

Viren im Versuch „Überleben ohne Varroabehandlung“

Resultate und Interpretation der Virenanalysen von Martin Dettli,
Virenanalysen durch Helène Berthoud, Agroscope Liebefeld –Posieux, ALP

1. Zusammenfassung	2
2. Einführung	3
2.1. Viren	3
2.2. Bienenviren	3
2.3. Wege der Virenverbreitung	4
2.4. Das Immunsystem des Bienenvolkes	4
2.4.1. Immunsystem des einzelnen Tieres	4
2.4.2. Der soziale Raum	4
2.4.3. Massenwechsel im Dienste des Immunsystems	5
2.5. Forschungsziel	5
3. Methodik.	6
3.1. Gesamtversuch	6
3.2. Natürlicher Varroatotenfall	6
3.3. Bienenproben	6
3.4. Varroaproben	6
3.5. Virenanalyse	7
3.6. Verhaltensbeobachtung	7
3.7. Statistik	7
4. Resultate	8
4.1. Resultatübersicht nach Gruppen.	8
4.2. Viel Varroen, keine Viren: Die Ausnahmesituation	9
4.3. Abnehmender Varroatotenfall – Abnehmender Virenbefall	10
4.4. DWViren in Varroa	11
4.5. Die Kontrollvölker	12
4.6. Viren in Winterbienen	13
4.7. Virenbelastung im Jahreslauf, „alles neu macht der Mai“,	14
5. Diskussion	15
5.1. Diskussion über den fehlenden Zusammenhang bei den Überlebensvölkern.	15
5.2. Viel Varroa, kaum Viren: Die Ausnahmesituation	15
5.2.1. Ein Schutz vor Viren?	15
5.2.2. These a): Das Immunsystem des einzelnen Tieres	15
5.2.3. These b) Massenwechsel im Dienste des Immunsystems	16
5.2.4. Weitere mögliche Faktoren	16
5.2.5. Fazit	16
5.3. Abnehmender Varroatotenfall- abnehmender Virenbefall.	17
5.4. DWViren in Varroa	17
5.5. Die Kontrollvölker	17
5.6. Viren in Winterbienen	17
5.6.1. Zwei Einzelsituationen im Winter	18
6. Erweiterte Diskussion	18
6.1. Gesamtdiskussion	18
6.2. These: Viren aus gesundheitsökologischer Sicht	19
6.3. Rückschlüsse für die Praxis	19
7. Literatur	19

1. Zusammenfassung

Die Resultate in diesem Forschungsbericht über Viren sind Teil des Versuches „Überleben ohne Varroabehandlung“. In einer Feldstudie mit 11 einzelstehenden Bienenvölkern wurden 7 Versuchsvölker nicht gegen die Varroamilbe behandelt, 4 Kontrollvölker wurden normal behandelt. Wöchentlich wurde der natürliche Varroatotenfall ausgezählt und im Abstand von drei Wochen die Flächen von Bienen und Brut geschätzt. Dabei sind verschiedene Proben entnommen worden. In diesem Bericht steht die Auswertung der Virenanalyse von Bienenproben über 3 Jahre und von einzelnen Varroaproben.

Von den beiden untersuchten Viren ABPV und DWV ist nur das DWV häufig aufgetreten. Das DWV ist nach den vorliegenden Resultaten eng mit dem Auftreten der Varroamilbe verknüpft. Bei den Versuchsvölkern zeigen sich signifikante Korrelationen. Die Kontrollvölker weisen nur in einem der drei Jahre einen deutlichen Virenbefall auf, auch da tritt eine signifikante Korrelation zum Varroatotenfall auf. Ebenfalls signifikant ist die Korrelation bei den Bienenvölkern, welche den folgenden Herbst oder Winter nicht überleben, den sogenannten Verlustvölkern.

Die Korrelation gilt nicht nur bei zunehmendem Varroatotenfall. Auch die vier auftretenden Phasen eines rückläufigen natürlichen Varroatotenfalles bringen unmittelbar eine Verminderung der Virenbelastung (nur zum Teil signifikant).

Bei Versuchsvölkern, welche ein oder mehrere Jahre überleben, den Überlebensvölkern, treten keine Korrelationen auf. Bei folgenden zwei Situationen fehlt der Zusammenhang zwischen Varroatotenfall und Virenbelastung:

- a) Im Jahr des Überlebens in der Zeit des kompletten Abschwärmens.
- b) im Jahr darauf bei der Ausnahmesituation von denselben Völkern. Trotz viel Varroatotenfall ist die Vermehrung der DWViren bis in den Herbst hinein blockiert.

Die Analysen von Viren in Varroen und Bienen bei dem einzigen Versuchsvolk, welches die Versuchsdauer überlebte, weisen darauf hin, dass die Viren zuerst in den Varroen zu finden sind und erst danach in den Bienen.

Bei den Winterbienen steht eine Zunahme der Virenbelastung immer im Zusammenhang mit einer erhöhten Varroabelastung. Die Auswinterungsstärke des Bienenvolkes nimmt ab, sowohl durch eine spätsommerliche Virenbelastung (Kontrollvölker), wie auch durch eine anhaltende Varroabelastung mit Virenzunahme über den Winter (Versuchsvölker).

Das entstehende Bild des DWV:

Entscheidend für eine Massenvermehrung des DWV im Bienenvolk ist die Gegenwart der Varroamilbe. Bei einer natürlichen Abnahme der Varroamilbe vermindert sich auch das DWV. Das Virus kann sich in der Varroa vermehren, und es scheint, dass dieser Prozess der Vermehrung in den Bienen vorausgeht. Die Schäden, die stark vermilbte Völker davontragen, sind im Schwerpunkt Virenschäden. In Ausnahmesituationen gibt es Völker mit viel Milbenfall ohne entsprechende Virenvermehrung.

2. Einführung

2.1. Viren

Viren sind intrazelluläre Parasiten in Zellen von Lebewesen. Viren haben keine eigene Körperzelle; sie enthalten lediglich das Programm zu ihrer Vermehrung und Ausbreitung. Da sie keinen eigenen Stoffwechsel haben, sind sie auf den Stoffwechsel der Wirtszelle angewiesen.

Der Begriff des Lebewesens ist deshalb umstritten.

Durch den Mangel an eigener Körperaktivität haben die Viren einen mineralischen Charakter, sind aber als Träger von Erbinformation Teil eines biologischen Systems. Diese Zwischenrolle ist bezeichnend für die Fähigkeiten und Grenzen der Viren.

1. Da sie selber keine Aktivität entfalten, sind sie auf die Akzeptanz durch die Körperzellen des Trägers angewiesen, (geborgtes Leben).
2. Sie können sich selber nicht vermehren. Daher sind sie auf die Bereitschaft der Wirtszellen angewiesen ihre Erbinformation zur Vermehrung zu übernehmen.

Der Körper des Menschen, der Tiere oder der Pflanzen, wie auch des Bienenvolkes, verfügt über verschiedene Abwehrmechanismen gegenüber den Viren. Wenn ein schädigender Einfluss der Viren auftritt, so heisst dies, dass der geschädigte Körper die Entstehung des Schadens zugelassen hat, weil er im entscheidenden Moment zu wenige Abwehrmöglichkeiten aufbieten konnte. Vielleicht wurde er von zu vielen oder von veränderten Erregern heimgesucht.

2.2. Bienenviren

Bis heute sind 18 Bienenviren beschrieben. Sie sind zumeist weit verbreitet und kommen in fast allen Gebieten vor, in denen es Bienen gibt. Die Bienenviren sind RNA Viren, sie werden mit englischem Namen bezeichnet und mit 3 oder 4 Buchstaben abgekürzt. Die zwei in unseren Versuchen untersuchten Bienenviren sind das Deformed Wing Virus, abgekürzt das DWV, und das Acute Bee Paralysis Virus, abgekürzt ABPV.

DWVirus:

Symptome des DWV sind bei erhöhtem Befall Bienen mit deformierten Flügeln. Das DWVirus findet man nicht nur in den adulten Tieren des Bienenstockes, auch in Eiern, Larven und Puppen lässt es sich nachweisen.

Es ist nicht klar, ob befallene Bienen ohne Symptome eine geringere Lebenserwartung haben. In einer Studie über den grundsätzlichen Befall mit Bienenviren in der Schweiz aus dem Jahr 2004 wurde bei normalen symptomfreien Bienenvölkern in 51 von 78 Fällen das DWVirus nachgewiesen. Es war damit das häufigste gefundene Virus (Berthous H. et.al. 2005). Für Elke Genersch kann das Virus in nahezu 100% aller Bienen (Bienenvölker?) in Deutschland nachgewiesen werden (Genersch E. 2008).

Es ist bekannt, dass das Deformed Wing Virus in einer engen Beziehung zu der Varroamilbe steht. Vereinzelt Schäden, die vom DWVirus ausgelöst werden, wurden jedoch schon beschrieben, bevor die Varroamilbe in unseren Breiten zu finden war.

Die Varroamilbe steht jedoch im Verdacht, entscheidenden Einfluss auf die Schäden zu haben, die durch das DWV entstehen.

1. Die Viren werden von der Varroamilbe direkt in die Blutflüssigkeit der Puppe übertragen. Damit kann das Immunsystem der Bienen umgangen werden. Für die Übertragung aus dem Darm besteht ein guter Schutz in der Darmwand und von aussen kommende Viren haben kaum eine Möglichkeit in den Bienenkörper einzudringen.
2. Die Varroen sind dafür bekannt, dass sie ein Reservoir von Viren bilden können; ihr Einfluss auf den Virenbefall geht damit über den reinen Transport der Viren hinaus.
3. Die Viren können sich in der Varroa vermehren. Es wurden in Varroamilben negative RNA des DWV nachgewiesen (das ist das zur Vermehrung nötige Gegenstück zur Viren-RNA) (Yue C. et.al. 2005). Die Varroamilben stehen auch im Verdacht, neben der Übertragung und Vermehrung von Viren, latente Viren aktivieren zu können und auch die Immunabwehr der Einzelbiene zu behindern (Collison.C 2008).

Über die Infektion auf der Puppe können Schäden an Einzelbienen entstehen. Viele geschädigte Bienen bedeuten einen Verlust an Bienennachwuchs und möglicherweise eine Einschränkung der Langlebigkeit. Deshalb können geschädigte Bienenpopulationen im Verlaufe des Winters einbrechen.

Diese DWV Symptome sind so eng mit einem erhöhten Varroabefall verknüpft, dass in der imkerlichen Praxis das Auftauchen der flügellosen Bienen als ein Zeichen für eine problematische Varroasituation angesehen wird. Als Faustregel stimmt dies; wir konnten im Verlauf der Versuche aber auch Situationen beobachten, in denen sichtbar geschädigte Drohnen bereits im Mai in Kontrollvölkern auftraten, zu einer Zeit mit geringem Milbenfall.

ABPVirus

Befallene Bienen können als Symptome Zittern und Flugunfähigkeit aufweisen. Das sind jedoch Symptome, welche auch beim Befall mit anderen Viren oder mit der Tracheenmilbe auftreten. Bei den untersuchten Völkerzusammenbrüchen in der Schweiz wurde das ABPVirus vermehrt gefunden (Berthous H. et.al. 2005).

Die Anwesenheit von Bienenviren muss an sich noch kein Problem darstellen. Man kann sogar sagen, dass die Viren häufig latent in Bienenvölkern vorhanden sind, ohne dass sicht- oder messbare Schäden auftreten. Die latente Situation kann sich aufgrund von zusätzlichen Belastungen in eine virulente Virenvermehrung umwandeln, was zu Schädigungen führen kann.

2.3. Wege der Virenverbreitung

Der nachfolgende Abschnitt beruht auf den Forschungen und Überlegungen von Chen Y.P: et.al. (2006). Bienenviren können demnach auf mehreren Wegen übertragen werden. Viren können vertikal über die Fortpflanzung oder horizontal innerhalb von Einzeltieren einer Population übertragen werden. Vertikal ist die Übertragung über das Ei von einer Generation zur nächsten. Die horizontale Übertragung innerhalb derselben Generation kann über das Futter und über den Kontakt der Geschlechtstiere auf direktem Weg erfolgen.

Über die Ernährung: DWV können sowohl in Pollen als auch im Honig nachgewiesen werden, nicht zuletzt auch im Magen, in der Darmwand und im Kot der Bienen.

Über den geschlechtlichen Kontakt: Auch wenn dieser Weg nicht genau untersucht worden ist, so hat man doch Viren in Drohnen, in deren Samenflüssigkeit und in dem Spermabehälter der Königin und in ihren Eiern nachgewiesen.

Wichtig für die horizontale Übertragung ist der indirekte Weg über die Varroamilbe.

Aus Sicht der Epidemiologie steht die vertikale Vermehrung für eine langzeitige Viruspräsenz und einen sanften Infektionsverlauf. Die Virusinfektion hält sich in einem latenten oder persistenten Rahmen. Demgegenüber zeichnet sich die horizontale Übertragung durch eine starke Virusvermehrung aus. Diese wird gefördert durch Stressfaktoren, wie eine Vermehrung der Varroamilben, Infektionen mit andern Krankheitserregern oder einen Mangel an Nahrung. Dann wird eine grosse Anzahl von infektiösen Viren produziert. Das kann die Einzelbiene schädigen, letztlich aber auch zum Zusammenbruch des ganzen Volkes führen.

2.4. Das Immunsystem des Bienenvolkes

Das Immunsystem des Bienenvolkes hat drei verschiedene Pfeiler. Zum einen hat jedes einzelne Tier ein eigenes Immunsystem. Zum anderen entsteht ein soziales Immunsystem durch die gemeinsame Pflege des Volkskörpers. Der dritte Pfeiler des Immunsystems ist der Massenwechsel. Das Bienenvolk scheidet Krankheitsträger wie Brut oder Bienen aus den eigenen Reihen aus. Das ist bekannt unter der Aussage: "Kranke Bienen verlassen den Stock".

2.4.1. Immunsystem des einzelnen Tieres

Das Immunsystem der Einzelbiene arbeitet auf zwei Ebenen (Collison C. 2008). Wenn einmal die mechanischen Schranken des Körpers, wie die Kutikula, die Darmwand oder die Tracheenwände überwunden sind, dann können eine zelluläre und eine hormonelle Abwehr in der Haemolymphe der Bienen einsetzen. Zur ersteren gehören beispielsweise die Hämozyten. Das sind Blutzellen, welche eindringende fremde Zellen oder Moleküle von eigenen unterscheiden können. Die Unterscheidung, wie auch die darauf folgende Abkapselung erfolgt über enzymatische Prozesse.

Auf der zweiten Ebene antwortet der Bienenkörper mit der Produktion von hormonellen Stoffen zur Abwehr von Eindringlingen. Die entstehenden antimikrobiellen Peptide sind in der Blutflüssigkeit gelöst. Sie zeigen auch bei kleinster Konzentration schon Wirkung auf Bakterien und Pilze.

Nach Evans et al. (2006) haben Bienen gegenüber anderen Insekten nur ein beschränktes Immunsystem. Die Forscher haben über eine Genkartierung diejenigen Gene bestimmt, welche mit dem Immunsystem im Zusammenhang stehen. Dabei haben sie festgestellt, dass Bienen nur etwa 33% der Gene besitzen, welche mit dem Immunsystem der Anopheles-Mücke oder der Drosophila-Fliege in Zusammenhang stehen. Eine mögliche Erklärung liegt darin, dass die Bienen den grössten Teil ihres Lebens im Volksinnern verbringen. Das ist ein Raum, welcher mit seiner klinischen Sauberkeit einen weitgehenden Schutz bietet.

2.4.2. Der soziale Raum

Die ganzen Innenräume und die Tiere werden laufend gereinigt und gepflegt. Die Waben und die nahen Wände werden von den Bienen mit Propolis ausgepinselt und so desinfiziert. Propolis hat ein breites Wirkungsspektrum gegen Bakterien, Viren und Pilze. Propolis ist eine hochkomplexe Mischung aus Wachs, Harz, Balsamstoffen, Ölen und wenig Pollen. Wichtig ist auch die laufende gegenseitige Reinigung und Pflege der Tiere.

Ebenfalls zum Immunsystem gehören die Drüsenausscheidungen mit antimikrobieller Wirksamkeit. Für die Futtersaftdrüsen sind körpereigene hemmenden Substanzen bekannt. Die Inhibine, welche die antibakterielle Wirkung des Honigs verstärken, werden durch die Bienen zugesetzt. Die Vorratslager des Bienenvolkes mit Nektar, Honig und Pollen sind durch antimikrobielle Verarbeitungseigenschaften geschützt

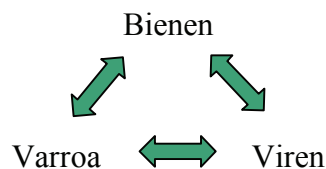
2.4.3. Massenwechsel im Dienste des Immunsystems

Da es möglich ist Einzelbienen während 30-40 Tagen im Stock zu verfolgen, steht in manchem Lehrbuch, dass die Bienen etwa 40 Tage alt werden. Wille H. (1985) hat in seinem Aufsatz „Überlebensstrategien des Bienenvolkes“ eine Übersicht über die Resultate seiner jahrzehntelangen Massenwechseluntersuchungen gegeben und dabei festgestellt, dass die durchschnittlich schlüpfende Biene im gesunden Volk nur 15-25 Tage lebt. „Normalerweise produziert ein Volk doppelt bis dreimal soviel Brut als nötig wäre, um die übliche Arbeiterinnenpopulationsstärke zu erreichen. Das bedeutet: Seitens der Brut und der Arbeiterinnen sind grosse Manövriermassen vorhanden.“ Hans Wille bezeichnet deshalb das Bienenvolk als ein hochflexibles System mit grossen Reserven. Diese „Manövriermassen“ sieht Wille im Zusammenhang mit Krankheitserregern und Umweltbelastungen.

Eine Krankheit wird erst offensichtlich, wenn Symptome auftauchen oder der Massenwechsel über seine Kapazität beansprucht wird. Das Bienenvolk verliert dann über die jahreszeitliche Norm hinaus an Bienenmasse. Die Bienenpopulation schrumpft oder bricht zusammen. Der Zusammenbruch von Bienenvölkern ist in der Zeit des vollen Massenwechsels selten, denn die Brutaufzucht zwischen den Monaten März und September kann die Verluste an Bienen kompensieren. Zusammenbrüche fallen eher in die Zeit, in der kaum Jungbienen schlüpfen und das Volk von den langlebigen Winterbienen gebildet wird. Wenn zu wenige gesunde Winterbienen vorhanden sind, dann bedeutet der Exodus an kranken Bienen das Ende der Volkseinheit.

2.5. Forschungsziel

Das Ziel der Versuche „Überleben ohne Varroabehandlung“ ist es, Bedingungen zu finden, welche das gemeinsame Überleben von Bienenvolk und Varroamilbe erleichtert. Dabei ist es wichtig, Einblicke in die Wechselwirkungen unter den Hauptprotagonisten im Überlebensgeschehen des Bienenvolkes zu gewinnen.



Im Januar 08 wurde der Bericht Überlebensforschung (Dettli M 2008) fertig gestellt. Darin geht es in erster Linie um die Wechselwirkung zwischen Bienen und Varroen, genauer um den Zusammenhang zwischen dem Massenwechsel des Bienenvolkes und die Entwicklungsdynamik der Varroamilben, gemessen anhand des Varroatotenfalles. Daraus ergibt sich die Folgefrage in diesem Bericht: Wie stehen Varroen und Viren zueinander? Sind sie so eng miteinander verknüpft, wie wir annehmen?

Aus diesem Anliegen heraus wurde nach einem Zusammenhang zwischen Varroamilben und Virenbefall gesucht, der sich statistisch absichern lässt. Diese Berechnungen werden anschliessend interpretiert und diskutiert.

3. Methodik.

3.1. Gesamtversuch

Der Versuch „Bienenhaltung ohne Varroabehandlung“ wurde 2004 begonnen mit 10 Versuchsvölkern und 4 Kontrollvölkern. Im Projektbescrieb (Dettli M. 2004) sind Ziele und Methoden beschrieben: Es geht um eine Fallstudie, in der Überlebenssituationen und deren Bedingungen beobachtet und beschrieben werden. Die Kontrollvölker ermöglichen einen Vergleich mit der üblichen Bienenhaltung. Die Völker werden durch imkerliche Massnahmen und durch Nachbarvölker möglichst wenig beeinflusst. Um diese Zielsetzung zu erreichen, wurden die Bienenvölker einzeln aufgestellt. Sie konnten ihren Wabenbau selber errichten, und sie bekamen keinen Honigraum aufgesetzt. Das Winterfutter wurde mit Futtergaben ergänzt.

Mit einer breiten Datenerhebung und Beobachtung wurde versucht, die folgenden Einflussfaktoren möglichst umfassend einzubeziehen. Das sind:

- Populationsschätzung von Bienen und Drohnen, sowie von deren verdeckelter und offener Brut, im Rhythmus von 21 Tagen.
- wöchentliche Ermittlung des natürlichen Varroatotenfalles
- Brutproben zur Analyse des Vermehrungsverhaltens der Varroamilbe in der Bienenbrut.
- Probenahmen für Virenuntersuchungen von Bienen, Brut und Varroamilben

Der Versuch wurde 2004 gestartet. Da die PCR Methodik damals erst am Anfang stand wurden die Virenproben systematisch erst ab 2005 genommen.

Tab 1. Überblick über den Versuch, mit Virenproben

Jahr (März bis März)	Anzahl Völker Versuch	Anzahl Völker Kontrolle	Populationsschätzung, Varroatotenfall auszählen	Proben für Virenanalyse, Brutproben,
2004 Aufbau ab Juli	10	4	alle	keine
2005	7	4	alle	komplett
2006	3+Schwarm	4	alle	komplett
2007	1	3	alle	komplett

3.2. Natürlicher Varroatotenfall

Der natürliche Varroatotenfall wurde auf der gittergeschützten Unterlage allwöchentlich ausgezählt. Daraus wurde der Varroatotenfall pro Tag errechnet: dies ist die gebräuchliche Einheit, um den Varroabefall eines Bienenvolkes zu messen. Der natürliche Totenfall in diesem Versuch wurde - zur Verminderung der Schwankungen - über 21 Tage berechnet. Es entsteht damit ein mit den Populationsschätzungen zeitlich korrespondierender Wert. Der natürliche Totenfall bei den Kontrollvölkern endet jeweils zu Beginn einer Varroabehandlung.

Die Varroabehandlung der Kontrollvölker wurde möglichst spät angesetzt; es wurde zugewartet bis das meistbefallene Volk die Schadschwelle deutlich überschritt. Die Varroabehandlung wurde mit dem Liebefelder Verdunster durchgeführt, einem Ameisensäureverdunster, welcher 130 ml Ameisensäure über 10 Tage abgibt. Bei der Winterbehandlung wurden die Kontrollvölker mit Oxalsäure eingesprüht.

3.3. Bienenproben

Die Bienenproben wurden von den Randwaben entnommen. Die Bienen wurden in Schachteln gefangen und eingefroren. Es wurden jeweils mindestens 100 Bienen pro Probennahmetermin und Volk entnommen. Diese Menge ist nötig, um bei der Virenanalyse brauchbare Resultate zu bekommen. Die Zahlen der Virenanalyse beziehen sich auf diese 100 Bienen. Die Probennahme war jeweils mit der dreiwöchentlichen Volksschätzung identisch.

3.4. Varroaproben

Die Milben des natürlichen Totenfalles wurden auf der Unterlage gesammelt. 50 Milben wurden als Mindestzahl für eine Probenahme festgesetzt. Bei einer wöchentlichen Auszählung wurden deshalb nur Varroaproben mit einem natürlichen Milbenfall von über 7 Milben pro Tag genommen. Dies schränkt die Auswahl an interessanten Reihenfolgen ein, deshalb wurden nur die Virenproben des am längsten lebenden Versuchsvolkes ausgewertet. Aus arbeitstechnischen Gründen wurden die Milben jeweils eine Woche nach der Populationsschätzung gesammelt; der Termin wurde jedoch gleichgesetzt. Analysiert wurden letztlich zwischen 21 und 50 Milben pro Probenahme; die Virenzahlen wurden auf eine einzelne Milbe umgerechnet.

3.5. Virenanalyse

Die Bienen- und Varroaprobe wurden von Helene Berthoud am Zentrum für Bienenforschung in Bern Liebefeld analysiert. Mit der PCR- Methode (Polymerase Chain Reaction) können kleinste Mengen von Erbmaterial für eine Analyse vervielfältigt werden. In unserem Versuch wurde eine quantitative PCR eingesetzt. Sie erlaubt Rückschlüsse auf die Menge des gesuchten Erbmaterials in der Probe. Geprüft wurden die Bienenproben auf ABPV und auf DWV. Das sind die beiden Viren, welche am häufigsten gefunden wurden in den Bienen von Verlustvölkern in der Schweiz (Berthoud H. et.al. 2005).

3.6. Verhaltensbeobachtung

Bei der wöchentlichen Auszählung des Milbentotenfalles wurden verschiedene Beobachtungen notiert. Dazu gehören Auffälligkeiten am Flugloch, auffälliger Auswurf vor dem Flugloch und ungewöhnliches Gemüll auf der Unterlage. Ebenso wurden bei der Populationsschätzung spezielle Beobachtungen aus dem Volksinnern festgehalten.

3.7. Statistik

Nach einem Zusammenhang zwischen der Anzahl der Milben im natürlichen Totenfall und der gefundenen Menge an Deformed Wing Virus in den Bienenproben (gemessen zu den gleichen Zeitpunkten) wurde mittels Korrelationsanalysen gesucht. Der natürliche Varroatotenfall wurde mit der Virenzahl aus der PCR-Analyse in Beziehung gesetzt.

Die Statistischen Berechnungen wurden mit dem Programm SPSS 10.0 gemacht. Als erstes wurden die Daten anhand von graphischen Darstellungen mit QQ-Plots auf Normalverteilung geprüft. Bei normal verteilten Daten wurde jeweils mit den Mittelwerten aller Messungen gerechnet, bei nicht normal verteilten Daten wurden die Mediane aller Werte verwendet . Bei nicht normalverteilten Daten wurden bivariate Rangkorrelationen nach Spearman zweiseitig errechnet.

In den Ergebnissen der Untersuchungen werden die Irrtumswahrscheinlichkeiten wie folgt gekennzeichnet:

- *** = signifikant bei $p < 0.001$ (Irrtumswahrscheinlichkeit $< 0.1\%$; das Ergebnis ist höchst signifikant)
- ** = signifikant bei $p < 0.01$ (Irrtumswahrscheinlichkeit $< 1\%$; das Ergebnis ist hoch signifikant)
- * = signifikant bei $p < 0.05$ (Irrtumswahrscheinlichkeit $< 5\%$; das Ergebnis ist signifikant)
- + = signifikant bei $p < 0.10$ (Irrtumswahrscheinlichkeit $< 10\%$; das Ergebnis zeigt eine Tendenz)
- n.s. = nicht signifikant, $p \geq 0.10$ (Irrtumswahrscheinlichkeit $> 10\%$; das Ergebnis ist nicht signifikant)

Wenn ein Volkszusammenbruch im Bereich der Erhebungstermine auftrat, wurden die Daten von 2 Terminen vor dem Volkszusammenbruch nicht in die Analysen einbezogen, weil die zusammenbrechenden Völker schrumpfen und nicht mehr so viele Milben fallen lassen, obwohl eine starke Belastung mit Milben besteht.

4. Resultate

4.1 Resultatübersicht nach Gruppen.

Die Werte des natürlichen Milbentotenfalles/ Tag und der Virenbefall der Bienen waren nicht normalverteilt.

Die beiden Grössen der Korrelationsberechnung sind:

- a) natürlicher Varroatotenfall/ Tag (Median)
- b) Virenbefall der Bienen (Median)

Die Erhebungen der Populationsschätzungen im Dreiwochenrhythmus ergeben in der Regel 10-11 Datensätzen pro Volk und Jahr.

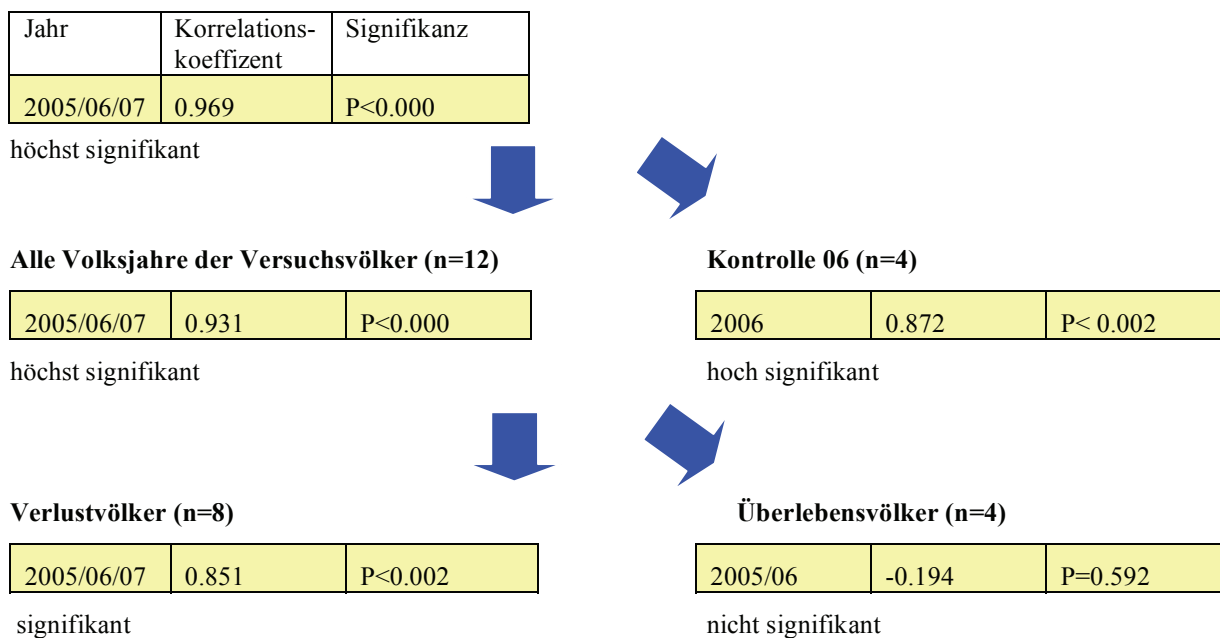
Ausnahmen: Schwarm 06 7 Datensätze (erst ab Juni)

Volk 1: 8 Datensätze (früher Zusammenbruch)

Kontrolle 06: 9 Datensätze (Behandlung ab Mitte September)

Grafik 1 Übersicht:

Alle Volksjahre (n=16): Alle Völker mit DWV, das heisst Versuchsvölker und Kontrolle 06
Überlebende Versuchsvölker werden in jedem Jahr berücksichtigt.



Die Gruppe aller Volksjahre zeigt mit dem Koeffizienten 0.969 einen sehr deutlichen Zusammenhang und dies bei einer grossen Vielfalt an Volkssituationen.

Die Unterscheidung von Versuchsvölkern und Kontrollvölkern zeigt für die Volksjahre der Versuchsvölker mit 0.931 und für die Kontrollvölker mit 0.872 immer noch deutliche Beziehungen. Die Versuchsvölker sind eine wesentlich heterogenere Gruppe. Erst eine differenzierte Betrachtung deckt die Zusammenhänge auf. Die Unterscheidung zwischen Verlustvölkern und Überlebensvölkern macht Sinn. Die Verlustvölker sind die Versuchsvölker in ihrem letzten Jahr, es sind Völker die den folgenden Herbst und Winter nicht überlebt haben, unabhängig vom Jahr. Mit einer Korrelation von 0.851 ist der Zusammenhang ebenfalls gegeben.

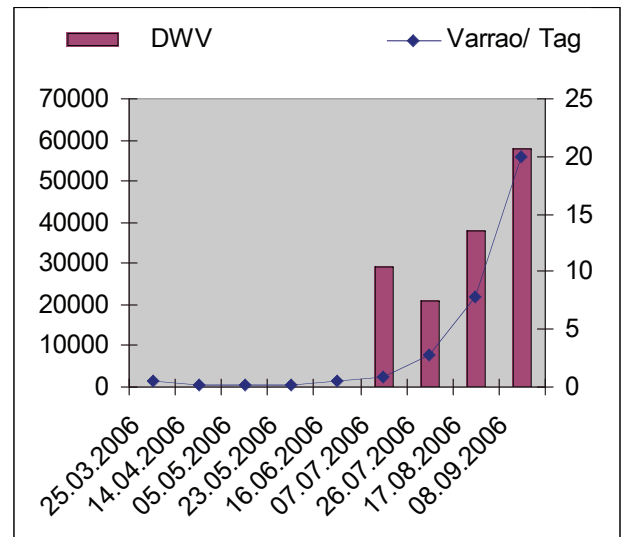
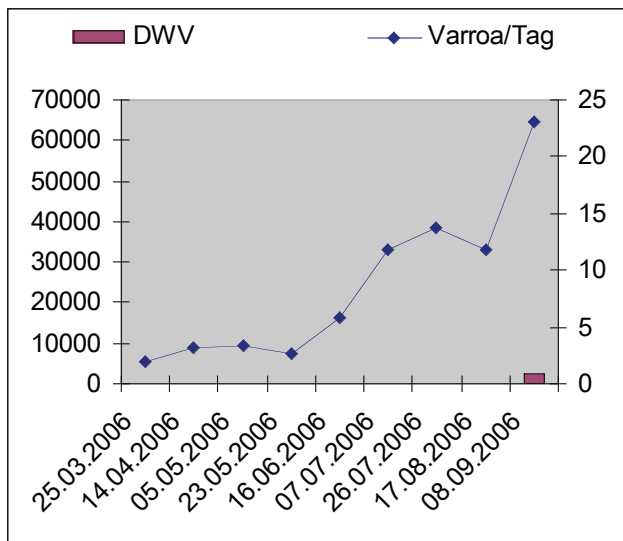
Auf der andern Seite sind die vier Situationen (drei im Jahr 2005 und eine im Jahr 2006), in denen Versuchsvölker überlebt haben. Es ist ersichtlich, dass bei den überlebenden Völkern mit einer Korrelation von -0.194 kein Zusammenhang besteht.

4.2. Viel Varroen, keine Viren: Die Ausnahmesituation

Viele Varroamilben sind eng korreliert mit vielen DWViren. Dies gilt nach unseren bisherigen Auswertungen für die Versuchsvölker und die Kontrollvölker 06. Die letzteren zeigen in der Resultatübersicht (Grafik 1) bis zu ihrer Behandlung am 8. September ebenfalls einen zuverlässigen Zusammenhang (Grafik 3). In demselben Jahr gilt aber für die Versuchsvölker, welche das Jahr 2005 überlebt haben, etwas ganz anderes (Grafik 2). Sie haben trotz deutlichem Varroatotenfall vom Frühjahr weg keinen entsprechenden Virenbefall. Sie sind im August minimal mit Viren belastet, und erst im September lassen sich erste Viren analysieren. Dies gilt auch für den Schwarm des Versuchsvolkes 5, welcher Ende Mai eingefangen und einzeln aufgestellt wurde. Er lieferte ebenfalls Proben, die in dieser Grafik und in den statistischen Daten mitberücksichtigt wurden. Wir können davon ausgehen, dass die Versuchs- und Kontrollvölker unter den gleichen Umweltbedingungen standen, da sie alle gleichmässig über das Versuchsgebiet verteilt waren. Dadurch entsteht eine aussergewöhnliche Situation: Die Versuchsvölker 06 sind bis in den Herbst hinein geschützt vor der Virenbelastung.

Grafik 2 Versuchsvölker 06 (n=3+Schwarm)

Grafik 3 Kontrollvölker 06 (n=4)



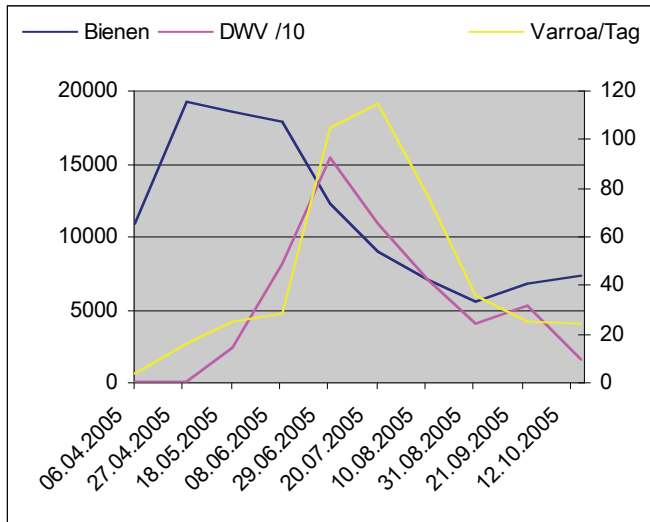
Hintergrund: Im Vorjahr haben die Völker komplett abgeschwärmt und nachfolgend eine Kleinvolkphase durchgemacht mit weniger als 4000 Bienen. Diese Phase war entscheidend für die Sanierung der Varroapopulation (Dettli M. 2008). Daraus sind innert weniger Monate bis Oktober wieder Bienenpopulationen von 12'133 Bienen (Mittel von 17.Okt.06) hervorgegangen. Das weist auf eine vitale Situation, welche teilweise mit den jungen Königinnen zusammenhängt.

Die Abwesenheit von DWV in Bienen bei einem hohen Varroatotenfall während mehrerer Monate ist ein Phänomen, welches nach unserem Wissen unverständlich ist. Deshalb erfolgt eine ausführliche Diskussion in 5.2.

4.3. Abnehmender Varroatotenfall – Abnehmender Virenbefall

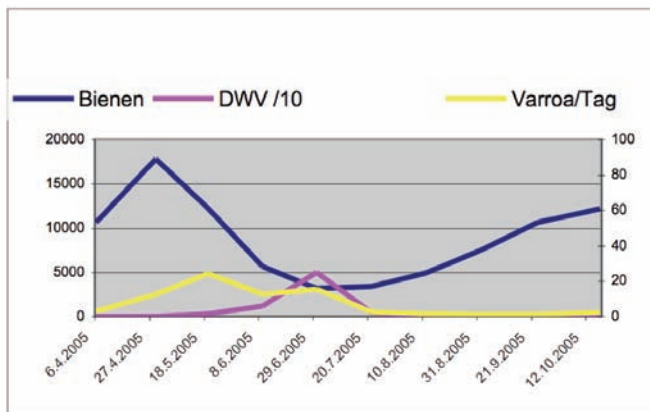
Der Zusammenhang zwischen Varroatotenfall und den DWViren wird als Zunahme der beiden Belastungsfaktoren verstanden. In der Praxis bedeutet diese parallele Bewegung das baldige Ende des Bienenvolkes. Die im Bericht „Überlebensforschung“ (Dettli M, 2008) beschriebenen Phasen von abnehmendem natürlichem Varroatotenfall zeigen sich auch hier als interessante Situationen. Auf eine Abnahme des natürlichen Varroatotenfalles folgt eine Abnahme der DWV. Das lässt sich in Grafik 4 und 5 beobachten. Die Korrelation ist allerdings nur für Volk 6 signifikant (Tabelle 4).

Grafik 4: Volk 6



Grafik 4 zeigt die Jahresentwicklung von Volk 6 im Jahr 2005. Volk 6 hatte mit einer massivsten Varroabelastung von über 100 Milbentotenfall/Tag (max. 140) während 35 Tagen zu kämpfen. Der natürliche Varroatotenfall nahm dann über einen Zeitraum von 84 Tagen kontinuierlich ab. Wie aus der Grafik ersichtlich, sank auch die Belastung mit DWViren. Nach Tabelle 4 ist dies eine signifikante Korrelation.

Grafik 5: Überlebendvölker 05



Grafik 5 zeigt das Mittel der Gruppe der überlebenden Völker 05. Analysiert man die Phase des abnehmenden natürlichen Varroatotenfalles von Ende Juni bis Ende September, so sieht man einen leichten nicht signifikanten Zusammenhang (Tab 3).

In den Grafiken 4 und 5 sind auf der y-Achse drei Werte: die Anzahl Bienen und die Werte des DWV, gekürzt um einen Faktor 10, und auf der Sekundärachse der Varroatotenfall/ Tag eingezeichnet.

Tabelle 4 Völker mit Phasen von abnehmendem Varroatotenfall (6 Datensätze)

Jahr	Anzahl Volksnummer	Korrelations-koeffizient	Signifikanz	
2005	Nr. 6 (in Abnahmephase) Juni-Okt.	0.886	0.019	Signifikant
2005	3 überlebende Völker 05 (3/5/10) Juni-Okt.	0.657	0.156	Nicht signifikant

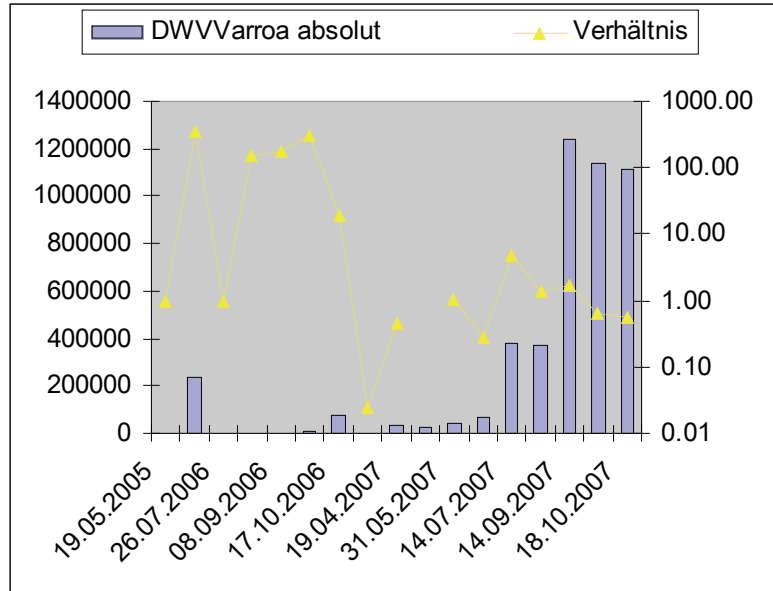
4.4. DWViren in Varroa

Volk 5 war das langlebigste Versuchsvolk. Es hatte regelmässig einen hohen Varroatotenfall, bei dem man genug Milben als Proben entnehmen konnte. Aus diesem Grund haben wir bisher nur die Varroen von diesem Volk auf Viren hin analysiert. In Tabelle 5 sind alle Termine aufgeführt, an denen Varroaproben und Bienenproben zusammen genommen wurden, ergänzt mit Resultaten von den Bienenanalysen, um die Entwicklungen zu zeigen.

Tabelle 5 Probenübersicht Volk 5

Datum	DWV		Verhältnis
	DWV/Varroa	Bienen	
19.05.2005	0	0	1.00
17.10.2005	236905	675	350.97
16.12.2005		396	
20.01.2006		19200	
26.07.2006	0	0	1.00
17.08.2006	225	1	158.45
08.09.2006	578	3	173.05
28.09.2006	5057	0	(300.00)
17.10.2006	75946	3980	19.08
30.11.2006		8930	
08.03.2007		11600	
29.03.2007	3600	143000	0.03
19.04.2007	31633	67600	0.47
11.05.2007	29467	0	#DIV/0!
31.05.2007	39024	36600	1.07
23.06.2007	68261	250000	0.27
14.07.2007	379310	80450	4.71
04.08.2007		149600	
24.08.2007	373810	269000	1.39
14.09.2007	1236667	713600	1.73
28.09.2007	1137037	1772000	0.64
18.10.2007	1114286	2007000	0.56

Grafik 6, Umsetzung von Tabelle 5



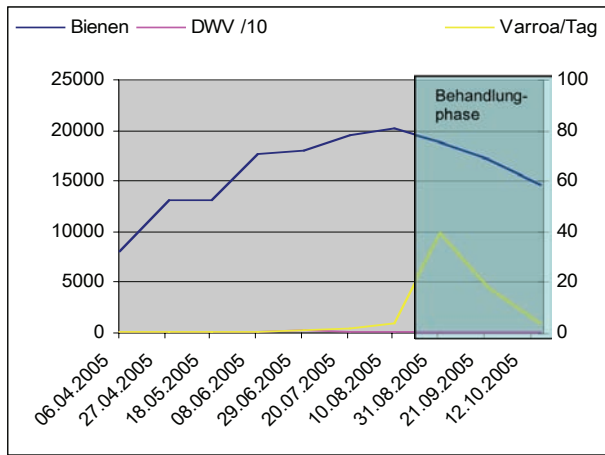
Zur Grafik 6. Die blauen Säulen bezeichnen die absoluten Virenzahlen in den Bienen (Primärachse). Auf der Sekundärachse (gelb) ist das Verhältnis von Viren in Varroa zu Viren in Bienen dargestellt. 1 bedeutet ein ausgeglichenes Verhältnis. >1 = mehr Viren in Varroa. Zwischen 0 und 1 heisst mehr Viren in Bienen.

Resultat: Es zeigt sich eine deutliche Differenz im Bezug auf die Versuchsjahre. In den Versuchsjahren 05 und 06 hat es mehr Viren in den Varroa. Im Verlustjahr 07 hat es zumeist mehr Viren in den Bienen.

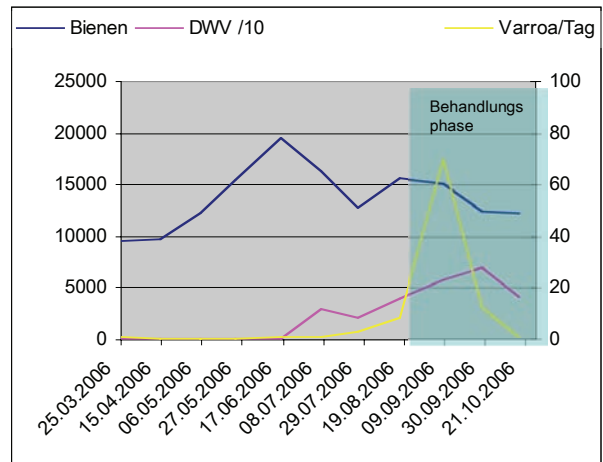
Der Aufbau über die drei Jahre weist darauf hin, dass die DWV zuerst in den Varroen sind und erst dann in messbaren Mengen in die Bienen kommen. Anschaulich machen dies auch die Datenfolgen in Tabelle 5 „Varroa“ 26.07. bis 17.10.07 und der nachfolgende Aufbau „Bienen“ 17.10.07 bis 29.03.07. Dieser Aufbau bedeutet die Wende vom Überlebensvolk mit vielen Varroa, aber ohne grosse Virenlast, zum Verlustvolk 07.

4.5. Die Kontrollvölker

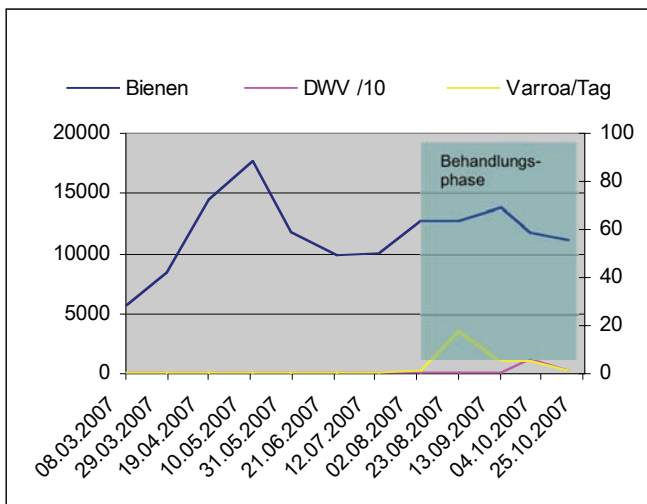
Grafik 7 Kontrollvölker 05 (n=4)



Grafik 8 Kontrollvölker 06 (n=4)



Grafik 9 Kontrollvölker 07 (n=3)



In den Grafiken 1-3 sind auf der y-Achse drei Werte eingezeichnet: die Anzahl Bienen, dann die Werte des DWV, gekürzt um einen Faktor 10, und auf der Sekundärachse der Varroatotenfall/ Tag. Auffallend ist, dass im Jahr 05 und 07 kaum Viren auftreten.

Der durchschnittliche Jahresmilbenfall pro Volk (inklusive Oxalsäure- Behandlungsmilbenfall) beträgt für das Jahr
 2005: 2005 Milben
 2006: 2073 Milben
 2007: 623 Milben

In den Jahren 05 und 07 haben die Kontrollvölker ein so geringes Auftreten von Viren, dass keine Auswertung möglich ist. Dazwischen im Jahr 06 sind schon von Juni weg DWViren von über 10'000 Einheiten in den Völkern. Die Korrelation mit dem Varroatotenfall ist signifikant. Der Zusammenhang von Varromilbenfall und Virenbelastung ist bei den Kontrollvölkern im Jahr mit Virenbelastung gegeben.

4.6. Viren in Winterbienen

Die bisherigen Versuchsergebnisse haben sich immer auf Viren im Bienenvolk des Sommerhalbjahres bezogen. Die Schätzungen und Hauptprobenahmen fanden zwischen März und Oktober statt, in der Zeit des Massenwechsels. Als problematisch wird jedoch oft die Überwinterungssituation erlebt. Die Bienen werden 6-7 Monate alt und können nicht durch nachrückende Brut ersetzt werden. Der Massenwechsel bringt keinen Ausgleich. Wir haben in den beiden Wintern von jedem Volk eine Bienenprobe genommen (am 9.12. 05 und am 30.11. 06) und diese analysiert. Zusammen mit den Einwinterungs- und Auswinterungsdaten können wir der Frage nachgehen, ob die Viren in den Winterbienen zunehmen und ob die Varroamilbe auch in der Zeit eine Rolle spielt, in der sie sich nicht auf der Brut vermehren kann.

Tabelle 7 Viren in Winterbienen. Stichtag 9.12.05/30.11.06

Dargestellt sind:

Die Virenbelastung am Stichtag sowie im Herbst und Frühling

Bezug der Bienenmenge vom Herbst zum Frühling, (Überwinterungsqualität)

Varroabelastung

	Herbst Sept/Okt	Viren in Winterbienen Stichtag	Frühling März/April	Ein- winterung	Aus- winterung	Prozent	Varroa/Tag Stichtag	Jahres Varroa- belastung
Kontrolle 05/06 (n=4)	69	136	0	14528	9490	65 %	1	2005
Überleben 05/06 (n=3)	784 (Sommer 50'000)	475	0	12133	6977	57 %	2	2713
Verlust 05/06 (n=2)	32450	49050		5655			15	7540
Kontrolle 06/07 (n=4)	55097	3	0	12123	6468	53 %	2	2073
Überleben 06/07 (n=1)	1990	8930	77'300	14040	7020	50 %	7	3280
Verlust 06/07 (n=2)	1732	52150		9360			17	2108

In Tabelle 7 sehen wir, dass:

- die Verlustvölker mit grosser Virenlast und Varroalast den Winter nicht überstehen
- Die Kontrollvölker 06/07 mit einer Virenlast im Herbst diese zwar rasch loswerden, aber dennoch deutliche Überwinterungsverluste erleiden, obwohl sie von der Varroa befreit sind(53%).
- Das Überlebensvolk 06/07, trotz geringer Virenbelastung bei der Einwinterung, über Winter mit einer massiven Virenvermehrung zu kämpfen hat. Dies unter gleichzeitiger grosser Varroabelastung. Diese Konstellation schlägt sich ebenfalls in einer schlechten Überwinterung nieder (50% Bienenverlust)

4.7. Virenbelastung im Jahreslauf, „alles neu macht der Mai“

Tab 6, Virenbelastung der Bienen im Mittel aller Volksjahre (n=16)

Monat	Viren	Varroa/Tag	Die Virenbelastung ist ausgangs Winter noch erhöht und sinkt im
April	17875.1	2.8	Mai auf einen absoluten Tiefpunkt. Danach steigt sie wieder an. Es
April	4759.9	2.5	ist anzunehmen, dass die verbleibenden Winterbienen noch eine
Mai	65.5	5.5	Virenbelastung tragen, dass aber die totale Volkserneuerung im
Juni	4830.0	8.3	Mai die Virenbelastung auf ein Minimum abzubauen vermag. Dies
Juni	22810.1	7.5	ist ein Beispiel für eine jahreszeitliche Sanierung über den
Juli	32114.2	14.9	Massenwechsel.
August	25217.5	17.0	
August	35092.2	17.0	
September	76793.3	20.5	
Oktober	209495.0	18.5	
Oktober	293393.7	21.5	

4.8. übrige Viren

DWV

Alle bisherigen Auswertungen beschäftigten sich mit der Dynamik des DWV, da nur dieser häufig und in grosser Zahl auftrat.

ABPV

Untersucht wurde bei alle Proben auch das ABPVirus. Es hat in den vorliegenden Versuchen nur eine Nebenrolle gespielt.

ABPV trat in der Endphase von Volk 1 auf:

01.09.2005: 361500 Einheiten
23.09.2005: 2'040'000 Einheiten (Endprobe)

Sonst trat das Virus in Mengen über 1000 Einheiten nur einmal auf, auf gleichzeitig bei zwei Völkern in unproblematischen Situationen. Bei einem der beiden Völker (Volk 3) war auch 3 Wochen später noch etwas zu finden.

Kontrollvolk 11: 16.06.2006: 7'900 Einheiten
Versuchsvolk 3: 16.06.2006: 210'000 Einheiten
07.07.2006: 5'200 Einheiten

5. Diskussion

5.1. Diskussion über den fehlenden Zusammenhang bei den Überlebensvölkern.

(Resultat 4.1. S 9)

Varroatotenfall und Viren zeigen eine enge Korrelation bei den meisten Auswertungen. Keine Übereinstimmung gibt es bei den Überlebensvölkern. Dies hat je nach Jahr verschiedene Gründe:

2005 waren die Schwarmprozesse entscheidend,

2006 die Ausnahmesituation im Verhältnis von Varroatotenfall und Viren.

2005 hatten nur die drei mehrmals abgeschwärmten Völker eine Überlebensmöglichkeit. Der Schwarmprozess brachte Veränderungen, welche einen kontinuierlichen Varroatotenfall verhinderten. Diese fehlende Kontinuität verdeutlicht Volk 5 im Jahr 2005:

- Vor dem Schwarm 16 Milben pro Tag.

- In der Woche des Schwarmauszuges 36 Milben pro Tag.

- Nach dem Schwarmauszug beim Restvolk unter 1 Milbe pro Tag während drei Wochen.

Die Ursachen für dieses Phänomen lassen sich abschätzen: Da ist zum einen die Abnahme der Brutaktivität. Die Varroen kommen weniger in der Brut unter, sie werden in ihrem Vermehrungsrythmus gestört. Die langlebigeren Schwarmbienen locken die Varroa vermehrt auf Bienen. Dann folgt der Schwarmauszug mit dem Brutunterbruch und die vielen Varroen verbleiben im Restvolk in der reichlich gedeckelten Brut.

Erst nach dem Schlüpfen der ersten Brut stabilisiert sich das Volksgeschehen; das Varroaverhalten kommt wieder in seine gewohnten Bahnen. Es folgt die Phase des abnehmenden natürlichen Varroatotenfalles.

2006: Dieses Jahr wird ausführlich in nachfolgenden Kapitel 5.2 (die Ausnahmesituation) diskutiert.

5.2. Viel Varroa, kaum Viren: Die Ausnahmesituation

(Resultat 4.2. S10)

In den Grafiken 2 und 3 der Resultate sehen wir, dass die Überlebensvölker 05 im Folgejahr lange Zeit kaum Virenbefall aufweisen, trotz hohem Varroabefall. Frappant ist insbesondere der Vergleich mit den Kontrollvölkern 06, welche trotz durchschnittlichem saisonalem Varroabefall schon früh hohe Virenwerte hatten. Wie kommt es, dass Versuchsvölker trotz hohem Varroabefall kaum Viren aufweisen?

5.2.1 Ein Schutz vor Viren?

Thesen zur Diskussion

a) Das Immunsystem des einzelnen Tieres könnte eine Hemmung der Virenentwicklung bewirken.

b) Der Massenwechsel im Dienste des Immunsystems könnte für die Virenhemmung entscheidend sein.

5.2.2. These a): Das Immunsystem des einzelnen Tieres

Die Idee eines Virenschutzes ist inspiriert durch die Antikörperreaktion, wie wir sie beim Wirbeltier kennen. Wir wissen zwar, dass die erworbene Immunabwehr von Wirbeltieren mit ganz gezielten Antikörpern bei Insekten fehlt. Es gibt jedoch eine weniger spezifische, angeborene Immunabwehr innerhalb der Bienen, welche wir im Bezug auf Viren noch kaum kennen. Es wird eine Abwehrreaktion aufgrund von körperlichen Auslösern postuliert. Dies wäre eine Immunantwort, welche mit dem Auftreten der bestimmten Viren in Gang kommt. Wenn wir einen Hemmstoff postulieren, dann müsste dieser im Volkskörper über Bienengenerationen weitergegeben werden. Allein in einem Jahr entstehen im Bienenvolk mindestens 14 Generationen von Bienen. Als mögliche Wege für die Übertragung des stofflichen Hemmers kommt der Futtersaft der Arbeiterinnen oder das Ei der Königin in Frage. Die Speicherung im Körper wird durch die Übertragung möglicherweise mit der Zeit abgebaut. In unserem Beispiel gibt es mehrere mögliche Gründe, warum der Schutz dem Virendruck des Herbstes nicht mehr gewachsen ist. Mit den vielen Varroamilben nimmt der Infektionsdruck laufend zu. Die Übertragung des Hemmstoffes wirkt verdünnend und zudem werden die Bienen langlebig.

Für eine solche These spricht das tiefe Niveau von Virenbefall, welches beim Volk 5 in 5.3 „DWV in Varroamilben“ sowohl bei Bienen und Varroen für den Sommer 06 analysiert wurde. Es hatte im Mai noch keine Viren in Varroa und Bienen. Die beiden waren so sehr frei von Viren nach der Sanierung, dass „das gegenseitige Aufschaukeln“ erst gegen den Herbst hin in Gang kam.

Die Immunabwehr-These könnte auch zur Klärung des Auftretens von Völkerverlusten alle zwei Jahre beitragen. Die Unterlagen dazu werden im Kapitel 5.5. (Kontrollvölker) aufgezeigt.

5.2.3. These b) Massenwechsel im Dienste des Immunsystems

Es ist denkbar, dass die normale Gesundheitsprophylaxe über den Massenwechsel erfolgt. Dabei wirkt entscheidend, dass kranke Bienen jeden Alters ausgeschieden werden. Nach demselben Prinzip kann man sich die Sanierung im Vorjahr vorstellen. Varroen und Viren wurden aus eigener Kraft auf das Grundniveau vermindert. Es liegt dementsprechend eine Erfahrung vor.

Um das Geschehen zu verstehen widmen wir uns noch den Details der Ausgangssituation. In der Grafik 5, Seite 11, ist der Verlauf von Bienenpopulationen, Varroatotenfall und Viren der drei Überlebensvölker dargestellt. Die Restvölker starteten nach dem kompletten Abschwärmen in der zweiten Hälfte Mai mit einer überdimensionierten Milbenpopulation, die aus der zurückgelassenen Restbrut schlüpfte.

Nach dem Abschwärmen entsteht eine zweimonatige Konsolidierungsphase und eine zweimonatige Aufbauphase.

In der Konsolidierungsphase wurden anfangs Juni 5600 Bienen geschätzt. Das Minimum mit 3600 Bienen war Ende Juni erreicht. Der anfänglich erhöhte Varroatotenfall (24 Milben/Tag) verminderte sich bis Mitte August auf 1 Milbe pro Tag.

In diese Phase fällt eine bemerkenswerte Beobachtung. Die drei Völker hatten eine erhöhte Abwehrbereitschaft am Flugloch. Alle einfliegenden Bienen wurden von den Stockgenossinnen genauestens untersucht. Da allfällige Nachbarvölker weit weg waren, kann dieses Verhalten als aktives Ausstossen von Krankheitsträgern interpretiert werden, zumal es nur bei diesen drei Völkern zu beobachten war.

In der Aufbauphase ab August setzte ein rasantes Volkswachstum ein, welches seinen Höhepunkt im September hatte, mit 12'133 Bienen (Mittel vom 17.Okt.06).

5.2.4. Weitere mögliche Faktoren

Wenn die geschilderte Konstellation eine Vitalität mit einer Abwehrbereitschaft hervorbringt, die auch im folgenden Jahr noch anhält, dann gilt es mögliche Faktoren zu suchen:

a. Die eigendynamische Sanierung von Varroamilben und von DWV.

Die erfolgreiche Verminderung von Varroa und Viren kann eine Erfahrung sein, die auch im folgenden Jahr wirkt. Das Verhalten läuft nach demselben Muster weiter ab. Hier würde es sich um die „Speicherung“ eines Verhaltens (z.B. Kontrolle am Flugloch) handeln.

b). Das Kleinvolk als Hygienefaktor

Das Bienenvolk hat gegenüber anderen hoch entwickelten Organismen die Fähigkeit, mit dem 10. Teil der Normalgrösse noch überlebensfähig zu sein. Beim „Gesund schrumpfen“ können ganz andere Dynamiken spielen; das zeigt der Abbau des Varroatotenfalles der abgeschwärmten Völker. Die Fähigkeit, auf ein Minimum zu schrumpfen und wieder zu expandieren, ist ein Hygienefaktor, der in der Imkerei noch kaum wahrgenommen wird. Er ist übrigens auch bei den Überlebensversuchen auf Gotland beobachtet worden (Fries I. et.al. 2006).

c). Die Volkszusammensetzung nach einem totalen Abschwärmen

Wovon die Kleinvolkdynamik abhängt, wissen wir nicht. Es stellt sich in unserem Zusammenhang die Frage, ob die Überreste des Schwarmprozesses eine Rolle spielen für das Überleben des Volkes. Es gehört das Schlüpfen der Königin und der Restbrut dazu. Vielleicht spielen auch die vielen dann vorhandenen Drohnen eine Rolle.

d). Die überschüssigen Bienen

Die Dynamik beim Volksaufbau macht klar, welches Potential an „überflüssigen“ Bienen in einem Vollvolk mit Bruttätigkeit steckt. Wenn wenige Krankheitsprobleme bestehen und die überschüssigen Bienenmassen voll im Dienste der Prophylaxe stehen und bei kleinsten Anzeichen von Krankheit ausgeschieden werden, dann sind in der Krankheitsabwehr grosse Leistungen möglich.

5.2.5. Fazit

Das Phänomen kann aber mit beiden Thesen nicht überzeugend geklärt werden. Dazu fehlen letztlich doch stichhaltige Hinweise. Eine Mischung von beiden Thesen wäre auch denkbar:

Alle Bienen, welche aus Altersgründen die Viren nicht unter Kontrolle halten können, werden ausgeschieden. Im Herbst ist dies nicht mehr möglich, deshalb nehmen die DWV in den Winterbienen ab September massiv zu.

Schade ist, dass die bisherigen Publikationen über Bienenviren vorwiegend im Labor erarbeitet wurden, allenfalls noch an sterbenden Bienenvölkern. Über das Auftreten von Bienenviren in intakten Völkern und den Umgang von Bienen mit dieser Situation wissen wir noch viel zu wenig.

5.3. Abnehmender Varroafall- abnehmender Virenbefall.

(Resultat 4.3. S.11)

Dass mit abnehmendem Varroafall auch der Virenbefall abnimmt, gibt der Verbindung zwischen Varroa und Viren nochmals eine andere Qualität. Es weist daraufhin, dass die Viren ohne die Varroa kaum ein Eigenleben führen. Es bedeutet, dass eine hohe Virenbelastung nicht ohne die Varroa als Vektor weitergegeben werden kann. Die Eigendynamik der Viren reicht nicht aus für eine Kontinuität im Bienenvolk. Die vier Abbausituationen treten noch im vollen Massenwechsel auf. Es ist anzunehmen, dass virenbefallene Bienen ausgeschieden werden. Diese Situation bestärkt den engen Zusammenhang von Varroabefall und DWV.

Das Beispiel mit Signifikanz ist Volk 6 in Grafik 4, S11. Befallsstärken von 200'000 Viren sind bis auf die Verlustvölker 5 und den Schwarm die höchsten Werte. Diese hohen Werte können in der Vegetationsperiode über den Massenwechsel saniert werden.

5.4. DWViren in Varroa

(Resultat 4.4. S.12)

Diese Daten von einem Einzelvolk können nur Hinweise liefern. Der Zusammenhang mit dem Nachweis von Vermehrungsvorgängen innerhalb der Varroen (5) gibt dieser Beobachtung den Wert eines Mosaiksteines: Die Viren vermehren sich zuerst in den Varroen. Die Varroen sind damit nicht nur Vektoren, sondern auch Reservoirwirte. Sie scheinen damit die Impulsgeber zu Virusinfektionen in den Bienen zu sein. Ob dies nur auf die Quantität zutrifft oder vielleicht auch auf die Qualität (Veränderung der Viren), da haben wir keine Hinweise.

5.5. Die Kontrollvölker

(Resultat 4.5. S.13)

Die Frage hier ist, warum trotz vergleichbarer Milbenbelastung in den Jahren 05 und 06 nur im zweiten Jahr Viren auftreten. Die Varroabelastung entwickelt sich im Verlaufe des Jahres gleich. Auch die Viren setzen zum gleichen Zeitpunkt ein (Ende Juni). Im 2005 mit leichtem Befall (900 Einheiten), im Jahr 2006 aber sofort mit 20'000 Einheiten.

Die Kontrollvölker (Grafik 1-3 Seite 10) hatten im Jahr 06 schon früh eine deutliche Virenbelastung. Die Varroabelastung in den Kontrollvölkern ist im Bezug auf den Jahresmilbenfall und die Spitze des natürlichen Milbenfalles vergleichbar mit dem Vorjahr 05.

Was ist anders im Versuchsjahr 05 und im folgenden Jahr 06?

Ein Vergleich mit dem Gesundheitszustand der imkerlich betreuten Völkern in der Region zeigt folgendes Bild:

Tabelle 9

Winter	Völker in der Region	Kontrollvölker im vorangehenden Sommerhalbjahr	
		Viren	Varroa
05/06	verlustreich	keine Viren	viele
06/07	verlustarm	viel und früh Viren	viele
07/08	eher verlustreich, weniger in der Region	keine Viren	wenige

Ein Zweijahresrhythmus bei den Bienenverlusten ist bekannt. Die Ursache dieser Alternanz kennen wir jedoch nicht. Wenn wir die Ereignissen in der Umgebung mit den Beobachtungen bei den Kontrollvölkern in Zusammenhang bringen, dann sehen wir, dass im 06 viele Viren schon früh in den Kontrollvölkern zu finden waren. Es könnte folglich sein, dass ein frühzeitiger Virenbefall die Völker zu stabilisieren vermag. Ein Verlustwinter sich aber durch eine späte massive Virenentwicklung im Herbst ankündigt.

Das ist hier ein spekulativer Gedankengang, der hoffentlich bald durch weitere Virenforschung überprüft werden kann. Die These ist deshalb interessant, weil sie mit Virenerkennung und Virenabwehr im Zusammenhang stehen würde (These a) Immunabwehr der Einzelbiene, Seite 17).

5.6. Viren in Winterbienen

Im Zusammenhang mit den Volksverlusten über den Winter entsteht immer wieder die Frage, ob die Varroen oder die mit ihnen verbundenen Viren mehr Schaden anrichten.

Gemäss Tabelle 7 wintern Völker mit einer herbstlichen Virenbelastung im Herbst schlecht aus. Völker, welche über den Winter unter einer Virenzunahme leiden, überleben nicht oder mit einer schlechten Auswinterung. Das

lässt sich so zusammenfassen: Viren in Winterbienen haben unabhängig von ihrem Auftretenszeitpunkt einen negativen Einfluss auf die Überwinterungsfähigkeit und Überwinterungsstärke. Es ist anzunehmen, dass die Viren sich negativ auf die Lebenslänge der Winterbienen auswirken.

Wenn die Varroabelastung eliminiert wird, wie dies bei den Kontrollvölkern der Fall war, dann kann auch eine deutliche Virenbelastung im Herbst gestoppt werden. Die DWViren scheinen keine eigene Vermehrdynamik zu besitzen, oder das Bienenvolk lässt diese nicht zu.

Wenn aber viele Varroen in den Völkern sind, dann vermehren sich die Viren, auch wenn die Winterbienen in virenarmen Völkern aufgewachsen sind. (Ueberlebensvolk 06/07). Die Varroen scheinen folglich nicht nur über ihre Brutparasitierung einen Einfluss zu haben, wahrscheinlich sind sie auch als winterliche Parasiten der erwachsenen Bienen eine Quelle der Virenvermehrung.

5.6.1 Zwei Einzelsituationen im Winter

Januar 06, Volk 5:

Volk 5 ist das am längsten lebende Versuchsvolk. Seine Langlebigkeit ist mit tiefen Virenzahlen trotz hohen Milbenzahlen verbunden. In einem starken winterlichen Totenfall von ca. 1500 Bienen werden 19'000 Einheiten DWViren gefunden. Das Volk weist bei den Regelproben vom Herbst und vom folgenden Frühling kaum DWV auf.

Winter 06, Volk 10

Ein Phänomen weist Volk 10 in seiner letzten Phase auf. Im Herbst ab September schwanken die Virenzahlen zwischen 78'000 und 100. Die Winterbestimmung ergibt 81'500 Viren. Eine Diagnose des Bientotenfalles im Dezember 20'700. Die Analyse der nach dem Absterben gesammelten Bienen ergab keinen Virenbefall.

Interpretation:

Diese Phänomene können mit einer Virenabwehr über den Massenwechsel gedeutet werden.

Das überlebende **Volk 5** hat seine kranken Bienen mit dem winterlichen Bientotenfall „ausgeschafft“. Es hat geschwächt, aber virenfrei, den folgenden Frühling erreicht (5460 Bienen, Ende März).

Dem absterbenden **Volk 10** hat die Virenabwehr über das Ausstossen der kranken Bienen zwar „saubere“ Restbienen gebracht, aber zuwenig zum Überleben.

6. Erweiterte Diskussion

6.1. Gesamtdiskussion

Der Zusammenhang von Viren und Varroatotenfall zeigt sich in unserem Versuch deutlich. Nicht nur bei zunehmendem natürlichem Varroatotenfall nehmen die Viren zu. Bei abnehmendem natürlichem Totenfall ist die Abnahme der DWViren ebenfalls deutlich. Das stellt Fragen im Bezug auf die Eigenständigkeit der Viren im Volkskörper. Die beschriebenen Zusammenhänge deuten darauf hin, dass die Viren gar keine Eigendynamik im Bienenvolk entwickeln, zumindest zwischen März und Oktober zur Zeit des Massenwechsels nicht.

Die erhobenen Winterdaten (1-2 Proben pro Volk) widersprechen diesem Befund jedoch nicht.. Nur Völker mit einer starken Varroabelastung können auch über den Winter eine zusätzliche Virenbelastung erhalten. Völker mit einer geringen Varroabelastung (behandelte Kontrollvölker oder Versuchsvölker, die sich selber saniert haben) verlieren ihre Virenbelastung über den Winter.

Die Viren in unseren Versuchen vermehren sich in den Bienen nicht ohne die Präsenz der Varroamilbe. Da fragt man sich nach dem was die Varroamilbe bewirkt:

1. Die Varroamilbe ist Vektor und Reservoirwirt. Dies wurde schon gezeigt (Chen Y.P. et al. 2006)
2. Die Bienen werden durch die Varroamilbe verändert. Es wurde nachgewiesen, dass die Varroamilbe das Immunsystem der Bienen unter gewissen Bedingungen unterdrückt (Collison C. 2006).
3. Die Viren werden durch eine Varroapassage verändert.

Dazu gibt es bisher keine Forschung. Die Resultate aus unseren Versuchen können mit Punkt 1 und einer Erweiterung erklärt werden: Die Varroamilbe ist nicht nur Vektor und Reservoirwirt; sie trägt aktiv zur Vermehrung der Viren bei. Sie könnte auch nötig sein, um eine Vermehrung überhaupt in Gang zu bringen. Erst bei einer bedrohlichen Situation können sich Viren auch horizontal in den Bienen vermehren. Das führt zu der nachfolgenden These:

6.2. These: Viren aus gesundheitsökologischer Sicht

Ein stabiler Bienenorganismus ist Träger von zahlreichen Viren, welche sich vertikal über Generationen halten. Wenn der Organismus eine deutliche Schwäche zeigt und aus dem Gleichgewicht zu kommen droht, so sind es die Viren, welche das Problem akzentuieren. Sie unterstützen damit die Forderung nach einer Anpassung, indem sie sich massenhaft vermehren. Der Organismus ist gezwungen zu reagieren oder der Auslese zum Opfer zu fallen. Die Massenvermehrung ist im Hinblick auf das Ende des Organismus die folgerichtige Strategie des Virus, um seine Überlebenschancen zu erhöhen. Aus dieser Sicht können Viren als Teil einer Gesundheitspolizei gesehen werden. Das Virus hat im System des Organismus eine ähnliche Funktion wie der Luchs im Schweizer Wald: Wer über zu wenig Vitalität verfügt, wird raschmöglichst ausgeschieden.

Diese These deutet eine Antwort an auf die Frage im Bericht Bienenviren (Dainat B. et al. 2008): „Schwächen die Viren die Völker oder vermehren sich Viren nur stärker in bereits geschwächten Völkern“

6.3. Rückschlüsse für die Praxis

Für die imkerliche Praxis gilt, was in jedem praxisnahen Artikel über Viren steht. Mit einer guten rechtzeitigen Varroabehandlung können Schäden durch DWV vermieden werden.

Im Bezug auf die Kernfrage des Forschungsprojektes bringt uns dies aber nicht weiter, denn wir suchen die Bedingungen, die ein stabileres Zusammenleben von Bienen und Varroamilben ermöglichen. Und wir haben Ansätze dazu gefunden. Wie wir unter 5.2. „die Ausnahmesituation“ diskutiert haben, müssen in unbehandelten Völkern mit hohem Varroadruck nicht zwingend viele Viren vorhanden sein. Das vermindert die Gefahr eines Zusammenbruches. Im Bienenvolk scheinen verschiedene Abwehrmechanismen vorhanden zu sein, welche wir in einem imkerlichen Betrieb nicht nutzen können.

Das hängt damit zusammen, dass das Ziel des Imkers möglichst grosse Völker sind. Kleinvolkphasen werden nach Möglichkeit vermieden. Das komplette Abschwärmen, welches bei den Versuchsvölkern 05 am Anfang der erstaunlichen Entwicklung stand, ist nur in einer extensiven Imkerei denkbar und wird bei einem aufmerksamen Imker als Unglücksfall verstanden. Die Kleinvolkphase kann aber einen hygienischen Effekt im Bezug auf Varroa und Viren haben.

Etwas von der Dynamik der Kleinvolkphase versuche ich in meiner Imkerei seit Jahren zu verwirklichen. Die Jungvölker werden aus dem Schwarmtrieb im Mai mit ca. 3000 Bienen gebildet, und sie müssen aus der eigener Kraft zu Vollvölkern heranwachsen. Sie werden rasch stark im Frühling, ob jedoch ein Vorteil gegenüber einer konventionellen Jungvolkbildung besteht müsste man untersuchen.

7. Literatur

- Berthous H., Imdorf A., Haueter M., Charrière J-D., Fluri P. (2005) Bienenviren-ein wenig bekanntes Gebiet, SBZ 128 (8):19-22
- Chen Y.P.; Evands J; Feldlaufer M. (2006) Horizontal and vertical transmission of viruses in the Honeybee, *Apis mellifera*. *Invertebr.Pathol.* 92 (3):152-159.
- Collison C. (2008), A closer look honeybee immunity, *Bee culture*, June 2008, S 48-50
- Dainat B.; Imdorf A.; Charrière J-D.; Neumann P. (2008) Bienenviren, SBZ 5/2008: 6 – 9
- Dettli M. (2008), Überlebensforschung, www.summ-summ.ch
- Dettli M. (2004) Bienenhaltung ohne Varroabehandlung, Projektbeschreibung, www.summ-summ.ch
- Fries I., Imdorf A., Rosenkranz (2006) Survival of mite infested honey bee colonies in a nordic climate, *Apidologie* 37
- Genersch E. (2008) Viren im Bienenvolk, *Deutsches Bienenjournal* 2/2008
- Yang, X. and D.L. Cox Forster (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.; PT-PCR analysis of deformed wing virus in honey bees (*Apis mellifera*) and mites (*Varrora destructor*) *Journal of General Virology* (2006), 86,
- Wille H. (1985) Überlebensstrategie des Bienenvolkes, *Bienenwelt* 1985. Vol 27: 169-182