



BELL

BESONDERE LERNLEISTUNG

DIE BEKÄMPFUNG DER VARROA-MILBE DURCH HOCHFREQUENTE SCHALLWELLEN

EINE MÖGLICHKEIT DIE HONIGBIENE ZU RETTEN?

Klimmek, Alexander
Diesterweg-Gymnasium Plauen

Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort	1
2. Ziel der Arbeit	2
3. Die Varrose	2
3.1 Herkunft und Verbreitung	3
3.2 Entwicklung und Lebensphasen	4
3.3 Die Befallsentwicklung der Milbe	6
3.4 Diagnoseverfahren	7
3.4.1 Gemülldiagnose	7
3.4.1 Kontrolle von Bienenproben	7
3.4.3 Drohnenbrutkontrolle	8
4. Die Behandlung mit Ultraschall	8
4.1 Wirkungsweise	9
4.2 Vorteile der Behandlungsart	10
5. Ultraschall	10
5.1 Verwendungszweck von Ultraschallwellen	10
5.2 Auswirkungen von Ultraschall	11
6. Ultraschallgerät	12
7. Experimentelle Durchführung	12
7.1 Standortbeschreibung & Versuchsvölker	12
7.2 Ermittlung des Ursprungbefalls	13
7.2.1 Auswertung Gemülldiagnose.....	13
.....	15
7.2.2 Auswertung Drohnenbrutkontrolle.....	15
8. Die Beschallung	17
8.1 Versuchsaufbau	17
8.2 Erwartungsbild	17
8.3 Milbenfall im Behandlungszeitraum	19
8.3.1 Beschallung von Versuchsvolk 1	19
8.3.2 Beschallung von Versuchsvolk 2	20
9. Auswertung	21

9.1 Berechnung der Effektivität	21
9.2 Ergebnis	22
9.2.1 Hauptergebnis.....	22
9.2.2 Weitere Ergebnisse	23
10. Fehlerbetrachtung	24
10.1 Die Gemülldiagnose	24
10.2 Das Wetter	24
10.3 Arbeiten an den Bienenvölkern	25
11. Fazit	26
12. Danksagung	27
13. Quellen- und Literaturverzeichnis	28
Bücher	28
Webseiten	29
Bilder	31
14. Anhang	32
14.1 Werte der Gemülldiagnose	32
14.2 Bilder	34
14.2.1 Drohnenbrutkontrolle	34
14.2.2 Gemülldiagnose.....	35
14.2.3 Ultraschallgerät.....	36

1. Vorwort

Die Komplexität und große Bedeutung der Honigbiene wird von uns Menschen oftmals unterschätzt. Es handelt sich bei der Honigbiene nicht nur um ein Insekt, welches ein klebrig, süß schmeckendes Lebensmittel erzeugt, vielmehr handelt es sich um einen der größten Bestäuber von blühenden Pflanzen und das nicht nur von Obstbäumen und Gemüsepflanzen in unserer Agrarwirtschaft.

Ein bekanntes Zitat von Albert Einstein bringt die Rolle der Honigbiene auf den Punkt.

„Wenn die Biene einmal von der Erde verschwindet, hat der Mensch nur noch vier Jahre zu leben. Keine Bienen mehr, keine Bestäubung mehr, keine Pflanzen mehr, keine Tiere mehr, kein Mensch mehr.“

Um dieser Prognose entgegen zu wirken, sollten wir uns um den Fortbestand der Honigbiene mit ihrer Bestäubungsleistung bemühen.

Jedoch sterben jährlich tausende Bienenvölker, auf Grund des Bienenstaatsfeindes Nummer 1: die Varroa-Milbe (lat. *Varroa destructor*).

Dieser Parasit stammt ursprünglich aus Südostasien, wo die östlichen Bienen seit Jahren ohne Probleme mit ihm lebten. Als sie aber durch weiträumige Bientransporte auch nach Europa kamen, starben hierzulande viele Bienenvölker. Es wurden einige verschiedene Bekämpfungsmöglichkeiten entwickelt, die meisten beruhen jedoch auf den Gebrauch von Chemikalien. Um die imkerliche Betriebsweise so einfach wie möglich zu gestalten, ist man stets bemüht die ideale Behandlungsmethode zu entwickeln.

In meiner Besonderen Lernleistung befasste ich mit einer solchen neuen Behandlungsmethode: dem Ultraschall.

2. Ziel der Arbeit

Das Ziel der Arbeit ist eine empirische Untersuchung von Bienenstöcken mit und ohne Einstrahlung von Schall im Frequenzbereich zwischen $14 \text{ kHz} \leq f_{\text{stim}} \leq 20 \text{ kHz}$. Es soll herausgefunden werden, ob Schallwellen, d.h. mechanische Schwingungen im Bienenstock, ein geeignetes Mittel sind, um die Milbenpopulation im Bienenvolk wirksam zu reduzieren. Auf Basis der ersten praktischen Erfahrungen sollen die wesentlichen Anforderungen an ein technisches Gerät zur Beschallung von Bienenstöcken benannt werden.

3. Die Varrose

Die Varroa-Milbe, Fachbegriff *Varroa destructor* (lat.) zählt weltweit zu den gefährlichsten Feinden der Honigbiene. Es handelt sich hierbei um eine parasitäre Erkrankung, welche in Fachkreisen auch Varrose genannt wird.



Abbildung 1: Ansicht einer Honigbiene mit Varroa-Milbe [1]



Abbildung 2: Ansicht einer Honigbiene mit Varroa-Milbe [2]

Die 1,1 Millimeter lange und 1,6 Millimeter breite Milbe lebt als Ektoparasit¹ auf der Körperoberfläche der Bienenbrut oder der adulten Biene. Sie ernährt sich von der Körperflüssigkeit (Hämolymphe²) der Biene (Abb. 1) und schädigt somit langfristig ihr Wirtsbienenvolk. In der Brutzelle ernähren sich sowohl die Muttermilbe als auch alle Nachkommen von der Hämolymphe der Wirtsbiene. Neben dem Verlust von Hämolymphe wird die Biene auch durch Wunden in der Haut geschädigt, welche durch die stechend-saugenden Mundwerkzeuge der Milbe hervorgerufen werden. Diese entstandenen Verletzungen sind wegbereitend für weitere Krankheitserreger wie Bakterien und Viren. Bisher wurden 18 verschiedene Viren der Honigbiene isoliert und einige davon werden durch die Varroa-Milben übertragen. Ohne die Varrose wären die meisten Viruserkrankungen relativ harmlos. Durch die direkte Übertragung der Viruspartikel in das Hämocoel³ des Wirtes löst die Milbe eine Virusinfektion der Biene aus. Bei einer zu hohen Varroapopulation kommt es zum Absterben der verdeckelten Brut und es werden Symptome dieser Erkrankung sichtbar: verkrüppelte, stummelige Flügel („Deformed Wing Virus“), ein verkürztes Abdomen⁴ und Verhaltensänderung (Abb. 2). Diese Symptome treten bei schlüpfenden Jungbienen auf, welche im Vergleich zu den gesunden Bienen auch eine viel geringere Lebenserwartung haben. Direkte Maßnahmen gegen die Virose sind nicht möglich. Es können nur vorbeugende Maßnahmen mithilfe von Medikamenten gegen die Milbenpopulation getroffen werden. Solch eine vorbeugende Maßnahme soll auch die Behandlung mit Ultraschall sein.

3.1 Herkunft und Verbreitung

Im Jahr 1904 wurde der Parasit erstmalig auf der östlichen Honigbiene entdeckt. Dort lebte er als relativ indifferenter Mitbewohner, d.h. er lebt im Gleichgewichtszustand mit den Bienen und befällt nur die Drohnenbrut, ohne nennenswerten Schaden anzurichten. Im

¹ **Ektoparasit** = Außenparasit

² **Hämolymphe** ist die Körperflüssigkeit der Insekten, welche zuständig für den Transport von Nährstoffen, Abbauprodukten, Hormonen und Wärme ist.

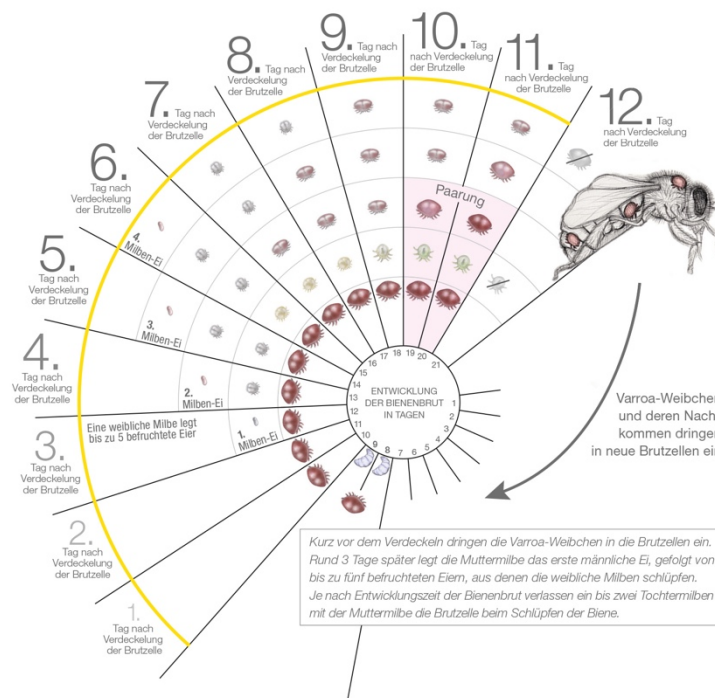
³ **Hämocoel** ist die Leibeshöhle der Gliederfüßler (Arthropoden)

⁴ **Abdomen** = Hinterleib

Jahr 2000 stellte man mit DNA Analysen fest, dass die *Varroa jacobsoni* mindestens zwei Spezies umfasst. So benannte man die neu entdeckte Art *Varroa destructor*. Durch weit-räumige Bientransporte hat sich der Parasit von Südostasien aus weltweit verbreitet. Als „milbenfrei“ gelten nur noch Australien und die Antarktis.

3.2 Entwicklung und Lebensphasen

Der Ektoparasit lebt in all seinen Lebensstadien im Bienenvolk beziehungsweise auf der Biene. Deshalb erfolgt die Infektion anderer Bienenvölker ausschließlich über direkten Kontakt der Lebewesen. Um sich fortzupflanzen, muss die Milbe ihre Wirtsbiene verlassen (phoretische Phase)⁵ und in eine kurz vor der Verdeckelung stehende Brutzelle schlüpfen



Entwicklung der Varroa-Milbe.
© Bayer Bee Care Center, Bayer AG | Quelle: Broschüre << Die Varroa-Milbe >>

Abbildung 3: Entwicklung der Varroa-Milbe nach Bayer [3]

⁵ **phoretische Phase**, ist die Zeitspanne in der sich die Milbe auf einer Wirtsbiene aufhält

(reproduktive Phase)⁶. Hierbei gilt es zu beachten, dass Arbeiterinnenbrutzellen 15 Stunden und Drohnenbrutzellen 40-50 Stunden vor der Zellverdeckelung befallen werden. Dies könnte eine Erklärung dafür sein, warum in der Drohnenbrut die Varroa-Befallsrate acht bis zehn Mal stärker ist, als die der Arbeiterinnen. Etwa zwei Tage nach der Zellverdeckelung kann die Milbe nicht mehr aus der Zelle und wird auch nicht mehr von außen gestört, die Milbe beginnt mit der Eiablage. Aus dem ersten Ei (unbefruchtet) entwickelt sich ein Männchen. Die Bestimmung des Geschlechtes erfolgt, wie bei der Biene, über die Haploidie⁷. Alle weiteren Eier (befruchtet) folgen im 30 Stundentakt. Die weiblichen Milben werden, sobald sie paarungsreif sind, von der männlichen Milbe begattet. In den meisten Fällen kommt es hierbei zu Inzest. Schlüpft die befallene Biene, sind nur die weiblichen Milben überlebensfähig, weil sie bereits erwachsen und begattet wurden. Begattete Tochtermilben verbringen einige Tage bis zu zwei Wochen auf der Jungbiene, um sich dort von den Hämolymphe im „Reifungsfraß“ zu ernähren. Die Muttermilben können sofort eine neue Brutzelle aufsuchen um sich fortzupflanzen. Etwa 20% aller Fortpflanzungsprozesse enden ohne weibliche Nachkommen. Hierfür gibt es unterschiedliche Ursachen: fehlende oder unzureichende Begattung, fehlender Reifungsfraß, erschöpfte Altweibchen oder Folge eines Inzuchtdefektes. Wie viele geschlechtsreife Nachkommen sich in einem Brutzyklus entwickeln, ist abhängig von der Verdeckelungszeit der Bienenbrut. Da die Drohnenbrut länger verdeckelt ist, entwickeln sich demzufolge auch mehr geschlechtsreife Milben. So entstehen in der Drohnenbrut zwei bis vier Milben, wobei in der Arbeiterinnenbrut mit drei Tagen weniger Verdeckelungszeit, nur eine oder zwei befruchtete Varrosen entstehen können. Eine weibliche Milbe kann diesen Prozess der Fortpflanzung und Infizierung bis zu dreimal durchlaufen. Somit kann von einer Gesamtlebensdauer von mindestens 60 Tagen ausgegangen werden. In der brutfreien Zeit, der Winterruhe, übersteht die weibliche Varroamilbe als Parasit am Abdomen einer Biene. Dies kann einem Zeitraum von bis zu vier Monaten entsprechen.

⁶ **reproduktive Phase**, ist die Zeitspanne der Fortpflanzung (Vermehrung)

⁷ **Haploidie** ist das Vorhandensein eines nur einfachen (= haploiden) kompletten Chromosomensatzes (Quelle: <https://www.gesundheit.de/lexika/medizin-lexikon/haploidie-1>)

3.3 Die Befallsentwicklung der Milbe

Der Varroa-Befall wächst aufgrund der Abhängigkeit von der Bienenbrut nur während der Brutphase eines Bienenvolkes (Abb. 3). Der Brutbeginn eines Bienenvolkes ist witterungs- und standortbedingt. In unseren Breiten entspricht das der Zeitspanne von März bis Oktober, hierbei steigt die Varroa Population exponentiell an. Genauer: es verdoppelt sich der

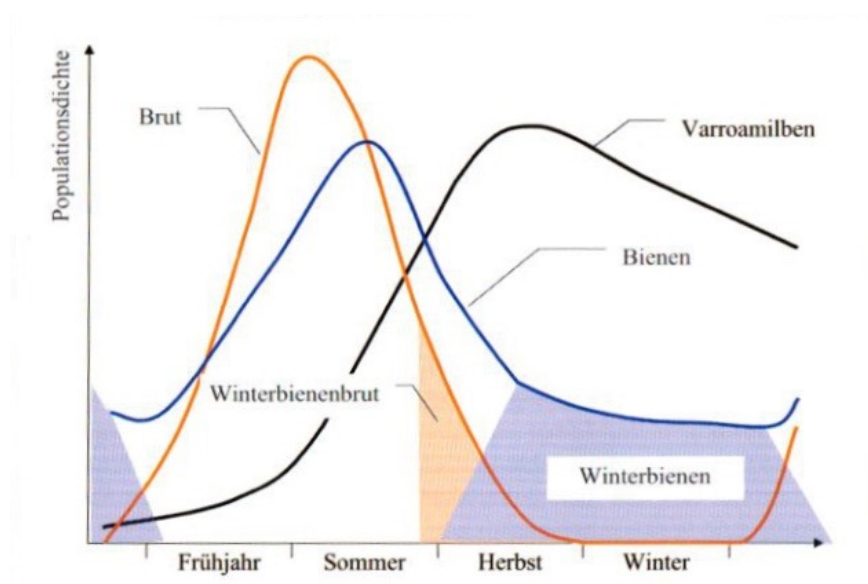


Abbildung 4: Zyklus der Entwicklung der Varroa-Milbe [4]

Befallsgrad alle drei bis vier Wochen. Der kritische Zeitraum für die Bienen liegt im Spätsommer (Abb. 3). Mit dem Absinken der Brutkurve im Juli/August/September nimmt auch die Bienenpopulation ab. Die Milbenanzahl hingegen steigt weiter an. Infolge kippt das Bienen-Milben-Gleichgewicht und der relative Befallsgrad von Bienen und Brut wächst signifikant. Dadurch kommen dann auf eine Biene ca. zwei Varrosen. Durch das Überschreiten des Toleranzbereiches wirkt sich die Milbenpopulation im weiteren Verlauf negativ auf die überlebenswichtigen Winterbienen aus.

3.4 Diagnoseverfahren

Für die qualitative Abschätzung des Befalls eines Bienenvolkes durch Milben gibt es zahlreiche Möglichkeiten. Bedauerlicherweise gibt es keine Messmethode für den Befall, d.h. eine quantitative Abschätzung ist bisher noch nicht möglich. Das heißt: mit heutigem Stand der Technik ist es nicht möglich die Anzahl der Milben in einem Bienenvolk exakt zu bestimmen. Wie krank ein Volk ist, lässt sich nur anhand verschiedener „Indizien“ feststellen. Um ein möglichst genaues Bild vom Befallsgrad zu erhalten, wurden in dieser Arbeit unterschiedliche Verfahren angewendet.

3.4.1 Gemülldiagnose

Bei der Gemülldiagnose handelt es sich um ein kumulatives Verfahren, bei dem der natürliche Milben(ab)fall über einen längeren Zeitraum beobachtet und die Anzahl der toten Milben notiert wird. Aufgrund der erfassten Zahlen können Rückschlüsse zur Befallsstärke eines Bienenvolkes getroffen werden. Diese Vorgehensweise ist unter den Imkern sehr beliebt, da sie schnell und einfach durchzuführen ist. Des Weiteren sind keine unnötigen Eingriffe im Bienenstock notwendig. Der Befall wird außerhalb des Bienenstocks auf der „Varroawindel“ durch Auszählen der toten Milben ermittelt. Bedauerlicherweise hat dieses Verfahren auch einige Nachteile, denn es handelt sich um eine auf Indizien gestützte Verfahrensweise. So können Messfehler auftreten, indem man sich verzählt oder die Milben durch biotische (z.B.: Ameisen) beziehungsweise abiotische (z.B.: Wind) Faktoren davongetragen werden. Weiterhin müssen Aspekte wie die Bienenaktivität und das Wetter beachtet werden, da es sich um kumulierte Messungen in einer Zeitspanne von drei Tagen handelt.

3.4.1 Kontrolle von Bienenproben

Die Kontrolle von Bienenproben findet ihre Anwendung meist in wissenschaftlichen Untersuchungen oder auch in Varroatoleranz-Zuchtprogrammen. Hierbei werden die Milben auf den adulten Bienen bestimmt, indem Stichproben von etwa 50 g Bienenmasse aus dem Honigraum eingesammelt und durch Tieffrieren abgetötet werden. Da es sich hierbei

um eine eher ungeeignete Methode für die Imkerpraxis handelt, wird sie auch in den seltensten Fällen verwendet. Neben dem Abtöten der Bienen gibt es einen weiteren Grund, weshalb ich mich gegen dieses Verfahren entschieden habe. Das Ergebnis der Untersuchung hat im Vergleich zur Gemüllidiagnose und zur Untersuchung von Drohnenbrutproben eine zu geringe Aussagekraft.

3.4.3 Drohnenbrutkontrolle

Die Milben suchen bevorzugt Drohnenbrut zur Fortpflanzung auf, weshalb es sich lohnt, verdeckelte Drohnenbrut als „Varroa-Falle“ zu verwenden. Ursache ist einerseits die längere Verdeckelungszeit von zwei bis drei Tagen und andererseits die Bruttemperatur, die etwas geringer ist als die der Arbeiterinnen. In der imkerlichen Praxis findet dieses Verfahren häufig Anwendung als biologische Maßnahme gegen die Varrose. Die entnommene und noch verdeckelte Drohnenwabe wird anschließend analysiert. Man bricht die Drohnenbrut, beziehungsweise „entdeckelt“ sie. Dann können die Drohnen und deren Brutzellen auf Milbenbefall untersucht werden. Der Befallsgrad lässt sich aus der Anzahl der gefundenen Milben, durch die Anzahl der untersuchten Bienen berechnen. Da es sich bei der Analyse um eine sehr zeitintensive Arbeit handelt, findet sie meistens nur in wissenschaftlichen Untersuchungen Anwendung. Im Vergleich zu den anderen genannten Diagnoseverfahren ist diese Methode am genauesten. Sie ist am besten geeignet, um die Befallsstärke eines Bienenvolkes zu ermitteln.

4. Die Behandlung mit Ultraschall

Bei der Behandlung der Biene mit hochfrequenten Schallwellen handelt es sich um kein neuartiges Verfahren zur Bekämpfung der Varrose. Bereits in den 90er Jahren führte man Untersuchungen zu deren Effizienz aus. Mit einer Frequenz von 12.000 Hertz wurden die Bienen über einen Zeitraum von etwa vier Wochen beschallt. Der sogenannte „Schallobmat“ wurde von der Bayrischen Landesanstalt getestet und als wirkungslos bezeichnet.

Dieser Leitgedanke wurde von einem Imkermeister aus dem Allgäu erneut aufgegriffen. Die wesentlichen Unterschiede des von ihm weiterentwickelten „Varroa-Killer-Sound“ zum „Schallomat“ liegen mit 15.000 Hertz in der Frequenz und mit 90 dB im Schalldruck. Der Beschallungszeitraum von etwa einem Monat ist bei beiden Geräten identisch.

Der „Varroa-Killer-Sound“ wird von einem Bleiakkumulator mit Energie versorgt, der sich oberhalb der Brutwaben mit einem Abstand von etwa 10 cm zu den Waben befindet. Die Beschallungen sollen im Jahr zwei bis drei Mal in den Zeiträumen von Februar bis Mitte April und Juli bis Ende August erfolgen. Die Dauer soll immer den Brutzyklus von einer Biene abdecken. So werden alle Milben dem Schalldruck ausgesetzt. Das entspricht einer Zeit von etwa 30 Tagen.⁸

4.1 Wirkungsweise

In der Theorie geht man davon aus, dass jedes Lebewesen auf eine bestimmte Frequenz oder ein bestimmtes Frequenzspektrum reagiert. Die Reaktion des Körpers, d.h. die Wirkung der Frequenz auf einen Körper, ist zusätzlich vom Schalldruck abhängig. Durch experimentelle Untersuchungen wurde die optimale Frequenz im Bereich von $14 \text{ kHz} \leq f_{\text{stim}} \leq 15 \text{ kHz}$ mit einem Schalldruck von $L_p \geq 90 \text{ dB}$ ermittelt. Hierfür hat man von der Varrose befallene Bienen in einem Schaukasten mit verschiedenen Frequenzen beschallt und die Bienen sowie die Milben auf Verhaltensänderungen beobachtet. Was genau biologisch mit der Milbe geschieht, ist wissenschaftlich noch nicht belegt. Man nimmt an, dass die Milben in ihrer Nahrungsaufnahme stark gehindert werden, so dass der größte Teil der Milbenpopulation zu abstirbt. Eine weitere Theorie geht davon aus, dass die Milben nur in ihrer Fortpflanzung gestört werden und der Ektoparasit sich nicht vermehren kann. Das führt bei einer Beschallung über einen längeren Zeitraum zum natürlichen Absterben der Milbe, ohne dass weitere Nachkommen entstehen können.

⁸ Angaben von www.varroa-killer-sound.de

Bedauerlicherweise gibt es in diesem Bereich der Wissenschaft, der „Elektrobiologie“, noch zahlreiche Unstimmigkeiten. Deshalb können hier nur Vermutungen oder Hypothesen diskutiert werden.

4.2 Vorteile der Behandlungsart

Im Vergleich zu den meisten herkömmlichen Behandlungsarten, handelt es sich bei der Beschallung der Bienen um eine biologische, rückstandsfreie und relativ kostengünstige Methode. Behandlungen mit Medikamenten und Säuren bilden Rückstände im Wachs und im Honig. Deshalb kann man erst im Spätsommer eingreifen, nachdem die Bienenvölker „abgeerntet“ wurden. Die Beschallung mit Ultraschall kann hingegen ganzjährig durchgeführt werden. Die eingriffsarme und aufwandslose Behandlung ist sehr vorteilhaft. Eine negative Auswirkung des Schalls im Bereich von $14 \text{ kHz} \leq f_{\text{stim}} \leq 15 \text{ kHz}$ auf die Bienen konnte bisher nicht festgestellt werden.⁹

5. Ultraschall

Unter Ultraschall versteht man in der Regel Schallwellen, welche oberhalb des Hörfrequenzbereichs der Menschen liegen. Demnach spricht man ab ca. 15 kHz von Ultraschallwellen.

5.1 Verwendungszweck von Ultraschallwellen

Verwendet werden diese hochfrequenten Schallwellen beispielsweise in der Medizin zu sogenannten Ultraschallaufnahmen.

Auch in der Tierwelt finden wir Anwendungen von Ultraschall. Das beste Beispiel hierfür ist die Fledermaus, welche sich aufgrund dieser Schallwellen orientiert und jagt.

⁹ https://www.varroa-killer-sound.com/epages/81838618.sf/de_DE/?ObjectPath=/Shops/81838618/Categories/Seite_Kategorie

Auch zahlreiche Geräte zur Tötung beziehungsweise Abschreckung von Schädlingen gibt es auf dem Markt, so zum Beispiel gegen Mücken, Hausstaubmilben oder Marder. Die Wirkungsweise ist bei diesen Geräten nicht wissenschaftlich belegt, weshalb es unterschiedliche Meinungen in Bezug auf die Funktionsweise gibt.

Informiert man sich in Bezug auf diese Geräte genauer, kann man feststellen, dass alle Apparate mit einem unterschiedlichen Schalldruck, sowie verschiedener Frequenzen, je nach abzuschreckendem Tier, betrieben werden. Was die in **4.1 Wirkungsweise** erläuterte Theorie wieder als Begründung zu deren Wirkung belegt. Nämlich der Theorie, das jedes Tier auf bestimmte Frequenzen reagiert.

5.2 Auswirkungen von Ultraschall

Immer wieder wird festgestellt, das Ultraschall schädliche Auswirkungen auf Zellen hat. Hierbei handelt es sich aber um mehrere Megahertz, denen ein Organismus ausgesetzt ist und nicht um wenige Kilohertz.

Bei meinen Recherchen bin ich mehrmals auf den Begriff der Apoptose¹⁰ gestoßen. Hierbei handelt es sich um einen vorprogrammierten Zelltod, der benutzt wird um genetisch zerstörte Zellen zu beseitigen. Sollte also das Erbgut einer Zelle in irgendeiner Art verändert sein, wird dieses „Kontrollprogramm“ gestartet um die Zelle zu vernichten.

Könnte dieses Programm jedoch durch ein externes Signal (z.B. Ultraschall) gestartet werden, hieße dass man kann überlebenswichtige Zellen zerstören.

Bei einer Ultraschalluntersuchung an der Universität Dublin („University College Dublin“) haben Irische Forscher das Ansteigen dieses programmierten Zelltods feststellen können. Hierbei haben Sie Mäuse über einen Zeitraum von 15 Minuten mit einer Frequenz von 8 MHz bestrahlt. Viereinhalb Stunden nach der Behandlung konnten die Forscher feststellen, dass die Reaktion der Apoptose in den Dünndarmzellen auf das doppelte angestiegen

¹⁰ <http://wiki-de.genealogy.net/Apoptose>

ist. Man konnte auch feststellen, dass die Zellteilung der Dünndarmzellen um 22% gesunken ist.¹¹

6. Ultraschallgerät

Bei dem ersten in dieser Arbeit verwendeten Ultraschallgerät handelt es sich um eine Entwicklung vom Ingenieurbüro Guttke aus Leipzig. Bei einem Besuch in den Winterferien 2018 wurde dieser Prototyp gemeinsam mit Herrn Dr. Ing. Sebastian Guttke für den ersten praktischen Einsatz optimiert. Aktuell wird der Schallemitter im Rahmen einer Bachelorarbeit an der HTWK Leipzig weiter optimiert und verbessert. Es soll ein Prototyp entstehen, der für die weitere Forschung geeignet ist.

7. Experimentelle Durchführung

7.1 Standortbeschreibung & Versuchsvölker

Als Versuchsvölker wählte ich drei etwa gleich starke Bienenvölker, welche in einem Abstand von 2-3 m voneinander stehen. Der Abstand dient als vorbeugende Maßnahme einer Reinvansion¹² der Milbenpopulation. Die Völker befinden sich in einem Privatgrundstück in Plauen (Vogtl.). Eins der drei Bienenvölker schwärmte Mitte Mai 2018 und ist somit aus der Wertung gefallen.

Während des Untersuchungszeitraums von April bis November 2018 wurden alle Bienenvölker auf 12er-Dadant (nach Bruder Adam) gehalten und auf mindestens sechs Brutraumwaben geführt. Wöchentliche Kontrollen, als vorsorgliche Maßnahmen der natürlichen Reproduktion (das Abschwärmen), wurden im Zeitraum von Anfang Mai 2018 bis

¹¹ <http://www.strahlung-gratis.de/Ultraschalluntersuchungen.htm>

¹² Von einer Reinvansion spricht man, wenn ein Milbenfreies Volk über direktem Kontakt (das verfliegen einer Biene) mit der Varrose erneut infiziert wird.

Anfang August 2018 durchgeführt. Alle drei Bienenvölker wurden im Herbst 2017 mit dem Nassenscheider Verdunster behandelt und im Dezember 2017 mit dem Verdampfen von Oxalsäure restentmilbt.

7.2 Ermittlung des Ursprungbefalls

Um die Wirkungsweise der Behandlung mit Ultraschall zu bestimmen, muss ich vor Behandlungsbeginn der Beschallung den Ausgangsbefall in einem bestimmten Zeitraum ermitteln. Da dies nur mithilfe gewisser Indikatoren möglich ist, wie in Punkt **2.4 Diagnoseverfahren** erläutert, stütze ich mich auf die Verfahren der Gemüllidiagnose und der Drohenbrutkontrolle.

7.2.1 Auswertung Gemüllidiagnose

Die Gemüllidiagnose führte ich von Anfang April 2018 bis Mitte November 2018 in regelmäßigen Zeitabständen durch. Mithilfe dieser Diagnoseart stellte ich vor der Beschallung den Ursprungsbefall fest. Das entspricht in der Regel dem normalen Totenfall der Milbe. Im weiteren Verlauf sollten mir die Daten Rückschlüsse auf die Effektivität der Behandlung geben. In der Theorie müssten während, bzw. nach der Behandlung, mehr Milben fallen, als in der Ursprungfallprognose. Damit man die Effektivität berechnen kann, muss man alle Milben aus einem Volk zusammenrechnen. Die einzige Voraussetzung hierfür ist, dass die Bienen annähernd milbenfrei sind.

Das Diagramm (Abb.6) veranschaulicht die gefallenen Milben über den gesamten Zeitraum (09.04.2018 - 17.11.2018). Dabei steht die Y-Achse für die Anzahl der gezählten Varroesen und die X-Achse für den Zeitpunkt, des erfassten Messwertes. Die vier hervorgehobenen Flächen sind Perioden, in denen an den Völkern varroabekämpfende Maßnahmen durchgeführt wurden.

Damit das Diagramm richtig interpretiert werden kann, müssen zwei weitere Sachverhalte betrachtet werden. Zum Einen konnten die Messwerte nicht immer alle 3 Tage gemessen werden, weshalb die Zeitabsände unterschiedlich sind. Zum anderen musste ich die Messwerte, die in der

Periode der Oxalsäurebehandlung gemacht wurden, streichen. Ursache hierfür ist die hohe Anzahl der gefallenen Varrosen. Aus diesem Grund sind diese drei Messwerte mit null als ungültig eingetragen (26.10.2018/29.10.2018/02.11.2018).

Für uns interessante Messwerte befinden sich zwischen den beiden gestrichelten Linien (Abb.8). Vor Behandlungsbeginn von Versuchsvolk 1 konnte ich einen Ursprungbefall von annähernd Null Milben pro Tag ablesen.

Drei Monate später ist die Milbenpopulation um einiges gestiegen. Betrachtet man die letzten elf Tage (29.07. – 09.08.2018) vor der Beschallung von Versuchsvolk 2, so haben wir einen Ursprungbefall von ein bis zwei Milben pro Tag (13 Milben/11 d= 1,18 Milben/d). Des Weiteren kann man am exponentiellen Anstieg im Diagramm die Populationsentwicklung der Milbe erkennen, wie in Punkt **3.3 Befallsentwicklung der Milbe** beschrieben.

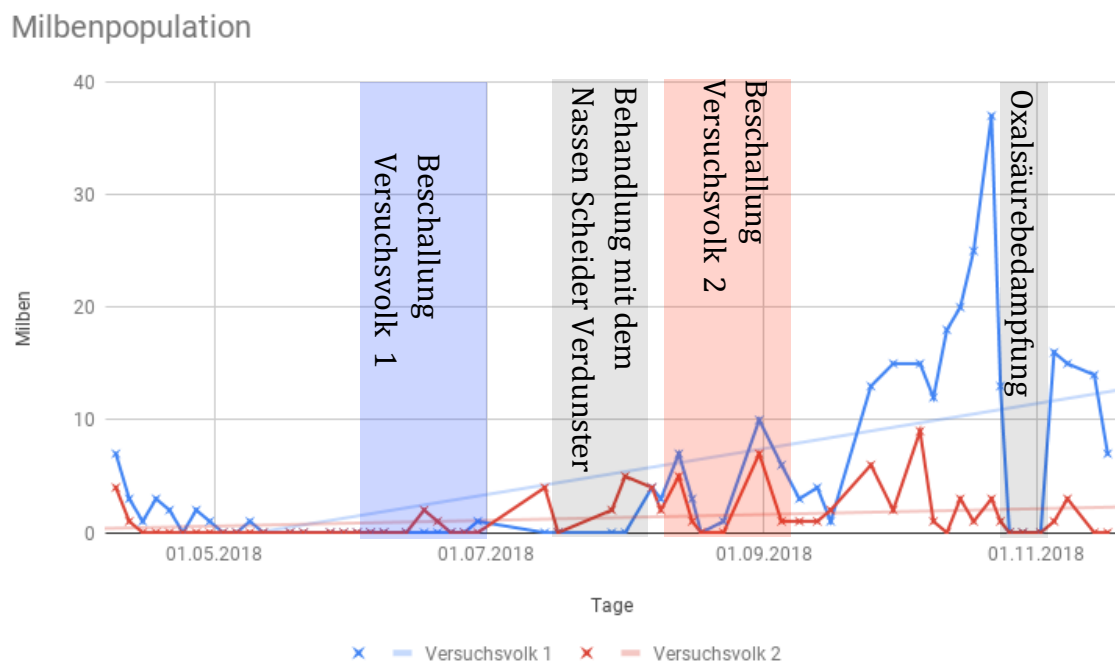


Abbildung 6 : Milbenfall über gesamten Zeitraum mit eingetragenen Perioden[6]

Milbenpopulation

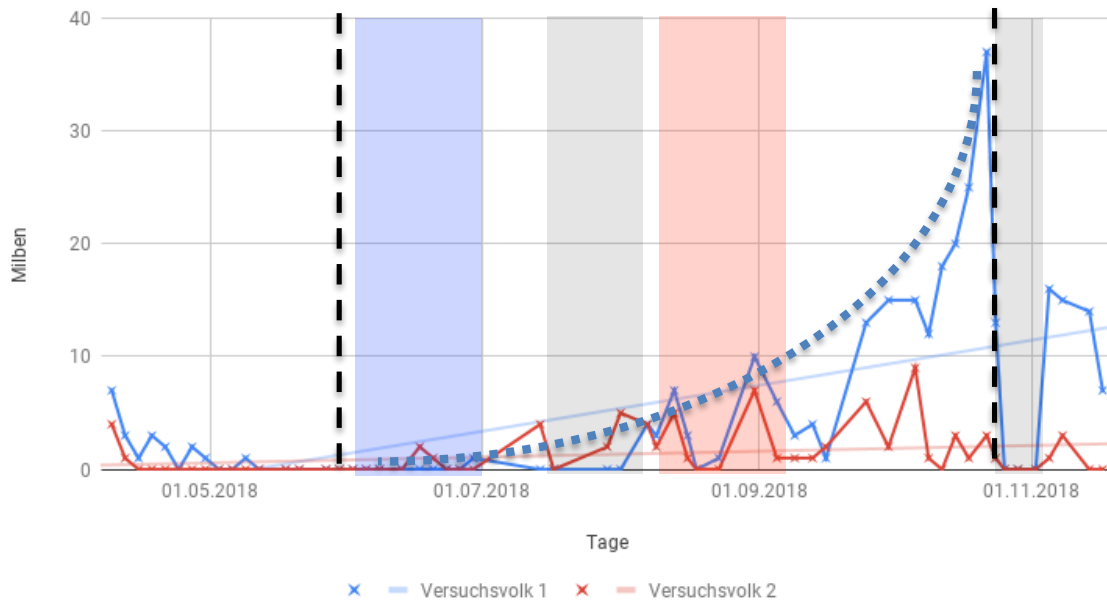


Abbildung 7 : Milbenfall über gesamten Zeitraum mit eingetragene Intervall[7]

7.2.2 Auswertung Drohnenbrutkontrolle

Dass es sich bei der Methode um eine langwierige Analysierung handelt, bestätigte sich schnell. Insgesamt führte ich sie bei meinen Untersuchungen zweimal durch. Dieses Verfahren sollte ursprünglich dreimal durchgeführt werden, konnte aber mangels Drohnenbrut kein weiteres Mal gemacht werden.

Anfang Juni 2018 führte ich die erste Auszählung durch. Hierbei entnahm ich Drohnen in einem sehr frühen Stadium der Puppe. Das Exoskelett der Drohnen hatte sich noch nicht weit genug entwickelt, weshalb die meisten Drohnen bei der Untersuchung zerquetscht wurden. Die zurückgebliebenen Körperflüssigkeiten ließen kaum Rückschlüsse auf das Vorhandensein einer Milbe schließen. Nach den ersten 50 Bienen tauschte ich meine Pinzette durch eine Entdeckungsgabel aus. Dies erhöhte mein Arbeitstempo wesentlich. Nach 167 kontrollierten männlichen Bienen fand ich keine einzige Milbe. Demnach hatten beide kontrollierten Völker einen Milbenbefall von 0/100 (null Milben auf 100 verdeckelte Drohnen).

Bei der zweiten Drohnenbrutkontrolle verbesserte ich meine Technik nochmals. Ich verwendete kein Werkzeug mehr. Die Waben wurden nur noch zerbrochen und die rausfallenden Drohnen, sowie deren Zellen kontrollierte ich auf Milbenrückstände. Unter 100 kontrollierten Bienen fand ich dann auch eine Muttermilbe im Versuchsvolk 2, weshalb ich dann auf folgende Ergebnisse gekommen bin:

Datum	Versuchsvolk 1	Versuchsvolk 2
01.06.2018	0/100	0/100
25.06.2018	0/100	1/100

Aus den vier Messwerten von Anfang und Ende Juni 2018 kann ich schlussfolgern, dass in beiden Völkern, Versuchsvolk 1 und Versuchsvolk 2, eine sehr geringe Milbenpopulation existiert hat. Das ein Wachstum der Population vorliegt, kann man dem Anstieg von null Milben auf eine Milbe in Versuchsvolk 2 entnehmen. Wobei dieser einzelne Wert nicht aussagekräftig genug ist. Das ein Wachstum vorhanden ist, können wir der Theorie von **3.3 Die Befallsentwicklung der Milbe** oder der Gemülldiagnose entnehmen.

Das bei Versuchsvolk 1 keine Milben gefunden wurden, heißt nicht, dass keine Milben in dem Volk sind. Es muss bedacht werden, dass es sich hierbei nur um eine Stichprobe handelt. Auch die parallel zu den Auszählungen durchgeführte Gemülldiagnose widerlegt, dass die Bienenvölker milbenfrei sind (Vgl. Abb.6 und Abb.7).

Diese Ergebnisse entsprachen auch meinem Erwartungsbild. Aufgrund der wenigen Untersuchungen mangels fehlender Drohnenbrut kann man diesen Messwerten bedauerlicherweise nicht sehr viel mehr entnehmen.

8. Die Beschallung

Die Beschallung führte ich zweimal über einen Zeitraum von 30 Tagen durch. Die erste Untersuchung erfolgte vom 03.06. - 03.07.2018 (Versuchsvolk 1). Die zweite Untersuchung führte ich nach dem Abschleudern und der ersten Ameisensäurebehandlung, vom 13.08. - 13.09.2018 (Versuchsvolk 2) durch.

8.1 Versuchsaufbau

Für die Installation des Schallgerätes kamen zwei verschiedene Möglichkeiten in Frage:

1. Der Summer befindet sich über den Brutraum.

oder

2. Der Summer liegt auf dem Unterboden, unter dem Brutraum.

Ich habe mich für Variante zwei entschieden. So konnte der Summer mich nicht bei meiner Arbeit an den Bienen stören. Zwischen dem Unterboden und den Rähmchen waren 40 mm Platz, ausreichend um den Prototyp zu installieren. Als Stromquelle verwendete ich einen 12 V Akku. Dieser befand sich jedoch außerhalb und wird über eine Solarzelle mit Strom versorgt. So konnte er ohne Unterbrechung betrieben werden und es mussten keine Ladepausen berücksichtigt werden.

8.2 Erwartungsbild

Nach dem Erwartungsbild (Abb. 8) müssten während der Beschallung die Anzahl der gefallenen Milben sehr stark steigen. Nach etwa einem Brutzyklus der Bienen müsste dieser Milbenfall wieder abnehmen, denn die Milben die nun sterben, sind Milben, die aus den Brutzellen mit der Biene schlüpfen. Die anderen Milben, welche sich in der phoretischen Phase befanden, waren somit der Beschallung direkt ausgesetzt und sollten bereits gestorben sein. Am Ende der 30 Tage sollte das behandelte Bienenvolk etwa milbenfrei sein.

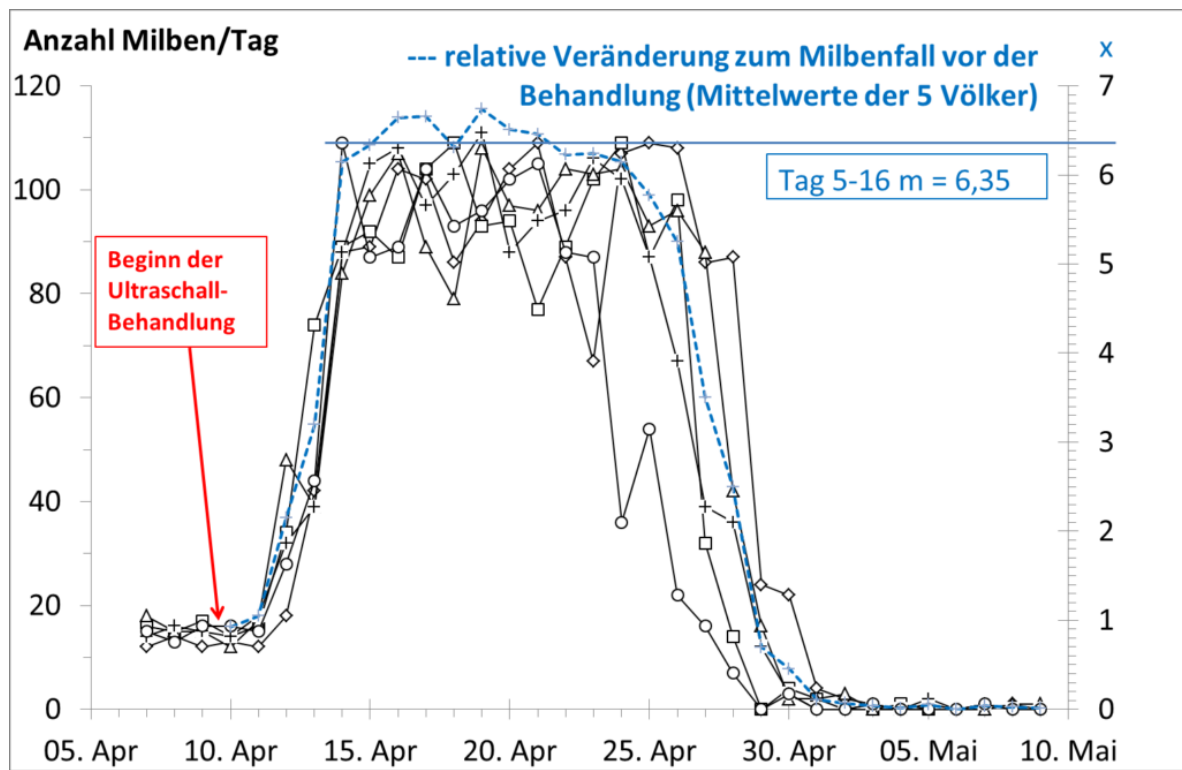


Abbildung 8: Erwartungsbild von der Behandlung mit Ultraschall[8]

8.3 Milbenfall im Behandlungszeitraum

Die unten dargestellten Säulendiagramme stellen den Milbenfall beider Völker in einem Behandlungszeitraum von je 30 Tagen dar. Es werden immer beide Völker betrachtet (Versuchsvolk 1 und Versuchsvolk 2). Die Y-Achse steht hierbei für die Anzahl der gezählten Varrosen und die X-Achse stellt den Behandlungszeitraum dar.

8.3.1 Beschallung von Versuchsvolk 1

Die Behandlung von Volk 1 erfolgte in dem Zeitraum vom 03.06. - 03.07.2018. In dieser Zeitspanne ist in dem behandelten Bienenvolk (Versuchsvolk 1) genau eine Milbe gefallen und in dem Vergleichsvolk (Versuchsvolk 2), welches nicht beschallt wurde, sind drei Milben gefallen (Abb.9). Dies entspricht natürlich nicht dem Erwartungsbild. Betrachtet man den gesamten Zeitraum (Abb.7), so kann man hier auch keinen erhöhten Befall feststellen.

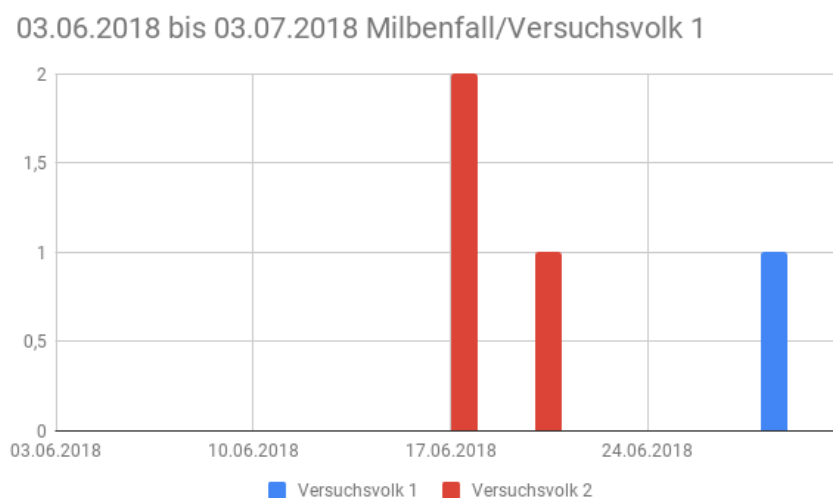


Abbildung 9: Beschallung von Versuchsvolk 1 [9]

8.3.2 Beschallung von Versuchsvolk 2

Die zweite Beschallung in Versuchsvolk 2 erfolgte vom 09.08. - 09.09.2018. Insgesamt wurden während der Behandlung 17 Milben in dem behandelten Bienenvolk gezählt. Bei dem Vergleichsvolk (Versuchsvolk 1) hingegen zählte ich 33 Milben. Hier ist zwar der Milbenfall schon höher, aber auch dies entspricht nicht meinem Erwartungsbild. Beobachtet man wiederum den ganzen Zeitraum kann man keine Veränderung im Milbenfall feststellen, nur den natürlichen Einfluss der Populationsentwicklung, wie ich es in **3.3 Befallsentwicklung der Milbe** erläutert habe.

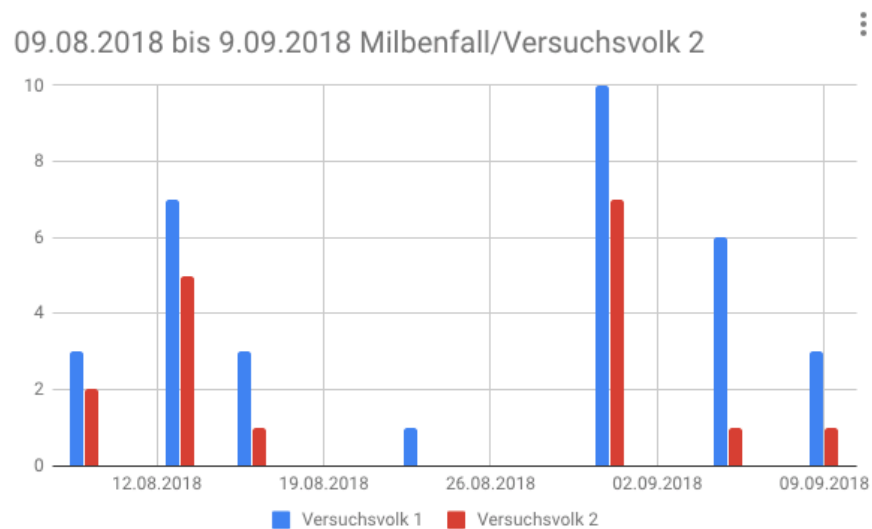


Abbildung 10: Beschallung von Versuchsvolk 2 [10]

9. Auswertung

9.1 Berechnung der Effektivität

Damit man die Effektivität der Behandlung mit Ultraschall berechnen kann, habe ich mir folgendes überlegt. Man muss alle Milben aus einem Volk zusammenrechnen. Dies geht aber nur über die Summe aller gefallenen Varrosen. Deshalb ist es Voraussetzung, dass die Bienen milbenfrei sind. Mit dem Verdampfen von Oxalsäure, der letzten Behandlung im Jahr, werden die Bienenvölker annähernd milbenfrei. So lässt sich aus der Anzahl Milben, welche im Beschallungszeitraum gefallen sind, durch die Summe aller gefallenen Milben, der Effektivwert der Behandlung berechnen.

$$\frac{\sum B}{\sum G} = E$$

E... Effektivität
 B...gefallene Milben im Behandlungszeitraum
 G...Summe aller gefallener Milben

Mit dieser Art der Berechnung kommen folgende Ergebnisse raus:

	Versuchsvolk 1 (Behandlung am: 03.06. - 03.07.2018)	Versuchsvolk 2 (Behandlung am: 09.08. - 09.09.2018)
Gefallene Milben im Behandlungszeitraum	600 Milben	141 Milben
Anzahl der gesamten gefallenen Milben	3 Milben	17 Milben
$\frac{\sum B}{\sum G} = E$	$\frac{3}{766} = 0,01$ E=0,4%	$\frac{17}{161} = 0,12$ E=11%

9.2 Ergebnis

9.2.1 Hauptergebnis

Da diese Durchführung der Behandlung nicht den gewünschten Zweck erfüllt, zeigen die Ergebnisse der Effektivitätswerte eindeutig. Wobei der Effektivitätswert bei Versuchsvolk 2, mit 11% um einiges besser ist, als der von Versuchsvolk 1 mit 0,4%.

Dass die Durchführungen der Beschallungen so unterschiedliche Ergebnisse haben, liegt entweder an dem unterschiedlichen Ausgangsbefall oder an den jahreszeitlich verschiedenen Behandlungsterminen der beiden Versuchsvölker. Mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit kann es auch an beiden Faktoren liegen. Das kann man dem Diagramm [6] entnehmen.

Zum Anfang der Beschallung kann man deutlich erkennen, dass in Versuchsvolk 1 mehr Milben als in Versuchsvolk 2 fallen, was den verschiedenen Ausgangsbefall belegt.

Betrachtet man den Zeitabschnitt vom 17.06. - 07.08.2018 erkennt man, dass in Versuchsvolk 2 mehr Milben gefallen sind, als in Versuchsvolk 1.

17.06.2018	0	2
20.06.2018	0	1
23.06.2018	0	0
26.06.2018	0	0
29.06.2018	1	0
14.07.2018	0	4
17.07.2018	0	0
29.07.2018	0	2
01.08.2018	0	5
07.08.2018	4	4

Dieser Zeitraum liegt hinter der ersten Periode (Diagramm [6]), in der Versuchsvolk 1 mit Ultraschall behandelt wurde. Was annehmen lässt, dass die Population von Versuchsvolk 1 durch die Beschallung geschwächt wurde.

Zu Beginn der zweiten Ultraschall Behandlung, kann man ablesen (Diagramm [6]), dass die Gemüllwerte bei Versuchsvolk 2 von diesem Zeitpunkt an, wieder unter den Gemüllwer-

ten von Versuchsvolk 1 liegen. Dies lässt schlussfolgern, dass die Behandlung die Population wieder abschwächt.

Dies lässt annehmen, dass Ultraschall eine Wirkung auf den Milbenfall hat, dieser jedoch sehr gering ist.

9.2.2 Weitere Ergebnisse

Vergleicht man die Messwerte, der beiden Versuchsvölker über den gesamten Behandlungszeitraum, erkennt man deutlich, dass die Entwicklung der Varroapopulation von Versuchsvolk 2 in irgendeiner Art gehemmt wird (Betrachtung ab 17.07.2018). Dies kann bedingt durch die Beschallung sein bzw. durch andere Faktoren, welche ich in meiner Untersuchung nicht betrachtet habe.

Da wir in dem zweiten Untersuchungszeitraum von Versuchsvolk 2 einen erhöhten Ursprungsbefall haben, werden auch mehr Milben im gleichen Zeitraum beschallt. Daraus kann man schlussfolgern, dass die Behandlung mit einer erhöhten Milbenpopulation effektiver ist, als mit einer relativen geringen Milbenpopulation. Dies bestätigen auch die in Punkt **9.1 Berechnung der Effektivität** ermittelten Effektivitätswerte. Demnach kann man die Effektivität der Behandlung steigern, je später man die Behandlung im Jahr macht. Mit einer relativ frühen Behandlung im Jahr, kann man trotzdem die Varroapopulation präventiv stoppen bzw. hemmen. Daraus abgeleitet liegen die idealen Behandlungszeiträume im Frühjahr und im Spätsommer bis Herbst.

10. Fehlerbetrachtung

Um die Ergebnisse richtig zu Werten bedarf es eine Fehlerbetrachtung. In folgendem Abschnitt der empirischen Untersuchung versuche ich mögliche Fehlerquellen, zu beschreiben, welche den Varroabefall beeinflusst haben könnten.

Allgemein haben die unten genannten Fehlerquellen einen sehr hohen Einfluss auf das Ergebnis. Aus zeitlichen und finanziellen Gründen ist es mir nicht gelungen mehr als drei Völker gleichzeitig zu beschallen und zu untersuchen. So konnten die Untersuchungen aus den anfänglich drei vorbereiteten Bienenvölker an lediglich zwei Versuchsvölkern durchgeführt werden. Das dritte Bienenvolk ist Anfang Juni 2018 geschwärmt. Ich musste auch feststellen, dass die Milbenpopulation sehr gering ist. Sie war fast schon zu gering um sichtliche Veränderungen im Milbenfall zu erkennen. Mit einer erhöhten Milbenpopulation könnte man aus den Messergebnissen viel mehr ablesen.

10.1 Die Gemülldiagnose

Da ich den Milbenfall nur indirekt ermitteln kann, ist die Gemülldiagnose der beste und einfachste Weg, um die Milbenpopulation in einem Bienenvolk zu bestimmen. Diese Methode ist dennoch in manchen Fällen fehlerbehaftet. Denn auch andere Insekten, wie die Ameise, Wespe oder Biene befinden sich auf der Varroawindel. Deshalb ist es verstärkt im Sommer dazu gekommen, dass einzelne Milben durch diese Insekten verschleppt wurden. Bei Bienen bzw. Wespen ist es im Sommer oft vorgekommen, dass ich aufgrund der vielen Insekten keine Messergebnisse bestimmen konnte (siehe Anhang). Somit können vereinzelte Abweichungen vom tatsächlichen Milbenfall eintreten.

10.2 Das Wetter

Der Milbenfall ist auch vom Wetter abhängig. Im Sommer sowie im Frühling konnte ich das recht gut feststellen, denn je nach Temperatur und Wetter bewegen sich die Bienen mehr oder weniger. Mit einer erhöhten Temperatur steigt die Bienenaktivität und mit einer größeren Bienenaktivität fallen auch mehr Milben. Da mir dies aber erst im Verlaufe

der Beobachtung aufgefallen ist, habe ich die Temperatur, als auch das Wetter, nicht mit aufgezeichnet.

Temperaturen über 36°C im Bienenvolk haben auch einen negativen Einfluss auf die Milbenpopulation. Der Sommer 2018 war ein sehr heißer Sommer und die 36°C wurden sehr häufig überschritten. Ausgenutzt wird die Unverträglichkeit dieser Temperaturen, von den Milben in der Hyperthermiebehandlung. Die von unseren Sensoren gemessenen Temperaturen in den Brutwaben, haben teilweise 40°C angezeigt. Was den Milbenfall somit verstärkt hat. Außerdem konnte ich beobachten, wie während der heißen Tage die Bienen in eine Art Wärmeruhe an den Außenwänden der Beute saßen. Auch über Nacht kehrten sie in ihren Bienenstock nicht zurück.

10.3 Arbeiten an den Bienenvölkern

Die beiden Versuchsvölker haben keinen besonderen Stellenwert in meiner imkerlichen Praxis erhalten. Ich behandelte sie, so wie alle anderen Völker auch. Dieses Jahr habe ich verstärkt Brut aus den beiden Bienenvölkern entnehmen müssen, um neue Bienenvölker zu bilden. Somit wurde altes Wabenmaterial durch neues ersetzt. Das führte dazu, dass die Milbenpopulation im Verlaufe des Jahres, durch Brut und Bienenentnahme in den beiden Versuchsvölkern verkleinert wurde. Insgesamt erstellte ich aus dem Bienenmaterial von Versuchsvolk 1 und 2 und dem Anfang Juni 2018 geschwärmten Volk fünf neue Völker. Neben diesen Maßnahmen, führte ich auch schwarmvorbeugende Handlungen sowie eine wöchentliche Durchsicht der Bienenvölker durch. Auch die von mir im Zeitraum vom 17.07. - 07.08.2018 durchgeführte und in Diagramm [6] eingetragene Ameisensäurebehandlung, hat einen großen Einfluss auf die Milbenpopulationsentwicklung.

11. Fazit

Das Ultraschall keine Wirkung auf den Milbenfall hat, können wir nicht ausschließen. Jedoch ist die Form der Behandlung, wie ich sie in meinen Untersuchungen gemacht habe, nicht für die imkerliche Praxis brauchbar. Die Effektivität ist viel zu gering.

Um ein reelles Ergebnis zu erhalten, sollten weitere Untersuchungen aufgestellt werden. Diese Behandlungen sollten dann mit mindestens zehn Bienenvölkern unter gleichen Bedingungen durchgeführt werden. Somit können mögliche Fehler minimiert werden. Hierfür sind auch mehrere Ultraschallgeräte notwendig, welche eine Frequenz unter einem Schalldruck von mindestens 90 dB ausstrahlen.

Auch mit dem Parameter der Frequenz sollte man noch experimentieren, um eine bestmögliche Wirkung zu erzielen.

Die Erkenntnisse, welche ich aus meinen Behandlungen gewinnen konnte sind:

- Die beste Lage für das Gerät ist auf dem Unterboden der Beute, dies ermöglicht eine einfache imkerliche Betriebsweise. Das setzt allerdings voraus, das der Summer sehr dünn sein muss.
- Der Rand der Varroawindel, sollte mit Rapsöl (bzw. einem anderem Öl) eingestrichen werden, um das Davontragen von Milben durch andere Insekten zu verhindern.
- Der Ultraschall von 15 kHz mit einem Schalldruck von $L_p \geq 90$ dB hat keine sichtbare Wirkung auf die Honigbiene.
- Die Aufzeichnung des Wetter ist für die exakte Interpretation der Gemülldiagnose notwendig.

Derzeitig ist auch Ultraschall keine Antwort auf die Bekämpfung der Varroamilbe,. Damit dies eventuell in Zukunft eintreten kann, bedarf es weitere Untersuchungen.

12. Danksagung

In diesem letzten Punkt möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, welche mich während der Ausarbeitung der Besonderen Lernleistung stets unterstützt und motiviert haben.

Zuerst gebührt mein Dank meinem Biologielehrer Herrn Udo Lein, der mich in der Anfertigung der Besonderen Lernleistung betreut hat. Vielen Dank für die vielen hilfreichen Anregungen.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Ing. Sebastian Guttke, der mir mit vielen Ideen, Interesse und Hilfsbereitschaft zur Seite stand. Dank seines außerordentlichen Beitrages ist diese Arbeit überhaupt entstanden.

Ebenfalls möchte ich mich bei dem Förderverein des Adolph-Diesterweg-Gymnasiums in Plauen bedanken, welcher die Unkosten eines Blei-Akkus getragen hat. Ohne diesen Akku hätte ich meine Untersuchungen nicht durchführen können.

Abschließend möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken. Meiner Mutter für die zahlreichen Korrekturlesungen sowie meinem Vater für die Installation des Ultraschallgerätes und der Unterstützung bei den imkerlichen Tätigkeiten.

Auch bei allen anderen, welche ich nun namentlich nicht genannt habe und die mir immer wieder neue Anregungen und Ideen bei der Anfertigung dieser Arbeit gegeben haben, möchte ich mich bedanken.

13. Quellen- und Literaturverzeichnis

Bücher

Autor/-en	Titel	Jahr	Ort	Verleger
Giesela Droge	„Das Imkerbuch“	1984	Berlin	VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag (S.124) 2.
Claus Zeiler	300 Ratschläge für den Freizeitimker	1989	Leipzig	Neumann Verlag Leipzig – Radebeul (S.93) 2.
Dr. Gerhard Liebig	Einfach Imkern - Leitfaden zum Bienen halten	2002	Aichtal	TC DRUCK Tübinger Chronik (S. 146 ff.) 2./2.2/2.3
Dr. Friedrich Pohl	Varroose erkennen und erfolgreich bekämpfen	2008	Stuttgart	Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG (S.16 ff) 2.4

Webseiten

Name der Website	Letzter Zugriff	URL
Strahlung-gratis.de	29.10.17	http://www.strahlung-gratis.de/Ultraschalluntersuchungen.htm
derstandard.de	11.02.18	https://www.derstandard.de/story/2000072106015/bientod-forscher-entdecken-heilmittel-gegen-varroa-milbe 2
varroamilbe.de	11.02.18	http://varroamilbe.de/ 2 /2.1
wikipedia.org	11.02.18	https://de.wikipedia.org/wiki/Varroamilbe 2 /2.1
bienenschade.de	11.02.18	http://www.bienenschade.de/Honigbienen/Krankheiten/varroa.htm 2 /2.1
imkergut.de	15.02.18	https://imkergut.de/blog/bienenforschung/was-ist-die-haemolymphe 2/2.1
bee-social.org	15.02.18	https://www.bee-social.org/bienenwiki/-/wiki/Main/Varroamilbe 2.1

imkerpate.de	16.02.18	http://www.imkerpate.de/varroa-entwicklung/ 2.2
Immelieb.de	16.07.18	https://www.immelieb.de/nachgedacht/varroa-killer-sound-vks/varroa-killer-sound/ 3/4
Varroa-killer-sound.com	16.07.18	https://www.varroa-killer-sound.com 3.1/3.2/4
Wikipedia.org	05.08.18	https://de.wikipedia.org/wiki/Mixocoel# Fußnote 3
Uni-hohenheim.de	5.08.18	https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=2ahUKEwinw_u3xNXcAhXS_KQKHZGOB_8QFjADegQIBxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.uni-hohenheim.de%2Fqisserver%2Frds%3Fstate%3Dmedialoader%26objectid%3D4768%26application%3Dlfs&usg=AOvVaw0lc8TdkTTyJdJENohXycTV 2
Wikipedia.org	9.10.18	https://de.wikipedia.org/wiki/Ultraschall 5
http://wiki-de.genealogy.net	11.11.18	http://wiki-de.genealogy.net/Apoptose 5.2

Bienensauna.de	13.11.2018	https://www.bienensauna.de/waerme-tut-gut/ 10.1
Essayhilfe.de	15.11.2018	https://essayhilfe.de/danksagung-schreiben/ 12

Bilder

Bezeichnung	Quelle
[1]	http://varroamilbe.de/wp-content/uploads/2016/04/Biene-Honigbiene-Varroamilbe-Varroose-300x196.jpg
[2]	https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=2ahUKE-winw_u3xNXcAhXS_KQKHZGOB_8QFjADegQIBxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.uni-hohenheim.de%2Fqisserver%2Ffds%3Fstate%3Dmedialoader%26objectid%3D4768%26application%3Dlsf&usg=AOvVaw0lc8TdkTTyJdJENohXycTV
[3]	https://www.bienen-ingo.de/die-bienen/die-varroamilbe/
[4]	Buch: Einfach Imkern - Leitfaden zum Bienen halten (Dr. Gerhard Liebig) S. 150
[6]	Diagramm aus eigenen Messwerten
[7]	Diagramm aus eigenen Messwerten

[8]	https://www.immelieb.de/nachgedacht/varroa-killer-sound-vks/varroa-killer-sound/
[9]	Diagramm aus eigenen Messwerten
[10]	Diagramm aus eigenen Messwerten

14. Anhang

14.1 Werte der Gemülldiagnose

Datum/Ereignis	Versuchsvolk 1	Versuchsvolk 2
09.04.2018	7	4
12.04.2018	3	1
15.04.2018	1	0
18.04.2018	3	0
21.04.2018	2	0
24.04.2018	0	0
27.04.2018	2	0
30.04.2018	1	0
03.05.2018	0	0
06.05.2018	0	0
09.05.2018	1	0
12.05.2018	0	0
18.05.2018	0	0
21.05.2018	0	0
27.05.2018	0	0
30.05.2018	0	0
02.06.2018	0	0
05.06.2018	0	0
08.06.2018	0	0
13.06.2018	0	0
17.06.2018	0	2
20.06.2018	0	1
23.06.2018	0	0
26.06.2018	0	0
29.06.2018	1	0
14.07.2018	0	4
17.07.2018	0	0
29.07.2018	0	2

01.08.2018	0	5
07.08.2018	4	4
09.08.2018	3	2
13.08.2018	7	5
16.08.2018	3	1
18.08.2018	0	0
23.08.2018	1	0
31.08.2018	10	7
05.09.2018	6	1
09.09.2018	3	1
13.09.2018	4	1
16.09.2018	1	2
25.09.2018	13	6
30.09.2018	15	2
06.10.2018	15	9
09.10.2018	12	1
12.10.2018	18	0
15.10.2018	20	3
18.10.2018	25	1
22.10.2018	37	3
24.10.2018	13	1
26.10.2018	0	0
29.10.2018	0	0
02.11.2018	0	0
05.11.2018	16	1
08.11.2018	15	3
14.11.2018	14	0
17.11.2018	7	0
22.11.2018	15	0
29.11.2018	13	0

Messwerte die nicht mit im Diagramm eingetragen wurden

26.10.2018	284	16
29.10.2018	68	41
02.11.2018	103	31

14.2 Bilder

14.2.1 Drohnenbrutkontrolle



Drohnenbrutkontrolle: in der Mitte die Drohnen Wabe, auf dem Teller rechts die kontrollierten Drohnen



Drohnenbrutkontrolle mit Hilfe der Entdeckungsgabel

14.2.2 Gemülldiagnose



Varroawindel mit Pollen
und einer Ameise (unten
links)

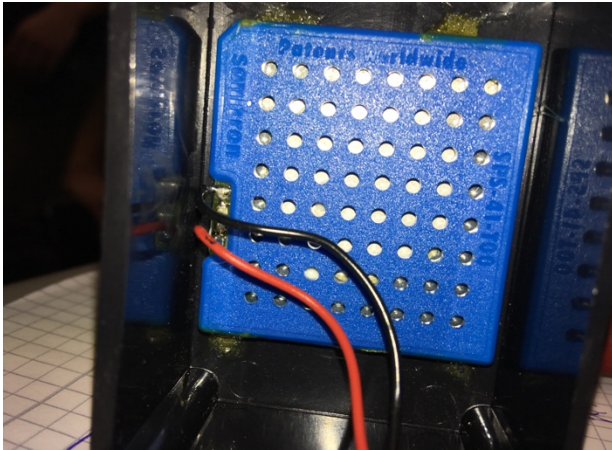


Wespe (links) und Milbe
(rechts) auf der Varroawin-
del

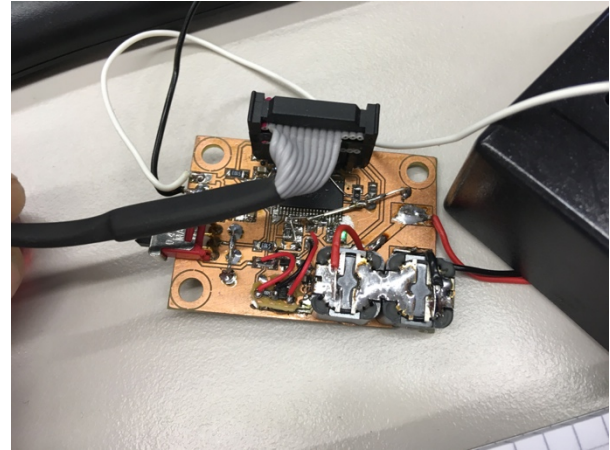


Ungültiger Messwert, da zu viele
Bienen auf der Varroawindel sind

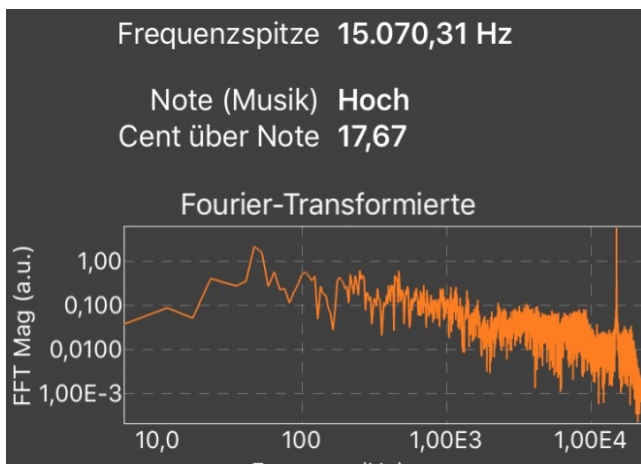
14.2.3 Ultraschallgerät



Piezo Lautsprecher, welcher im Ultraschallgerät den Ton erzeugt



Platine des selbst gebastelten Ultraschallgerätes



Ultraschallgerät im Einsatz