Bienen verknüpft ist. Die Ergebnisse legen nahe, dass innovative Haltungsansätze mit bewusst kontrolliertem Varroadruck eine mögliche Anpassung von Parasit und Wirt unterstützen können. Gleichzeitig zeigen sie, wie wichtig es ist, durch ein adäquates Management – insbesondere das gezielte Einleiten einer Brutpause und eine effiziente Sommerbehandlung – die Pathogenlast rechtzeitig zu senken. So kann sichergestellt werden, dass die Völker zum Zeitpunkt der Aufzucht der Winterbienen in einem möglichst guten Gesundheitszustand sind.

Eine detaillierte Darstellung dieser Ergebnisse und ihrer Implikationen ist in Hilsmann et al. 2025b und Hilsmann et al. 2025c zu finden.

## **5.5 AP5: Praxis-Forschungsnetzwerk „Naturnahe Bienenhaltung“ lokale Imkernetzwerke, Wissenstransfer**

Die Einbindung der Imkerschaft durch das Praxisnetzwerk und begleitende Befragungen hat sich als äußerst wertvoll erwiesen. Die positive Resonanz der Teilnehmenden zeigt, wie wichtig es ist, neben der wissenschaftlichen Arbeit auch den direkten Austausch mit Praktikern zu fördern. Gerade im Bereich der Varroabehandlung, der viele Imkerinnen und Imker vor große Herausforderungen stellt, können solche Netzwerke das Verständnis und die Akzeptanz neuer Methoden erheblich verbessern.

Die differenzierten Ergebnisse zur Zufriedenheit und zum Vertrauen in verschiedene Verfahren verdeutlichen, dass die Imkerinnen und Imker sehr wohl kritisch und reflektiert mit neuen Ansätzen umgehen – und dabei unterschiedliche Bedürfnisse und Erfahrungsstände vorhanden sind. Dies unterstreicht, wie wichtig maßgeschneiderte Informationsangebote und zielgruppenspezifische Ansprache sind.

Gleichzeitig zeigt die geringe Rücklaufquote beim Abschlussfragebogen, dass es trotz großer Bemühungen eine Herausforderung bleibt, Imkerinnen und Imker langfristig und kontinuierlich in Forschungsprojekte einzubinden. Dies verdeutlicht, dass es notwendig ist, auch zukünftig Zeit und Ressourcen in solche Veranstaltungen und Netzwerkarbeit zu investieren, um die Beteiligung zu erhöhen und nachhaltige Akzeptanz für innovative Verfahren zu schaffen.

## **6. Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse.**

**Wurden im Projekt praxisrelevante Ergebnisse erzielt? Falls nein, bitte begründen, falls ja: erläutern, inwiefern diese Ergebnisse direkt praktisch anwendbar sind. Sofern praxisrelevante Erkenntnisse gewonnen wurden, Erstellung eines Merkblatts zwecks Transfer dieser Ergebnisse in die Praxis (s. III.)**

Im Projekt wurden wichtige Erkenntnisse zur Anwendung des innovativen Haltungskonzepts gewonnen, die direkte Anwendung in der Praxis finden. Das innovative Konzept wird insbesondere Züchtern empfohlen, die durch einen erhöhten Selektionsdruck in ihrer Zuchtauslese profitieren können. Die Nutzung von Methoden zur Varroadiagnose und selektive Behandlung ermöglichen die sichere Anwendung des Gesamtkonzepts.

Ein Merkblatt mit den wichtigsten Informationen für die interessierte Öffentlichkeit ist diesem Bericht beigelegt.

Ein zügiger Wissenstransfer in die Imkerschaft wurde wie im Projektantrag vorgesehen bereits während der Projektlaufzeit erreicht. Wir konnten hierfür die Homepage des LLH, Informationsveranstaltungen sowie regelmäßige Vorträge bei Verbänden und Züchtergemeinschaften nutzen. Außerdem standen uns die vom LLH angebotenen Lehrgänge zu Belegstellenbetrieb, Zuchtauslese sowie zu biotechnisch und nachhaltig ausgerichteten Betriebsweisen zur Verfügung.

Über konkrete Praxisanleitungen in den Vereinen vor Ort aber auch über Merkblätter, die vom LLH unter anderem zur Methode ‚Käfigen und Behandeln‘ regulär bereitgestellt werden, stehen die Anleitungen und Hintergrundinformationen zur Anwendung biotechnischer Varroabekämpfung der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung. Die Ergebnisse des Vitalbiene Projekts wurden auch in den Foren des LLH vorgestellt und diskutiert (Arbeitskreis Bienenhaltung des Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat sowie Fachbeirat des LLH), an denen Vertreter des Deutschen Imkerbundes (DIB), des Deutschen Berufs- und Erwerbs-Imker Bunds e.V. (DBIB), Vertreter der Zuchtverbände (z.B. Arbeitsgemeinschaft Toleranzzucht und Gemeinschaft europäischer Buckfastimker) und des hessischen Landesverbands regelmäßig teilnehmen. Besondere Bedeutung

kommt darüber hinaus der Zusammenarbeit mit den imkerlichen Fachberatern anderer Länderbieneninstitute zu, die unmittelbar und fortlaufend durch den LLH informiert werden und deutschlandweit Imkern und Imkerinnen die notwendigen Informationen und praktischen Kenntnisse im Zuge von Vorträgen und Praxisseminaren vermitteln und somit den Transfer der Forschungsergebnisse in die Praxis unterstützen.

Wir konnten ein reges Interesse an den Ergebnissen des Vitalbiene-Projekts feststellen. Unter anderem die 2022 gegründete Initiative „Varroaresistenz 2033“ (<https://varroaresistenzprojekt.eu/>) griff die Ideen des Vitalbieneprojektes auf und diskutiert die Anwendung des Konzepts im Arbeitskreis ‚Biotechnik‘. Auch die im Projekt gegründeten Netzwerke leisten einen bedeutenden Beitrag zur Verbreitung und Verstetigung der Projektergebnisse. So sind unter anderem von verschiedenen Akteuren Anpaarungszonen in Diskussion, in denen unter Zuhilfenahme des innovativen Konzepts selektiert werden soll.

## **7. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen**

Arbeitspaket	Geplante Ziele	Erreichte Ziele
AP 1	Untersuchung von Populationsdynamik von Bienenvolk und Varroamilbe, Honigertrag und Wintersterblichkeit	Die Datenaufnahme wurde erfolgreich abgeschlossen, die Kommunikation erster Erkenntnisse in die Imkerschaft erfolgte bereits während der Projektlaufzeit. Die wissenschaftliche Publikation der Ergebnisse ist derzeit in Bearbeitung

AP 2	Untersuchung von Vitalität, Fruchtbarkeit und Paarungserfolg von Drohnen	Die Untersuchungen zur Vitalität und Fruchtbarkeit der Drohnen konnten während der Projektlaufzeit erfolgreich abgeschlossen werden. Die Auswertung der Freilandversuche zum Paarungserfolg der Drohnen ist noch in Bearbeitung, eine zeitnahe wissenschaftliche Publikation der Ergebnisse ist geplant.
AP 3	Untersuchung der Auswirkungen von Umwelt-Stress	Die Untersuchungen mit einem zusätzlichen Stressor (PSM) wurden durchgeführt, können jedoch aufgrund der unzureichenden Datenlage nicht veröffentlicht werden. Dagegen konnten RFID Untersuchungen, Pollenanalysen, Homingversuche und physiologische Experimente ohne PSM in eine Veröffentlichung einfließen (Hilsmann et al. 2025a)

AP 4	Untersuchung von Virenlast und Immunsystem bei Arbeiterinnen und Drohnen	<p>Die Untersuchungen der JMU zur Virenlast und zum Immunsystem von Arbeiterinnen durchgeführt und die Ergebnisse sind bereits veröffentlicht (Hilsmann et al. 2025c). Ein weiteres Paper zur Pathogenbelastung von Bienen aus beiden Haltungsmethoden wurde bereits eingereicht (Hilsmann et al. 2025b).</p> <p>Die Analyse zum Immunsystem der Drohnen am LLH wurde abgeschlossen, Die Auswertung der Virenbelastung der Drohnen ist in Bearbeitung. Die wissenschaftliche Publikation der Daten soll zusammen mit den Ergebnissen von AP2 erfolgen.</p> <p>Die Untersuchung des Transfers von Drohnen auf Königinnen am LLH konnte aufgrund externer Einflüsse nicht wie geplant durchgeführt werden. Neue Erkenntnisse zum Virentransfer während der Begattung konnten deshalb in Abweichung vom Vorhabensplan nicht erreicht werden.</p>
AP 5	Praxis-Forschungsnetzwerk, lokale Imkernetzwerke, Wissenstransfer	Die Identifizierung interessierter Personen und Vereine wurde wie geplant durchgeführt. Der frühzeitige Wissenstransfer sowie theoretische und praktische Unterstützung vor Ort konnten so erreicht werden.

		<p>Der Wissenstransfer wurde durch die Unterstützung eines Soziologen begleitet. Die erste und zweite Welle der Befragung verliefen erfolgreich und lieferten verwertbare Ergebnisse, allerdings konnte der finale Fragebogen aufgrund zu geringer Rückmeldungen nicht verwertet werden.</p>
--	--	--

## **8. Zusammenfassung**

Im Projekt konnten wir umfassende Erkenntnisse darüber gewinnen, wie sich eine innovative Bienenhaltung mit zeitweise erhöhtem Varroadruck auf die Populationsdynamik, die Vitalität und die Gesundheit von Honigbienenvölkern auswirkt. Unsere Ergebnisse zeigen, dass das innovative Konzept in Kombination mit einem konsequenten Monitoring und einem gezielten Eingreifen, wie z. B. einer induzierten Brutpause und einer effektiven Sommerbehandlung, eine vielversprechende Möglichkeit darstellt, die Selektion varroatoleranter Bienenvölker zu unterstützen, ohne dabei den Honigertrag nachhaltig zu beeinträchtigen.

Die Untersuchung der Drohnen belegt, dass die erhöhte Varroabelastung in der innovativen Gruppe zu keinem signifikanten Verlust an Vitalität oder Paarungsfähigkeit führt, was die Grundlage für eine natürliche Selektion robuster Drohnen stärkt. Gleichzeitig zeigen die Ergebnisse zum zusätzlichen Einfluss von Umweltstressoren wie Pestiziden, dass weitere Belastungen die Belastungsgrenzen von Bienenvölkern überschreiten können und Verhaltensänderungen hervorrufen, die sowohl die Integration ins Volk als auch die Arbeitsteilung negativ beeinflussen.

Die Analysen zu Viruslast und Immunparametern bestätigen, dass *Varroa* als Multiplikator für verschiedene Pathogene wirkt, dieser Effekt aber durch die innovative Sommerbehandlung wirksam eingedämmt werden kann. Besonders hervorzuheben ist, dass die innovativ geführten Völker nach der Sommerbehandlung teils sogar

geringere Virus- und Pathogenlasten aufwiesen als die herkömmlich geführten Völker. Damit wird die Wintervitalität nachhaltig gestärkt.

Die Einbindung der Imkerschaft in unser Praxisnetzwerk hat gezeigt, dass die innovative Methode auf großes Interesse stößt, insbesondere bei Imkerinnen und Imkern, die die Zucht varroatoleranter Bienen aktiv fördern möchten. Die positiven Rückmeldungen aus den Befragungen und Veranstaltungen belegen die Bedeutung praxisnaher Forschung und zielgerichteter Wissensvermittlung. Gleichzeitig wurde deutlich, dass es auch zukünftig unerlässlich ist, Zeit und Ressourcen in Netzwerkarbeit zu investieren, um eine breite Akzeptanz und nachhaltige Umsetzung innovativer Methoden sicherzustellen.

Wie vorgesehen, wurden zentrale Ergebnisse bereits während der Projektlaufzeit an die interessierte Öffentlichkeit weitergegeben und diskutiert. Die wissenschaftlichen Ergebnisse sind in Teilen bereits veröffentlicht; weitere Manuskripte befinden sich in Bearbeitung und werden den Wissenstransfer weiter vorantreiben.

## **9. Literaturverzeichnis (eigene Arbeiten hervorgehoben)**

Cappa, F.; Petrocelli, I.; Dani, F. R.; Dapporto, L.; Giovannini, M.; Silva-Castellari, J. et al. (2019): Natural biocide disrupts nestmate recognition in honeybees. *Sci Rep* 9 (1), p. 3171. DOI: 10.1038/s41598-019-38963-3.

Czekońska, K.; Szentgyörgyi, H.; Tofilski, A. (2019): Body mass but not wing size or symmetry correlates with life span of honey bee drones. *Bulletin of entomological research* 109 (3), pp. 383–389. DOI: 10.1017/S0007485318000664.

D’Alvise, P.; Seeburger, V.; Gihring, K.; Kieboom, M.; Hasselmann, M. (2019): Seasonal dynamics and co-occurrence patterns of honey bee pathogens revealed by high-throughput RT-qPCR analysis. *Ecology and evolution* 9 (18), pp. 10241–10252. DOI: 10.1002/ece3.5544.

Dietemann, V.; Nazzi, F.; Martin, S. J.; Anderson, D. L.; Locke, B.; Delaplane, K. S. et al. (2013): Standard methods for varroa research. *Journal of Apicultural Research* 52 (1), pp. 1–54. DOI: 10.3896/IBRA.1.52.1.09.

Hanser, G.; Rembold, H. (1964): Analytische und histologische Untersuchungen der Kopf- und Thoraxdrüsen bei der Honigbiene *Apis mellifica*. *Zeitschrift für Naturforschung B* 19 (10), pp. 938–943. DOI: 10.1515/znb-1964-1015.

**Hilsmann, L.; Krischke, M.; Mueller, M. J.; Manzer, S.; Scheiner, R. (2025a): Balancing Varroa Management and Honey Bee Resilience: Behavioral and**

**Physiological Consequences of Temporarily High Mite Pressure. Eingereicht zum *International journal for parasitology*.**

**Hilsmann, L.; Liebsch, M.; Hasselmann, M.; Scheiner, R. (2025b): *Varroa* mites drive honey bee pathogen dynamics. Eingereicht zum *Journal of invertebrate pathology*.**

**Hilsmann, L.; Wolf, L.; Thamm, M.; Vandenabeele, S.; Scheiner, R. (2025c): Towards a Stable Host-Parasite Relationship Between Honey Bees and *Varroa* Mites Through Innovative Beekeeping. *Environmental microbiology* 27 (5), Article e70101, 1-12. DOI: 10.1111/1462-2920.70101.**

Hristov, P.; Shumkova, R.; Palova, N.; Neov, B. (2020): Factors Associated with Honey Bee Colony Losses: A Mini-Review. *Veterinary sciences* 7 (4), p. 166. DOI: 10.3390/vetsci7040166.

Imdorf, A.; Buehmann, G.; Gerig, L.; Kilchenmann, V.; Wille, H. (1987): Überprüfung der Schätzmethode zur Ermittlung der Brutfläche und der Anzahl Arbeiterinnen in freifliegenden Bienenvölkern. *Apidologie* 18 (2), pp. 137–146. DOI: 10.1051/apido:19870204.

Kohl, P. L.; D'Alvise, P.; Rutschmann, B.; Roth, S.; Remter, F.; Steffan-Dewenter, I.; Hasselmann, M. (2023): Reduced parasite burden in feral honeybee colonies. *Ecological Solutions and Evidence* 4 (3), Article e12264, e12264. DOI: 10.1002/2688-8319.12264.

Marmaras, V. J.; Lampropoulou, M. (2009): Regulators and signalling in insect haemocyte immunity. *Cellular Signalling* (21), pp. 186–195. DOI: 10.1016/j.cellsig.2008.08.014.

Molinatto, G.; Mondet, F.; Marzachi, C.; Alaux, C.; Bassi, E.; Dievart, V. et al. (2025): Seasonal variations of the five main honey bee viruses in a three-year longitudinal survey. *Apidologie* 56 (1), pp. 1–20. DOI: 10.1007/s13592-025-01147-2.

Negri, P.; Maggi, M.; Ramirez, L.; Szawarski, N.; Feudis, L. de; Lamattina, L.; Eguaras, M. (2016): Cellular immunity in *Apis mellifera*: studying hemocytes brings light about bees skills to confront threats. *Apidologie* 47 (3), pp. 379–388. DOI: 10.1007/s13592-015-0418-2.

**Schilcher, F.; Hilsmann, L.; Rauscher, L.; Değirmenci, L.; Krischke, M.; Krischke, B. et al. (2021): In Vitro Rearing Changes Social Task Performance and Physiology in Honeybees. *Insects* 13 (1), p. 4. DOI: 10.3390/insects13010004.**

Scholl, C.; Wang, Y.; Krischke, M.; Mueller, M. J.; Amdam, G. V.; Rössler, W. (2014): Light exposure leads to reorganization of microglomeruli in the mushroom bodies and influences juvenile hormone levels in the honeybee. *Developmental neurobiology* 74 (11), pp. 1141–1153. DOI: 10.1002/dneu.22195.

**Schuhmann, A.; Scheiner, R. (2025): Mixture of neonicotinoid and fungicide affects foraging activity of honeybees. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 113, p. 104613. DOI: 10.1016/j.etap.2024.104613.**

Traynor, K. S.; Mondet, F.; Miranda, J. R. de; Techer, M.; Kowallik, V.; Oddie, M. A. Y. et al. (2020): *Varroa destructor*: A Complex Parasite, Crippling Honey Bees Worldwide. *Trends in Parasitology* 36 (7), pp. 592–606. DOI: 10.1016/j.pt.2020.04.004.

Yañez, O.; Piot, N.; Dalmon, A.; Miranda, J. de; Chantawannakul, P.; Panziera, D. et al. (2020): Bee Viruses: Routes of Infection in Hymenoptera. *frontiers in Microbiology* 11, Article 943, pp. 1–22. DOI: 10.3389/fmicb.2020.00943.

## **10. Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt (Printmedien, Newsletter usw.), bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse**

### **Publikationen (peer reviewed):**

#### **Veröffentlicht**

- Hilsmann, L.; Wolf, L.; Thamm, M.; Vandenabeele, S.; Scheiner, R. (2025c): Towards a Stable Host-Parasite Relationship Between Honey Bees and *Varroa* Mites Through Innovative Beekeeping. *Environmental microbiology* 27 (5), Article e70101, 1-12. DOI: 10.1111/1462-2920.70101.

---

#### **Eingereicht**

- Hilsmann, L.; Krischke, M.; Mueller, M. J.; Manzer, S.; Scheiner, R. (2025a): Balancing *Varroa* Management and Honey Bee Resilience: Behavioral and Physiological Consequences of Temporarily High Mite Pressure. *International journal for parasitology*.
- Hilsmann, L.; Liebsch, M.; Hasselmann, M.; Scheiner, R. (2025b): *Varroa* mites drive honey bee pathogen dynamics. *Journal of invertebrate pathology*.

---

#### **In Vorbereitung**

- Effects of chemical and biotechnical management concepts on population development of honey bee (*Apis mellifera*) colonies
- Effects of chemical and biotechnical *Varroa* treatments on Deformed Wing Virus (DWV) expression in honey bee colonies (*Apis mellifera*)
- Effects high levels of *Varroa destructor* infestation on vitality, fertility and mating success of *Apis mellifera* drones

### **Artikel in Fachzeitschriften:**

- Hilsmann, L., Frank, L.: Vitale Völker, *Deutsches Bienenjournal* (07/2023, Seite 25)
- Meixner, M. und Mitarbeiter: Neues aus Kirchhain, Jahresbericht 2022. In: *bienen&natur* (04/2023, Seite 32-35)
- Meixner, M. und Mitarbeiter: Neues aus Kirchhain, Jahresbericht 2023. In: *bienen&natur* (04/2024, Seite 40-43)

- Meixner, M. und Mitarbeiter: Neues aus Kirchhain, Jahresbericht 2024. In: bienen&natur (04/2025, Seite 40-43)

### **Tagungsbeiträge:**

- 03/2022 – COLOSS *Varroa* e-workshop  
Lena Frank: Vortrag „Vitalbiene“  
Online
- 04/2022 - Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft der Institute für Bienenforschung  
Lena Frank: Posterbeitrag “Auswirkungen der innovativen Bienenhaltung mit reduzierter Behandlung von *Varroa destructor* auf die Leistung und Vitalität von *Apis mellifera* L. - 'Vitalbiene’”  
Hohenheim
- 04/2022 – Lange Nacht der Bienenwissenschaften  
Lena Frank: Vortrag „VITALBIENE - Ein Projekt zur innovativen Bienenhaltung“  
Onlineveranstaltung
- 07/2022 – IUSSI 2022  
Lioba Hilsmann: Posterbeitrag „Effects of conventional and innovative beekeeping on the behavior and resilience of honeybees“  
San Diego
- 10/2022 – Eurobee  
Lioba Hilsmann, Lena Frank, Marina Meixner, Thomas Heynemann Küenzli:  
Workshopleitung „Projekt VITALBIENE“  
Friedrichshafen
- 03/2023 – COLOSS *Varroa* spring workshop  
Lioba Hilsmann: Vortrag „Effects of conventional and innovative beekeeping on the behavior of honeybees“  
Osijek

- 03/2023 – Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft der Institute für Bienenforschung  
 Lioba Hilsmann: Vortrag „Auswirkungen der konventionellen und der innovativen Bienenhaltung auf das Verhalten von Honigbienen“  
 Lena Frank: Posterbeitrag „Vitalbiene’ – Auswirkungen innovativer Bienenhaltung auf die Leistung und Vitalität von *Apis mellifera* L.“  
 Potsdam
- 03/2023 – Lange Nacht der Bienenwissenschaften  
 Lioba Hilsmann: Vortrag „Auswirkungen der herkömmlichen und der innovativen Bienenhaltung auf das Verhalten von Honigbienen“  
 Onlineveranstaltung
- 10/2023 – COLOSS conference  
 Lioba Hilsmann: Posterbeitrag „Sustainable beekeeping with reduced chemical treatment against *Varroa* mites does not reduce honey yield“  
 Bled
- 11/2023 – Eurobee  
 Lioba Hilsmann, Lena Frank, Thomas Heynemann Küenzi: Workshopleitung „Projekt VITALBIENE“  
 Friedrichshafen
- 02/2024 – Apisticustag  
 Lioba Hilsmann: Vortrag „Auswirkungen der herkömmlichen und der innovativen Varroakonzepte auf die Gesundheit von Honigbienen“  
 Onlineveranstaltung
- 03/2024 – Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft der Institute für Bienenforschung  
 Lioba Hilsmann: Vortrag „Auswirkungen der herkömmlichen und der innovativen Bienenhaltung auf die Gesundheit von Honigbienen“  
 Lena Frank: Vortrag „Vitalbiene’ – Auswirkungen innovativer Bienenhaltung auf die Leistung und Vitalität von *Apis mellifera* L.“  
 Münster

- 03/2024 – COLOSS *Varroa* spring workshop  
 Lioba Hilsmann: Vortrag „New insights to innovative and conventional beekeeping (VITALBIENE project)“  
 Bilbao
- 03/2024 – COLOSS *RNSBB* spring workshop  
 Lena Frank: Vortrag „‘Vitalbiene’ – Effects of innovative beekeeping on performance and vitality of *Apis mellifera* L.“  
 Bilbao
- 11/2024 – D.I.B. Züchertag Hofgeismar  
 Lena Frank: Vortrag “Projekt Vitalbiene”  
 Hofgeismar
- 10/2024 – Beenovation Abschlussveranstaltung  
 Ricarda Scheiner, Lioba Hilsmann, Lena Frank: Vortrag „Auswirkungen der herkömmlichen und der innovativen Bienenhaltung auf Honigbienen“  
 Berlin
- 03/2025 – Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft der Institute für Bienenforschung  
 Lioba Hilsmann: Vortrag „Auswirkungen der herkömmlichen und der innovativen Bienenhaltung auf die Pathogenlast von Honigbienen“  
 Lena Frank: Vortrag “Vitalbiene – Auswirkungen herkömmlicher und ‚innovativer‘ Bienenhaltung auf Leistung und Vitalität von Honigbienen”  
 Freiburg

### **Vorträge und Veranstaltungen im Rahmen des Praxisnetzwerks:**

- 06/2021 – Imkerverein Wiesbaden, Vorstand:  
 Thomas Heynemann Kuenzi (TH), Lena Frank (LF), Marina Meixner (MM):  
 Vortrag “Projektvorstellung und Netzwerk”  
 Online
- 06/2021 – Imkerverein Wiesbaden, Vereinsmitglieder:

TH, LF: Vortrag "Projektvorstellung und Netzwerk"

Online

- 08/2021 – Imkerverein Wiesbaden:  
TH: Vortrag "Projektvorstellung und Netzwerk"  
Wiesbaden
- 09/2021 – Imkerverein Usingen, Neu-Anspach  
TH, LF: Vortrag "Projektvorstellung und Netzwerk"  
Wehrheim
- 09/2021 – Imkerverein Königstein  
TH, LF: Vortrag "Projektvorstellung und Netzwerk"  
Königstein
- 10/2021 – Berufsimker  
TH, LF: Vortrag "Projektvorstellung und Netzwerk"  
Online
- 01/2022 – Imkerverein Köln  
TH, LF: Vortrag "Projektvorstellung und Netzwerk"  
Online
- 03/2022 – Taunusimker  
TH: Vortrag "Projektvorstellung und Netzwerk"  
Online
- 04/2022 – Imkerverein Kleinostheim  
TH: Vortrag "Projektvorstellung und Netzwerk"  
Hybrid
- 04/2022 – Imkerverein Köln  
TH: Vortrag "Projektvorstellung und Netzwerk"  
Online
- 04/2022 – Imkernetzwerk Taunus  
TH: Netzwerk  
Taunus
- 06/2022 – Imkerverein Kleinostheim

TH: Netzwerk + Praxistag

Kleinostheim

- 06/2022 – Imkerverein Köln

TH: Netzwerk + Praxistag

Köln

- 06/2022 – Netzwerk Taunus

TH: Netzwerk + Praxistag

Taunus

- 11/2022 – Imkerverein Köln

TH, LF: Vortrag (Vorstellung erster Ergebnisse) und Rückmeldungen des Netzwerks

Köln

- 02/2023 – Taunus Imker

TH, LF: Vortrag (Vorstellung Ergebnisse) & Rückmeldungen des Netzwerks  
Bad Homburg

- 02/2023 – Berufsimker

TH, LF: Vortrag (Vorstellung Ergebnisse) & Rückmeldungen des Netzwerks  
Online

- 03/2023 – Netzwerk Kleinostheim

TH: Vortrag (Vorstellung Ergebnisse) & Rückmeldungen des Netzwerks  
Klein-ostheim

- 03/2023 – Netzwerk Köln

TH: Vortrag (Vitalbiene + biotechnische Varroabehandlung)  
Hybrid

- 06/2023 – Netzwerk Kleinostheim

TH: Praxistag biotechnische Varroabehandlung  
Klein-ostheim

- 06/2023 – Netzwerk Köln

TH: Praxistag biotechnische Varroabehandlung  
Köln

- 07/2023 – Netzwerk Köln

TH: Praxistag biotechnische Varroabehandlung  
Köln

- 07/2023 – Netzwerk Taunus

TH: Praxistag biotechnische Varroabehandlung  
Saalburg, Bad Homburg

- 07/2023 – Netzwerk Taunus

TH: Praxistag biotechnische Varroabehandlung  
Saalburg, Bad Homburg

- 11/2023 – Netzwerk Köln  
TH, LF: Vortrag (Vorstellung Ergebnisse) & Rückmeldungen des Netzwerks Köln
- 03/2024 – Netzwerke Vitalbiene  
TH, LH: Vortrag Vitalbiene  
Online
- 03/2024 – Netzwerke Vitalbiene  
TH, LH: Vortrag Vitalbiene  
Online
- 03/2025 – Netzwerke Vitalbiene  
LH, RS, LF, MM: Vitalbiene Abschlussveranstaltung  
online

### **Weitere Vorträge und Veranstaltungen:**

- 07/2021 – Naturschutz-Akademie Wetzlar:  
Thomas Heynemann Kuenzi (TH), Lena Frank (LF), Martin Gabel: Vortrag  
“biotechnische Methoden und Projektvorstellung Vitalbiene”  
Online
- 02/2022 – Imkerverein Bünde:  
LF: Vortrag “biotechnische Methoden und Projekt Vitalbiene”  
Bünde
- 03/2022 – Bioland Imkerei Tagung  
TH, LF: Vortrag “Varroa, biotechnische Methoden und Projekt Vitalbiene”
- 07/2022 – Freundeskreis des Bieneninstitut Kirchhain  
LF: Projektvorstellung und Bienenstandbesichtigung  
Kirchhain
- 03/2023 – Kreisimkertag 2023 (Kreisverband Bayerischer Imker Mühldorf  
a.Inn / Altötting)  
LF: Vortrag (Vitalbiene + biotechnische Varroabehandlung)  
Erharting
- 03/2023 – Bienenzuchtverein Gürbetal  
TH: Biotechnische Varroabehandlung  
Riggisberg (CH)
- 03/2023 – Imkerverein Goslar  
LF: Vortrag (Vitalbiene + biotechnische Varroabehandlung)  
Goslar

- 04/2023 – Besuchertag des Bieneninstituts  
LF: Vortrag (Vitalbiene + biotechnische Varroabehandlung)  
Kirchhain
- 06/2023 – Belegstelle Hohe Rhön, Züchter  
TH, LF: Vortrag (Vitalbiene + biotechnische Varroabehandlung)  
Hohe Rhön
- 09/2023 – Imkerverein Bieren (NRW)  
LF: Vortrag (Vitalbiene + biotechnische Varroabehandlung)  
Rödingshausen
- 09/2023 – LLH - Bienentag für die Veterinär-verwaltung  
LF: Vortrag (Projektvorstellung)  
Kirchhain
- 10/2023 – Imkerverein Maingau  
TH: Vortrag (Vitalbiene + biotechnische Varroabehandlung)  
Rodgau
- 10/2023 – Jahreshauptversammlung GdBe  
TH: Vortrag (Projektvorstellung)  
Neuenstein-Aua
- 11/2023 – Imkerverein Friedberg (Bayern)  
LF: Vortrag (Vitalbiene + biotechnische Varroabehandlung)  
Online
- 11/2023 – Basiszüchter  
TH: Vortrag (Projektvorstellung)  
Online
- 11/2023 – Biokreis Imkereitag  
LF: Vortrag (Vitalbiene + biotechnische Varroabehandlung)  
München
- 01/2024 – Tag der Bioland-imkerei in Baden-Württemberg  
LH: Vortrag „Auswirkungen der herkömmlichen und innovativen Varroa-Konzepte auf das Verhalten von Honigbienen“  
Bad Boll
- 03/2024 – Buckfast Süd  
LF: Vortrag Vitalbiene  
Leonberg
- 03/2024 – KIV Northeim  
LF: Vortrag Vitalbiene  
Northeim
- 03/2024 – Imkerverein Prüm  
TH: Vortrag Vitalbiene  
Prüm
- 03/2024 – Imkerverein Hofheim  
TH: Vortrag Vitalbiene  
Hofheim

- 03/2024 – Thüringer Imkertag  
LH: Vortrag „Projekt Vitalbiene“  
Weimar
- 03/2024 – Rhöner Imkertag  
LF: Vortrag Vitalbiene + Biotechnik  
Kaltennordheim
- 03/24 - Hannoverscher Imkertag  
MM: Vortrag “Varroamenagement ohne Medikamente - eine Zukunftsaufgabe für Züchter und Imker”
- 04/2024 – Imkerverein Cadolzburg  
LF: Vortrag Vitalbiene + Biotechnik  
Cadolzburg
- 09/2024 – Kreisimkerverein Essen  
LF: Vortrag Vitalbiene+biotechnik  
Essen
- 10/2024 – Bezirksimkerverein Gmund-Tegernseer Tal u. Umgebung e.V.  
LF: Vortrag Vitalbiene+biotechnik  
Tegernsee
- 11/2024 – Graubünden  
LF: Vortrag Vitalbiene+biotechnik  
Graubünden (CH)
- 01/2025 – Bioland Südtirol  
LH: Vortrag „Projekt Vitalbiene“  
Südtirol
- 02/2025 – österreichischer Erwerbsimkerbund  
LF: workshop biotechnisch imkern  
Messe Wels
- 03/2025 – Stadtbienen  
LH + LF: Vortrag „Projekt Vitalbiene“  
online