

Das Deutsche Bienen-Monitoring-Projekt: eine Langzeitstudie zur Untersuchung periodisch auftretender hoher Winterverluste bei Honigbienenvölkern



Das Deutsche Bienen-Monitoring-Projekt: eine Langzeitstudie zur Untersuchung periodisch auftretender hoher Winterverluste bei Honigbienenvölkern*

Elke GENERSCH^{1,***}, Werner VON DER OHE^{2,***}, Hannes KAATZ^{3,***},
Annette SCHROEDER⁴, Christoph OTTEN⁵, Ralph BÜCHLER⁶, Stefan BERG⁷,
Wolfgang RITTER⁸, Werner MÜHLEN⁹, Sebastian GISDER¹, Marina MEIXNER⁶,
Gerhard LIEBIG⁴, Peter ROSENKRANZ^{4,***}

¹ Länderinstitut für Bienenkunde, Friedrich-Engels-Str. 32, 16540 Hohen Neuendorf, Deutschland

² LAVES Institut für Bienenkunde Celle, Herzogin-Eleonore-Allee 5, 29221 Celle, Deutschland

³ Universität Halle-Wittenberg, Institut für Biologie, Molekulare Ökologie, Hoher Weg 4, 06099 Halle, Deutschland

⁴ Landesanstalt für Bienenkunde, Universität Hohenheim, August-von-Hartmannstraße 13, 70599 Stuttgart, Deutschland

⁵ DLR Fachzentrum Bienen und Imkerei, Im Bannen 38-54, 56727 Mayen, Deutschland

⁶ LLH Bieneninstitut Kirchhain, Erlenstr. 9, 35274 Kirchhain, Deutschland

⁷ LWG Fachzentrum Bienen, An der Steige 15, 97206 Veitshöchheim, Deutschland

⁸ CVUA Freiburg, Nationales und OIE-Referenzlabor, Am Moosweiher 2, 79108 Freiburg, Deutschland

⁹ Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Aufgabengebiet Bienenkunde, Nevinghoff 40, 48147 Münster, Deutschland

Erhalten am 18. November 2009 – Überarbeitet am 17. Januar 2010 – Genehmigt am 30. Januar 2010

Zusammenfassung – Die Westliche Honigbiene, *Apis mellifera*, ist weltweit der wichtigste tierische Bestäuber in der Landwirtschaft und ist für mehr als 90% der kommerziellen Bestäubung verantwortlich. Im Zuge der landwirtschaftlichen Entwicklung entsteht ein immer größerer Bedarf an Bestäubungsdiensten durch Honigbienen, wodurch die Bestäubungskapazität der weltweit von Imkern gehaltenen Honigbienenvölker an ihre Grenzen gelangt. Damit stellt der seit Jahren zu beobachtende Rückgang der Bienenvölker in Europa und Nordamerika ein großes Problem dar und löste umfassende Untersuchungen hinsichtlich der möglichen Faktoren, die für den Verlust von Honigbienenvölkern verantwortlich sein könnten, aus. In diesem Zusammenhang soll eine Studie vorgestellt werden, bei der über den gesamten Zeitraum von vier Jahren mehr als 1.200 Bienenvölker auf circa 120 Bienenständen beobachtet wurden. Zwei Mal jährlich wurden Bienenproben entnommen und auf verschiedene Krankheitserreger untersucht, darunter die ektoparasitische Milbe *Varroa destructor*, Pilze (*Nosema spec.*, *Ascospaera apis*), das Bakterium *Paenibacillus larvae* und verschiedene Viren. Des Weiteren wurden Informationen zu möglichen Umwelteinflüssen, imkerlichen Betriebsweisen und Pestiziden eingeholt. Alle Daten wurden im Hinblick auf die Überwinterungsmortalität der Bienenvölker statistisch ausgewertet. Für einige Faktoren lässt sich nachweisen, dass sie in einem eindeutigen Zusammenhang mit den beobachteten Winterverlusten der untersuchten Honigbienenvölker stehen: 1.) starker Varroabefall, 2.) Infektion mit dem Flügeldeformationsvirus (DWV) und dem Akute-Bienen-Paralyse-Virus (ABPV) im Herbst, 3.) Alter der Königin und 4.) Schwächung der Völker im Herbst. Im Hinblick auf den Befall mit *Nosema spec.* oder Pestizidrückstände waren keine Beeinträchtigungen zu beobachten. Im Folgenden werden die Auswirkungen dieser Ergebnisse erörtert.

Völkerverluste / Varroa / DWV / ABPV / Nosema / Pestizide

Verantwortliche Autorin: E. Genersch, elke.genersch@rz.hu-berlin.de

* Redakteurin: Marla Spivak

** Die Autoren trugen in gleichem Maße bei.

1. EINFÜHRUNG

Die Westliche Honigbiene *Apis mellifera* L. gehört auf Grund der Bedeutung, die von Imkern gehaltene Honigbienenvölker bei der Bestäubung vieler Nutzpflanzen insbesondere von Sonderkulturen wie Nüssen, Beeren, Früchten und Gemüse haben, zu den wichtigsten Nutzieren überhaupt. Daher ist der wirtschaftliche Wert der Honigerzeugung im Vergleich zu dem wirtschaftlichen Wert, den Honigbienen in der Landwirtschaft als Bestäuber leisten, verhältnismäßig gering (Morse und Calderone, 2000). Schätzungen zufolge sind 84% aller europäischen Nutzpflanzenarten zumindest in gewissem Maße auf die Bestäubung durch Tiere angewiesen, wobei Honigbienen die wichtigsten tierischen Bestäuber darstellen (Williams, 1994). Diese Prozentangabe ist jedoch irreführend, da sie nicht berücksichtigt, welche Bedeutung die jeweilige Nutzpflanze für den Verbraucher hat. Die meisten Grundnahrungsmittel weltweit werden entweder vom Wind bestäubt oder bestäuben sich indirekt selbst (Weizen, Mais, Reis) oder vermehren sich vegetativ (Kartoffeln), das heißt, sie sind nicht auf tierische Bestäuber angewiesen und ebenso wenig ist der Ertrag dieser Pflanzen von tierischen Bestäubern (Insekten, Vögeln und Fledermäusen) abhängig. Diese Nutzpflanzen machen 65% der weltweiten Nahrungsmittelproduktion aus, womit immerhin 35% auf tierische Bestäuber angewiesen sind (Klein et al., 2007). Zu 90% sind es von Imkern gehaltene Honigbienen, die für die kommerzielle Bestäubung verantwortlich sind. Damit sind Honigbienen in Europa und weltweit die wichtigsten kommerziellen Bestäuber. Angesichts des wachsenden Bestäubungsbedarfs in der Landwirtschaft (Aizen et al., 2008) gelangt die Bestäubungskapazität der weltweit von Imkern gehaltenen Honigbienenvölker zunehmend an ihre Grenzen. Aus diesem Grund überrascht es kaum, dass, obwohl die Zahl der weltweiten Honigbienenstöcke in den letzten 50 Jahren um circa 45% zugenommen hat (Aizen und Harder, 2009), der langfristige Rückgang von Honigbienenstöcken in den USA und in einigen europäischen Ländern vielerorts Aufmerksamkeit erregt und Besorgnis ausgelöst hat (Pettis und Delaplane, 2010; Moritz et al., 2010). Infolgedessen wurden in letzter Zeit verstärkt Untersuchungen zu den vielen möglichen Faktoren, die sich auf den Bestand der Honigbienen auswirken könnten, durchgeführt. Dabei konzentriert man sich in erster Linie darauf, zu untersuchen, welche Rolle Krankheitserreger und Umwelteinflüsse, vorwiegend Pestizide, bei einer verringerten Vitalität von Honigbienen und steigenden Völkerverlusten spielen.

Betrachtet man die Auswirkungen von Krankheitserregern, so besteht kein Zweifel, dass der weltweite Gesundheitszustand von Honigbienen durch parasitische Milben (*Varroa destructor*, *Acarapis woodi*, *Tropilaelaps* spec.), Pilze (*Nosema* spec., *Ascospaera apis*), Bakterien (*Paenibacillus larvae*, *Melissococcus plutonius*), Viren und Schädlinge (kleiner Beutenkäfer) gefährdet ist. Zu den jüngsten Beispielen katastrophaler Völkerverluste, die sich teilweise, jedoch nicht ausschließlich auf Krankheitserreger zurückführen ließen, gehören 1.) der nach wie vor rätselhafte „Völkerkollaps“ (abgekürzt CCD vom englischen „Colony Collapse Disorder“), der hohe Verluste von Honigbienen in den USA und in anderen Regionen zur Folge hatte (Cox-Foster et al., 2007; Oldroyd, 2007; vanEngelsdorp et al., 2007), sowie seit 2006 massive Völkerverluste in Spanien, die auf den Erreger *Nosema ceranae* zurückzuführen sind (Higes et al., 2008; Higes et al., 2006; Higes, 2010). Zudem wirken sich viele der in der Landwirtschaft eingesetzten Pestizide und Fungizide sowie die chronische Belastung mit Akariziden, die zur Bekämpfung des *Varroa destructor*-Erregers in der Bienenhaltung notwendig sind, schädlich auf Honigbienen aus (Barnett et al., 2007; Desneux et al., 2007; Karise, 2007; Moncharmont et al., 2003; vanEngelsdorp et al., 2009a; Johnson et al., 2010).

Im Winter 2002/2003 verzeichneten die Imker in Deutschland ungewöhnlich hohe Winterverluste, wobei Meldungen zufolge im Frühjahr 2003 circa 30% aller deutschen

Honigbienenvölker zu Grunde gegangen waren. Allerdings waren die Verluste nicht gleichmäßig auf alle Imker verteilt. Der durchschnittliche Prozentsatz von 30% kam dadurch zu Stande, dass viele Imker 80–100% ihrer Bienenstöcke verloren hatten, während viele andere lediglich die üblichen Winterverluste zu verzeichnen hatten. Ähnlich wie beim CCD gab es auch für dieses Phänomen keine nahe liegende Erklärung, es wurde jedoch seither auch aus anderen europäischen Ländern berichtet (Potts et al., 2010).

Als Reaktion auf diese Winterverluste im Winter 2002/2003 wurde im Herbst 2004 das Deutsche Bienen-Monitoring-Projekt ins Leben gerufen. Ziel dieses Projekts war es, zu untersuchen, welche Faktoren für die zunehmenden Völkerverluste im Winter verantwortlich sind. Die generelle Idee bestand darin, bereits im Vorfeld Völkerdaten zu sammeln und Bienenproben sowie Proben von Bienenerzeugnissen von einer Reihe von Völkern zu entnehmen, um anhand dieser anschließend rückwirkend das Völkersterben erklären zu können. Um ein möglichst aussagekräftiges Ergebnis zu erzielen, werden hierzu seit Herbst 2004 mehr als 1.200 Bienenvölker auf circa 120 Bienenständen (10 Völker pro Bienenstand) beobachtet. Ging ein Volk zu Grunde, so wurde es durch ein anderes Volk aus demselben Bienenstand ersetzt, und zwar möglichst durch einen Ableger, der im Vorjahr von dem zu Grunde gegangenen Volk gebildet worden war. Professionelle Bieneninspektoren sowie die Imker selbst sammelten Daten zu möglichen auftretenden viralen, bakteriellen und pilzartigen Erregern, einem möglichen Varroabefall, dem Gesundheitszustand und der Volksstärke zu unterschiedlichen Zeiten im Jahr, Maßnahmen zur Milbenbekämpfung, dem Einfluss bestimmter Nutzpflanzen, Pestizidrückständen in Rapspollen und unterschiedlichen imkerlichen Betriebsweisen. Man hatte sich bewusst für eine Untersuchung der Pestizidrückstände in Rapspollen entschieden, da Raps im Spätfrühjahr die wichtigste Nektar- und Pollenquelle für Honigbienen in Deutschland darstellt (Horn, 2009) und auf Grund des üblichen, unverzichtbaren Einsatzes von Pestiziden möglicherweise schädliche Rückstände in Bienenerzeugnissen verursacht (Meixner et al., 2009). In einer statistischen Analyse, für die mehr als 4.000 Datensätze aus dem Zeitraum 2004–2008 ausgewertet wurden, wurden das Völkersterben erfasst und die entsprechenden Zusammenhänge erarbeitet. Vor dem Hintergrund der anhaltenden Völkerverluste in Europa und Nordamerika werden im Folgenden die Ergebnisse dieses Monitoring-Projekts genauer erörtert.

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1. Aufbau und Organisation des Projekts

Als Reaktion auf die ungewöhnlich hohen Völkerverluste in Deutschland im Winter 2002/2003 wurde nach mehreren Gesprächsrunden, an denen Bienenwissenschaftler, Experten des deutschen Landwirtschaftsministeriums, Imker, Landwirtschaftsorganisationen und Vertreter von Unternehmen aus dem Bereich der Agrochemie beteiligt waren, im Herbst 2004 das Deutsche Bienen-Monitoring-Projekt ins Leben gerufen. Die Federführung des Projekts oblag einem Projektrat, der aus den oben aufgeführten Partnern bestand. Neun bienenwissenschaftliche Einrichtungen aus verschiedenen deutschen Bundesländern waren für die Koordination der Arbeit vor Ort, die Datenerfassung und die Betreuung der am Projekt beteiligten Imker zuständig. Es wurden nur Daten der ausgewählten Monitoring-Imker und deren unter Beobachtung stehender Völker (siehe unten) in die Studie und die anschließende statistische Auswertung aufgenommen. Jede bienenwissenschaftliche Einrichtung betreute zwischen 6 und 24 Imker oder Imkereibetriebe, und bei mindestens zwei der drei Termine im Jahr, an denen

Proben entnommen wurden (Herbststudie vor der Einwinterung im Oktober, Frühjahrsstudie nach der Auswinterung im März/April oder Sommerstudie), mussten Bieneninspektoren beziehungsweise Bienenwissenschaftler anwesend sein. An diesen Terminen erfassten die Inspektoren/Wissenschaftler 1.) genaue Daten zum vorhergehenden Zeitraum, entnahmen 2.) Bienenproben und Proben von Bienenerzeugnissen aus jedem der zehn Beobachtungsvölker und nahmen 3.) eine Einschätzung der jeweiligen Volksstärke vor. Ein Beobachtungszeitraum erstreckte sich dabei von September bis zum August des Folgejahres.

2.2 Beschreibung der Imkereien und Beobachtung der Honigbienenvölker

Zu Beginn des Monitoring-Projekts bat man speziell ausgewählte Imker in Deutschland sich mit jeweils zehn ihrer Völker am Deutschen Bienen-Monitoring-Projekt zu beteiligen. Die Auswahl der Imker – und damit auch der Völker – war bewusst so getroffen, dass die beobachteten Bienenvölker die „gesamte Bienenzucht“ in Deutschland repräsentierten, insbesondere im Hinblick auf 1.) die geografische Verteilung (Abbildung 1), 2.) die Anzahl der von den Imkern gehaltenen Völker (zwischen 10 und mehreren hundert Völkern, Abbildung 2), 3.) die Größenordnung der Imkerei (Hobbyimker, Nebenerwerbsimker und Vollerwerbsimker) und 4.) die wichtigsten Nektarpflanzen in der Nähe der Bienenstände (d.h. die wichtigsten Nektar- und Pollenquellen) mit besonderem Schwerpunkt auf Intensivkulturen wie Raps, Sonnenblumen und Mais, von denen man vermutet, dass sie sich schädlich auf die Gesundheit von Honigbienenvölkern auswirken (Tabelle 1). Das Projekt begann im Herbst 2004 mit 112 Imkern. Im Zeitraum 2005/2006 lieferten bereits 123 Imker Daten, wovon sich 120 Imker auch 2006/2007 und wiederum 117 davon auch 2007/2008 an dem Projekt beteiligten.

Jeder teilnehmende Imker wählte willkürlich zehn Völker aus seinem Bienenstand aus, die als so genannte Beobachtungsvölker dienten. Falls im Laufe der Studie eines dieser Völker zu Grunde ging, wurde dieses durch ein anderes Volk aus demselben Bienenstand ersetzt, und zwar wenn möglich durch einen im Vorjahr gebildeten Ableger des zu Grunde gegangenen Volkes. Die zehn Völker wurden von dem Imker gemäß dessen üblichen Praktiken genauso gehalten wie alle anderen Völker in dem Bienenstand; dies beinhaltete auch Wanderungen zu speziellen Trachten, Erstellung von Ablegern, Umweisung und Varroabehandlung. Auf diese Weise sollte sichergestellt werden, dass die am Projekt beteiligten Völker das gesamte in Deutschland gängige und typische Spektrum von Beuten und Betriebsweisen abdecken.

Tabelle 1: Die wichtigsten Nektarpflanzen in der Nähe der Bienenstände, basierend auf den Angaben der am Monitoring-Projekt teilnehmenden Imker zu Beginn des Projekts.

Die wichtigsten Nektarpflanzen	Angaben in %				
	kein Vorkommen	geringes Vorkommen	mittleres Vorkommen	hohes Vorkommen	keine Angabe
Raps (<i>Brassica napus</i>)	36	11	16	37	
Sonnenblume (<i>Helianthus annuus</i>)	90	3	3	4	
Mais (<i>Zea mays</i>)	44	18	16	22	
Honigtau	32	25	16	20	7

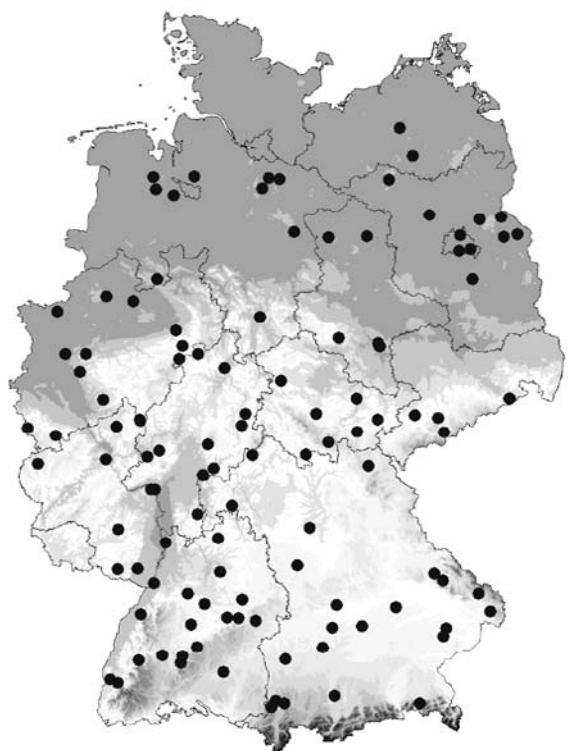


Abbildung 1: Geografische Verteilung der Bienenstände des Deutschen Monitoring-Projekts im Jahr 2005

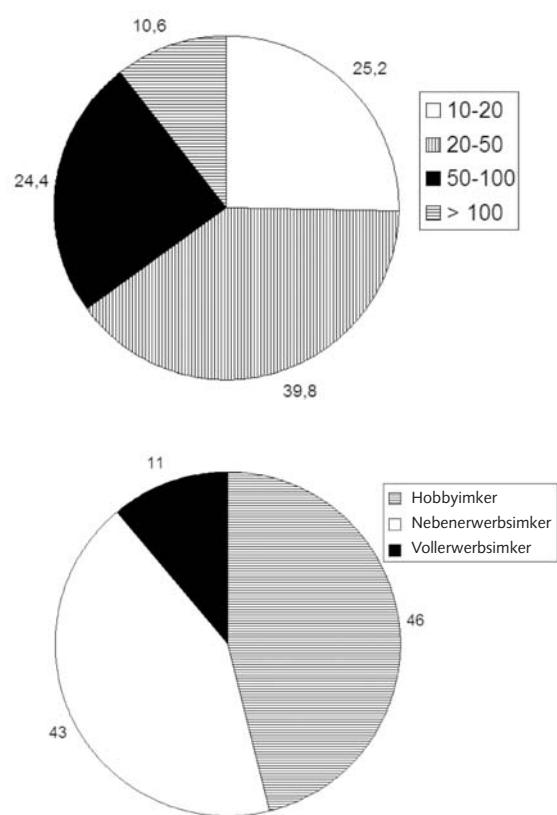


Abbildung 2: Größe des Imkereibetriebs (Anzahl der Völker, oberes Diagramm) und prozentuale Verteilung der am Monitoring-Projekt teilnehmenden Imker auf Hobby- und Erwerbsimker (unteres Diagramm).

2.3 Anhand einzelner Honigbienenvölker untersuchte Faktoren

2.3.1. Fragebögen

Vor Beginn des Projekts beantworteten die teilnehmenden Imker einen allgemeinen Fragebogen, in dem Daten zu folgenden Punkten abgefragt wurden: Gesamtzahl der Völker, genauer Standort des Bienenstandes und der Völker (vorausgesetzt es gab mehrere Standorte), genaue Angaben zur Art der Bienenhaltung (Art des Bienenstandes, Wanderbienenzucht und Art der Völkervermehrung). Mithilfe von zusätzlichen jährlichen Fragebögen lieferten die Imker weitere Informationen in Bezug auf ihren Honigertrag, Wanderungen, Erstellung von Ablegern, Umweiselung von Völkern, Varroabehandlung, Unregelmäßigkeiten in der Völkerverentwicklung und erkennbare Krankheitsanzeichen. Diese Informationen wurden soweit wie möglich bei den regelmäßigen Besuchen der Bieneninspektoren/Bienenwissenschaftler ausgewertet und überprüft.

2.3.2. Erfassung der Völkerverluste im Winter

Im Rahmen der Frühjahrsbefragung gaben die Imker an, wie viele Völker über den Winter zu Grunde gegangen waren. Dabei galt ein Volk als tot, wenn es 1.) keine Bienen mehr hatte oder 2.) zu schwach war, um eine Chance zu haben, sich im Laufe des Frühjahrs zu erholen (wenn nach dem Winter ungefähr weniger als drei Rähmchen mit Bienen besetzt waren). Völker, die zwischen April und September zu Grunde gingen, wurden erfasst, allerdings waren im Laufe der Studie keine derartigen Verluste zu verzeichnen.

2.3.3. Abschätzung der Entwicklung der zu beobachtenden Völker

Vor (Oktober) und nach (März/April) der Überwinterung wurde für jedes der zu beobachtenden Völker die Volksstärke geschätzt, und zwar nach Möglichkeit in Völkern mit geringer oder keiner Brut, das heißt entweder nach (Herbst) oder vor (Frühjahr) der intensiven Brutaufzucht. Dazu wurde die Anzahl der mit Bienen besetzten Waben gezählt. Um diese Maßnahme so weit wie möglich zu standardisieren, hatte man zuvor in Ausbildungskursen der betreuenden Einrichtungen festgelegt, was unter „einer mit Bienen besetzten Wabe“ zu verstehen ist. Generell ging man wie folgt vor: Alle Bienenstöcke wurden geöffnet und bei zweistöckigen Bienenstöcken wurden die oberen Ebenen nach vorne gekippt. So ließen sich alle Zwischenräume zwischen den Waben kontrollieren und die Anzahl der mit Bienen besetzten Waben festhalten. Je nach Klimaregion variierte der Zeitpunkt für die Frühjahrsschätzung zwischen den einzelnen Bienenständen. Um zu verhindern, dass die Volksstärke des überwinternten Volkes zu hoch eingeschätzt wurde, musste die Schätzung vor dem Schlüpfen der ersten Frühjahrsbrut erfolgen. Daher war der letztmögliche Zeitpunkt zur Schätzung der anfänglichen Volksstärke die 15. Kalenderwoche.

Anhand des Quotienten aus Volksstärke vor und nach der Überwinterung eines Volkes, den man als „Überwinterungsquotienten“ bezeichnet, ließ sich der Rückgang der Volksstärke über den Winter messen. Außerdem diente er dazu, zu untersuchen, welche Auswirkungen Raps und bestimmte Mengen an Pestiziden im Bienenbrot auf die Überwinterung von Honigbienenvölkern haben.

2.3.4. Probenentnahmen und Untersuchungen adulter Honigbienen

Im Oktober, im Frühjahr und im Sommer wurden Proben von circa 150 adulten Bienen genommen. Zur Probenentnahme wurde jeweils eine Wabe mit Bienen vom Rand des Brutnests und aus der Wintertraube entnommen, und die Bienen wurden auf ein Stück Plastikfolie geschüttet und anschließend in beschriftete Plastikfläschchen gegeben. Die Proben wurden sofort bei -20°C gelagert, bis sie untersucht wurden.

Die Bienen wurden auf folgende Krankheitserreger getestet:

Varroa destructor: Alle Bienen der Herbstprobe (Oktober) wurden einzeln auf Varroamilben untersucht und es wurde die Befallsstärke als 'Anzahl der Milben pro 100 Bienen' berechnet und als 'Prozentsatz des Befalls' angegeben. Von den untersuchten Proben ließen sich insgesamt 3589 Volksjahre mit vollständigen Datensätzen für die statistische Untersuchung heranziehen.

Nosema spec.: Etwa 20 Bienen aller Frühjahrsproben wurden homogenisiert und nach der Zugabe von 2 ml Wasser unter dem Mikroskop (400X) analysiert. Je nach Anzahl der im Sichtfeld erkennbaren Sporen von *Nosema* spec. wurden positive Proben in schwach (<20 Sporen), mittel (20–100 Sporen) und stark (>100 Sporen) infizierte Proben unterteilt. Bei 1868 Völkern wurden zwischen 2005 und 2007 auch die Herbstproben auf mögliche *Nosema*-Infektionen untersucht und anschließend zur statistischen Auswertung im Hinblick auf Winterverluste herangezogen.

Honigbienen-Viren: Um die Kosten der Untersuchung in Grenzen zu halten, wurde nur ein Drittel der Herbstproben auf fünf Honigbienenviren, die im Zusammenhang mit den Völkerverlusten als relevant galten, getestet: das Kaschmir-Bienen-Virus (KBV), das Akute-Bienen-Paralyse-Virus (ABPV), das Sackbrutvirus (SBV), das Flügeldeformationsvirus (DWV) und das Israelische Akute-Bienen-Paralyse-Virus (IAPV). Von jeder Bienenprobe, die untersucht werden sollte, wurden zehn Bienen genommen, die Köpfe entfernt und aus diesen anschließend die gesamte RNS extrahiert, um diese RNS auf SBV, ABPV, DWV und IAPV zu analysieren (Siede et al., 2008; Yue und Genersch, 2005). Um mögliche KBV- oder auch IAPV-Infektionen festzustellen, wurde die gesamte RNS aus dem Abdomen extrahiert. KBV-Tests wurden nur in den ersten Jahren des Projekts durchgeführt und dann eingestellt, da lediglich 2006 einige wenige Bienen positiv getestet worden waren. Stattdessen wurden Proben aus dem Jahr 2007 nun auf das neu entdeckte IAPV, das für Völkerverluste in den USA verantwortlich gemacht wurde, untersucht (Cox-Foster et al., 2007; Maori et al., 2007). Die RNS-Entnahme erfolgte gemäß standardisierter Verfahren (RNeasy Kit, Qiagen), wie bereits zuvor beschrieben (Genersch, 2005; Yue et al., 2006). Auf Grund der relativ geringen Probengröße und der gemeinsamen Untersuchung mehrerer Bienen ist es nicht möglich zu erfassen, wenn nur einige wenige Bienen des jeweiligen Volkes infiziert sind. Infektionsraten ab 20% (Fries et al., 1984), welche als biologisch relevant gelten, lassen sich aber feststellen. Zudem haben jüngste Studien gezeigt, dass eine Untersuchung einzelner Bienen keinen Vorteil gegenüber der Untersuchung von Gruppen von Bienen bringt und dass eine Gruppe von 20 Bienen ausreichend ist, um eine zuverlässige Messung des Virenbefalls von Bienenvölkern vorzunehmen (Highfield et al., 2009). Um die viralen RNS zu diagnostizieren, wurde gemäß standardisierter Verfahren (One-step RT-PCR kit; Qiagen) wie bereits zuvor beschrieben (Genersch, 2005; Yue et al., 2006) eine Ein-Schritt-Reverse Transkriptase-Polymerase-Kettenreaktion (one-step RT-PCR) durchgeführt. Dabei wurde folgendes Temperaturschema befolgt: 30 Minuten bei 50°C, 15 Minuten bei 95°C, gefolgt von 35 Zyklen mit 30 Sekunden bei 94°C, 30 Sekunden bei der optimalen Anlagerungstemperatur (Tabelle II), 30 Sekunden bei 72 °C gefolgt von einer abschließenden Verlängerung von 10 Minuten bei 72 °C. Das Produkt der Polymerase-Kettenreaktion (5 µl pro Reaktion) wurde in einem einprozentigen Agarose-Gel untersucht. Zur Sichtbarmachung bei UV-Licht war das Agarose-Gel mit Ethidiumbromid versetzt. Eine

Korrelation zwischen der elektrophoretischen Mobilität der Amplikons und deren erwartete Größe (Tab. II) galt als spezifischer Nachweis. Die Spezifität der Amplikons wurde außerdem anhand der Sequenzierung (Medigenomix) zufällig ausgewählter Amplikons überprüft.

In den ersten beiden Projektjahren wurden entsprechend der Richtlinien des Internationalen Tierseuchenamts (OIE) und basierend auf Protokollen des Deutschen Nationalen Referenzlabors für Bienenkrankheiten (Freiburg) die Proben auch auf Amerikanische Faulbrut (*Paenibacillus larvae*) und Tracheenmilben (*Acarapis woodi*) getestet. Allerdings wurden keine Tracheenmilben nachgewiesen, und Amerikanische Faulbrut wurde nur selten diagnostiziert. Daher stellte man diese Untersuchungen aus Kostengründen ein.

Tabelle II: Primersequenzen zum Nachweis von Viren

Virus	Primersequenz	Ampli-kon-länge	An-lagerungs-temperatur	Quelle
KBV	5'GATGAAACGTCGACCTATTGA 3' 5'TGTGGGTTGGCTATGAGTCA 3'	414 bp	50,5	(Stoltz et al., 1995)
ABPV	5'CATAATTGGCGAGCCACTATG 3' 5'CCACTTCCACACAACTATCG 3'	398 bp	49,5	(Bakonyi et al., 2002)
DWV	5'CCTGCTAATCAACAAGGACCTGG 3' 5'CAGAACCAATGTCTAACGCTAACCC 3'	355 bp	52,0	(Genersch, 2005)
SBV	5'GTGGCA GTGTCAGATAATCC 3' 5'GTCAGAGAATGCGTAGTTCC 3'	816 bp	52,0	(Yue et al., 2006)
IAPV	5'GAGCGTCGATCCCCGTATGG 3' 5'TCCATTACCACTGCTCCGACAC 3'	524 bp	55,0	(Maori et al., 2007)

2.4 Rückstandsanalysen

Für die Rückstandsanalyse wurden nach der Rapsblüte (*Brassica napus*) Proben von Bienenbrot (circa 10 × 10 cm) entnommen. Für Honigbienen in Deutschland stellt Raps eine der wesentlichen Nektar- und Pollenquellen dar, kann jedoch angesichts der während der Blütezeit eingesetzten Saatbeizmittel und versprühten Pestizide auch schädliche Auswirkungen auf die Bienen haben. Da die meisten Pestizide lipophil sind, lässt sich die Pestizidbelastung eines Honigbienenvolkes am besten anhand des Pollens messen. In den Jahren 2005 und 2006 wurden fünfzig Imkereien für eine Rückstandsanalyse auf Grundlage einer mikroskopischen Pollenanalyse des Honigs ausgewählt. Auf Grund der potenziellen Pestizidbelastung eigneten sich hierzu ausschließlich Honige mit einem hohen Anteil an Rapsnektar. 2007 wurden Bienenbrotproben von fast allen Bienenständen (n = 110) untersucht.

Alle Proben wurden in zwei Teile aufgeteilt: ein Teil für die Pollenuntersuchung und ein Teil für die Rückstandsanalyse. Zur chemischen Analyse wurde eine Multimethode (LC-MS/MS, GC-MS) an die Bedingungen des Bienenbrots angepasst, anhand derer sich 258 aktive Bestandteile feststellen und quantifizieren ließen. Hierfür wurden 5 g Bienenbrot mit Acetonitril extrahiert. Nachdem das Ganze über Nacht auf minus –20 °C abgekühlt wurde und so Fett und verbleibende Proteine entfernt wurden, wurde mittels Gel-Permeations-Chromatographie (GPC) das Lösungsmittel abgetrennt. Mithilfe von Festphasenextraktionskartuschen, die C18, Aminopropyl und graphitierten Ruß enthielten, wurde das Extrakt ein weiteres Mal gereinigt. Das endgültige Extrakt wurde mittels GC-MS und LC-MS/MS auf 258 Pestizide

und Pestizidmetabolite untersucht. Die Bestimmungsgrenzen lagen zwischen 3 und 10 µg/kg, beziehungsweise in einigen Fällen bei 15 µg/kg. Für alle Neonicotinoide lag die Nachweisgrenze bei 1 µg/kg.

2.5 Auswirkungen von Standorten in der Nähe von Rapspflanzen

2006 wurde eine Untersuchung bezüglich der möglichen Auswirkungen von Raps auf die Überwinterung von Honigbienenvölkern durchgeführt. Aus Fassproben wurden Honige aus der ersten Ernte von verschiedenen Bienenständen, die jeweils unterschiedlichen Zugang zu Rapspflanzen hatten, auf den jeweiligen Anteil an Rapspollen untersucht ($n = 142$). Anschließend berechnete man für die untersuchten Völker den Überwinterungsquotienten von Oktober 2006 bis März/April 2007 und setzte diesen in Beziehung zu der mithilfe von mikroskopischen Untersuchungen ermittelten Menge an Rapspollen.

Tabelle III: Befall mit *Varroa destructor* – Bestimmung der Befallsstärke bei im Herbst entnommenen Proben adulter Bienen – sowohl für alle Völker als auch getrennt für überlebende beziehungsweise anschließend zu Grunde gegangene Völker

Befallsstärke in % \pm Standardabweichung (sd)						
	2004	2005	2006	2007	Σn	P-Wert ¹
Alle Völker (N)	3,1 \pm 5,8 (315)	4,7 \pm 8,9 (1065)	4,4 \pm 8,6 (1092)	5,1 \pm 8,5 (1117)	(3589)	
Überlebende Völker (N)	3,1 \pm 5,9 (311)	3,2 \pm 5,9 (927)	3,5 \pm 6,7 (1013)	3,6 \pm 6,4 (966)	(3217)	
Zu Grunde gegangene Völker (N)	1,7 \pm 2,0 (4)	14,6 \pm 17,0 (138)	16,5 \pm 18,0 (79)	14,8 \pm 13,5 (151)	(372)	< 0,000001

¹ Der Vergleich des Varroabefalls im Oktober erfolgte mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests.

2.6 Datenauswertung und statistische Analyse

Alle Daten wurden in eine zentrale Datenbank eingegeben, die speziell für dieses Projekt programmiert worden war. Jeder Datensatz enthält die vollständigen Kennzahlen für ein Volk in einem Jahr (das heißt, Bestimmungsgrößen für das entsprechende Volk aus der Herbst, Frühjahrs- und Sommerstudie, wie die Volksstärke, sämtliche Bienenhaltungspraktiken, beispielsweise Art, Zeitpunkt und Anzahl der Varroabehandlungen, Wanderbewegungen, Honigertrag, Völkerhaltung und die Angaben aus dem Fragebogen (vgl. Abschnitt 2.3.1) sowie alle Labordaten, wie Untersuchungen von Honig, Pollen und Krankheitserregern). Zur statistischen Analyse wurden ausschließlich vollständige Datensätze herangezogen. Darüber hinaus wurden diese vollständigen Datensätze zunächst einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Letzten Endes konnte man von den insgesamt 5198 Datensätzen mit Völkerdaten nur 4313 für die statistische Untersuchung nutzen.

Einige Kennzahlen, wie zum Beispiel der Befall mit *Nosema* spec. im Herbst und der Virenbefall von Honigbienen, wurden nicht jedes Jahr bei allen Völkern ermittelt, weshalb für

diese Kennzahlen nur eine beschränkte Anzahl von Datensätzen zur Untersuchung zur Verfügung stand. Die genaue Anzahl der für die jeweiligen Kennzahlen verwendeten Datensätze ist dem Ergebnisteil (Tabellen III und VI) zu entnehmen.

Der Vergleich zwischen überlebenden und zu Grunde gegangenen Völkern erfolgte unter Heranziehung nicht parametrischer Tests, da die grundlegenden Annahmen parametrischer Tests (das heißt Normalverteilung und konstante Varianz) nicht gegeben waren. Alle statistischen Untersuchungen wurden unter Verwendung von Statistica 6.0 vorgenommen. Der Kruskal-Wallis- und der Median-Test zeigten, dass es zwischen den einzelnen Jahren keine signifikanten Unterschiede in der Verteilung der Völkerverluste gab ($P > 0,05$). Deshalb wurden die Datensätze der vier Jahre gemeinsam analysiert. Für jede in Tabelle III und VI angegebene Kennzahl wurden nicht parametrische Mann-Whitney U-Tests (Varroabefall) und Chi²-Tests (Honigbienenviren, Nosemabefall, imkerliche Betriebsweisen) durchgeführt, indem die Überlebensraten in befallenen Völkern mit denen in nicht befallenen Völkern verglichen wurden. Dabei galt ein P -Wert $< 0,05$ als signifikanter Wert.

3. ERGEBNISSE

3.1 Völkerverluste im Winter

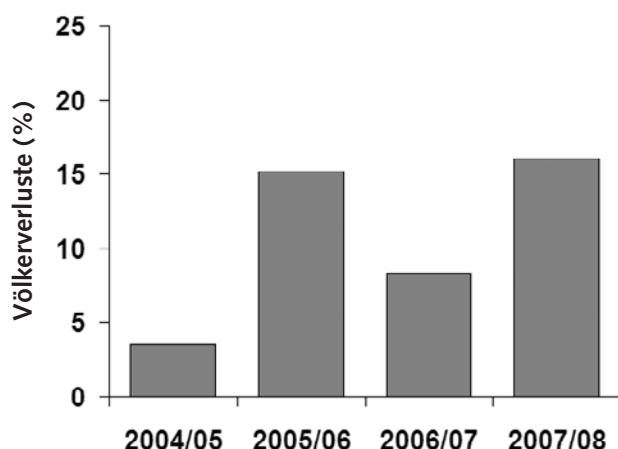
Man sollte an dieser Stelle erwähnen, dass die an der Studie teilnehmenden Imker generell mit der Entwicklung ihrer Völker während der im Projektzeitraum liegenden Bienensaisons zufrieden waren. Dies bestätigen zudem die durchschnittlichen Honigerträge von 39,5 kg pro Bienenvolk im Jahr 2005, 49,0 kg im Jahr 2006 und 46,3 kg im Jahr 2007. 504 der insgesamt 4393 Völker, die über den Zeitraum von vier Jahren an der Untersuchung teilnahmen, gingen über den Winter zu Grunde. Die meisten von ihnen wiesen jedoch nicht die beschriebenen Symptome des Völkerkollapses (CCD) auf (vanEngelsdorp et al., 2007). Bei 80 der zu Grunde gegangenen Völker waren die Gründe für den Kollaps eindeutig zu erklären: Verlust der Königin (50), Futtermangel (17), Frevel (12) und Amerikanische Faulbrut (1). Diese Völker wurden bei der anschließenden statistischen Auswertung nicht berücksichtigt. Um die Gründe für die unerklärlichen oder nur schwer nachvollziehbaren Winterverluste genauer zu erforschen, standen somit 3889 überlebende und 424 zu Grunde gegangene Völker zur weiteren Untersuchung zur Verfügung.

Die durchschnittlichen Winterverluste bewegten sich zwischen 3,8% im Winter 2004/05 und 15,2% im Winter 2005/06 (Abbildung 3). Allerdings waren die Verluste nicht gleichmäßig unter den teilnehmenden Imkern verteilt. Eine Analyse aller Datensätze der vier Jahre ergab, dass die meisten Imker während des Projektzeitraums keine oder nur geringe Völkerverluste zu verzeichnen hatten, und nur in 14,2% der untersuchten Fälle die Verlustrate über 20% lag (Abbildung 4). Diese Verteilung – viele Imker mit keinen oder geringen Völkerverlusten und wenige Imker mit hohen Verlusten – war für alle vier Winter ähnlich, wie der Kruskal-Wallis- und der Median-Test bestätigten ($P > 0,05$). Neben den jährlichen Schwankungen der Winterverluste waren auch regionale Schwankungen zu beobachten. Doch diese regionalen Unterschiede waren nicht über den gesamten Vierjahreszeitraum gleich. Des Weiteren ließen sich höhere Völkerverluste nicht durchweg mit bestimmten Imkern und bestimmten Bienenständen in Verbindung bringen.

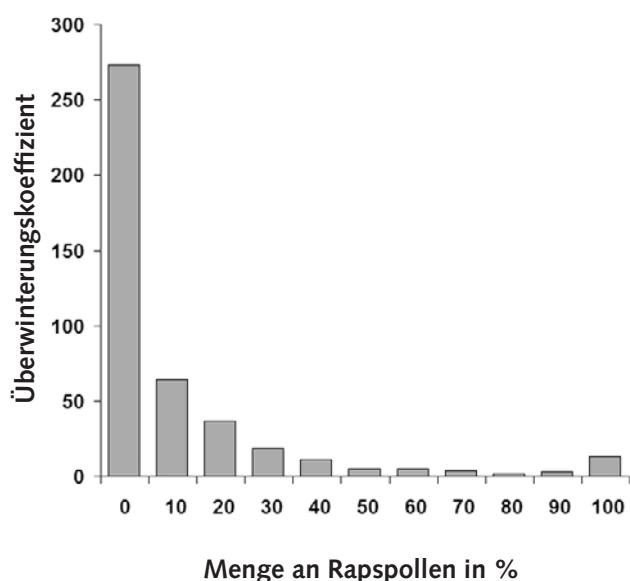
Tabelle IV:

Befallshäufigkeit mit *Nosema* spec. und Honigbienenviren bei adulten Bienenproben vom Herbst

		2004	2005	2006	2007	Σn
<i>Nosema</i>	n		164	688	1072	1924
	positiv (%)		31,1	21,4	13,8	
	starker Befall (%)		1,2	0,7	2,4	
ABPV	n	182	276	296	350	1104
	positiv (%)	8,8	5,8	6,4	11,7	
SBV	n	182	276	296	350	1104
	positiv (%)	15,4	9,8	5,4	7,4	
DWV	n	182	276	296	350	1104
	positiv (%)	4,4	11,2	20,6	33,4	
KBV	n	182	218	196	—	596
	positiv (%)	0,0	0,0	1,0	—	
IAPV	n	—	—	—	341	341
	positiv (%)	—	—	—	0,0	

**Abbildung 3:**

Anteil der zu Grunde gegangenen Völker gemessen an der Gesamtzahl der untersuchten Völker der während des vierjährigen Beobachtungszeitraums am Projekt teilnehmenden Imker. Für jedes Jahr wurde die Anzahl der zu Grunde gegangenen Völker im Verhältnis zur Gesamtzahl der am Projekt teilnehmenden Völker berechnet.

**Abbildung 4:**

Durchschnittliche Verteilung der Völkerverluste in den Wintern 2004/05 – 2007/08 (n = 436 Imker). Ein Datensatz entspricht einem Imker mit 10 Völkern.

3.2 Auswirkungen von Krankheitserregern und Parasiten auf Winterverluste unter Bienenvölkern

Die Zahlen zum Varroabefall im Oktober sind Tabelle III zu entnehmen. Für *Varroa destructor* lag die Befallsrate zwischen 3,1% im Jahr 2004 und 5,1% im Jahr 2007. Es ließ sich ein aus statistischer Hinsicht hochsignifikanter ($P < 0,000001$) Unterschied zwischen der Varroa-Befallsrate überlebender Völker und der Varroa-Befallsrate von Völkern, die über den Winter zu Grunde gingen, nachweisen. Bei gemeinsamer Betrachtung aller Datensätze war zu erkennen, dass der durchschnittliche Varroabefall bei überlebenden Völkern (Mittelwert \pm Standardfehler (s.e.): $3,4 \pm 0,1$) deutlich geringer war als bei Völkern, die den Winter nicht überlebten (Mittelwert \pm Standardfehler (s.e.): $15,1 \pm 0,7$). Selbst wenn man die enorme Standardabweichung der einzelnen Jahreswerte mit berücksichtigt, könnte der Schädigungsgrad einiger Völker bereits über dem Grenzwert von mehr als 10 Milben pro 100 Bienen im Herbst (Liebig, 2001) gelegen haben (Abbildung 5). Stellt man den Zusammenhang zwischen Völkersterben und 'Varroamilben pro 100 Bienen' grafisch dar, so erkennt man, dass bereits bei 10 Milben pro 100 Bienen circa 20% der Völker über den Winter kollapsgefährdet waren; waren Völker im Herbst mit mehr als 20 Milben pro 100 Bienen befallen, so war bei durchschnittlich 50% der betroffenen Völker mit einem Zusammenbruch zu rechnen (Abbildung 5). Es bestand eine eindeutige Korrelation zwischen Winterverlusten und Varroa-Befallsraten (Spearmans Rangkorrelationskoeffizient $r = 0,996$, $P < 0,00001$).

Die Infektionsraten für *Nosema*-Infektionen schwankten im Herbst zwischen $\sim 31\%$ nosemapositiven Völkern im Jahr 2005 (bei einer relativ geringen Anzahl von Völkern) und weniger als 14% im Jahr 2007 (Tabelle IV). Bei den meisten infizierten Völkern lag nur eine schwache *Nosema*-Infektion vor; lediglich bei 0,7 bis 2,4% der Völker handelte es sich um eine starke Infektion.

Des Weiteren wurden im Rahmen einer qualitativen Analyse Bienenproben auf DWV, ABPV, SBV KBV und IAPV untersucht (Tabelle IV). Während ein Befall mit KBV und IAPV nie beziehungsweise nur in äußerst seltenen Fällen (1,0%) nachgewiesen werden konnte, traten DWV, ABPV und SBV häufiger auf. Das Auftreten dieser drei Viren variierte unabhängig voneinander von Jahr zu Jahr. Der Befall mit ABPV schwankte zwischen 5,8% im Herbst 2005 und 11,7% im Herbst 2007. Der Prozentsatz positiver SBV-Proben bewegte sich zwischen 5,4% im Jahr 2006 und 15,4% im Jahr 2004, während der Infektionsnachweis für DWV zwischen 4,4% im Jahr 2004 und 33,4% im Jahr 2007 lag. Allgemein lässt sich festhalten, dass bei den Völkern, von denen Proben entnommen und untersucht wurden, der stärkste Virenbefall in der Saison 2007/2008 festzustellen war.

Neben dem eindeutigen Zusammenhang zwischen der Varroabefallsrate und den Winterverlusten eines Volkes traten zudem DWV und ABPV in Völkern, die über den Winter zusammenbrachen, deutlich häufiger auf als in Völkern, die überlebten (Tabelle V). Für SBV und *Nosema* spec. ließ sich kein Zusammenhang mit Winterverlusten nachweisen (Tabelle V). Eine Untersuchung der überlebenden und im Winter zusammengebrochenen Völker auf mögliche Virusinfektionen mithilfe von Chi²-Tests ergab, dass ein Auftreten von DWV im Herbst mit einer überraschend hohen Signifikanz ($P = 0,00001$) mit Winterverlusten einherging. Oder anders ausgedrückt: Völker, in denen im Herbst klinisch infizierte Bienen (Nachweis viraler DWV-RNS in der gesamten RNS des Kopfes) vorhanden waren, hatten im Winter geringere Überlebenschancen als Völker, die negativ auf DWV getestet worden waren. Ein ähnlicher Zusammenhang ließ sich auch für ABPV belegen. Auch hier bestand eine eindeutige Korrelation zwischen einer im Herbst bestehenden ABPV-Infektion und einem Völkerverlust im darauf folgenden Winter ($P = 0,0039$).

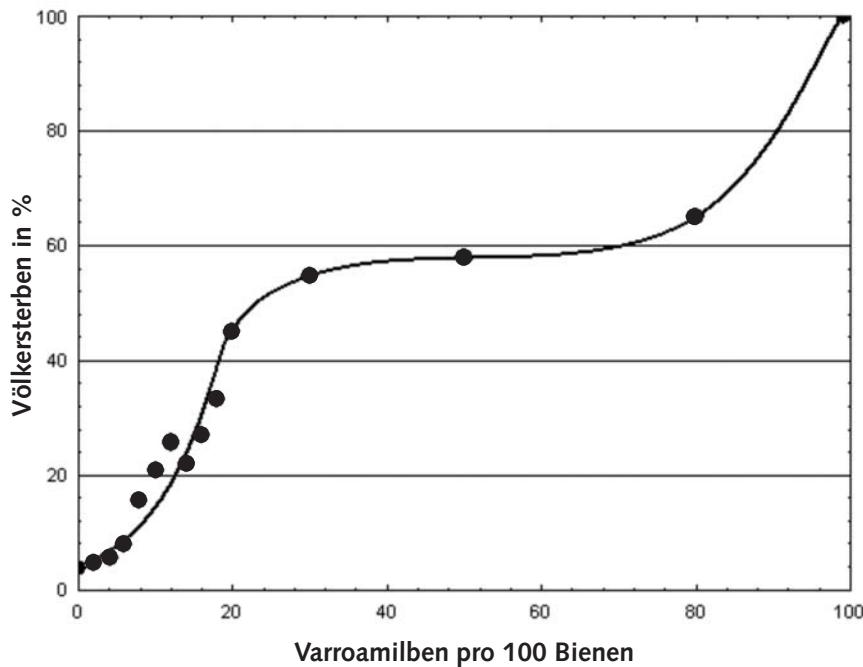


Abbildung 5:
Zusammenhang
zwischen
Völkersterben
im Winter und
Varroabefallsraten,
gemessen als
Anzahl der Milben
pro 100 Bienen

3.3 Auswirkungen imkerlicher Betriebsweisen auf Überwinterungsverluste

Mögliche Auswirkungen hinsichtlich der Verwendung unterschiedlicher Materialien zum Bau der Bienenbeuten (Holz im Gegensatz zu Styropor) sowie im Hinblick auf den „Ausgangsbedingungen“ des Bienenvolkes (Tabelle VI) ließen sich nicht bestätigen. Letzteres bezieht sich auf die gängige Praxis deutscher Imker, zum Ende einer Saison neue Völker zu bilden, um stärkere und/oder gesündere Völker für die Überwinterung zu haben. Diese neuen Völker können entweder als Ableger (n) erstellt werden oder aus unterschiedlichen Zusammensetzungen von Ablegern und „alten“ Völkern (o) bestehen (Tabelle VI). Ein Vergleich sämtlicher möglicher Völkerarten (n, o, n+n, o+o, n+o) ergab keinerlei statistische Signifikanz (Chi^2 , $df = 4$; $1,75$; $P = 0,78$).

Erhebliche Auswirkungen ließen sich dagegen für das Alter der Königin nachweisen: Völker, die den Winter überlebten, hatten im Durchschnitt deutlich jüngere Königinnen als Völker, die über den Winter zu Grunde gingen (Chi^2 , $P < 0,000001$, Tab. VI). Anders ausgedrückt: Unabhängig von dem soeben erwähnten Ausgangszustand eines Volkes senkten junge Königinnen das Risiko eines Völkerkollapses über den Winter. Auch die Volksstärke (= Anzahl der Bienen) im Oktober wirkte sich nachweislich auf den Überwinterungserfolg aus: Die 3889 überlebenden Völker belegten während des Vierjahreszeitraums durchschnittlich $12,3 \pm 5,1$ Wabengassen, die zu Grunde gegangenen Völker dagegen nur $10,0 \pm 5,4$. Diese Unterschiede waren hochsignifikant (Chi^2 , $P < 0,000001$, Tabelle VI).

Tabelle V:

Auswirkungen von Infektionen mit Krankheitserregern und Parasitenbefall im Oktober auf Winterverluste bei Honigbienen

Faktor	Untersuchte Völker insgesamt	Anzahl überlebender Völker			Anzahl zu Grunde gegangener Völker			P-Wert (Chi ²)
		gesamt	Krankheitserreger positiv	Krankheitserreger negativ	gesamt	Krankheitserreger positiv	Krankheitserreger negativ	
DWV	1104	995	173	822	109	44	65	0,00001
ABPV	1104	995	75	920	109	17	92	0,0039
KBV	596	543	2	541	53	0	53	0,658
SBV	1104	995	99	896	109	6	103	0,202
<i>Nosema</i> spec.	1924	1744	317	1427	180	29	151	0,492

Tabelle VI:

Auswirkungen imkerlicher Betriebsweisen auf Überwinterungsverluste bei Honigbienen

Faktor	Untersuchte Völker insgesamt	Überlebende Völker insgesamt	Zu Grunde gegangene Völker insgesamt	P-Wert
Art des Bienenstandes	4313	3889 Holz / Styropor (2594) / (1295)	424 Holz / Styropor (282) / (142)	0,94 (Chi ²)
Ausgangszustand ¹	4293	3876 O N C (2731) (724) (421)	417 O N C (317) (65) (35)	0,78 (Chi ²)
Alter der Königin in Jahren (n)	4021	3639 0 1 2 3 4 (2002)(1238)(192)(5)(2)	382 0 1 2 3 4 (156)(181)(45)(0)(0)	0,0052 (Chi ²)
Volksstärke im Oktober (Rähmchen mit Bienen \pm sd)	4313	3889 12,3 \pm 5,1	424 10,0 \pm 5,4	< 0,000001 (T-test)

¹ Altes Volk aus dem Vorjahr (O), während der Sommersaison neu gebildetes Volk (N) oder gemischte Völker (C) entweder o + o, o + n, n + n

3.4 Auswirkungen von Raps auf den Überwinterungsquotienten

Die Korrelationsanalyse ergibt eine positive, jedoch nicht signifikante Korrelation zwischen der Menge an Rapspollen in den im Sommer geernteten Honigen und dem Überwinterungskoeffizienten (Abb. 6). Daher ließ sich die Annahme, dass ein intensiver Kontakt von Honigbienenvölkern mit Raps sich negativ auf deren Überwinterung auswirkt, nicht bestätigen.

3.5 Rückstandsanalysen von Pestiziden in Bienenbrot

In den 105 untersuchten Proben aus den Jahren 2005 und 2006 wurden insgesamt 42 Wirkstoffe gefunden (Tabelle VII). In vielen positiv getesteten Proben fand sich zudem mehr als nur eine wirksame Substanz. In lediglich 25 Proben traten keine messbaren Verunreinigungen auf (gegebenenfalls lagen sie unterhalb der Nachweisgrenze). Die häufigsten Wirkstoffe waren Coumaphos (46, Varroabehandlung), Boscalid (35, Fungizid) und Terbuthylazin (32, Herbizid). Einigen Proben enthielten relativ hohe Rückstandsmengen (beispielsweise das Herbizid Azoxystrobin und das Fungizid Tolyfluanid). Allerdings korrelierten diese hohen Rückstandsmengen nicht mit einer schlechteren Entwicklung des entsprechenden Bienenvolkes. Hinsichtlich des Überwinterungsquotienten bestand kein signifikanter Unterschied zwischen Imkereien, in denen keine Pestizidrückstände im Bienenbrot nachzuweisen waren, und Imkereien mit höheren Rückstandsmengen (mehr als 10 µg/kg von mindestens einer Substanz); $\text{Chi}^2 P = 0,999$; F-Test $P = 0,938$; $n = 40$, Bienenbrot 2006, Überwinterung 2006–2007). Das am stärksten verbreitete Insektizid war Thiacloprid (9, max. 199 µg/kg). Weitere Insektizide, die nachgewiesen wurden, waren Dimethoat (3 Proben), Azetamiprid (2), Pirimicarb (2), Tau-Fluvalinat (2) und Lambda-Cyhalothrin (1). In all diesen Fällen lag die Menge aktiver Substanzen unter 10 µg/kg, mit Ausnahme von Dimethoat (20 µg/kg).

Die Ergebnisse der 110 Bienenbrotproben aus dem Jahr 2007 unterschieden sich in Bezug auf den Anteil positiver Proben und die Menge vorhandener wirksamer Substanzen nicht wesentlich von den Proben der Jahre 2005 und 2006. In den 110 Proben wurden 42 wirksame Substanzen zwischen 1- und 67-mal nachgewiesen (Tab. VII). Die häufigsten Wirkstoffe waren auch in diesem Fall Coumaphos (33-mal), Boscalid (67-mal), Thiacloprid (62-mal) und Terbuthylazin (48-mal).

Auf Grund ihrer hohen Toxizität für Bienen galt den Neonicotinoiden besondere Aufmerksamkeit. Jedoch ließ sich Clothianidin in keiner und Imidacloprid lediglich in einer (3 µg/kg) der insgesamt 215 zwischen 2005 und 2007 entnommenen Proben nachweisen.

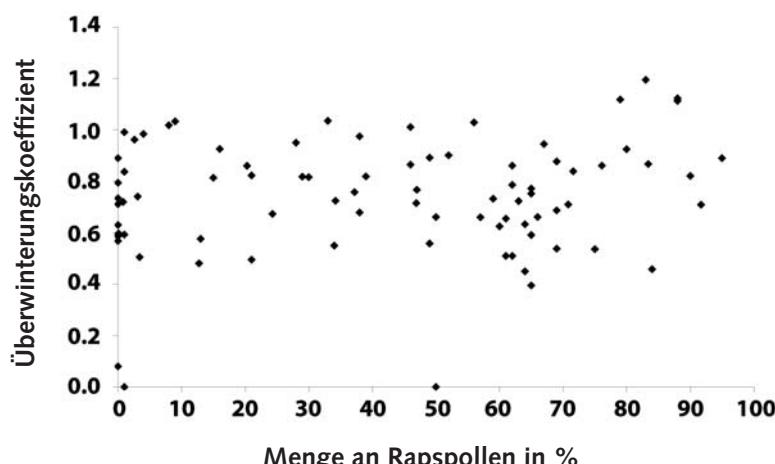


Abbildung 6:
Zusammenhang zwischen der Menge an Rapspollen in Honig, der im Sommer 2006 geerntet wurde, und dem Überwinterungsquotienten der Völker im darauf folgenden Winter 2006/2007. Die statistische Analyse dieser Daten nach Pearson ergab keine Korrelation ($r = 0,173$, $P = 0,12$).

4. Diskussion

Das Deutsche Bienen-Monitoring-Projekt stellt aus verschiedenen Gründen eine weltweit einzigartige Vorgehensweise zur Untersuchung ungewöhnlich hoher Winterverluste dar:

1. Das Projekt wurde in Form einer engen Kooperation zwischen Imkern und Bienenwissenschaftlern ins Leben gerufen und ermöglicht die Beobachtung von Bienenvölkern, die von „normalen“ Imkern gehalten werden, während diese weiter wie gewohnt ihren imkerlichen Praktiken nachgehen.
2. Um eine möglichst repräsentative Untersuchung der Bienenhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung regionaler Besonderheiten durchführen zu können, waren die teilnehmenden (circa 120) Imkereien mit mehr als 1.200 Völkern über ganz Deutschland verteilt.
3. Man begann eine langfristige Studie zur Beobachtung jährlicher Schwankungen.
4. Sämtliche Daten zu Bienenpathologie, Rückstandsanalysen von Bienenbrot sowie Informationen zu den Umweltbedingungen in der Nähe des Bienenstandes und der imkerlichen Betriebsweise wurden festgehalten, um diese im Hinblick auf Winterverluste unter Bienenvölkern zu analysieren.

Ein solches Projekt geht mit einem enormen Arbeitsaufwand hinsichtlich der allgemeinen Koordination des Projekts, der Betreuung der teilnehmenden Imker und der Pflege der zentralen Datenbank einher. Allerdings funktionierte die Zusammenarbeit mit den Imkern relativ gut und ohne größere Konflikte, was auch daran zu erkennen ist, dass es im Laufe der Jahre eine bemerkenswert niedrige Fluktuation von weniger als 5% unter den Teilnehmern gab. Dies war und ist eine entscheidende Voraussetzung für die geplante langfristige Fortsetzung des Monitoring-Projekts. Generelles Ziel dieses Projekts war es 1.) das Auftreten periodisch hoher Winterverluste anhand nachweisbarer Daten zu untersuchen und 2.) derartige Verluste mit den im Rahmen des Projekts analysierten Faktoren zu korrelieren.

Tabelle VII : Anzahl der Pollenproben aus den Jahren 2005 und 2006 (Gesamtzahl n = 105) und dem Jahr 2007 (Gesamtzahl n = 110) mit positivem Testergebnis für die untersuchten Pestizide

	Wirkstoff	2005 und 2006	2007
Insektizide / Akarizide	Azetamiprid	2	0
	Bromopropylat	8	4
	Clofentezin	1	0
	Coumaphos	46	33
	Dimethoat	3	3
	Fenpyroximat	0	2
	Flufenoxuron	0	1
	Imidacloprid	0	1
	Indoxacarb	0	1
	Lambda-Cyhalothrin	1	2
	Methiocarb	0	22
	Methoxyfenozid	0	5
	Pirimicarb-desmethyl	0	7
	Pirimicarb	2	3
	Tau-Fluvalinat	2	4

	Wirkstoff	2005 und 2006	2007
Insektizide / Akarizide	Tebufenozid	2	4
	Tebufenpyrad	0	1
	Thiacloprid	9	62
Fungizide	Azoxystrobin	10	12
	Bitertanol	2	0
	Boscalid	35	67
	Carbendazim	6	7
	Cymoxanil	3	0
	Cyproconazol	4	0
	Cyprodinil	11	0
	Difenconazol	1	3
	Dimethomorph	3	0
	Diphenylamin	0	2
	Epoxiconazol	0	1
	Fenpropimorph	1	7
	Fludioxonil	8	13
	Flusilazol	2	3
	Iprodion	2	1
	Iprovalicarb	1	1
	Kresoxim-methyl	0	4
	Metalaxyl	4	0
	Myclobutanil	5	3
	Penconazol	0	1
	Pyraclostrobin	2	10
	Pyrimethanil	0	6
	Tebuconazol	12	3
	Tolyfluanid	4	2
	Triadimenol	1	0
	Trifloxystrobin	3	0
	Vinclozolin	0	1
Herbizide	Chloridazon	5	3
	Ethofumesat	3	3
	Isoproturon	6	25
	Metamitron	1	4
	Metobromuron	1	0
	Metolachlor	7	15
	Metoxuron	2	0
	Metribuzin	1	0
	Pendimethalin	1	0
	Prosulfocarb	2	18
	Terbutylazin	32	44

4.1 Völkerverluste

In Deutschland werden bereits seit mehr als 50 Jahren regelmäßig Winterverluste von 30% und mehr unter Bienenvölkern verzeichnet (Gnädinger, 1984) und seit Kurzem melden auch andere Länder ähnliche Zahlen (Ellis et al., 2010; Giray et al., 2010; vanEngelsdorp et al., 2008). Während der vier Winter von 2004/05 bis 2007/08 bewegten sich die durchschnittlichen Winterverluste aller am Monitoring-Projekt teilnehmenden Imker jedoch lediglich zwischen 4% und 15%, in einigen Regionen verzeichnete man allerdings zum Teil höhere Verluste. Die Zusammenarbeit mit erfahrenen Imkern hat den Vorteil, dass grundlegende Fehler in der Bienenhaltung normalerweise nur sehr selten auftreten und daher überraschende Völkerverluste im Normalfall nicht auf Fehler in der imkerlichen Betriebsweise zurückzuführen sind. Diese Annahme wird zudem dadurch bestätigt, dass lediglich 12 der 4393 beobachteten Völker auf Grund von Nahrungsmangel im Winter zu Grunde gegangen sind.

Die Überwinterungsverluste waren nicht gleichmäßig unter den teilnehmenden Imkern verteilt. Wenn man die Daten aller vier Jahre zusammen analysiert, so lagen nur in 14,2% aller Fälle die Verlustraten bei über 20%. Dies wiederum bedeutet, dass die meisten Imker nur geringe oder mittlere Verluste zu verzeichnen hatten. Da jedoch höhere Völkerverluste nicht unbedingt durchweg bei bestimmten Imkern oder auf bestimmten Bienenständen auftraten, kann man daraus ableiten, dass die Völkerverluste während unseres Monitoring-Projekts sich nicht ausschließlich auf den Faktor „Imker“ zurückführen lassen.

4.2 Gründe für Völkerverluste

Das Deutsche Bienen-Monitoring-Projekt lieferte den statistischen Nachweis, dass bestimmte Faktoren für die Winterverluste unter Bienenvölkern verantwortlich sind. Folgende Faktoren konnten identifiziert werden: 1.) starker Milbenbefall, 2.) klinisch relevante DWV-Infektionen im Herbst, 3.) ABPV-Infektionen im Herbst, 4.) alte Königinnen und 5.) relative Schwächung des Volkes vor der Überwinterung. Hauptgrund für die Überwinterungsprobleme war zweifelsohne der Befall mit der ektoparasitischen Milbe *Varroa destructor*, gefolgt von Virusinfektionen. Trifft einer der oben genannten Faktoren auf ein Bienenvolk zu, so hat dieses gemäß den Ergebnissen des Projekts eine eher geringe Chance, den Winter zu überleben.

Den größten Einfluss auf die Winterverluste unter Honigbienenvölkern hatte eindeutig der Befall eines Volkes mit *Varroa destructor* im Herbst. Um die Befallsstärke zu messen, verwendete man als Maßeinheit die im Oktober ermittelte Anzahl an „Varroa-Milben pro 100 Bienen“. Zu diesem Zeitpunkt haben Honigbienenvölker in Deutschland bereits ihr Wintervolk aufgebaut und haben üblicherweise nur eine geringe beziehungsweise keine Brut. Man geht davon aus, dass Varroaschäden bei Bienenvölkern bereits durch den Milbenbefall im Spätsommer entstehen, wenn das Wirtsvolk kleiner wird, der relative Parasitenbefall steigt und infolgedessen die Produktion gesunder, langlebiger Winterbienen beeinträchtigt wird (Amdam et al., 2004; Fries et al., 1994). Offenbar stellt die Messung der Befallsrate der „Oktoberbienen“ jedoch eine hervorragende Möglichkeit dar, um das Risiko des Völkerverlustes im Winter abzuschätzen. Befallsraten zwischen 0 und 20% gehen gewöhnlich mit einem nahezu exponentiellen Anstieg der Winterverluste einher. Aus Abbildung 5 lässt sich entnehmen, dass die Befallsgrenze, bei der die durchschnittlichen Völkerverluste im Winter weniger als 10% ausmachen und sich damit in einem akzeptablen Bereich bewegen, bei 6% liegt. Dies bestätigen auch die Ergebnisse kürzlich durchgeföhrter Feldstudien (Liebig 2001), die zeigen, dass bei Befallsraten von über 7% das Überleben von Bienenvölkern unter den in

Deutschland herrschenden Bedingungen im Winter gefährdet ist. In den USA (Delaplane und Hood, 1999) sowie in Kanada (Currie und Gatien, 2006) geht man davon aus, dass erst ab einer Befallsrate von 10% und mehr wirtschaftliche Schäden entstehen. Unseren Ergebnissen zufolge dürften diese Obergrenzen zumindest für deutsche Bedingungen zu hoch sein. Überlebende Völker hatten eine durchschnittliche Befallsrate von circa 3%, wohingegen die Befallsrate bei Völkern, die zu Grunde gingen, im Durchschnitt fünf Mal so hoch war, es allerdings große Schwankungen gab (Tabelle III). Zudem muss man bei stärker befallenen Völkern, die nicht zu Grunde gegangen sind, mit subletalen Schäden rechnen, die sich möglicherweise auf die Entwicklung des Bienenvolkes im Frühjahr nach der Überwinterung auswirken könnten.

Erstaunlicherweise stieg die Wintersterblichkeit bei Völkern mit Befallsraten zwischen 30% und 80% nur von circa 55% auf etwa 65% an (Abb. 5). Dies steht einerseits im Widerspruch zu Feldversuchen, wonach Völker, die im Sommer Befallsraten von mehr als 30% aufweisen und nicht behandelt werden, keine Chance haben, den nächsten Winter zu überleben (Fries et al., 2003; Rosenkranz et al., 2006). Andererseits erhielt man jedoch auch für Bienenvölker, die in kaltem Klima gehalten wurden, ähnliche Zahlen wie die aus der gegenwärtigen Studie (Strange und Sheppard, 2001). Die beobachteten Völker, die trotz hoher Varroa-Befallsraten überlebten, sind daher eventuell nach der Produktion der Winterbienen einer Reinvaskion zum Opfer gefallen (Goodwin et al., 2006; Greatti et al., 1992; Renz und Rosenkranz, 2001), oder litten möglicherweise nicht unter Sekundärinfektionen.

Zudem muss man berücksichtigen, dass fast alle dieser Völker im Laufe des Sommers mindestens ein Mal, normalerweise mit Ameisensäure, gegen Varroa behandelt worden waren. Des Weiteren belegen die Ergebnisse der Studie, dass die bisher durchgeführten Varroabehandlungen noch nicht ausreichend wirksam sind, um einen Rückgang des Varroabefalls in der gesamten Region zu erzielen, und damit auch das Risiko einer Reinvaskion zu minimieren.

Somit kann man sagen, dass *Varroa destructor* in Deutschland nach wie vor die größte Gefahr für das Überleben von Bienenvölkern im Winter darstellt. In jüngsten Studien aus Europa (Topolska et al., 2008) und den USA (vanEngelsdorp et al., 2008) wurde Varroa ebenfalls als einer der wesentlichen Faktoren für Winterverluste nachgewiesen. In der imkerlichen Beratung könnte man ausgehend vom Befall der „Oktoberbienen“ versuchen, vor dem Winter die Überlebenschancen von Bienenvölkern zu prognostizieren. Varroabehandlungen sollten dann darauf ausgelegt sein, im Herbst eine Befallsrate von weniger als 5% zu erzielen.

In der Fachliteratur findet man verschiedene Studien, in denen die in Honigbienenvölkern nachweisbaren Virusinfektionen ermittelt wurden (Baker und Schroeder, 2008; Berenyi et al., 2006; Tentcheva et al., 2004). Aus diesen Studien geht hervor, dass generell DWV das in Europa am weitesten verbreitete Virus ist, mit dem mehr als 90% der untersuchten Völker infiziert waren. Das gleiche scheint auf Deutschland zuzutreffen (Yue und Genersch, 2005), wobei hierzu bisher noch keine epidemiologische Untersuchung durchgeführt wurde. Leider lässt das Auftreten von DWV bei 90–100% aller Völker, unabhängig davon, ob diese stark oder schwach oder zu Grunde gegangen sind, keine Rückschlüsse auf einen möglichen Zusammenhang zwischen DWV-Infektionen und Winterverlusten zu, da das alleinige Auftreten von DWV bei ansonsten gesunden Bienen offenbar keine klinische Relevanz hat (de Miranda und Fries, 2008; Yue et al., 2007). Vor Kurzem fand man heraus, dass das Vorhandensein von DWV-RNS in der gesamten aus dem Bienenkopf entnommenen RNS mit klinischen Symptomen, wie beispielsweise verkrüppelten Flügeln, korrelierte. Allerdings stellte man auch bei einem kleinen Anteil scheinbar gesunder Bienen eine DWV-Infektion im Kopf fest (Yue et al., 2007). Dies ist insbesondere im Zusammenhang mit einer kürzlich durchgeführten Studie, bei der adulte Bienen experimentell mit DWV infiziert wurden, von Interesse. Eine Injektion von DWV-Viren in die Hämolymphe rief eine Lernschwäche hervor, was wiederum darauf

hindeutet, dass mit einer DWV-Infektion auch neurologische Symptome verbunden sind (Iqbal und Müller, 2007). Solch eine Lernschwäche kann die Leistungsfähigkeit einzelner Bienen und damit auch die Leistung des gesamten Volkes beeinträchtigen. Daher wurden im Rahmen dieses Monitorings zur Diagnose von DWV-Infektionen Extrakte aus den Köpfen der Bienen anstatt aus den gesamten Bienen untersucht. Wie zu erwarten, war in diesem Fall der Anteil DWV-positiver Völker gegenüber den vorherigen Studien vergleichsweise gering (Baker und Schroeder, 2008; Berenyi et al., 2006; Tentcheva et al., 2004) und bewegte sich zwischen 4,4% im Herbst 2004 und 33,4% im Herbst 2007. Wurden diese Daten statistisch in Bezug zu den beobachteten Winterverlusten gesetzt, so ergab sich, dass eine DWV-Infektion im Herbst (nachgewiesen anhand von DWV-Viren im „Kopf“ der Biene) hoch signifikante ($P = 0,00001$) negative Auswirkungen auf das Überleben der Bienen im Winter hatte. Bei den meisten Völkern waren außerdem starke Varroabefallsraten zu verzeichnen, was die enge Verbindung zwischen klinischen DWV-Infektionen und dem Befall mit *V. destructor* bestätigte (Ball, 1983, 1989; Ball und Allen, 1988; Bowen-Walker et al., 1999; Gisder et al., 2009; Martin, 2001; Shenetal., 2005; Yang und Cox-Foster, 2005; Yue und Genersch, 2005). Bei einigen wenigen mit DWV infizierten Völkern, die zu Grunde gingen, ließ sich jedoch kein beziehungsweise nur ein geringer Milbenbefall feststellen (Daten nicht aufgeführt). Dies deutet darauf hin, dass DWV, selbst wenn kein Befall mit *V. destructor* vorliegt, zum Völkerrauschbruch beitragen kann, wie bereits in einer kürzlich veröffentlichten Studie angedeutet (Highfield et al., 2009). Eine andere Möglichkeit ist, dass eine durch starken Milbenbefall im Frühjahr und Sommer verursachte klinische DWV-Infektion im Winter zum Völkerrauschbruch führt, selbst wenn der *V. destructor*-Befall im Spätsommer und Herbst bereits erfolgreich behandelt wurde.

Ein signifikanter Zusammenhang ($P = 0,0039$) bestand auch zwischen ABPV-Infektionen im Herbst und einem Völkerrauschbruch im darauf folgenden Winter, wodurch die Ergebnisse einer kürzlich in einer kleinen Region Deutschlands durchgeführten Studie bestätigt wurden (Siede et al., 2008). In dieser Studie wurde der Nachweis von Viren in Extraktten gesamter Bienen mit dem Fund von Viren in Kopfextrakten verglichen und es wurde gezeigt, dass beide Verfahren gleichermaßen aussagekräftig sind, obgleich die Ergebnisse des ABPV-Nachweises in der gesamten RNS des Kopfes eine etwas höhere Signifikanz hatten (Siede et al., 2008). Obwohl auch bei dieser Studie die meisten der zu Grunde gegangenen mit ABPV infizierten Völker einen starken Milbenbefall aufwiesen, gab es auch einige Völker mit nur geringem Milbenbefall. Für einen mit ABPV einhergehenden Völkerrauschbruch gilt in manchen Fällen möglicherweise die gleiche Erklärung, die bereits im Zusammenhang mit DWV gegeben wurde: Entweder kann ABPV teilweise, selbst ohne dass ein Befall mit *V. destructor* vorliegt, zum Völkerrauschbruch führen, oder eine erfolgreiche Behandlung des *V. destructor*-Befalls ändert nichts an den Überlebenschancen eines Volkes, wenn das Volk bereits unter einer schweren ABPV-Infektion leidet.

In der von uns durchgeführten Studie ließen sich für SBV beziehungsweise KBV keine negativen Auswirkungen auf die Überwinterungschancen nachweisen. Die Infektionsraten deckten sich mit den Ergebnissen anderer Studien (Baker und Schroeder, 2008; Berenyi et al., 2006; Tentcheva et al., 2004). Auch bei der Untersuchung auf SBV wurde ausschließlich aus den Köpfen der Bienen entnommene RNS untersucht, anstatt Extrakte aus dem gesamten Körper der Bienen zu analysieren, wie dies ansonsten häufig beschrieben wird. SBV ist ein Erreger, der hauptsächlich die Brut befällt, jedoch auch in den Hypopharynxdrüsen adulter Bienen vorkommt und sich auf diese Weise innerhalb eines Volkes überträgt (Bailey und Ball, 1991). Auf Grund dieses Gewebetropismus von SBV bot es sich an, die SBV-Diagnose anhand von Extraktten aus den Köpfen adulter Bienen durchzuführen, um die Nachweisempfindlichkeit zu erhöhen. Untersuchungen auf KBV erbrachten nur bei wenigen Völkern ein positives Ergebnis.

Dies entspricht wiederum der weltweiten Verteilung von KBV, das vorwiegend in Nordamerika und Neuseeland, und seltener in Europa auftritt (de Miranda et al., 2010), während in Europa ABPV häufiger auftritt (de Miranda et al., 2010). Des Weiteren war KBV auch in anderen europäischen Studien, die das Auftreten von Bienenviren bei kranken und gesunden Völkern untersucht haben, das am wenigsten stark verbreitete Virus (Baker und Schroeder, 2008; Berenyi et al., 2006; Tentcheva et al., 2004). Die fehlende Korrelation sowohl zwischen einer SBV- als auch einer KBV-Infektion und einem Zusammenbruch des betroffenen Volkes wurde bereits in früheren Studien erkannt, aus denen hervorgeht, dass beide Viren relativ selten vorkommen und in gesunden Völkern sogar häufiger auftreten als in schwachen oder zu Grunde gehenden Völkern (Berenyi et al., 2006; Tentcheva et al., 2004).

Zusammenfassend kann daher gesagt werden, dass sich lediglich für DWV und ABPV ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Winterverlusten und einer Virusinfektion im Herbst erkennen ließ. ABPV zählt zum hochvirulenten ABPV-KBV-IAPV-Virenkomplex (de Miranda et al., 2010), wobei jedes dieser Viren, wenn es Bienenpuppen oder adulten Bienen injiziert wird, extrem virulent ist (Bailey und Ball, 1991; Bailey et al., 1963). Daher überrascht es nicht, dass sowohl ABPV als auch IAPV für Völkerverluste verantwortlich sind (Cox-Foster et al., 2007; Siede et al., 2008), und dass ABPV bei den Winterverlusten der in der vorliegenden Studie beobachteten Bienenvölker eine Rolle spielte. Bisher wurde DWV lediglich in einer Studie mit Völkerverlusten in Verbindung gebracht (Highfield et al., 2009). Andere Studien stellten diese Beziehung möglicherweise deswegen nicht her, da, wenn 90–100% der Völker DWV-positiv getestet werden, jedoch nur 10–30% der Völker zu Grunde gehen, statistische Tests keinen Zusammenhang zwischen einer DWV-Infektion und dem Zusammenbruch eines Volkes ergeben. Deshalb genau ist es wichtig, zwischen klinisch nicht relevanten und klinisch relevanten Infektionen von Bienenvölkern zu unterscheiden und nur diejenigen Völker zu erfassen, die an einer klinisch relevanten Infektion leiden. Dies gelingt mithilfe einer Quantifizierung der DWV-Viruslast bei asymptomatischen Bienen und Völkern, da Virustiter von mehr als 10^8 Kopien pro asymptomatischer Arbeiterbiene im Winter, selbst wenn kein starker Milbenbefall vorliegt, für das betroffene Volk offenbar tödlich sind (Highfield et al., 2009), oder indem man die unterschiedlichen Gewebetropismen offensichtlich („*overtly infected*“) und nicht offensichtlich infizierter („*covertly infected*“) Bienen nutzt (deMiranda und Genersch, 2010; Gisder et al., 2009; Yue und Genersch, 2005) und für die DWV-Diagnose ausschließlich die gesamte RNS der Kopfextrakte untersucht, wie dies in der vorliegenden Studie der Fall war.

In letzter Zeit haben Infektionen mit *Nosema ceranae*, die eine neue Form der Nosemosis hervorgerufen, zu massiven Völkerverlusten in Spanien geführt, und man geht davon aus, dass diese unübliche Form der Nosemosis die Hauptursache unerklärlicher Völkerverluste und CCD-ähnlicher Phänomene in Europa beziehungsweise sogar weltweit ist (Higes et al., 2006–2009; Martin-Hernandez et al., 2007). Als Grund wird die hohe Virulenz von *Nosema ceranae* und das bei höheren Temperaturen außergewöhnliche biotische Potenzial dieses Pathogens angeführt (Martin-Hernandez et al., 2009). Diese Annahmen stehen im Widerspruch zu verschiedenen anderen Studien, die IAPV als zuverlässigen Marker für CCD ermittelten (Cox-Foster et al., 2007) oder zeigten, dass sich Symptome von CCD mithilfe antiviraler Therapien behandeln lassen (Maori et al., 2009), oder *Nosema spec.* als Ursache für Völkerverluste ausschlossen (Chauzat et al., 2007; Johnson et al., 2009; vanEngelsdorp et al., 2009b; Chen und Huang, 2010). Ebenso wenig deuteten die im Rahmen des Deutschen Bienen-Monitoring-Projekts erzielten Ergebnisse auf irgendeinen Zusammenhang zwischen einer Infektion mit *Nosema spec.* und der Höhe der Winterverluste hin, obwohl beide *Nosema*-Arten in Deutschland verbreitet sind (Klee et al., 2007). Da trotz bestehender Infektionen mit *Nosema spec.* während des Sommers keine Verluste auftraten, kann man ebenso ausschließen, dass, wie in den spanischen Studien dargelegt,

Völker auf Grund einer Infektion mit *Nosema spec.* zwischen Frühjahr und Herbst zu Grunde gegangen sind (Higes et al., 2008; Martin-Hernandez et al., 2007). Eine Schwachstelle der vorliegenden Studie besteht allerdings darin, dass die Unterscheidung zwischen den einzelnen Arten von *Nosema* nur sporadisch vorgenommen wurde, und deshalb nicht in die statistische Untersuchungen miteinbezogen werden konnte. Dennoch wären durch diese Vorgehensweise keine durch *Nosema ceranae* verursachten Völkerverluste unentdeckt geblieben und damit ist die Interpretation, dass *Nosema spec.* während des Untersuchungszeitraums in Deutschland keine Völkerverluste hervorgerufen hat, belastbar.

Ein weiterer Faktor, der nachweislich einen signifikanten Einfluss auf die Winterverluste hatte, war das Alter der Königin, die an der Spitze des untersuchten Volkes stand. Zum ersten Mal gelang es nachzuweisen, dass Völker mit einer jungen Königin deutlich höhere Überwinterungschancen haben als Völker mit älteren Königinnen. Ein möglicher Grund für diesen Alterseffekt könnte darin liegen, dass Völker mit jungen Königinnen mehr Brut und Bienen produzieren und zugleich einen geringeren Befall mit Varroamilben aufweisen (Akyol et al., 2007). Die genauen Gründe, warum Völker mit jungen Königinnen eine höhere Vitalität besitzen, sind allerdings noch unklar.

Die im Rahmen des Deutschen Bienen-Monitoring-Projekts durchgeführte Analyse von Pestizindrückständen in Pollen (Bienenbrot) war in dieser Form die erste Untersuchung dieser Art in Deutschland. Erwartungsgemäß zeigten die Ergebnisse, dass Pollen durch eine Vielzahl chemischer Substanzen belastet ist, die entweder aus dem in der Landwirtschaft üblichen Pestizideinsatz oder aber auch aus der in der Bienenzucht unverzichtbaren Verwendung von Akariziden stammen. Während der Rapsblüte werden zahlreiche Pestizide eingesetzt und lassen sich somit auch in vielen Pollenproben nachweisen. Gleichermaßen wiesen Pollenproben aus Bienenständen, die sich in Regionen mit intensivem Rapsanbau befanden, stärkere Verunreinigungen auf. Auch wenn einzelne Substanzen möglicherweise keine negativen Auswirkungen auf einzelne Bienen oder Bienenvölker haben (das heißt, keine toxische Wirkung für Bienen besitzen), geht man generell davon aus, dass eine gleichzeitige Verunreinigung des Pollens durch verschiedene agrochemische Wirkstoffe Larven oder Ammenbienen, die diese in hohem Maße belasteten Pollen aufnehmen, schädigt. Diese vermutlich subletalen Auswirkungen beeinträchtigen wiederum die Entwicklung des Volkes und führen letztendlich zum Völkerkollaps. Die Arten von Verunreinigungen, auf die man bei Bienenbrot-Untersuchungen im Rahmen des Deutschen Bienen-Monitoring-Projekts stieß, gingen tatsächlich in erster Linie auf Substanzen zurück, die als nicht toxisch für Bienen eingestuft sind. Zudem waren die festgestellten Rückstandsmengen relativ gering, das heißt, sie lagen drei Größenordnungen unter der entsprechenden LD₅₀ (Dosis, die für 50% der Tiere tödlich ist; <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/index.htm>). Dementsprechend konnte im Rahmen des Projekts kein Zusammenhang zwischen der Verunreinigung des Pollens und der Entwicklung des Volkes beziehungsweise den Winterverlusten nachgewiesen werden, obwohl gerade dieser Aspekt besonders untersucht worden war. Doch es besteht kein Zweifel, dass hierzu noch weitere Untersuchungen angestellt und gezielte Experimente mit verbesserten Verfahren durchgeführt werden müssen (Pham-Delègue et al., 2002), da verschiedene Studien zuvor durchaus gezeigt hatten, dass Pestizide eine schädliche Wirkung auf Honigbienen haben (Decourtye et al., 2003, 2004; Moncharmont et al., 2003; Johnson et al., 2010).

4.3. Schlussfolgerung

Es wurden eine Reihe von Faktoren im Hinblick auf ihren Einfluss auf Winterverluste von Honigbienenvölkern in Deutschland untersucht. Unter den untersuchten Faktoren spielte der Befall mit *Varroa destructor* eindeutig die entscheidende Rolle. Ausgehend von den vorgestellten Ergebnissen ist es deshalb berechtigt zu sagen, dass *Varroa destructor* die vorherrschende Ursache für den Verlust von Honigbienenvölkern während des Winters ist. Neben einem starken Varroabefall im Herbst tragen zudem DWV- und ABPV-Infektionen im Herbst sowie alte Königinnen in den überwinternden Völkern erheblich zur Verringerung der Überlebenschancen von Honigbienenvölkern während des Winters bei. Es leuchtet ein, dass ein geschwächtes Volk kaum Chancen hat, den Winter zu überleben, doch die Tatsache, dass derartige Winterverluste auf Grund einer Schwächung des jeweiligen Volkes zu verzeichnen waren, zeigt, dass es immer noch Imker gibt, die geschwächte Völker einwintern. Man kann mit ziemlicher Sicherheit sagen, dass diese ermittelten Faktoren nicht nur für Winterverluste in Deutschland verantwortlich sind, sondern man muss davon ausgehen, dass diese Ergebnisse weiter reichende Bedeutung haben. *Varroa destructor*, Virusinfektionen, alte Königinnen, oder eine generelle Schwächung des Volkes sind sicherlich auch für Winterverluste in vielen anderen Regionen Europas und möglicherweise sogar in Teilen Nordamerikas verantwortlich. Das schließt nicht aus, dass nicht von Jahr zu Jahr auch andere, zusätzliche Faktoren Völkerverluste beeinflussen, und dass die periodisch auftretenden ungewöhnlich hohen Winterverluste von mehr als 30% auf andere Ursachen zurückzuführen sind, als auf die, die wir in den letzten fünf Jahren bei mehr oder weniger normalen Winterverlusten beobachtet haben. Deshalb ist die Fortsetzung des Projekts entscheidend, auch um eine Datenbank zu erstellen, mit deren Hilfe Winterverluste anhand statistischer Belege erklärt werden können.

Für Pestizidrückstände, die in im Frühjahr angelegtem Bienenbrot gefunden wurden, ließ sich keine negative Beeinträchtigung der Überlebenschancen der Bienenvölker im folgenden Winter nachweisen, wobei unsere Herangehensweise nicht darauf ausgelegt war, subletale und chronische Auswirkungen von mehrfach belastetem Pollen zu erfassen. Dafür sind umfassendere Probenentnahmen und verbesserte Untersuchungsmethoden erforderlich.

Aus den Ergebnissen dieser Studie lässt sich eine allgemeine Empfehlung für Imker, die ihre Völker erfolgreich durch den Winter bringen wollen, ableiten: Eine wirksame Behandlung zur Bekämpfung von *Varroa destructor* ist die beste Lebensversicherung, die man für ein Honigbienenvolk abschließen kann. Außerdem erhöhen sich die Überlebenschancen der Bienenvölker, wenn sie als starke Völker mit einer jungen Königin an der Spitze eingewintert werden. Wenn man diese Ratschläge beherzigt, wird man zwar keine unsterblichen Honigbienenvölker bekommen, aber die Wintersterblichkeit der Bienenvölker wird auf jeden Fall zurückgehen.

DANKSAGUNGEN

Das Projekt wurde finanziell durch den Industrieverband Agrar (IVA) und den Deutschen Imkerbund (DIB) unterstützt sowie vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) begleitet. E.G. wurde in Form von Zuwendungen durch die Landwirtschaftsministerien von Brandenburg und Sachsen-Anhalt unterstützt. Des Weiteren danken wir allen Imkern, die im Rahmen dieses Projekts mit uns zusammengearbeitet haben, und all denjenigen, die durch fruchtbare Diskussionen und ihre Mitarbeit vor Ort und im Labor zum Gelingen dieses Projekts beigetragen haben. Unser Dank gilt ebenso Dr. Martens (LUFA, Speyer/Deutschland), der für uns die Rückstandsanalyse des Pollens durchgeführt hat.

Le programme de surveillance de l'abeille en Allemagne : une étude à long terme pour comprendre les pertes hivernales importantes constatées périodiquement dans les colonies d'abeilles.

perte des colonies / *Varroa* / DWV / virus des ailes déformées / APV/ virus de la paralysie aiguë / *Nosema* / pesticides

Zusammenfassung – Das Deutsche Bienenmonitoring: Eine Langzeitstudie zum Verständnis periodisch auftretender, hoher Winterverluste bei Honigbienenvölkern. Die Honigbiene *Apis mellifera* ist weltweit der wichtigste Bestäuber in der Landwirtschaft und nach aktuellen Schätzungen wird der globale Bedarf an kommerzieller Bestäubung weiter steigen. Dadurch stellt der seit Jahren zu beobachtende stetige Rückgang der Bienenvölker in Nord-Amerika und Europa ein ernsthaftes Problem für die Landwirtschaft dar. Für die Abnahme der Bienenvölker werden neben wirtschaftlichen Faktoren vor allem periodisch auftretende Völkerverluste verantwortlich gemacht, für die aber eine eindeutige Ursachenanalyse bisher fehlt.

Zur Ursachenaufklärung von Winterverlusten führten wir von 2004 bis 2009 ein Monitoringprojekt durch, in dem mehr als 1200 Bienenvölker auf 125 über ganz Deutschland verteilten Bienenständen (Abb. 1) kontinuierlich beprobt und kontrolliert wurden. Die beteiligten „Monitoringimker“ stellten hierfür 10 ihrer Völker zur Verfügung und lieferten Daten zu Honigerträgen, Wanderungen und Ablegerbildung. Mitarbeiter der Bieneninstitute nahmen zweimal im Jahr Bienenproben für Krankheitsuntersuchungen (*Nosema spec*, *Varroa destructor*, 4 verschiedene Bienenviren) sowie Bienenbrotproben für Rückstandsuntersuchungen. Die Stärke der Bienenvölker wurde bei der Ein- und Auswinterung bestimmt; als „Überwinterungsverlust“ wurden Völker definiert, die tot waren bzw. nicht genug Bienen für eine erfolgreiche Frühjahrsentwicklung aufwiesen. Die Winterverluste schwankten zwischen 3,5% und 15,2% (Abb. 3) mit ungleicher Verteilung innerhalb der beteiligten Imker (Abb. 4). Für die Ursachenanalyse wurden die überlebenden mit den zusammengebrochenen Völkern verglichen. Dabei zeigten sich die größten und hochsignifikanten ($P < 0,000001$, U-Test) Unterschiede beim Varroabefall der Bienen im Oktober (Tab. III, Abb. 5). Ebenfalls hochsignifikante Unterschiede ergaben sich für die Bienenviren DWV ($P < 0,00001$) und APBV ($P < 0,0039$), nicht jedoch für KBV, SBV und den Nosemabefall (Tab. V). Erstaunlicherweise waren Völker mit jungen Königinnen signifikant seltener von Winterverlusten betroffen als mit älteren Königinnen (Tab. VI), während z. B. Beutenmaterial oder Rähmchenmaß keine Rolle spielten.

Bei den insgesamt in drei Jahren auf Pestizindrückstände untersuchten 215 Bienenbrotproben wurden insgesamt über 50 Wirkstoffe (von 256) nachgewiesen, die meisten im Spurenbereich. Häufig wurden mehrere Wirkstoffe gefunden und nur etwas mehr als 20 % der Proben waren frei von messbaren Rückständen (Tab. VII). Neonikotinoide wurden nur in einer einzigen Probe nachgewiesen. Es konnte keine Korrelation von Rückstandswerten mit Winterverlusten festgestellt werden. Es gab auch keinen Zusammenhang zwischen der Überwinterung von Bienenvölkern und dem Umfang des zuvor eingetragenen Rapshotriglycerids (Abb. 6).

Unser Projekt zeigt, dass der Varroabefall im Herbst (zusammen mit den assoziierten Sekundärinfektionen) eine Hauptursache für Überwinterungsverluste darstellt. Eine konsequente Varroabehandlung und starke Bienenvölker mit jungen Königinnen sind daher die wichtigste Empfehlung, um Winterverlusten vorzubeugen. Ein zusätzlicher Einfluss der übrigen Faktoren kann nicht ausgeschlossen werden, hierfür sind aber modifizierte Versuchsansätze notwendig.

Völkerverluste / *Varroa* / DWV / APBV / *Nosema* / Pestizide

LITERATURVERZEICHNIS

- Aizen M.A., Harder L.D. (2009) The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination, *Curr. Biol.* 19, 915–918.
- Aizen M., Garibaldi L., Cunningham S., Klein A. (2008) Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency, *Curr. Biol.* 18, 1572–1575.
- Akyol E., Yeninar H., Karatepe M., Karatepe B., Özkök D. (2007) Effects of queen ages on Varroa (*Varroa destructor*) infestation level in honey bee (*Apis mellifera caucasica*) colonies and colony performance, *Ital. J. Anim. Sci.* 6, 143–149.
- Amdam G.V., Hartfelder K., Norberg K., Hagen A., Omholt S.W. (2004) Altered physiology in worker honey bees (Hymenoptera: *Apidae*) infested with the mite *Varroa destructor* (Acari: *Varroidae*): A factor in colony loss during overwintering? *J. Econ. Entomol.* 97, 741–747.
- Bailey L., Ball B.V. (1991) *Honey Bee Pathology*, Academic Press, New York, London.
- Bailey L., Gibbs A.J., Woods R.D. (1963) Two viruses from adult honey bees (*Apis mellifera* Linnaeus), *Virology* 21, 390–395.
- Baker A., Schroeder D. (2008) Occurrence and genetic analysis of picorna-like viruses infecting worker bees of *Apis mellifera* L. populations in Devon, South West England, *J. Invertebr. Pathol.* 98, 239–242.
- Bakonyi T., Farkas R., Szendroi A., Dobos-Kovacs M., Rusvai M. (2002) Detection of acute bee paralysis virus by RT-PCR in honey bee and *Varroa destructor* field samples: rapid screening of representative Hungarian apiaries, *Apidologie* 33, 63–74.
- Ball B.V. (1983) The association of *Varroa jacobsoni* with virus diseases of honey bees, *Exp. Appl. Acarol.* 19, 607–613.
- Ball B.V. (1989) *Varroa jacobsoni* as a virus vector, In Present status of varroatosis in Europe and progress in the varroa mite control, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Ball B.V., Allen M.E. (1988) The prevalence of pathogens in honey bee (*Apis mellifera*) colonies infested with the parasitic mite *Varroa jacobsoni*, *Ann. Appl. Biol.* 113, 237–244.
- Barnett E.A., Charlton A.J., Fletcher M.R. (2007) Incidents of bee poisoning with pesticides in the United Kingdom, 1994–2003, *PestManag. Sci.* 63, 1051–1057.
- Berenyi O., Bakonyi T., Derakhshifar I., Köglberger H., Nowotny N. (2006) Occurrence of six honey bee viruses in diseased Austrian apiaries, *Appl. Environ. Microbiol.* 72, 2414–2420.
- Bowen-Walker P.L., Martin S.J., Gunn A. (1999) The transmission of deformed wing virus between honey bees (*Apis mellifera* L.) by the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* Oud., *J. Invertebr. Pathol.* 73, 101–106.
- Chauzat M.P., Higes M., Martin-Hernandez R., Meana A., Cougoule N., Faucon J.P. (2007) Presence of *Nosema ceranae* in French honey bee colonies, *J. Apic. Res.* 46, 127–128.
- Chen Y.P., Huang Z.Y. (2010) *Nosema ceranae*, a newly identified pathogen of *Apis mellifera* in the U.S.A. and Asia, *Apidologie* 41, this issue.
- Cox-Foster D.L., Conlan S., Holmes E.C., Palacios G., Evans J.D., Moran N.A., Quan P.-L., Briese S., Hornig M., Geiser D.M., Martinson V., vanEngelsdorp D., Kalkstein A.L., Drysdale L., Hui J., Zhai J., Cui L., Hutchison S., Simons J.F., Egholm M., Pettis J.S., Lipkin W.I. (2007) A metagenomic survey of microbes in honey bee colony collapse disorder, *Science* 318, 283–287.
- Currie R.W., Gatien P. (2006) Timing acaricide treatments to prevent *Varroa destructor* (Acari: *Varroidae*) from causing economic damage to honey bee colonies, *Can. Entomol.* 138, 238–252.
- de Miranda J.R., Fries I. (2008) Venereal and vertical transmission of deformed wing virus in honey bees (*Apis mellifera* L.), *J. Invertebr. Pathol.* 98, 184–189.

- de Miranda J.R., Genersch E. (2010) Deformed wing virus, *J. Invertebr. Pathol.* 103, S48–S61.
- de Miranda J., Cordoni G., Budge G. (2010) The acute bee paralysis virus – Kashmir bee virus – Israeli acute paralysis virus complex, *J. Invertebr. Pathol.* 103, S30–S47.
- Decourtye A., Devillers J., Cluzeau S., Charreton M., Pham-Delègue M.H. (2004) Effects of imidacloprid and deltamethrin on associative learning in honey bees under semi-field and laboratory conditions, *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 57, 410–419.
- Decourtye A., Lacassie E., Pham-Delègue M.H. (2003) Learning performances of honey bees (*Apis mellifera* L.) are differentially affected by imidacloprid according to the season, *Pest Manag. Sci.* 59, 269–278.
- Delaplane K.S., Hood W.M. (1999) Economic threshold for *Varroa jacobsoni* Oud. in the southeastern USA, *Apidologie* 30, 383–395.
- Desneux N., Decourtye A., Delpuech J.M. (2007) The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods, *Annu. Rev. Entomol.* 52, 81–106.
- Ellis J., Evans J.D., Pettis J. (2010) Reviewing colony losses and Colony Collapse Disorder in the United States, *J. Apic. Res.* 49, 134–136.
- Fries I., Camazine S., Sneyd J. (1994) Population dynamics of *Varroa jacobsoni*: a model and a review, *Bee World* 75, 5–28.
- Fries I., Ekbohm G., Villumstad E. (1984) *Nosema apis*, sampling techniques and honey yield, *J. Apic. Res.* 23, 102–105.
- Fries I., Hansen H., Imdorf A., Rosenkranz P. (2003) Swarming in honey bees (*Apis mellifera*) and *Varroa destructor* population development in Sweden, *Apidologie* 34, 389–398.
- Genersch E. (2005) Development of a rapid and sensitive RT-PCR method for the detection of deformed wing virus, a pathogen of the honey bee (*Apis mellifera*), *Vet. J.* 169, 121–123.
- Giray T., Kence M., Oskay D., Döke M.A., Kence A. (2010) Colony losses survey in Turkey and causes of bee deaths, *Apidologie*, in press, DOI 10.1051/apido/2009077.
- Gisder S., Aumeier P., Genersch E. (2009) Deformed wing virus (DWV): viral load and replication in mites (*Varroa destructor*), *J. Gen. Virol.* 90, 463–467.
- Gnädinger F. (1984) Auswinterungsverluste bei Bienenvölkern in Baden, *Allg. Deutsche Imkerzeitung* 18, 297–299.
- Goodwin R.M., Taylor M.A., Mcbrydie H.M., Cox H.M. (2006) Drift of *Varroa destructor*-infested worker honey bees to neighbouring colonies, *J. Apic. Res.* 45, 155–156.
- Greatti M., Milani N., Nazzi F. (1992) Reinfestation of an acaricide-treated apiary by *Varroa jacobsoni* Oud., *Exp. Appl. Acarol.* 16, 279–286.#
- Higes M., Garcia-Palencia P., Martin-Hernandez R., Meana A. (2007) Experimental infection of *Apis mellifera* honey bees with *Nosema ceranae* (Microsporidia), *J. Invertebr. Pathol.* 94, 211–217.
- Higes M., Martín-Hernández R., Botías C., Garrido-Bailón E., González-Porto A.V., Barrios L., del Nozal M.J., Bernal J.L., Jiménez J.J., García Palencia P., Meana A. (2008) How natural infection by *Nosema ceranae* causes honey bee colony collapse, *Environ. Microbiol.* 10, 2659–2669.
- Higes M., Martín-Hernández R., Garrido-Bailón E., González-Porto A.V., García-Palencia P., Meana A., del Nozal M.J., Mayo R., Bernal J.L. (2009) Honey bee colony collapse due to *Nosema ceranae* in professional apiaries, *Environ. Microbiol. Rep.* 1, 110–113.
- Higes M., Martin R., Meana A. (2006) *Nosema ceranae*, a new microsporidian parasite in honey bees in Europe, *J. Invertebr. Pathol.* 92, 93–95.

- Highfield A.C., El Nagar A., Mackinder L.C.M., Noël L.M.-L.J., Hall M.J., Martin S.J., Schroeder D.C. (2009) Deformed wing virus implicated in overwintering honey bee colony losses, *Appl. Environ. Microbiol.* 75, 7212–7220.
- Horn H. (2009) Die wichtigsten Trachtpflanzen und ihre Sortenhonige, Teil 1: Raps. *Allg. Deutsche Imkerzeitung* 43, 13–15.
- Iqbal J., Müller I. (2007) Virus infection causes specific learning deficits in honey bee foragers, *Proc. R. Soc. B* 274, 1517–1521.
- Johnson R.M., Ellis M.D., Mullin C.A., Frazier M. (2010) Pesticides and honey bee toxicity – U.S.A., *Apidologie* 41, this issue.
- Johnson R.M., Evans J.D., Robinson G.E., Berenbaum M.R. (2009) Changes in transcript abundance relating to colony collapse disorder in honey bees (*Apis mellifera*), *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 106, 14790–14795.
- Karise R. (2007) Foraging behaviour and physiology of bees: impact of insecticides, PhD-thesis, Estonian University of Life Sciences, Tartu, Estonia, 123 p.
- Klee J., Besana A.M., Genersch E., Gisder S., Nanetti A., Tam D.Q., Chinh T.X., Puerta F., Ruz J.M., Kryger P., Message D., Hatjina F., Korpela S., Fries I., Paxton R.J. (2007) Widespread dispersal of the microsporidian *Nosema ceranae*, an emergent pathogen of the western honey bee, *Apis mellifera*, *J. Invertebr. Pathol.* 96, 1–10.
- Klein A.-M., Vaissiere B.E., Cane J.H., Steffan-Dewenter I., Cunningham S.A., Kremen C., Tscharntke T. (2007) Importance of pollinators in changing landscapes for world crops, *Proc. R. Soc. B* 274, 303–313.
- Liebig G. (2001) How many varroa mites can be tolerated by a honey bee colony? *Apidologie* 32, 482–484.
- Maori E., Lavi S., Mozes-Koch R., Gantman Y., Edelbaum O., Tanne E., Sela I. (2007) Isolation and characterization of IAPV, a dicistrovirus affecting honey bees in Israel: evidence for intra- and inter-species recombination, *J. Gen. Virol.* 88, 3428–3438.
- Maori E., Paldi N., Shafir S., Kav H., Tsur E., Glick E., Sela I. (2009) IAPV, a bee-affecting virus associated with Colony Collapse Disorder can be silenced by dsRNA ingestion, *Insect Mol. Biol.* 18, 55–60.
- Martin-Hernandez R., Meana A., Garcia-Palencia P., Marin P., Botias C., Garrido-Bailon E., Barrios L., Higes M. (2009) Effect of temperature on the biotic potential of honey bee microsporidia, *Appl. Environ. Microbiol.* 75, 2554–2557.
- Martin S.J. (2001) The role of Varroa and viral pathogens in the collapse of honey bee colonies: a modelling approach, *J. Appl. Ecol.* 38, 1082–1093.
- Martin-Hernandez R., Meana A., Prieto L., Salvador A.M., Garrido-Bailon E., Higes M. (2007) Outcome of colonization of *Apis mellifera* by *Nosema ceranae*, *Appl. Environ. Microbiol.* 73, 6331–6338.
- Meixner M.D., Illies I., Büchler R., Wallner K. (2009) Pesticide use in rape seed culture – are residues in honey unavoidable? *Apidologie* 49, 669.
- Moncharmont F.X.D., Decourtey A., Hennequet-Hantier C., Pons O., Pham-Delègue M.H. (2003) Statistical analysis of honey bee survival after chronic exposure to insecticides, *Environ. Toxicol. Chem.* 22, 3088–3094.
- Moritz R.F.A., deMiranda J., Fries I., LeConte Y., Neumann P., Paxton R.J. (2010) Research strategies to improve honey bee health in Europe, *Apidologie* 41, this issue.
- Morse R.A., Calderone, N.W. (2000) The value of honey bee pollination in the United States, *Bee Culture* 128, 1–15.
- Oldroyd B.P. (2007) What's killing American honey bees? *PLoS Biology* 5, e168.
- Pettis J.S., Delaplane K.S. (2010) Coordinated responses to honey bee decline in U.S.A., *Apidologie* 41, this issue.

Pham-Delègue M.H., Decourtye A., Kaiser L., Devillers J. (2002) Behavioural methods to assess the effects of pesticides on honey bees, *Apidologie* 33, 425–432.

Potts S.G., Roberts S.P.M., Dean R., Marris G., Brown M.A., Jones H.R., Neumann P., Settele J. (2010) Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe, *J. Apic. Res.* 49, 15–22.

Renz M., Rosenkranz P. (2001) Infestation dynamics and reinvasion of *Varroa destructor* mites in honey bee colonies kept isolated and in groups, *Apidologie* 32, 492–494.

Rosenkranz P., Kirsch R., Renz R. (2006) Population dynamics of honey bee colonies and varroa tolerance: a comparison between Uruguay and Germany, In: 7th Encontro sobre Abelhas, USP, Ribeirão Preto, Brazil.

Shen M., Yang X., Cox-Foster D., Cui L. (2005) The role of varroa mites in infections of Kashmir bee virus (KBV) and deformed wing virus (DWV) in honey bees, *Virology* 342, 141–149.

Siede R., König M., Büchler R., Failing K., Thiel H.-J. (2008) A real-time PCR based survey on acute bee paralysis virus in German bee colonies, *Apidologie* 39, 650–661.

Stoltz D.B., Shen X.-R., Boggis C., Sisson G. (1995) Molecular diagnosis of Kashmir bee virus infection, *J. Apic. Res.* 34, 153–160.

Strange J.P., Sheppard, W.S. (2001) Optimum timing of miticide applications for control of *Varroa destructor* (Acar: *Varroidae*) in *Apis mellifera* (Hymenoptera: *Apidae*) in Washington State, USA, *J. Econ. Entomol.* 94, 1324–1331.

Tentcheva D., Gauthier L., Zappulla N., Dainat B., Cousserans F., Colin M.E., Bergoin M. (2004) Prevalence and seasonal variations of six bee viruses in *Apis mellifera* L. and *Varroa destructor* mite populations in France, *Appl. Environ. Microbiol.* 70, 7185–7191.

Topolska G., Gajda A., Hartwig A. (2008) Polish honey bee colony losses during the winter of 2007/2008, *J. Apic. Sci.* 52, 95–104.

vanEngelsdorp D., Evans J.D., Donovall L., Mullin C., Frazier M., Frazier J., Tarpy D.R., Hayes J., Pettis J.S. (2009a) “Entombed Pollen”: A new condition in honey bee colonies associated with increased risk of colony mortality, *J. Invertebr. Pathol.* 101, 147–149.

vanEngelsdorp D., Evans J.D., Saegerman C., Mullin C., Haubrige E., Nguyen B.K., Frazier M., Frazier J., Cox-Foster D., Chen Y., Underwood R., Tarpy D.R., Pettis J.S. (2009b) Colony collapse disorder: a descriptive study, *PLoS One* 4, e6481.

vanEngelsdorp D., Hayes J. Jr., Underwood R.M., Pettis J. (2008) A survey of honey bee colony losses in the U.S., fall 2007 to spring 2008, *PLoS ONE* 3, e4071.

vanEngelsdorp D., Underwood R., Caron D., Hayes J. (2007) An estimate of managed colony losses in the winter of 2006-2007: A report commissioned by the apiary inspectors of America, *Am. Bee J.* 147, 599–603.

Williams I.H. (1994) The dependences of crop production within the European Union on pollination by honey bees, *Agric. Zool. Rev.* 6, 229–257.

Yang X., Cox-Foster D.L. (2005) Impact of an ectoparasite on the immunity and pathology of an invertebrate: Evidence for host immunosuppression and viral amplification, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 102, 7470–7475.

Yue C., Genersch E. (2005) RT-PCR analysis of *Deformed wing virus* in honey bees (*Apis mellifera*) and mites (*Varroa destructor*), *J. Gen. Virol.* 86, 3419–3424.

Yue C., Schröder M., Bienefeld K., Genersch E. (2006) Detection of viral sequences in semen of honey bees (*Apis mellifera*): Evidence for vertical transmission of viruses through drones, *J. Invertebr. Pathol.* 92, 93–96.

Yue C., Schröder M., Gisder S., Genersch E. (2007) Vertical transmission routes for Deformed wing virus of honey bees (*Apis mellifera*), *J. Gen. Virol.* 88, 2329–2336.

Herausgeber:

**Fördergemeinschaft Nachhaltige
Landwirtschaft e.V.**

Wilhelmsaue 37 · 10713 Berlin

Tel. 030 8866355-0

Fax 030 8866355-90

info@fnl.de

Foto: pixelio / Robert Eichinger

