

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN DEPARTEMENT LIFE
SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT
INSTITUT FÜR UMWELT UND NATÜRLICHE RESSOURCEN

Einfluss abiotischer Faktoren auf die Populationsdynamik von *Varroa destructor*

Bachelorarbeit



Von

Peter Schweizer

Bachelorstudiengang 2010

Abgabedatum 19. Dezember 2013

Studienrichtung Umweltingenieurwesen

Korrektoren:

Thomas Hufschmid

ZHAW Grüental 8820 Wädenswil

Dr. Jochen Pflugfelder

Zentrum für Bienenforschung Agroscope 3003 Bern

Dr. Jürg Grunder

ZHAW Grüental 8820 Wädenswil

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften

zhaw Life Sciences und
Facility Management

Impressum

Zitiervorschlag:

Einfluss abiotischer Faktoren auf die Populationsdynamik von *Varroa destructor*

Schlagworte:

Varroa destructor, Parasit, Populationsdynamik, abiotische Faktoren

Adressen:

Autor:

Peter Schweizer

Welfensberg 6

CH 9515 Hosenruck

Mail: schweizer.peter@thurweb.ch

Institut:

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen

Grüntal

CH 8820 Wädenswil

Titelbild: Pollensammelnde Biene auf einer Weidenblüte. Quelle: Peter Schweizer

Zusammenfassung

Varroa destructor ist weltweit die Hauptbedrohung für die westliche Honigbiene. Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Einfluss abiotischer Faktoren auf die Entwicklung der Milbenpopulation. Die Reproduktion der ektoparasitischen Milbe *Varroa destructor* ist von klimatischen Bedingungen abhängig. Laborversuche zeigten, dass die für die Reproduktion von *Varroa* optimale Temperatur und Luftfeuchtigkeit nicht mit den für die Bienen optimalen Bedingungen übereinstimmen. Somit hätten Bienenvölker, die die Klimabedingungen in einem für die Reproduktion der Varroamilbe ungünstigen Bereich halten, einen Selektionsvorteil durch einen langsameren Anstieg der Varroapopulation. Ziel der Arbeit war es, zu untersuchen, ob das Klima in Bienenvölkern beeinflussbar ist und ob sich dies auf die Populationsdynamik von *Varroa destructor* auswirkt. Hierzu wurde über einen Zeitraum von 10 Wochen eine Versuchsgruppe von Bienenvölkern in schwarzen Kästen in die Sonne und eine Gruppe in den Schatten gestellt. Die Messungen zeigten, dass die Temperatur in den Völkern geringeren Schwankungen unterworfen ist als die Luftfeuchtigkeit. Es wurde eine Erhöhung der Temperatur in den schwarzen Bienenkästen bei Sonneneinstrahlung von maximal 2°C gemessen. Die Entwicklung der Varroapopulation zeigt eine grosse Variabilität. Diese lässt sich jedoch nicht durch die Temperaturdifferenzen zwischen den Völkern erklären. Die Luftfeuchtigkeit unterscheidet sich zwischen den Völkern deutlich. Hierbei zeigte sich, dass Völker mit einer geringen Luftfeuchtigkeit einen signifikant langsameren Anstieg der Varroapopulation haben. Offen bleibt die Frage, in wie weit Bienenvölker in der Lage sind, die Luftfeuchtigkeit zu regulieren und ob dies ein Abwehrmechanismus gegen *Varroa destructor* ist.

Abstract

Varroa destructor is the major threat of the western honeybee worldwide. This study focuses on the impact of abiotic factors on the development of the mite population. The reproduction of the ectoparasitic mite *Varroa destructor* depends on climatic conditions. Laboratory experiments demonstrated that the optimal temperatures and humidity for *Varroa* reproduction do not coincide with optimal conditions for bees. Hence bee colonies which can maintain climatic conditions not favourable to the *Varroa* mite will enjoy a selective advantage through slower growth in the *Varroa* population. This study aimed to investigate whether it is possible to influence the climate in bee colonies and whether it in turn influences the dynamics of the *Varroa destructor* population. In order to test this possibility, one group of bee hives in black containers was placed in the sun for a period of ten weeks, while another group was placed in the shade. Measurements showed that the temperature in the colonies varied less than the humidity. The measured temperature in the black hive increased by a maximum of 2° C while the sun shone. In contrast, the *Varroa* population varied greatly. This cannot be explained by the temperature differences between the colonies. However, humidity differed greatly between the colonies. The colony with less humidity demonstrated a significantly slower increase in the *Varroa* population. Whether bee colonies are able to regulate their humidity remains an open question, as is the question of whether this is an effective defence against *Varroa destructor*. However, the findings of this study point to the single factor of beehive humidity as being a possible means to protect bee colonies against the growth of this dangerous parasite.

Inhaltsverzeichnis

Inhalt

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung..... | 1 |
| 1.1 | Herkunft von <i>Varroa destructor</i> | 1 |
| 1.1.1 | Biologie | 2 |
| 1.1.2 | Varroa als Schädling | 2 |
| 1.1.3 | Bekämpfung..... | 3 |
| 1.1.4 | Tolerante Bienen..... | 4 |
| 1.1.5 | Einflussfaktoren auf die Populationsdynamik von <i>Varroa destructor</i> | 5 |
| 1.1.6 | Schwarmbildung..... | 6 |
| 1.1.7 | Brutfreie Winterphase..... | 6 |
| 1.2 | Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit..... | 6 |
| 1.3 | Zielsetzung..... | 7 |
| 2 | Material und Methoden | 8 |
| 2.1 | Vorversuche | 8 |
| 2.2 | Hauptversuch | 8 |
| 2.3 | Populationsdynamik | 10 |
| 2.4 | Messung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit..... | 11 |
| 2.5 | Bestimmung des Varroabefalls zu Versuchsende | 13 |
| 2.6 | Statistische Auswertung | 14 |
| 3 | Ergebnisse..... | 15 |
| 3.1 | Vorversuche | 15 |
| 3.2 | Entwicklung der Völker im Schatten und an der Sonne | 16 |
| 4 | Diskussion..... | 24 |
| 4.1 | Ausblick..... | 25 |
| 5 | Literaturverzeichnis | 26 |

1 Einleitung

Die ektoparasitische Bienenmilbe *Varroa destructor* ist Ursache für ökologische und ökonomische Probleme. Ihre Bekämpfung ist die grösste Herausforderung der Imkerei und ihre Schädigung gefährdet die Bestäubung der Agro- und Ökosysteme weltweit (de la Rua, et al., 2009). Die vorliegende Arbeit untersucht den Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf das Populationswachstum von *Varroa destructor* in Bienenvölkern.

1.1 Herkunft von *Varroa destructor*

Die ektoparasitische Milbe *Varroa destructor* ist der bedeutendste Parasit der europäischen Honigbiene *Apis mellifera*. 1904 beschrieb der holländische Entomologe Oudemans in Völkern der östlichen Honigbiene (*Apis cerana*) auf Java die parasitische Milbe *Varroa jacobsoni*. Der ursprüngliche Wirt von *Varroa destructor*, die östliche Honigbiene (*Apis cerana*) lebt im asiatischen Raum. Durch Völkerwanderungen im Zusammenhang mit dem Zusammenbruch des Zarenreichs in Russland kam es zur Verbreitung von *Apis mellifera* in die Primorski Region an der Grenze zu Japan um 1850. Die westliche Honigbiene *Apis mellifera* war in Bezug auf die Honigleistung weitaus effizienter und wurde deshalb von Siedlern mitgenommen (Ruttner & Ritter, 1980). Da dieser Landstrich zum Verbreitungsgebiet der östlichen Honigbiene gehörte, konnte es hier zum folgenschweren Wirtswechsel kommen (Oldroyd, 1999).

Verheerend war der Rücktransport und die Verbreitung von *Varroa destructor* nach dem Wirtswechsel durch zunehmenden Welthandel nach 1945. Die ersten Milben wurden 1978 in Deutschland nachgewiesen. Als erste Varroamilben auf *Apis mellifera* gefunden wurden, zweifelte niemand, dass es sich um *Varroa jacobsoni* handelt. Erst im Jahre 2000 fanden Anderson und Trueman, dass es sich bei der auf *Apis mellifera* parasitierenden Milbe um eine andere Art handelt, die als *Varroa destructor* bezeichnet wird und von welcher bis heute 6 Haplotypen beschrieben wurden. Die Haplotypen unterscheiden sich in ihrer Virulenz, wobei der in Europa verbreitete koreanische Haplotyp am stärksten auf *Apis mellifera* reproduziert (Anderson & Trueman, 2000). In der Schweiz wurden die ersten Milben 1984 an der Grenze zu Deutschland gefunden. Heute ist *Varroa destructor* auf allen Kontinenten ausser Australien verbreitet.

1.1.1 Biologie

In der phoretischen Phase sitzen die Varroamilben unter den abdominalen Sterniten der adulten Bienen. Zur Reproduktion verlassen sie die adulten Bienen und steigen kurz vor dem Verdeckeln einer Brutzellen unter die darin liegende Bienenlarve. Zuerst ernährt sich die Milbe vom restlichen Larvenfutter auf dem Zellenboden. Nach der Verdeckelung der Zelle öffnet die Muttermilbe einen Zugang zur Hämolymphe der Bienenlarve. An dieser Futterstelle wird sich die ganze zukünftige Milbenfamilie ernähren. Nun beginnt die Muttermilbe mit der Eilablage. Als erstes schlüpft das Milbenmännchen und danach die Weibchen. Das Männchen paart sich nun mit seinen Schwestern (Lehnherr & Duvoisin, 2003, S. 101). Je länger die Puppenentwicklung der Biene dauert und die Zelle verdeckelt ist, desto mehr Varroaweibchen können sich verpaaren. Da die Arbeiterinnenbrut 12 Tage und die Drohnenbrut 15 Tage verdeckelt ist (Lehnherr & Duvoisin, 2003, S. 36), beträgt die Anzahl reproduktionsfähiger Milben, die aus der Arbeiterinnenbrut schlüpfen ca. 1,4 Milben (Martin, 1994). Aus einer Drohnenzelle schlüpfen ca. 2,4 Milben (Martin, 1995). Eine begattete Milbe kann 2-3 Reproduktionszyklen durchlaufen (Fries & Rosenkranz, 1996).

Bei *Apis mellifera* kann die Populationsdynamik der Milbe sehr unterschiedlich sein. Die Gründe dafür sind nicht klar, jedoch haben der natürliche Verbreitungsweg der Milbe - der Verflug und die Räuberei - einen grossen Einfluss. Eine grosse Brutaktivität im Volk fördert die Dynamik der Milbenpopulation zusätzlich. Beim ursprünglichen Wirt *Apis cerana* herrscht ein stabiles Wirt-Parasit-Verhältnis (Anderson, 1994). Hier findet die Reproduktion der Milben ausschliesslich in der Drohnenbrut statt. Bei *Apis mellifera* vermehrt sich die Milbe sowohl in Drohnen- als auch in Arbeiterinnenbrut.

1.1.2 Varroa als Schädling

Die Schadwirkung basiert auf dem Saugen von Hämolymphe, wodurch Vitalität und Lebensdauer der Bienen negativ beeinflusst werden. Das Saugen von Hämolymphe während der Larvenentwicklung der Bienen bewirkt ein geringeres Schlupfgewicht und führt zu Proteinmangel, der die Langlebigkeit der Winterbienen verringert (Amdam, et al., 2004). Zudem werden Flugfähigkeit und Ausdauer von befallenen Bienen beeinträchtigt, ebenso die Orientierung. Dies führt zu grösseren Verlusten an Flugbienen (Kralj & Fuchs, 2006). Über die direkte Schadwirkung hinaus dient die Milbe als Vektor für Viren. Der DWV (Deformed Wing Virus) und ABPV (Akute Bee Paralyse Virus) stehen in direktem Zusammenhang mit den Winterverlusten (Genersch, et al., 2010 und De Miranda, et al., 2010). Überhaupt treten in von Milben stark befallenen Völkern vermehrt unterschiedliche Viren auf (Boecking & Genersch, 2008). Allgemein wird bei den

Winterverlusten von einer Faktorenerkrankung ausgegangen, bei welcher die Milbe *Varroa destructor* eine zentrale Rolle spielt (siehe Tabelle Anhang 3).

Die hohe Effizienz des polylektischen Bestäubers *Apis mellifera* macht die europäische Honigbiene in der heutigen Agrarproduktion unverzichtbar. Da der Parasit *Varroa destructor* die Bestäubungsleistung der Bienen empfindlich verringert, stellt er damit ein globales Problem dar. In der Schweiz wird die Bestäubung durch die als Hobby betriebene Bienenhaltung gesichert. Ca. 19 000 Imker halten 192 000 Bienenvölker. Der Kaufpreis für ein Bienenvolk beträgt ca. 250 Franken. Mit einem durchschnittlichen jährlichen Honigertrag von ca. 20kg/Volk und einem Preis von CHF 18.-/kg Honig liegt der wirtschaftliche Wert bei 320 Franken/Volk. Schätzungen zufolge liegt der ökologische Wert durch die Bestäubungsleistung bei ca. 1200 Franken/Volk. Dies übersteigt den Wert des Honigertrages um mehr als das Dreifache. (Fluri, et al., 2004). Somit stellt die Bestäubungsleistung den höchsten wirtschaftlichen Wert der Bienenhaltung dar, welcher aber nicht in monetärer Form verrechnet wird.

Die Winterverluste der letzten 6 Jahre beliefen sich in der Schweiz im Durchschnitt auf 20 % (Sieber & Charrière, 2013). Diese können zum grössten Teil auf die Varroamilbe zurückgeführt werden. Im deutschen Bienenmonitoring wurde der Zusammenhang zwischen Varroabefall und den Winterverlusten über einen Zeitraum von 4 Jahren nachgewiesen. (Genersch, et al., 2010)

1.1.3 Bekämpfung

Die Bekämpfung der Milbe war von Beginn an der einzige Weg um die Bienenvölker zu retten und die Bestäubung der Kulturlandschaft und der Ökosysteme zu sichern. Chemotherapie war und ist bis heute die einzige Methode um den Bestand an Milben zu reduzieren und diesen unter der Schadschwelle zu halten. Dies war zu Beginn sehr erfolgreich, doch standen diverse Produkte, mit Substanzen aus nur 3 Gruppen Wirkstoffgruppen zur Verfügung. Die Anwendung war einfach, jedoch wurde ein koordinierter, alternierender Einsatz der Wirkstoffe verpasst (Hallmann, et al., 2009). So kam es schon nach wenigen Jahren zu Resistenzen gegenüber den synthetischen Varroaziden (Milani, 1999).

Aufkommende Resistenzen haben zu der Entwicklung einer unspezifischen Bekämpfung durch organische Säuren mit einer geringeren therapeutischen Breite geführt. (Alternative Behandlungsmethoden Anhang 1). Da die Anwendung volatiler Wirkstoffe temperaturabhängig ist, ist der Behandlungserfolg grosser Variabilität unterworfen. Wesentlich problematischer ist, dass eine starke Abhängigkeit von der Varroabehandlung entstanden ist. Da diese Behandlungen nicht schadschwellenorientiert, sondern prophylaktisch erfolgen, führen sie zwangsläufig zu einer

Selektion virulenterer Milben (vanEngelsdorp & Meixner, 2010). Ein ausgeglichenes Wirt- Parasit- Verhältnis wird hierdurch langfristig verhindert (Locke, et al., 2012 und Eskova & Maslennikova, 2008). Jedoch ist der Imker in der aktuellen Situation auf Behandlungsmassnahmen angewiesen, um ein Überleben der Völker sicher zu stellen und die Bestäubungsleistung zu gewährleisten. Der Fokus muss auf der Suche nach Faktoren liegen, welche das Wachstum der Varroapopulation beeinflussen und ein stabiles Wirt- Parasit- Verhältnis bei *Apis mellifera* ermöglichen. Die Ursachen hoher Variabilität der Populationsdynamik von Varroa in den Völkern ist unklar. Ursache kann die Reproduktionsfähigkeit (Mondragon, et al., 2005), die Anzahl befruchteter Milben, (Martin, et al., 1997), die Lebensdauer der einzelnen Biene, die Verdeckelungsdauer (Eskova & Maslennikova, 2008) sowie Temperatur und Luftfeuchte (Le Conte, et al., 1990) sein. Die Kenntnis des relevanten Toleranzfaktors und die genetische Variabilität für die Zucht varroatoleranter Bienen muss das längerfristige Ziel in der Bekämpfung der Milbe sein.

1.1.4 Tolerante Bienen

Der ursprüngliche Wirt, die östliche Honigbiene *Apis cerana* verfügt über drei Eigenschaften, die zu einem stabilen Wirt- Parasit- Verhältnis führen (Rath1999).

- Die Milbe kann sich in Völkern von *Apis cerana* nur in der Drohnenbrut vermehren.
- Die Bienen können befallene Zellen erkennen, öffnen diese und entfernen die Puppe
- Drohnenpuppen mit Mehrfachbefall durch mehrere Milbenweibchen in einer Zelle können nicht schlüpfen und die Milben sterben mit der Drohne und mumifizieren sich selbst.

Da die Drohnenbrut nur einen kurzen Zeitraum im Jahr vorhanden ist, kann die Milbenpopulation nur gering ansteigen. Das ist die Ursache für ein stabiles Wirt- Parasit- Verhältnis bei *Apis cerana*. Zwei dieser drei Faktoren, die Beschränkung auf die Reproduktion in Drohnenbrut und die Mumifizierung von stark befallener Brut, fallen bei der europäischen Honigbiene als Toleranzfaktoren weg. Einzig das Hygiene- und Grooming-Verhalten ist bei *Apis mellifera* vorhanden, wirkt sich aber nur gering auf die Populationsdynamik der Milbe aus (Spivak, 1996). Die Selektion auf Hygiene- und Grooming-Verhalten hat bisweilen zu keinen Erfolgen in der Toleranzzucht geführt (Fries & Rosenkranz, 1996 und Boecking & Spivak, 1999). Ursache hierfür ist sicher, dass die Zuchtkriterien (das Erkennen von toter Brut) nicht der relevante Stimulus ist. Weltweit gibt es neun Arten der Gattung *Apis*. Bei acht davon sind eine oder mehrere Milben als Parasiten bekannt. Bis auf *Apis mellifera* mit der Milbe *Varroa destructor* leben alle in einem stabilen Wirt-Parasit Verhältnis. Die Faktoren, welche für das Fehlen dieser Toleranzmechanismen verantwortlich sind, sind unklar. Die kurze Zeitdauer seit dem Wirtswechsel sowie die fehlende Möglichkeit einer evolutionären Anpassung aufgrund der starken Bekämpfungsmassnahmen von

Seiten der Imker sind Gründe dafür (Locke, et al., 2012). Die Bekämpfungsmassnahmen führen zu einer Auswahl von resistenteren Typen von *Varroa destructor*. Wie diese Koevolution ohne Bekämpfungsmassnahmen stattfinden soll, ist umstritten. Versuche in diese Richtung, wie das Gotland Projekt, in dem 150 Bienenvölker an einem isolierten Standort ohne Varroabehandlung gehalten werden, zeigen eine Möglichkeit für das Überleben einiger Völker (Locke, 2012). Die überlebenden Völker zeigen jedoch Eigenschaften in Volksstärke und Honigeintrag, welche aus imkerlicher Sicht keine nachhaltige Lösung darstellen. Die geringe Volksstärke und die damit verbundene tiefe Bestäubungsleistung sind auch aus agronomischer Sicht problematisch. Allgemein sind die exakten Mechanismen, die Einfluss auf den Milbenbefall haben, nicht bekannt. Der Lösungsansatz einer längerfristigen Breitenselektion auf tiefen Milbenbefall wird diskutiert und steht in der Schweiz kurz vor dem Projektstart (Pflugfelder, 2013). Alle Einflussfaktoren auf die Milbenpopulation können mit diesem Zuchtansatz mitvererbt werden, ohne sie exakt zu kennen. Das Bienenvolk wird als „Black Box“ betrachtet. Demnach erfolgt eine Behandlung der Völker schadschwellenorientiert und gleichzeitig wird das genetische Material durch den Wechsel der Königinnen ausgetauscht.

1.1.5 Einflussfaktoren auf die Populationsdynamik von *Varroa destructor*

Die Populationsdynamik von *Varroa destructor* ist von zentraler Bedeutung für die Gesundheit des Bienenvolks. Aus evolutionsbiologischer Sicht kann jedoch ein Parasit nicht existieren, wenn er seinen Wirt tötet. Bei hoher Virulenz muss eine horizontale Verbreitung verhindern, dass die Varroamilben mit dem Bienenvolk, das sie geschädigt haben, sterben. Daher kommt der Forschung nach Einflussfaktoren auf die Populationsdynamik, durch die ein stabiles Wirts- Parasit Verhältnis erreicht werden kann, eine grosse Bedeutung zu. Ziel ist es, diese Faktoren zu identifizieren, um sie gezielt für eine Selektion auf Varroatoleranz zu nutzen. Ein Ansatz besteht in der Zucht auf kürzere Verdeckelungsdauer der Bienenbrut, wie sie bei *Apis mellifera capensis* beobachtet wird. Der zweite Ansatz besteht darin, das Hygieneverhalten und das damit verbundene Ausräumen von Zellen, welche mit Varroa befallen sind, durch gezielte Zucht zu verstärken. In den USA besteht ein Selektionsprogramm auf dieses Hygieneverhalten (VSH Varroa Sensitiv Hygiene) (Rinderer, et al., 2010).

1.1.6 Schwarmbildung

Der natürliche Schwarmtrieb oder die Ablegerbildung führen zu einem Brutstop. Die im Volk vorhandene Milbenpopulation wird aufgeteilt. Es können sich jedoch bis zu 90 % der Milben in der Brut befinden (Rosenkranz & Renz , 2003). Bei der Schwarmbildung bleiben bis zu 75 % der Milben beim Muttervolk (Wilde, et al., 2005). Bei der vom Imker durchgeführten Ablegerbildung hängt die Verteilung der Milben von der Art der Ablegerbildung ab. Die Verteilung von *Varroa destructor* ist jedoch proportional zur zugeteilten Brut. Die hohe Bruttätigkeit in den Jungvölkern stellt ideale Bedingungen für die Vermehrung der Milben dar. Die Populationsdynamik des Bienenvolkes beeinflusst die Dynamik der Milbenpopulation entscheidend. Dies führt dazu, dass bis zum Ende der Brutsaison die Milbenpopulation wieder derjenigen des Muttervolkes entspricht (Fries, et al., 2003).

1.1.7 Brutfreie Winterphase

Die brutfreie Winterphase, wie sie in gemässigten Klimazonen stattfindet, wirkt sich trotz reduzierter Vermehrungsmöglichkeit der Milben nicht vermindern auf die Schädigung durch *Varroa destructor* aus. Die Milbe kann sich zwar während der brutfreien Zeit nicht mehr reproduzieren. Da sich die Bienenzahl im Herbst reduziert, steigt der Anteil an befallenen Bienen an. Das Hauptproblem stellen die in Folge der Parasitierung durch *Varroa* kurzlebigen Winterbienen dar (Amdam, et al, 2004). Die Winterbienen stellen das Überleben des Volkes bis zum Schlüpfen der neuen Brut im nächsten Frühjahr sicher. Eine Verringerung der Lebensdauer der Arbeiterinnen führt im Winter zum Zusammenbruch des Volkes. Diese Problematik stellt sich in Gebieten ohne saisonbedingten Brutstop weniger, da immer wieder junge, wenn auch kurzlebige Bienen schlüpfen. Der Umstand, dass die Milbe, sobald sie nicht mehr reproduziert, auf Langlebigkeit umstellt, senkt den Nutzen einer brutfreien Zeit zusätzlich. Die Milbe kann während der Reproduktionsphase sieben Wochen und in der Winterphase bis zu fünf Monate alt werden (Rosenkranz & Renz , 2003).

1.2 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit

Die klimatischen Bedingungen des Standortes haben einen entscheidenden Einfluss auf die Populationsdynamik von *Varroa destructor*. In Laborversuchen wurde gezeigt, dass die Fertilität der Milbe von Temperatur und Luftfeuchtigkeit beeinflusst wird (Kraus & Velthuis, 1997 und Le Conte, et al., 1990). Das Temperaturoptimum für die Entwicklung der Varroamilbe liegt bei 32.5-33.4°C. Über 36.5°C ist die Reproduktion signifikant reduziert (Le Conte, et al., 1990). Es zeigt

sich auch, dass die Luftfeuchtigkeit einen entscheidenden Einfluss auf die Reproduktionsrate hat. Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit über 80 % findet praktisch keine Reproduktion mehr statt (Kraus & Velthuis, 1997). Die Brutnesttemperatur des ursprünglichen Wirtes von *Varroa destructor*, die östliche Honigbiene (*Apis cerana*) und der europäischen Honigbiene (*Apis mellifera*) ist mit ca. 34.5°C nahezu identisch. Die Temperatur von *Apis cerana* ist jedoch höheren Schwankungen, vor allem im Randbereich des Brutnestes, unterworfen (Le Conte, et al., 1990). Da die Milbe sich bei ihrem ursprünglichen Wirt nur auf Drohnenbrut vermehrt, welche sich im Randbereich des Brutnestes befindet, liegt ihr Reproduktionsoptimum im idealen Temperaturbereich (Kraus & Velthuis, 1997).

Es zeigt sich in Völkern und im Labor, dass der Anstieg der Varroapopulation bei niedrigen Temperaturen erhöht ist. Dies könnte darauf beruhen, dass die Milbe sich rascher wieder eine neue Zelle zur Vermehrung sucht und die Zyklen somit kürzer sind (Garcia-Fernandez, et al., 1995). Wie stark der Einfluss abiotischer Faktoren durch Klima sowie vom Imker beeinflussbaren Faktoren, wie Standort und Bauart des Bienenkastens ist und ob dies einen Einfluss auf die Populationsdynamik von *Varroa* hat, ist nicht bekannt. Bienenvölker, die Temperatur und / oder Luftfeuchtigkeit in einem für die *Varroa* ungünstigen Bereich halten hätten einen Vorteil.

1.3 Zielsetzung

Ziel der Arbeit ist es, zu untersuchen, ob das Klima in Bienenvölkern zu beeinflussen ist und wie gross die Variabilität von Temperatur und Luftfeuchte in den Bienenvölkern ist. Es soll experimentell untersucht werden, wie sich eine Veränderung des Klimas auf die Populationsentwicklung der Bienenvölker und der Varroamilbe auswirkt.

Hierzu wird der Einfluss der Aussentemperatur, Sonneneinstrahlung sowie Material- und Farbwahl auf die Thermoregulation im Brutnest von *Apis mellifera* erfasst. Der Einfluss dieser Standortfaktoren auf die Populationsdynamik von *Varroa destructor* soll untersucht werden. Es soll geprüft werden, ob das Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsniveau ein möglicher Toleranzfaktor sein kann.

2 Material und Methoden

2.1 Vorversuche

Zunächst wurde in einem Vorversuch ermittelt, mit welcher Methode das Klima in den Bienenkästen und in der Bienenbrut beeinflusst werden kann. Es wurde der Einfluss verschiedener Materialien als Bienenbeuten und Standorte in Bezug auf die Veränderung der Temperatur in den Bienenvölkern untersucht. Hierzu wurde je ein mit Bienen besetztes Dadant-Magazin weiss, eines schwarz gestrichen, ein Volk in eine schwarze Kunststoffbox einlogiert sowie ein besetztes Magazin in einem Folientunnel für Gemüseanbau logiert. In diesen etwa gleich starken Bienenvölkern wurde je ein Datenlogger über dem Brutnest und einer auf dem Wabenträger oberhalb der Brutwabe angebracht.

In einem weiteren Vorversuch wurde erfasst, ob imkerliche Eingriffe einen Einfluss auf die Temperatur im Brutraum haben. Dazu wurden zwei Völker während 3 Tagen jeden Morgen um 9 Uhr geöffnet. Die Waben des Brutnestes wurden für 15 Minuten auseinandergehängt. Die Logger waren auf 4 Waben verteilt, in derselben Anordnung wie im Hauptversuch (siehe Abbildung 5).

2.2 Hauptversuch

Auf der Grundlage der Vorversuche wurde der Versuch bestehend aus 2 Versuchsgruppen mit je 9 Völkern über einen Zeitraum von 10 Wochen durchgeführt. Die eine Gruppe wurde an einem vollständig der Sonne exponierten Standort in schwarzen Kästen gehalten. Die zweite Versuchsgruppe wurde in einer Entfernung von 20 Metern im Schatten auf der Nordseite einer Scheune aufgestellt, wo sie dauernd beschattet waren (siehe Abbildung 2). Der Versuchsstandort (Koordinaten:727174.6/262287.6) Welfensberg 6, 9515 Hosenruck im Kanton Thurgau liegt auf 690m über Meer (siehe Abbildung 1).

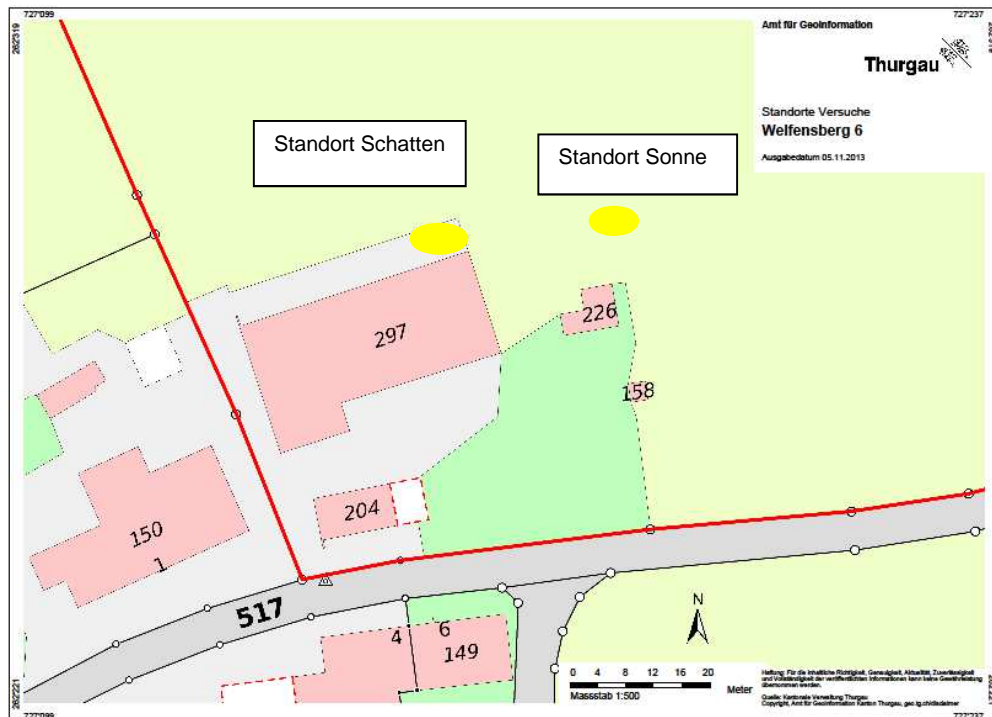


Abbildung 1 Situationsplan der beiden Versuchsgruppen. Quelle: Amt für Geoinformation des Kanton Thurgau

Für den Versuch wurden Dadant-Magazine aus Massivholz mit 11 Waben verwendet (Innenmass breite tiefe höhe), hergestellt aus Tischlerplatten mit 3-Schichten (Materialstärke 27mm) der Spezifikation AW DIN68705 (AW100), Lieferant: HIAG Handel AG, CH 8272 Ermatingen. Die Magazine der Schattengruppe hatten eine unbehandelte Naturholz-Oberfläche des Brut- und Honigraumes. Die Magazine der Sonnengruppe hatten eine mit Acrylfarbe Dupli-Color RAL Nr. 9005 mattschwarz gestrichene Oberfläche des Brut- und Honigraumes. Der Deckel bestand aus schwarzen Kunstharz HPL-Schichtstoffplatten EN 438, 16 mm Materialstärke, Lieferant: Braun Holzwerkstoffe, CH 9201 Gossau SG. Um den Effekt der Erwärmung durch die Sonneneinstrahlung zu erhöhen, wurde hinter die Magazine der Sonnengruppe eine 170 cm hohe Wand aus Kunstharzplatten W300MP, 13mm Materialstärke, Lieferant: Braun Holzwerkstoffe, CH 9201 Gossau SG, gestellt. Die Rückwand wurde mit Acrylfarbe Dupli-Color RAL Nr. 9005 mattschwarz gestrichen. Bei allen Magazinen waren die Flugfronten auf der ganzen Breite offen und die Gitterböden verschlossen. Zur Verringerung des Verfluges wurden an den Fluglöchern verschiedene Muster und Farben angebracht, welche es den Bienen erleichterten, den eigenen Stock zu finden (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2 Bienenmagazine der beiden Versuchsgruppen. Die Magazine und Deckel an der Sonne wurden schwarz gestrichen. Zusätzlich wurde am Sonnenstandort eine schwarz gestrichene Rückwand aufgestellt. Die Magazine im Schatten bestehen aus naturbelassenem Holz. Zur besseren Orientierung der Bienen wurden farbige Markierungen angebracht.

2.3 Populationsdynamik

Die Entwicklung der Varroapopulation wurde durch die Erfassung des natürlichen Milbenfalls ermittelt. Zu diesem Zweck wurde wöchentlich die Anzahl gefallener Milben auf gittergeschützten Unterlagen erhoben (Daten siehe Anhang 2). Mit Hilfe von Öltüchern wurde verhindert, dass Ameisen die toten Milben wegtragen (siehe Abbildung 3).

Der Zustand der Bienenvölker wurde durch die Vermessung der Flächen von Arbeiterinnenbrut, Drohnenbrut und Schätzung der Anzahl adulter Bienen auf den Waben zu Beginn und zu Ende des Versuchs dokumentiert. Hierzu wurde von jeder Wabenseite die Fläche der gedeckelten Arbeiterinnen- und Drohnenbrut sowie die prozentuale Bedeckung der Wabenoberfläche mit Bienen bestimmt. Diese Faktoren wurden in eine Gesamtfläche von verdeckelter Brut und mit Bienen besetzter Wabenfläche je Volk umgerechnet.



Abbildung 3 Milbentotfall auf ölgetränkter Papierunterlage. Das darüber liegende Raster dient der Vereinfachung der Auszählung

2.4 Messung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit

Die Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurden mit 4 Datenloggern pro Volk alle 30 Minuten erfasst. Dazu wurden Datenlogger der Bezeichnung i-Buttons vom Typ 1-Wire hydrochrome 1250 XB2 DS 1923-F5 der Herstellerfirma Maxim / Dallas verwendet (Durchmesser 18mm, Höhe 6mm). Die Messspanne der Temperatur betrug -20°C - $+ 85^{\circ}\text{C}$ mit einer Messgenauigkeit bei 8 Bit-Einstellung von 0.5°C und von 0.0625°C bei 11 Bit-Einstellung. Im Versuch wurde die 11 Bit-Einstellung verwendet. Die Messspanne der relativen Luftfeuchtigkeit betrug 0 – 100 % mit einer Messgenauigkeit von 0.64 % bei 8 Bit-Einstellung und 0.004 % bei 12 Bit-Einstellung. Im Versuch wurde die 12 Bit-Einstellung verwendet.

Um die Bienen am Verkleben der Messmembran des i-Buttons mit Wachs und Kittharz zu hindern, wurde dieser mit einer Kunststoffkapsel (Durchmesser 25mm, Höhe 10mm) und einem Drahtgitter (Maschenweite 1mm) geschützt (siehe Abbildung 4).



Abbildung 4 Datenlogger i-Wire hygroschrome Oberseite (unten links), Unterseite mit Messmembran (unten rechts), Logger mit Schutzhülle (oben rechts), wie er in die Bienenvölker eingesetzt wurde. Als Grössenvergleich dazu ein 50Rp Stück (oben links).

Die Datenlogger zur Aufzeichnung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Brutnest wurden auf den Waben Nr.4 bis Nr.7 (siehe Abbildung 5) jeweils auf der rechten Wabenseite ca. 2 cm oberhalb des Brutnests mit einem Draht montiert (siehe Abbildung 6). Der Standort der Logger wurde während der Versuchsdauer nicht verändert. Zusätzlich wurden die Aussentemperaturen der Völker in der Sonne und im Schatten, Windgeschwindigkeit und die Strahlungsintensität am Standort Sonne gemessen. Die Messung der Aussentemperatur in der Sonne und am Schatten erfolgte mit den Messgeräten vom Typ Hamster-A AT1 von der Firma ELPRO-Buchs AG CH-9471 Buchs. Um den Einfluss der Erwärmung durch die Sonneneinstrahlung der Versuchsvölker zu erfassen, wurde die Strahlungsintensität mit einem Powerpredictor Gerät der Firma Bettergeneration.com Ltd Hong Kong über den Versuchszeitraum gemessen. Des Weiteren wurde die Windgeschwindigkeit während der Versuchsdauer mit demselben Gerät gemessen.

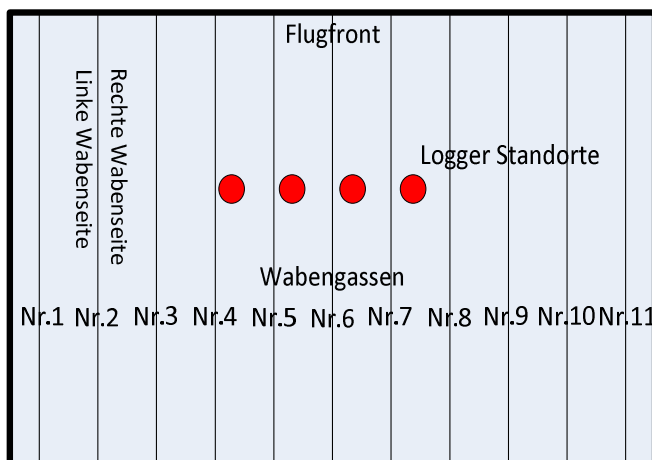


Abbildung 5 Anordnung der vier Messlogger zur Messung der Temperatur im Brutnest der Versuchsvölker



Abbildung 6 Temperaturlogger mit Schutzhülle über der Bienenbrut auf der Brutwabe mit Draht befestigt

Die Versuchsvölker wurden am 20.5.2013 an den Standorten aufgestellt. Die Völker stammten aus der am Standort anwesenden Imkerei. Durch Umstellung am gleichen Standort wurden die Flugbienen einheitlich entfernt und die Völker ausgeglichen. Hierdurch konnte der Versuch über eine Dauer von 10 Wochen mit Völkern einheitlicher Grösse durchgeführt werden, ohne das Risiko, dass es zum Abgang von Schwärmen kommt. Völker, die schwärmen, müssten aus der Auswertung genommen werden, da durch den Brutunterbruch eine Veränderung der Populationsdynamik von *Varroa* stattfindet. Der Versuch dauerte vom 16.6. bis 28.8.2013 (mindestens 5 *Varroa*reproduktionszyklen).

2.5 Bestimmung des Varroabefalls zu Versuchsende

Zu Versuchsende wurde am 4.9.2013 eine Ameisensäuren-Langzeitbehandlung durchgeführt und der Behandlungsmilbenfall ermittelt. Für die Ameisensäure-Langzeitbehandlung wurden Ameisensäure-Dispenser Typ Apidea eingesetzt (Patent Nr. 690708 Apidea Vertriebs AG, Rosenweg 3 6330 Cham). Hierzu wurden 120 ml Ameisensäure 60 % auf dem Oberträger verdunstet. Zur Kontrollbehandlung wurde die Ameisensäure-Langzeitbehandlung und eine Oxalsäurebehandlung am 5.10. durchgeführt. Die Anzahl toter Milben aus den Kontrollbehandlungen wurde zur Bestimmung der effektiven Milbenpopulation verwendet. Für die Kontrollbehandlung mit Oxalsäure wurde ein Oxalsäureverdampfer mit Gebläse Typ OXS (Bezug beim Verband Schweizer Imkerfachgeschäfte Katalog Nr. 13151), der mit einem Gaskartuschengerät PZ 2000 beheizt war, von unten in das Flugloch eingebracht. Es wurden 2 g Oxalsäure bei einer Temperatur von ca. 180° C verdampft. Durch diese Methode mit einer

Wirksamkeit von über 95 % konnte der Restmilbenbefall und somit die gesamte Varroapopulation zum Versuchsende relativ exakt bestimmt werden (Behandlungsmethode siehe Anhang 1).

2.6 Statistische Auswertung

Die statistischen Analysen wurden mit StatSoft.Inc. (2007). Statistica (Data analysis Software System) Version 8.0. durchgeführt.

Die Vergleiche aller gemessenen Variablen zwischen den Völkern an der Sonne und im Schatten wurden mit einem t-Test berechnet. Die Daten von Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurden als Integrale über die Zeit und als Mittelwerte berechnet. Die Analyse der Einflüsse der Faktoren auf die Entwicklung der Varroapopulation wurde mit einer multiplen Regressionsanalyse durchgeführt.

3 Ergebnisse

3.1 Vorversuche

In einem Vorversuch wurde die Temperatur auf der Brutwabe einiger Versuchsvölker über einen Zeitraum von 1,5 Tagen erfasst (siehe Abbildung 7). Ein Bienenvolk in einem schwarzen, eines in einem weissen Kasten und eines in einer Kunststoffkiste standen an einem Sonnenstandort. Ein weiteres Volk stand im Schatten und eines in einem Gewächshaus. Die Temperatur des Bienenvolks in der schwarzen Kiste und im Gewächshaus lag durchschnittlich 0,5°C über den Temperaturen in allen anderen Völkern. Jedoch wurde in der schwarzen Kiste im Gegensatz zu den anderen Varianten durch die Sonneneinstrahlung eine Erhöhung der Temperatur während 5 Stunden um 1°C erreicht

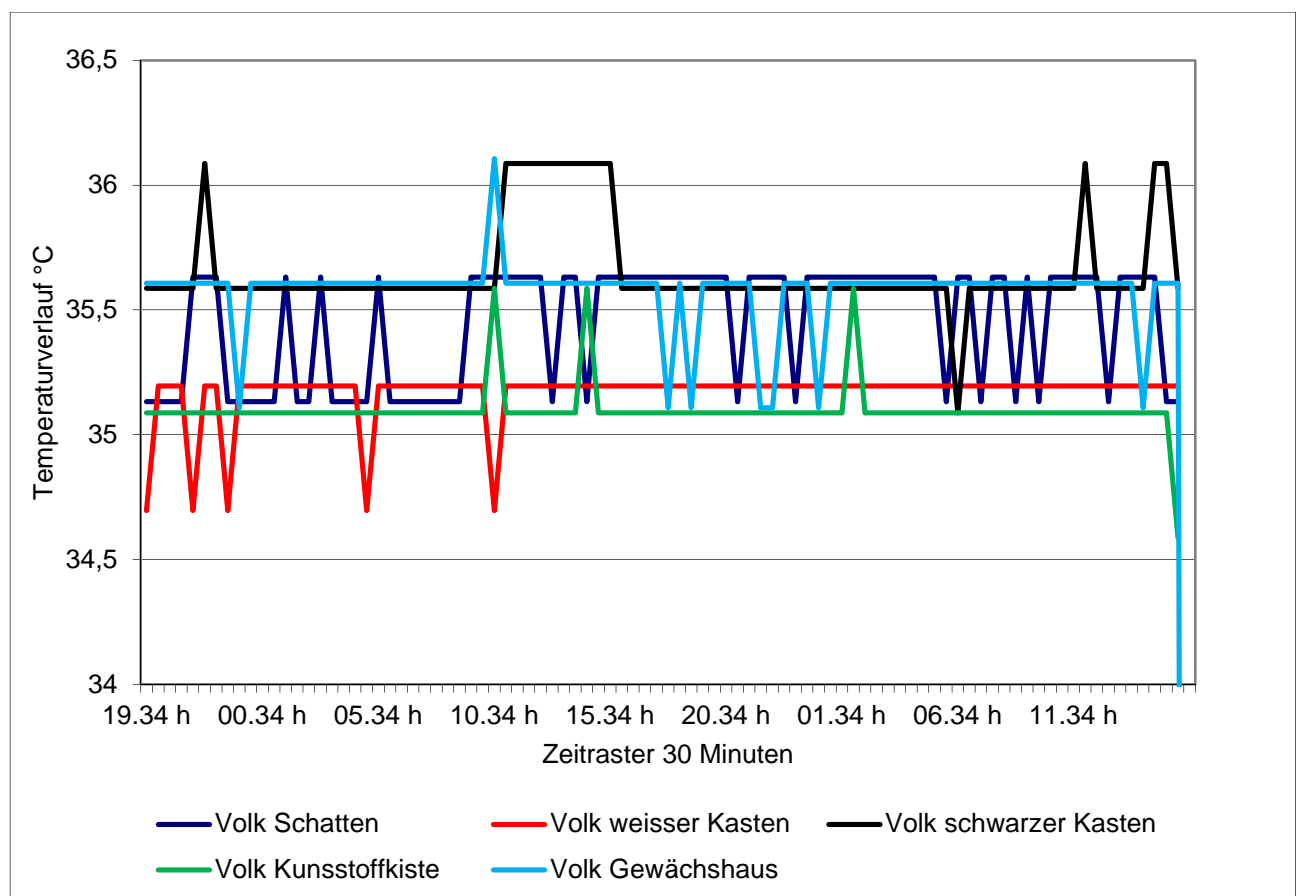


Abbildung 7 Temperaturverlauf in Bienenvölkern mit Kästen aus unterschiedlichen Materialien und Farben sowie Standorten.

Im Vorversuch wurde eine weitere Methode zur experimentellen Veränderung der Klimabedingungen im Bienenvolk untersucht. Hierzu wurden die Bienenvölker am Morgen für eine Stunde geöffnet und der Temperaturverlauf über einen Zeitraum von 2 Tagen erfasst (siehe Abbildung 8.). Hierbei zeigte sich eine Abkühlung auf bis zu 25°C, die von den Bienen nach dem Schliessen der Völker sehr schnell ausgeglichen wurde.

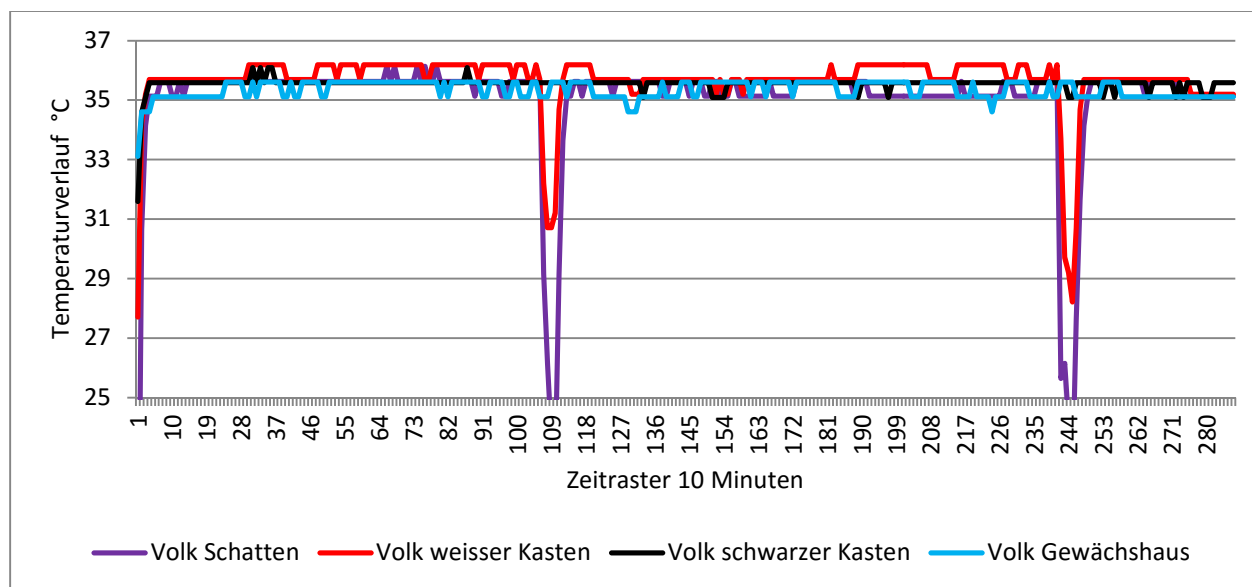


Abbildung 8 Auswirkung des Öffnens der Bienenvölker über eine Stunde (Volk im Schatten: lila; Volk im weissen Kasten: rot) auf die Temperatur.

Da die Temperatur durch die schwarze Farbe bei Sonneneinstrahlung um ein Grad erhöht werden konnte, ohne die Völker zu öffnen, wurde diese Methode dem Öffnen der Völker über einen längeren Zeitraum vorgezogen, um das Risiko einer Räuberei zu verringern.

3.2 Entwicklung der Völker im Schatten und an der Sonne

Die Stärke der Bienenvölker wurde zu Versuchsbeginn und am Ende nach 10 Wochen gemessen. Hierzu wurden die Flächen der Arbeiterinnenbrut, der Drohnenbrut und die Anzahl adulter Bienen auf jeder Wabenseite erfasst (siehe Abbildung 9.). Es bestehen keine signifikanten Unterschiede in der Entwicklung der Arbeiterinnenbrut ($p=0.68$, t-test), der Drohnenbrut ($p=0.37$, t-test) und der Anzahl adulter Bienen ($p=0.63$ T-test) zwischen den Gruppen über den Versuchszeitraum.

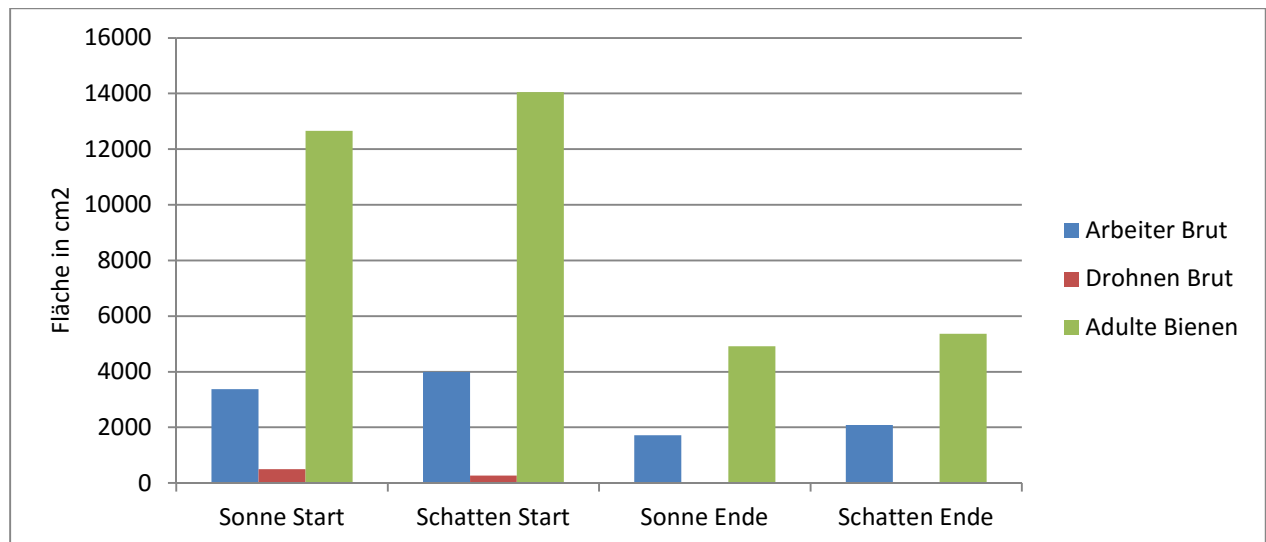


Abbildung 9 Entwicklung der Arbeiterinnen- und Drohnenbrut sowie der Menge adulter Bienen zu Versuchsbeginn (Start) und zu Versuchsende (Ende) am Sonnen- und Schattenstandort.

Die Temperatur und Luftfeuchtigkeit in den Völkern der beiden Gruppen im Schatten und an der Sonne unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Weder die Mittelwerte der Temperatur ($p=0,53$, t-Test) noch die der Luftfeuchtigkeit ($p=0,33$, t-Test) unterscheiden sich zwischen den Gruppen Schatten und Sonne (siehe Abbildung 10).

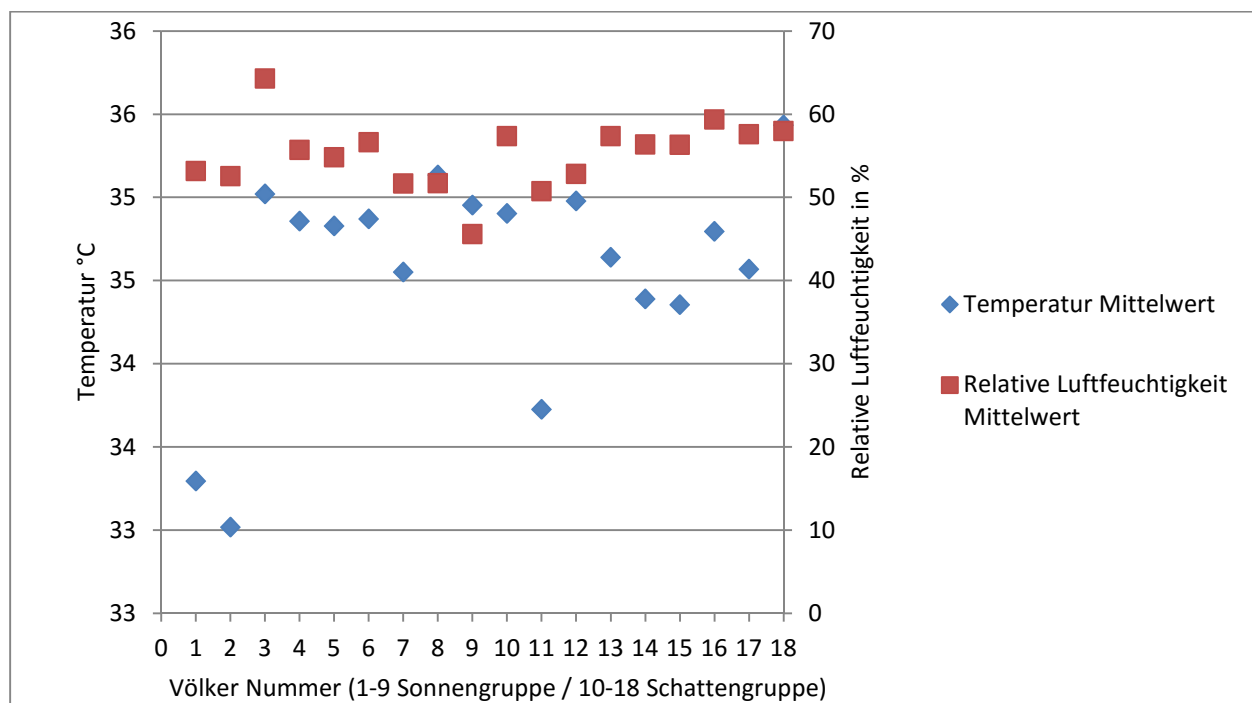


Abbildung 10 Vergleich der Mittelwerte der Temperatur und Luftfeuchtigkeit in den Versuchsvölkern in der Sonne (Völker 1-9) und im Schatten (10-18).

Auch der Vergleich der Integrale von Temperatur ($p=0,88$, t-Test) und Luftfeuchtigkeit ($p=0,11$ t-Test) weisen keine signifikanten Unterschiede auf (siehe Abbildung 11).

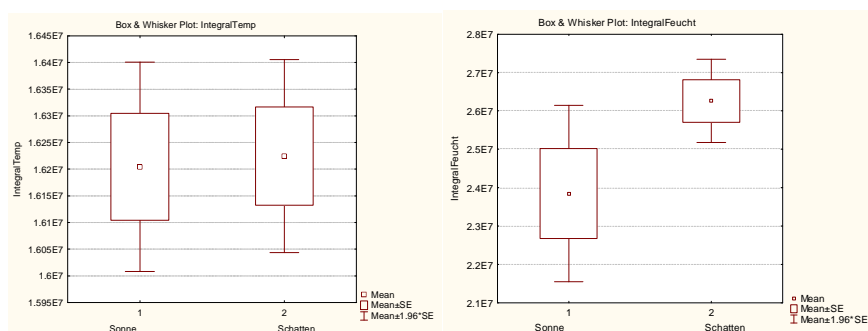


Abbildung 11 Vergleich der Integrale von Temperatur und Luftfeuchtigkeit der Völker an der Sonne und im Schatten.

Die Temperaturverläufe an den heißesten Tagen während der Versuchsperiode zeigen deutlich, dass trotz der starken Sonneneinstrahlung keine wesentlichen Unterschiede in den Mittelwerten zwischen den Völkern in Sonne und im Schatten zu erkennen sind (siehe Abbildung 12).

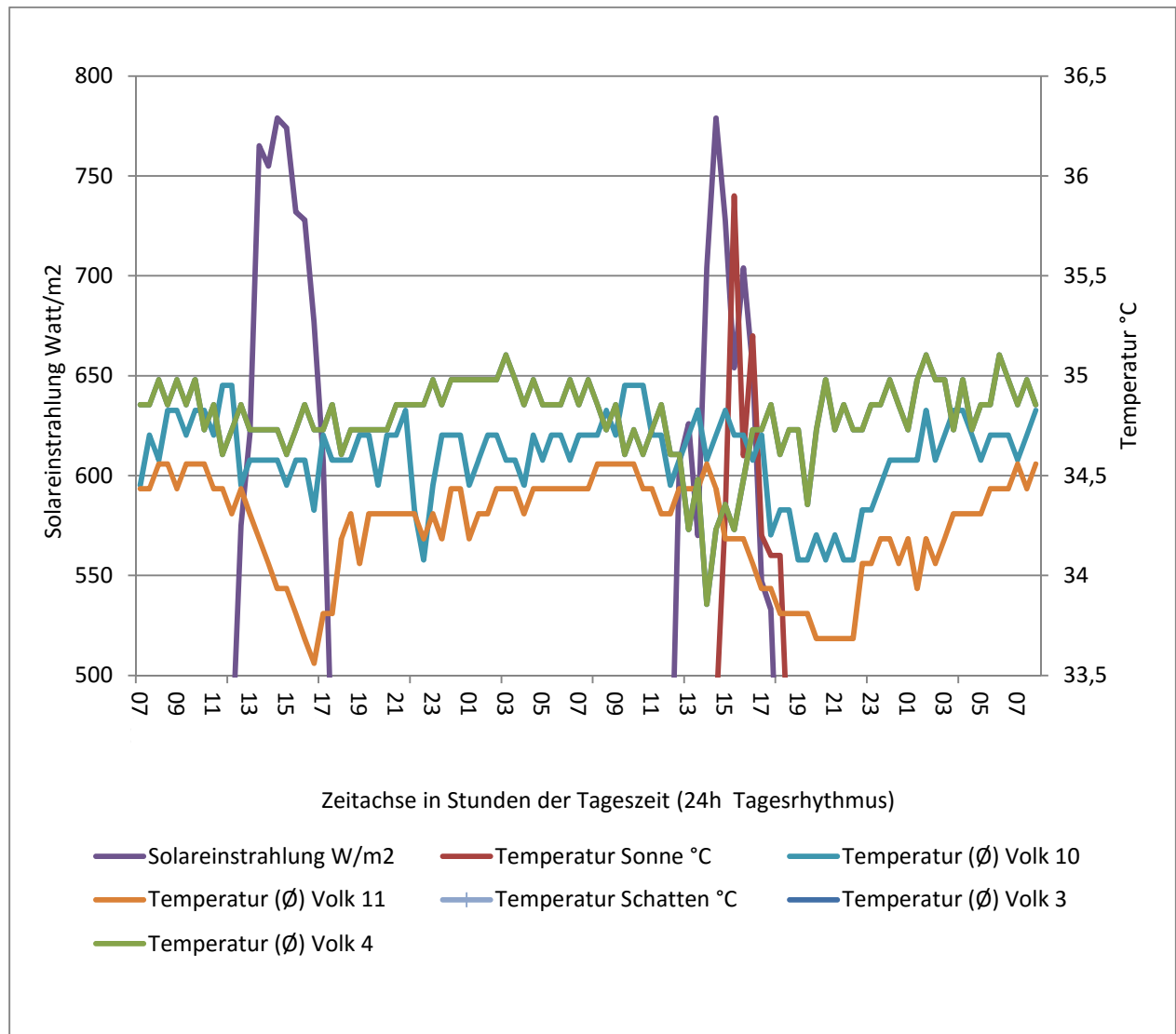


Abbildung 12 Der Temperaturverlauf in den Völker an der Sonne (Volk 3 und 4) und im Schatten (Volk 10 und 11) während der heißesten Periode über 2 Tage. Aussentemperatur im Schatten (hellblau) in der Sonne (braun) sowie die Strahlungsintensität in W/m^2 (lila).

Die Anzahl der Milben, welche aufgrund des natürlichen Totfalls ermittelt wurde, korreliert mit der Milbenzahl aus der Kontrollbehandlung mit $R^2=0.59$ (siehe Abbildung 13.).

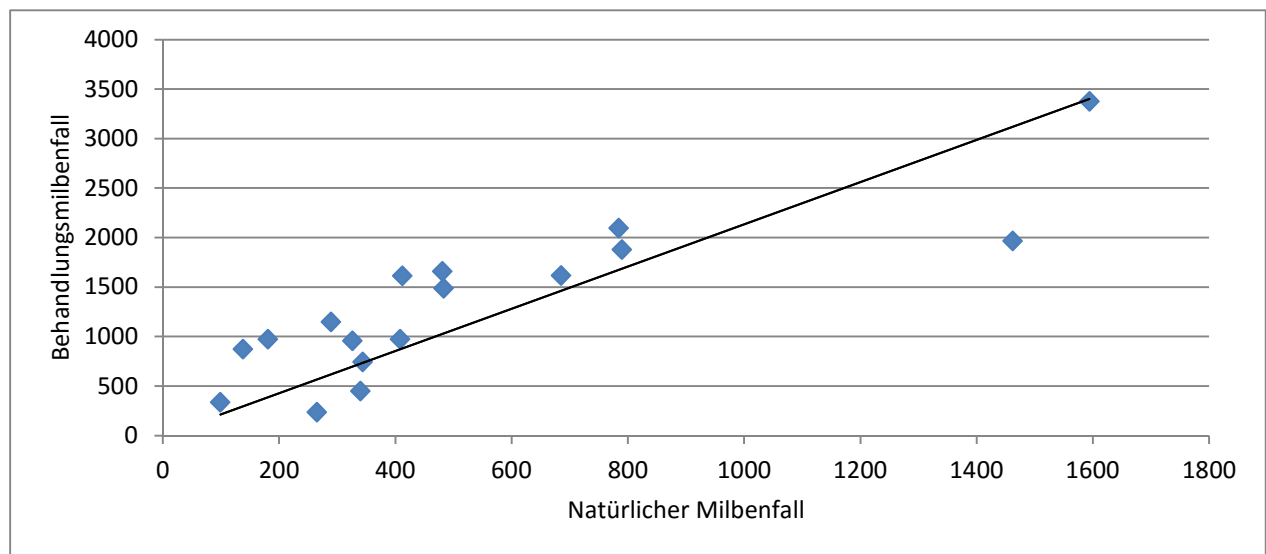


Abbildung 13 Korrelation von Behandlungs- (y-Achse)- und natürlichem Milbenfall (x-Achse).

Es zeigt sich ein signifikanter positiver Zusammenhang mit einem Korrelationskoeffizienten von 0.870 ($p=0.0005$, Pearson). Somit ist der Milbenfall ein zuverlässiges Mass für die Entwicklung der Varroapopulation. Beim statistischen Vergleich des Milbenbefalls zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Völkern an der Sonne und im Schatten ($p=0,35$ t-Test) (siehe Abbildung 14).

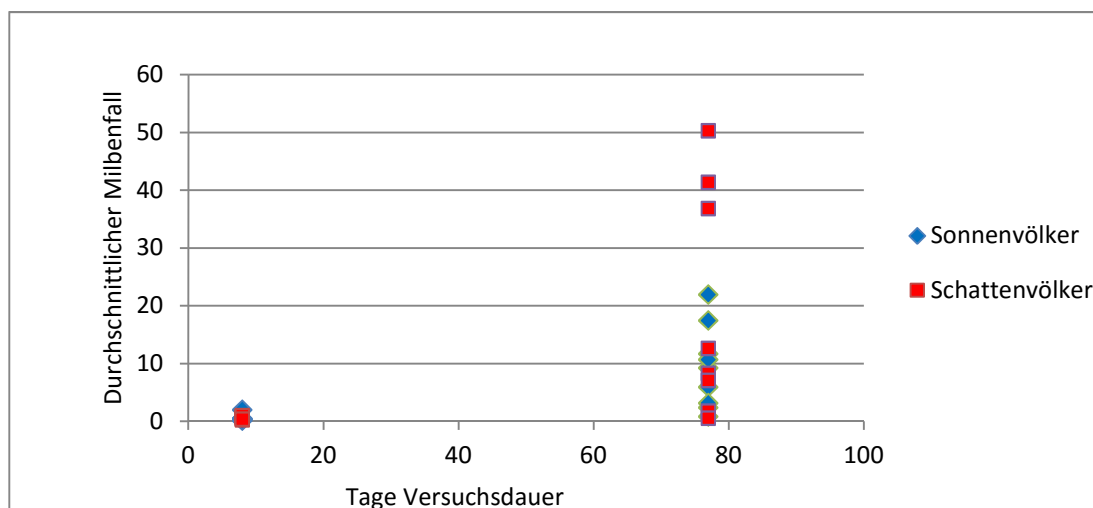


Abbildung 14 Entwicklung des durchschnittlichen Milbenfalls in der Sonnen- und der Schattengruppe zum Beginn und Ende des Versuchs.

Bei der Analyse des Einflusses von Temperatur ($p=0,14$, t-Test) und Luftfeuchtigkeit (Integrale) ($p=1,69$, t-Test) auf die Entwicklung der Varroapopulation (Behandlungsmilbenfalls) ($p=0,94$, t-Test) zeigt sich beim Vergleich der Völker zwischen Schatten und Sonne kein Unterschied (siehe Abbildung 15).

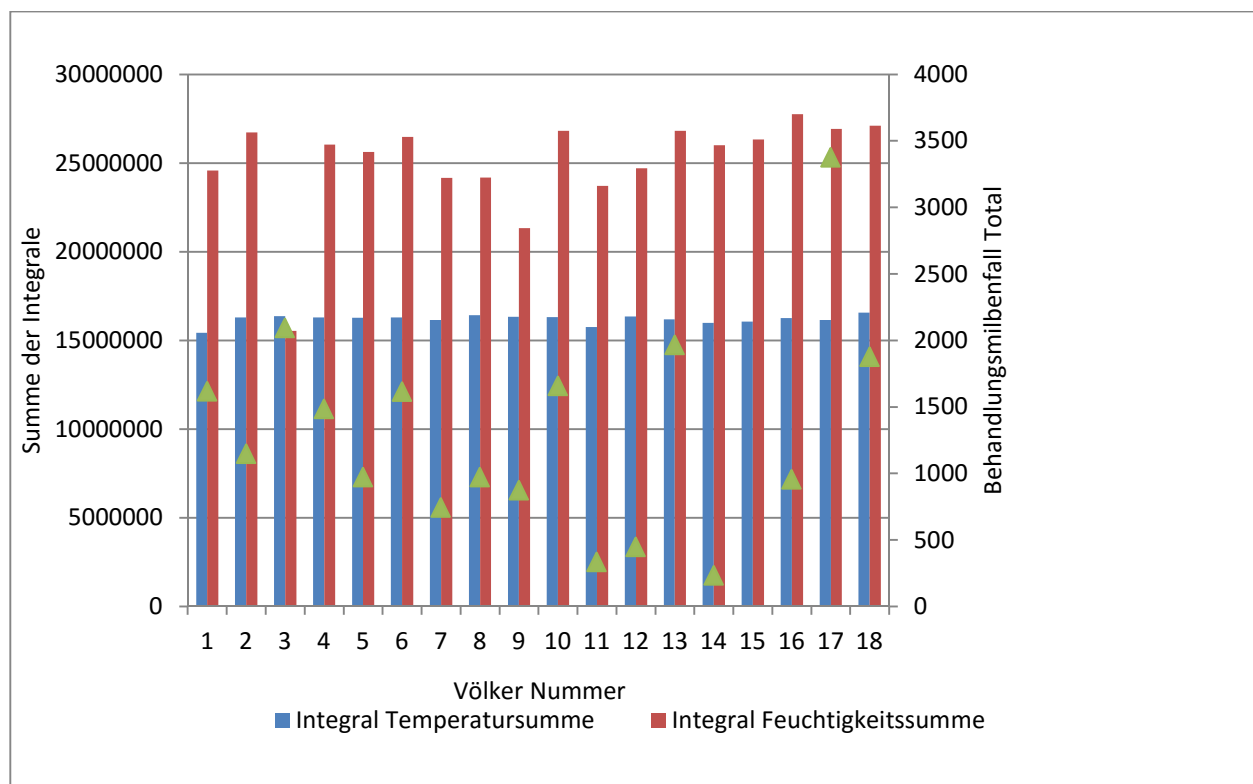


Abbildung 15 Integrale der Temperatur- und Feuchtigkeitssumme und des Behandlungsmilbenfalls der Versuchsvölker in der Sonne (Volk 1-9) und im Schatten (10-18).

Der statistische Vergleich aller Variablen zeigt, dass die Völker im Schatten signifikant mehr Arbeiterinnen hatten als an der Sonne (siehe Tabelle 1). In Bezug auf die Entwicklung der Varroapopulation hatte dies jedoch keinen Einfluss ($p=0,62$, Regressionsanalyse).

Tabelle 1 t-Test der Variablen nach Sonnen- und Schattengruppe.

| Variable | Mean Sonne | Mean Schatten | t-value | df | p | Valid N Sonne | Valid N Schatten | Std.Dev. Sonne | Std.Dev. Schatten | F-ratio Variance | p Variance |
|-----------------------------|---------------|------------------|---------|----|----------|------------------|---------------------|-------------------|----------------------|---------------------|---------------|
| Integral Temperatur | 16204385 | 16224443 | 0.14350 | 14 | 0.887937 | 9 | 7 | 300002 | 243928 | 1.512608 | 0.631904 |
| Integral Feuchtigkeit | 23846994 | 26260086 | 1.69199 | 14 | 0.112775 | 9 | 7 | 3522077 | 1465395 | 5.776815 | 0.046398 |
| Milbenbehandlung | 1281 | 1518 | 0.61292 | 14 | 0.549756 | 9 | 7 | 446 | 1054 | 5.595528 | 0.029487 |
| Natürlicher Milbenfall | 414 | 727 | 1.49466 | 14 | 0.157199 | 9 | 7 | 214 | 586 | 7.506780 | 0.012014 |
| Milbenfall total | 1694 | 2245 | 0.94841 | 14 | 0.359007 | 9 | 7 | 637 | 1599 | 6.306741 | 0.020623 |
| Arbeiterinnenbrut zu Beginn | 3374 | 4167 | 0.96065 | 14 | 0.353029 | 9 | 7 | 1265 | 2033 | 2.583060 | 0.214631 |

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------|-------|---------|----|----------|---|---|------|------|----------|----------|
| Drohnenbrut zu Beginn | 494 | 299 | 0.93670 | 14 | 0.364793 | 9 | 7 | 486 | 291 | 2.790618 | 0.227890 |
| Adulte zu Beginn | 12662 | 14307 | 0.88671 | 14 | 0.390214 | 9 | 7 | 4180 | 2889 | 2.093219 | 0.383658 |
| Arbeiterinnenbrut am Ende | 1716 | 2378 | 3.27729 | 14 | 0.005506 | 9 | 7 | 257 | 536 | 4.366048 | 0.059503 |
| Drohnenbrut am Ende | 3 | 0 | 0.87500 | 14 | 0.396337 | 9 | 7 | 8 | 0 | 0.000000 | 1.000000 |
| Adulte am Ende | 4915 | 5756 | 0.98543 | 14 | 0.341139 | 9 | 7 | 1582 | 1832 | 1.341747 | 0.681612 |
| Temperatur MW | 35 | 35 | 0.63149 | 14 | 0.537895 | 9 | 7 | 1 | 1 | 2.248665 | 0.339219 |
| Feuchtigkeit MW | 54 | 56 | 0.99359 | 14 | 0.337285 | 9 | 7 | 5 | 3 | 2.546525 | 0.271038 |

Die Luftfeuchtigkeit schwankt stärker als die Temperatur. Diese Schwankungen sind in den Völkern an der Sonne signifikant höher ($p=0,046$, t-Test). Hingegen sind die Schwankungen des Milbenbefalls an der Sonne signifikant geringer ($p=0,029$ t-Test)

Um zu analysieren, welche der Variablen einen Einfluss auf die Entwicklung der Varroapopulation hat, wurde eine multiple Regressionsanalyse unabhängig von den Gruppen Sonne und Schatten gerechnet. Hierbei zeigt sich zunächst, dass der Quotient der Arbeiterinnenbrut (Ende/Anfang) weder signifikant mit der Summe aller toter Milben noch mit dem Behandlungsmilbenfall korreliert ($p>0,05$). Für die Luftfeuchtigkeit zeigt sich jedoch eine signifikante Korrelation ($p=0,021$) (siehe Tabelle 2 und Abbildung 16). Unabhängig von der Behandlung hatten die Bienenvölker mit einer geringeren Luftfeuchtigkeit einen geringeren Anstieg der Varroapopulation.

Tabelle 2 Regressionsanalyse von Temperatur und Luftfeuchte in Bezug auf die Varroapopulation

| Modell | | Nicht standardisierte Koeffizienten | | Standardisierte Koeffizienten | T | Sig. |
|--------|-------------|-------------------------------------|----------------|-------------------------------|-------|------|
| | | Regressionskoeffizient | Standardfehler | Beta | | |
| 1 | (Konstante) | -2243,786 | 8659,094 | | -,259 | ,800 |
| | temp_MW | -64,794 | 261,636 | -,058 | -,248 | ,808 |
| | hum_MW | 106,755 | 40,715 | ,611 | 2,622 | ,021 |

a. Abhängige Variable: v_treat

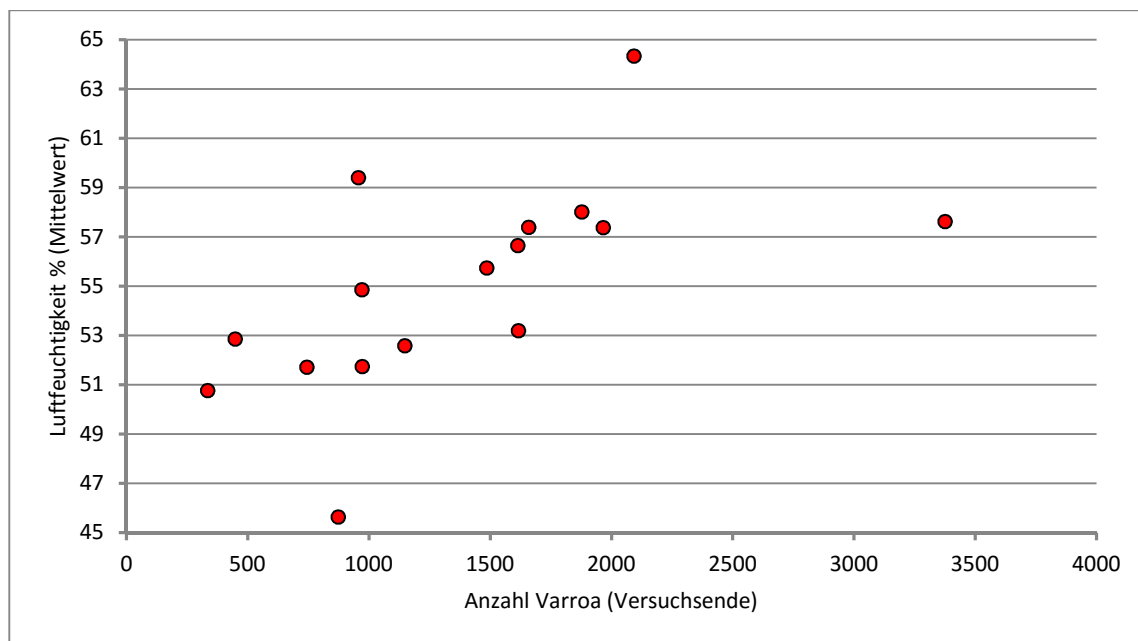


Abbildung 16 Regression der Luftfeuchtigkeit (Mittelwerte) und der Anzahl Varroamilben in den Völkern bei Versuchsende.

4 Diskussion

Die Bienenvölker in der Sonne haben trotz des erheblichen Hitzestress durch die Sonneneinstrahlung auf die schwarzen Kästen und die speziellen Deckel aus Kunststoff die Temperatur im Bienenvolk weitgehend konstant gehalten. Die Temperatur konnte nur kurzzeitig erhöht werden. Dies stellt eine enorme regulatorische Leistung des Bienenvolks dar und ist Grund für die Verbreitung der Honigbienen in stark unterschiedlichen Klimazonen. Ein Unterschied zu den Völkern im Schatten wurde nicht festgestellt. Daher ist es auch nicht verwunderlich, dass kein Zusammenhang zwischen der Temperatur in den Bienenvölkern und der Entwicklung der Bienen oder dem Anstieg der Varroapopulation nachzuweisen ist. Offensichtlich scheint eine Änderung der Temperatur einen stärkeren Einfluss auf die Entwicklung der Bienenbrut zu haben als einen möglichen positiven Effekt auf die Reproduktion von Varroa. Die Erhöhung der Temperatur als Reaktion des Bienenvolks auf ein Pathogen wurde im Fall der Kalkbrut bereits nachgewiesen (Starks, et al., 2000).

Was aber nun ist die Ursache der zum Teil grossen Unterschiede in der Entwicklung der Varroapopulation in den Völkern? Die in der Literatur immer wieder bestätigte Korrelation zwischen der Menge an Bienenbrut und der Anzahl Milben wird in dieser Arbeit nicht bestätigt. Die Regressionsanalyse von Behandlungsmilbenfall und der Brutmenge zu Versuchsende ist nicht signifikant ($p=0,62$).

Die Völker im Schatten und an der Sonne unterscheiden sich nicht in Bezug auf die relative Luftfeuchtigkeit. Die Korrelationsanalyse zeigt jedoch einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Anstieg der Varroapopulation und der Luftfeuchtigkeit. Demnach hat die Milbe in Völkern mit einer geringen Luftfeuchtigkeit schlechter reproduziert. Dies deckt sich mit den Untersuchungen in trockenen Gebieten oder in Jahren mit sehr wenig Niederschlag. In einem Versuch über 10 Jahre wurde in den 3 trockensten Jahren die tiefste Milbenbelastung in den Völkern gemessen (Harris, et al., 2003). In Versuchen, bei denen Brutwaben bei verschiedenen Temperaturen inkubiert wurden konnten Le Conte, et al., (1990) nachweisen, dass bei hoher Luftfeuchtigkeit von 70% die Reproduktion der Milben höher ist als bei 40% relativer Luftfeuchtigkeit. Ebenso zeigten Kraus & Velthuis- (1997), dass die Fertilität von *Varroa destructor* von 40% bis 70% ansteigt und ab 80% gegen null absinkt. Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 59-68% hatten 53% der Milben Nachkommen, während zwischen 79-85% nur noch 2% der Milben Nachkommen hatten. In der alten Literatur wird erstmals 1957 die Luftfeuchtigkeit im Bienenstock mit 40% angegeben (Wolgemuth, 1957). Die Luftfeuchtigkeit im Bienenvolk ist stark vom aktuellen Geschehen im Stock abhängig. Ist die Temperatur zu hoch, kühlen die Bienen mit

eingetragenen Wasser, welches durch Flügelbewegungen verdunstet wird. Wenn der Stock hingegen aufgeheizt werden muss, erfolgt dies durch Körperbewegung. Diese Wärmeerzeugung durch Energieverbrauch der Bienen verursacht einen Anstieg der Luftfeuchte. Da alle Versuchsvölker am gleichen Ort aufgestellt waren, können standortbedingte Faktoren wie zum Beispiel ein anderes Trachtangebot ausgeschlossen werden. Inwieweit eine hohe Luftfeuchtigkeit im Bienenvolk wirklich aktiv reguliert oder gar genetisch fixiert ist bleibt bisweilen offen. Es ist sicher sinnvoll den Anstieg der Varroapopulation und die Luftfeuchtigkeit in Bienenvölkern weiter zu untersuchen. Würde sich herausstellen, dass die Luftfeuchtigkeit beeinflusst werden kann und dies ein Toleranzfaktor ist, wäre dies für die imkerliche Praxis von Nutzen. Schon mit einer geringen zeitlichen Verschiebung der Überschreitung der Schadschwelle, könnte eine Verbesserung der Varroabekämpfung erreicht werden. Eine verlangsamte Entwicklung der Varroapopulation die länger unterhalb der Schadschwelle bleibt, bedarf erst einer späteren Behandlung der Milbe und wäre für die imkerliche Praxis von Vorteil.

4.1 Ausblick

Die enorme Variabilität in der Populationsentwicklung der Varroa Milbe stellt die grosse Herausforderung in der Forschung sowie im imkerlichen Alltag dar. Die Gründe für diese Entwicklungsunterschiede der Milbenpopulation sind bis anhin weitgehend unbekannt. Die Vorgänge im Volk, die in einzelnen Völkern zu einer tieferen Varroapopulation führen, könnten jedoch für die Zucht von Varroa toleranten Völkern genutzt werden. Dabei wird das Volk als „Black Box“ betrachtet. Durch das Weiterzüchten von Völkern mit tiefem Befall, egal auf welchen Faktoren er beruht, könnte auf längere Sicht eine Adaption zwischen *Apis mellifera* und *Varroa destructor* stattfinden, welche zu einem stabilen Wirt- Parasit Verhältnis führen könnte.

5 Literaturverzeichnis

- Amdam, G. V., Hartfelder, K., Norberg, K., Hagen, A., & Omholt, S. W. (2004). Altered Physiology in Worker Honey Bees infested with the Mite *Varroa destructor*: A factor in Colony Loss During Overwintering? *Journal of Economic Entomology* 97, S. 741-747.
- Anderson, D. (1994). Non-reproduction of *Varroa jacobsoni* in *Apis mellifera* colonies in Papa New Guinea and Indonesia. *Apidologie* 25, S. 412-421.
- Anderson, D., & Trueman, J. (2000). *Varroa jacobsoni* is more than on species. *Acarol*, S. 165-189.
- Boecking, O., & Genersch, E. (2008). Varroosis-the ongoing crisis in bee keeping. *Journal of Consumer Protection and Food Safety* 3, S. 221-228.
- Boecking, O., & Spivak, M. (1999). Behavioral defenses of honey bees against *Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie* 30, S. 141-158.
- Bogdanov, S., Charrière, J.-D., Imdorf, A., Kilchenmann, V., & Fluri, P. (2002). Determination of residues in honey after treatments with formic and oxalic acid under field conditions. *Apidologie* 33, S. 399-409.
- Bogdanov, S., Imdorf, A., & Kilchenmann, V. (1998). Residues in wax and honey after Apilife VAR treatment. *Apidologie* 33, S. 51-57.
- Bolli, H. K., Bogdanov, S., Imdorf, A., & Fluri, P. (1993). Zur Wirkungsweise von Ameisensäure bei *Varroa jacobsoni* Oud und der Honigbiene *Apis mellifera*. *Apidologie* 24, S. 51-57.
- Da la Rua, P., Jaffe, R., Dall'Olio, R., Munoz, I., & Serrano, J. (2009). Biodiversity, conservation and current threats to European honeybees. *Apidologie* 40, S. 263-284.
- De Miranda, J., Cordon, G., & Budge, G. (2010). The Acute bee paralysis virus–Kashmir bee virus–Israeli acute paralysis virus complex. *Journal of Invertebrate Pathology* 103, S. 30-47.
- Eskova, E., & Maslennikova, V. (2008). Factors Affecting the Sex Ratio in the Honeybee Mite *Varroa jacobsoni*. *Russian Journal of Ecology Vol 39 No 4*, S. 279-283.
- Fluri, P., Schenk, P., & Frick, R. (2004). *ALP Forum 8 Bienenhaltung der Schweiz*. 3003 Bern: Zentrum für Bienenforschung, Agroscope Liebefeld-Posieux.
- Fries, I., & Rosenkranz, P. (1996). Number of reproductive cycles of *Varroa jacobsoni* in honeybee (*Apis mellifera*) colonies. *Experimental & Applied Acarology* 20, S. 103-112.
- Fries, I., Hansen, H., Imdorf, A., & Rosenkranz, P. (2003). Swarming in honey bee (*Apis mellifera*) and *Varroa destructor* population development in Sweden. *Apidologie* 34, S. 389-398.
- García-Fernández, P., Rodríguez, B. R., & Orantes-Bermejo, J. (1995). Influence du climat sur le développement de la population de *Varroa jacobsoni* Oud dans des colonies d'*Apis mellifera iberica* (Goetze) dans le sud de l'Espagne. *Apidologie* 26, S. 371-380.

- Genersch, E., Von der Ohe, W., Kaatz, H., Schroeder, A., Otten, C., Böhler, R., et al. (2010). The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. *Apidologie* 41, S. 332-352.
- Greatti, M., Milani, N., & Nazzi, F. (1992). Reinfestation of an acaricide-treated apiary by *Varroa jacobsoni* Oud. *Experimental & Applied Acarology* 16, S. 279-286.
- Hallmann, J., Hallmann, A., & Von Tiedemann, A. (2009). *Phytophmedizin*. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag.
- Harris, J., Harbo, J., Villa, J., & Danka, R. (2003). Variable Population Growth of *Varroa destructor* in Colonies of Honey Bees During a 10-Year Period. *Environmental Entomology* 32 (6), S. 1305-1312.
- Imdorf, A., & Charrière, J.-D. (2003). Konzept zur alternativen Varroabekämpfung. *Schweizerisches Zentrum für Bienenforschung*, S. 1-6.
- Kralj, J., & Fuchs, S. (2006). Parasitic *Varroa destructor* mites influence flight duration and homing ability of infested *Apis mellifera* foragers. *Apidologie* 37, S. 577-587.
- Kraus, B., & Velthuis, W. H. (1997). High Humidity in the Honey Bee (*Apis mellifera*) Brood Nest Limits Reproduction of the Parasitic Mite *Varroa jacobsoni* Oud. *Naturwissenschaften* 84, S. 217-218.
- Le Conte, Y., Arnold, G., & Desenfant, P. (1990). Influence of Brood Temperature and Hygrometry Variations on the Development of the Honey Bee Ectoparasite *Varroa jacobsoni*. *Entomological Society of America*, S. 1780-1785.
- Lehnherr, B., & Duvoisin, N. (2003). *Der schweizerische Bienenvater Band 2*. Winikon: Fachschriftenverlag VDRB.
- Lehnherr, M., Heinz, A., & Thomas, H.-U. (2003). *Der schweizerische Bienenvater Band 1*. Winikon: Fachschriftenverlag VDRB.
- Locke, B. (2012). *Host-Parasite Adaptations and Interactions Between Honey Bees, Varroa Mites and Viruses*. Uppsala: Faculty Natural Resources and Agricultural Sciences Department of Ecology.
- Locke, B., Le Conte, Y., Crauser, D., & Fries, I. (2012). Host adaptations reduce the reproductive success of *Varroa destructor* in two distinct European honey bee populations. *Ecology and Evolution*, S. 1144-1150.
- Martin, S. (1994). Ontogenesis of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. in worker brood of the honeybee *Apis mellifera* L. under natural conditions. *Experimental & Applied Acarology* 18, S. 87-100.
- Martin, S. (1995). Ontogenesis of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. in drone brood of the honeybee *Apis mellifera* L. under natural conditions. *Experimental & Applied Acarology* 19, S. 199-210.

- Martin, S., Holland, K., & Murray, M. (1997). Non-reproduction in the honeybee mite *Varroa jacobsoni*. *Experimental & Applied Acarology* 21, S. 539-549.
- Milani, N. (1999). The resistance of *Varroa jacobsoni* Oud. to acaricides. *Apidologie* 26, S. 229-234.
- Mondragon, L., Spivak, M., & Vandame, R. (2005). A multifactorial study of the resistance of honeybees *Apis mellifera* to the mite *Varroa destructor* over one year in Mexico. *Apidologie* 36, S. 345-358.
- Oldroyd, B. P. (1999). Coevolution while you wait: *Varroa jacobsoni*, a new parasite of western honeybees. *Trends Ecological*, S. 312-315.
- Pflugfelder, J. (6 2013). Neue Wege im Kampf gegen die Varroamilbe. *Schweizerische Bienenzeitung*, S. 18-19.
- Pflugfelder, J. (2013). Coordinated treatment of *Varroa destructor* to reduce reinvasion. *Apidologie* Vol. 44, S. 8.
- Renz, M., & Rosenkranz, P. (2001). Infestation dynamics and reinvasion of *Varroa destructor* mites in honey bee colonies kept isolated and in groups. *Apidologie* 32, S. 492-494.
- Rinderer, T., Harrys, J., Hunt, G., & Guzman, L. (2010). Breeding for resistance to *Varroa destructor* in North America. *Apidologie* 41, S. 409-424.
- Rosenkranz, P. (1999). Honey bee (*Apis mellifera* L.) tolerance to *Varroa jacobsoni* Oud. in South America. *Apidologie* 30, S. 159-172.
- Rosenkranz, P., & Renz, M. (2003). *Varroa destructor* infestation of adult bees, worker brood and drone brood during the season and consequences for treatment concepts. *Apidologie* 34, S. 509-510.
- Ruttner, F., & Ritter, W. (1980). Das Eindringen von *Varroa jacobsoni* nach Europa im Rückblick. *Allgemeine Deutsche Imkerzeitung* 14, S. 130-134.
- Sieber, R., & Charrière, J.-D. (06 2013). Geringere Winterverluste 2012/2013. *Schweizerische Bienenzeitung*, S. 22-26.
- Spivak, M. (1996). Honey bee hygienic behavior and defense against *Varroa jacobsoni*. *Apidologie*, S. 245-260.
- Starks, P., Blackie, C., & Seeley, T. (2000). Fever in honeybee colonies. *Naturwissenschaften* 87, S. 229-231.
- vanEngelsdorp, D., & Meixner, M. D. (2010). A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of Invertebrate Pathology* 103, S. 80-95.
- Wilde, J., Fuchs, S., Bratkowski, J., & Siuda, M. (2005). Distribution of *Varroa destructor* between swarms and colonies. *Journal of Apicultural Research* 44, S. 190-194.
- Wolgemuth, R. (1957). Die Temperaturregulation des Bienenvolkes unter regetheoretischen Gesichtspunkten. *Zeitschrift für Vergleichende Physiologie* 40, S. 119-161.

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1 Situationsplan der beiden Versuchsgruppen. Quelle: Amt für Geoinformation | 9 |
| Abbildung 2 Bienenmagazine der beiden Versuchsgruppen. Die Magazine und Deckel an der Sonne wurden schwarz gestrichen. Zusätzlich wurde am Sonnenstandort eine schwarz gestrichene Rückwand aufgestellt. Die Magazine im Schatten bestehen aus naturbelassenem Holz. Zur besseren Orientierung der Bienen wurden farbige Markierungen angebracht. | 10 |
| Abbildung 3 Milbentotfall auf ölgetränkter Papierunterlage. Das darüber..... | 11 |
| Abbildung 4 Datenlogger i-Wire hydrochrome Oberseite (unten links), Unterseite..... | 12 |
| Abbildung 5 Anordnung der vier Messlogger zur Messung..... | 12 |
| Abbildung 6 Temperaturlogger mit Schutzhülle über der Bienenbrut..... | 13 |
| Abbildung 7 Temperaturverlauf in Bienenvölkern mit Kästen aus unterschiedlichen Materialien und Farben sowie Standorten. | 15 |
| Abbildung 8 Auswirkung des Öffnens der Bienenvölker über eine Stunde (Volk im Schatten: lila; Volk im weissen Kasten: rot) auf die Temperatur..... | 16 |
| Abbildung 9 Entwicklung der Arbeiterinnen- und Drohnenbrut sowie der Menge adulter Bienen zu Versuchsbeginn (Start) und zu Versuchsende (Ende) am Sonnen- und Schattenstandort. | 17 |
| Abbildung 10 Vergleich der Mittelwerte der Temperatur und Luftfeuchtigkeit in den Versuchsvölkern in der Sonne (Völker 1-9) und im Schatten (10-18)..... | 17 |
| Abbildung 11 Vergleich der Integrale von Temperatur und Luftfeuchtigkeit der Völker | 18 |
| Abbildung 12 Der Temperaturverlauf in den Völker an der Sonne (Volk 3 und 4) und im Schatten (Volk 10 und 11) während der heissesten Periode über 2 Tage. Aussentemperatur im Schatten (hellblau) in der Sonne (braun) sowie die Strahlungsintensität in W/m^2 (lila)..... | 19 |
| Abbildung 13 Korrelation von Behandlungs- (y-Achse)- und natürlichem Milbenfall (x-Achse)..... | 20 |
| Abbildung 14 Entwicklung des durchschnittlichen Milbenfalls in der Sonnen- und der Schattengruppe zum Beginn und Ende des Versuchs..... | 20 |
| Abbildung 15 Integrale der Temperatur- und Feuchtigkeitssumme und des Behandlungsmilbenfalls der Versuchsvölker in der Sonne (Volk 1-9) und im Schatten (10-18)..... | 21 |
| Abbildung 16 Regression der Luftfeuchtigkeit (Mittelwerte) und der Anzahl Varroamilben in den Völkern bei Versuchsende..... | 23 |

Anhang

Anhangverzeichnis

Anhang 1: Varroaüberwachung und Behandlungsmassnahmen

Anhang 2: Rohdaten

Anhang 3: Tabelle Winterverluste

Anhang 4. Aufgabenstellung

Anhang 5: Plagiatserklärung

Anhang 1

Überwachen des Befallsgrades von Varroamilben

Der Befall wird mit Hilfe von gittergeschützten Unterlagen erfasst, die während ein bis zwei Wochen unter dem gittergeschützten Kastenboden eingeschoben sind. Der durchschnittliche tägliche natürliche Milbenfall dient zur Beurteilung des Befallsgrades eines Volkes und der Dringlichkeit von Bekämpfungsmassnahmen. Es ist darauf zu achten, dass Ameisen keinen Zugang zu den Unterlagen haben, weil sie tote Milben wegtragen und so die Resultate beeinflussen können. Falls Ende Mai mehr als drei Milben pro Tag fallen, braucht es eine Langzeitbehandlung mit Ameisensäure sofort nach der Frühjahrsernte, ohne Honigaufsatz. Honig aus einer allfälligen 2. Tracht darf in diesem Falle wegen Rückständen nicht in Verkehr gebracht werden. Wenn mehr als 30 Milben pro Tag fallen, unabhängig vom Zeitpunkt, ist eine sofortige Behandlung notwendig, ohne Honigaufsatz. Dies sind Notbehandlungen, die das Überleben des Bienenvolkes sichern sollen, jedoch beeinträchtigen sie die Qualität der nächsten Ernte. Tatsächlich steigt der Gehalt an Ameisensäure in Honig direkt nach einer Behandlung drastisch an. Deshalb soll der Honigaufsatz vor einer Behandlung immer entfernt werden.

| Zeitpunkt | Anzahl Milben Pro Tag mehr als | Massnahme |
|-----------------------|-----------------------------------|---|
| Ende Mai | 3 | Eine Langzeitbehandlung mit Ameisensäure sofort nach der Frühjahrsernte durchführen |
| Ende Juli | 10 | Zwei Langzeitbehandlungen mit Ameisensäure sind notwendig |
| Anfangs September | 1 | Die zweite Langzeitbehandlung mit Ameisensäure ist angezeigt |
| Ganze Bienensaison | 30 | Die Schadenschwelle wird in Kürze überschritten. Eine sofortige Behandlung ist dringend notwendig |

Alternative Varroabekämpfung

Unter alternativer Varroabekämpfung wird der Einsatz von organischen Säuren sowie ätherischen Ölen verstanden. Als ätherisches Öl wird vor allem der Wirkstoff Thymol in verschiedenen Formulierungen eingesetzt. Der Einsatz erfolgt als Sommerbehandlung über einen längeren Zeitraum. Die Rückstandsproblematik ist vertretbar (Bogdanov, Imdor, & Kilchenmann, 1998).

Der Einsatz von organischen Säuren zur Bekämpfung der Milben hat sich in der Schweiz etabliert. Eingesetzt werden Ameisensäure zur Sommerbehandlung, welche nach der Honigernte stattfindet und Oxalsäure zur Winterbehandlung. Die Ameisensäure wird im Volk verdunstet und wirkt toxisch auf alle Stadien der Varroamilben, auch in verdeckelter Bienenbrut. Der Wirkungsmechanismus beruht auf einer tödlich wirkenden Übersäuerung des Körpers. Bei einem kleinen Organismus, mit grosser Cuticula und grosser Atmungsaktivität ist die Mortalität am grössten. Dies bedeutet, dass die Milben vor der Bienenbrut und vor adulten Bienen sterben (Bolli, et al., 1993). Die mögliche Resistenzbildung auf diesen Wirkungsmechanismus ist gering, da die toxische Wirkung im Gegensatz zu den chemisch synthetischen Behandlungsmitteln, mit ihren spezifischen Wirkstoffen, auf mehreren Faktoren beruht (Hallmann, et al., 2009, S. 356). Der Unterschied zur Behandlung mit Oxalsäure liegt darin, dass diese nur auf adulte Milbenstadien wirkt. Daher ist diese Behandlung nur in brutlosen Völkern möglich und wird zur Hauptsache in der Winterbehandlung eingesetzt. Die Oxalsäure kann im Volk verdunstet, auf Wabengassen geträufelt oder auf die besetzten Waben gesprüht werden. Die Rückstandsproblematik beim Einsatz von organischen Säuren ist gering (Bogdanov, et al., 2002). Das Hauptproblem beim Einsatz der organischen Säuren, speziell bei der Ameisensäure ist die korrekte Anwendung. Einerseits ist dies der Einsatzzeitpunkt, welcher möglichst rasch nach der letzten Honigernte erfolgen soll, andererseits die Wahl der Säuren, Konzentration und der Verdunstungsflächen, welche von der vorhergesagten Aussentemperatur abhängt. Diese Faktoren sowie das Fehlen eines

Behandlungskonzeptes über die ganze Bienensaison und das oft unprofessionelle Verhalten der Imker bei der Anwendung der Behandlungsmethoden führen zu einer grossen Streuung im Behandlungserfolg.

Ein grosses Problem stellt die Rückinvasion von *Varroa* in behandelte Völker dar. Dies kann durch Verflug oder durch Räuberei geschehen (Genersch, et al., 2010 und Greatti, et al., 1992). Die Gefahr von Verflug erhöht sich durch eine hohe Bienendichte in der Region, aber auch durch zu viele, oder zu dicht gestellte Bienenvölker an einem Standort (Renz & Rosenkranz, 2001). Eine für die Bienen erkennbare Kennzeichnung der Bienenkasten kann die Situation verbessern.

Ein koordinierter Einsatz der Varroabekämpfung in einer Region kann den Wirkungserfolg erhöhen, da die Rückinvasion aus anderen Völkern minimiert werden kann (Pflugfelder, 2013).

Varroaüberwachung und Behandlungsmassnahmen

nach (Lehnherr, et al., 2003, S. 109-112 und Imdorf & Charrière, 2003)

Ameisensäurebehandlung

Mit der Ameisensäure gibt es zwei Anwendungsformen, die Stoss- oder die Langzeitbehandlung. Je nach Behandlungsart erzielt man in der Stockluft eine hohe Konzentration an Ameisensäure für wenige Stunden oder eine tiefe Konzentration über mehrere Tage. Beide Methoden töten die Milbe ab. Doch die Ameisensäure allein zeigt in vielen Fällen nicht anhaltenden Erfolg. Zwei begleitende Massnahmen sind angezeigt: Eine Oxalsäure Behandlung im November wenn die Völker brutfrei sind, oder das regelmässige Ausschneiden der Drohnenbrut im Frühjahr.

Oxalsäurebehandlung im November oder Dezember

Oxalsäure tötet keine Milben in der vedeckelten Brut. Es ist daher wichtig mit der Behandlung zu warten, bis keine Brut mehr vorhanden ist. Ameisensäure ist im Winter ineffektiv, da die Temperaturen zu niedrig sind um eine Verdampfung der Säure zu erlauben. Der Varroabefall ist mit Hilfe einer Behandlung mit Oxalsäure auf unter 50 Milben pro Volk zu senken. Bei einer so geringen Startpopulation kann die kommende Saison bis im August (nach Honigernte) ohne chemische Bekämpfungsmassnahmen überstanden werden. Allerdings ist dies im Falle einer sogenannten Rückinvasion von Milben aus anderen Völkern nicht der Fall.

Für die Oxalsäurebehandlung sind gegenwärtig drei Verfahren zu empfehlen, die alle eine Wirksamkeit von über 95% aufweisen und deshalb eine Wiederholung normalerweise nicht nötig ist:

- Oxalsäure sprühen: Dazu wird eine Oxalsäurelösung aus 30 g Oxalsäuredihydrat und 1 Liter Wasser verwendet. Pro Wabenseite mit Bienen versprüht man 3 bis 4 ml Lösung mit einem

Handsprühgerät. Die Methode eignet sich vor allem für Bienenvölker in einzargigen Magazinbeuten

- Oxalsäure träufeln: In jede besetzte Wabengasse werden 5 ml einer Lösung von 35 g Oxalsäuredihydrat pro Liter Zuckerwasser 1:1 auf die Bienen geträufelt. Dies ergibt für ein schwächeres Volk 30 ml, für ein mittleres 40 ml und ein stärkeres 50 ml. Der Arbeitsaufwand dieser Methode ist sehr gering. Von einer Mehrfachbehandlung im gleichen Winter wird abgeraten, da Völker abschwächung vorkommen kann
- Oxalsäure verdampfen: Bei dieser Anwendung werden mit Hilfe eines Elektro- oder Gasverdampfungsgerätes in brutfreien Völkern im Schweizerkasten sowie in Beuten mit einer Zarge 1 g und im Dadantkasten und Beuten mit zwei Zargen 2 g Oxalsäuredihydrat-Kristalle verdampft. Je nach Gerät kann die Dosierung etwas variieren und richtet sich nach den Angaben des Herstellers. Während der dreiminütigen Verdampfungsphase und den folgenden 10 Minuten werden die Fluglöcher mit Schaumstoff abgedichtet.

Anhang 2

Rohdaten der Versuche:

| Volk-Nr. | Integraltemp | Integralfeucht | Milben/Blene | Milben Behandlung | Milben natürl. | Milben total | Milben nat/Tag | Milben/Tag gre | Milben/Tag post | MilbenPost minus Pre | FaktorAnstiegPre/Post | workerhood start | drohnehood start | adults start | workerhood end | drohnehood end | adults end | Temperatur MW | Feuchtigkeit MW | Mittelwert über Bruttemperatur |
|-----------|--------------|----------------|--------------|-------------------|----------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|----------------------|-----------------------|------------------|------------------|--------------|----------------|----------------|------------|---------------|-----------------|--------------------------------|
| Volk 1 1 | 1.542921654 | 2.457083572 | 0.300373377 | 1617 | 685 | 2302 | 8.896103896 | 2 | 21.92307692 | 19.92307692 | 10.96153846 | 4136.692127 | 411.5486376 | 6502.6 | 1460.055186 | 0 | 5383.3 | 33.29500282 | 53.19419384 | -1.481437548 |
| Volk 2 1 | 1.629166239 | 2.672109246 | 0.262892967 | 1149 | 289 | 1438 | 3.75246753 | 0.5 | 2.384615385 | 1.884615385 | 4.769230769 | 3876.723335 | 874.933554 | 13325 | 1785.995424 | 0 | 4370.6 | 33.01856245 | 52.58160873 | 0.364461104 |
| Volk 3 1 | 1.636458408 | 1.553941216 | 0.377760139 | 2094 | 784 | 2878 | 10.18181818 | 0.375 | 17.46153846 | 17.0653846 | 46.56410256 | 4934.656661 | 1347.743248 | 17375.8 | 1439.634834 | 0 | 5543.2 | 35.02073549 | 64.32074711 | 0.520735494 |
| Volk 4 1 | 1.62884234 | 2.604542552 | 0.497853803 | 1486 | 483 | 1969 | 6.277777773 | 0.25 | 11.69230769 | 11.44230769 | 46.76923077 | 3114.103718 | 801.1061267 | 16949.4 | 1609.280887 | 0 | 2984.8 | 34.85740546 | 55.7376113 | 0.357405456 |
| Volk 5 1 | 1.627486826 | 2.562756662 | 0.276309057 | 972 | 408 | 1380 | 5.298701299 | 0.25 | 9.230769231 | 8.980769231 | 36.92307692 | 402.1238597 | 0 | 11086.4 | 1724.734367 | 0 | 3517.8 | 34.82776561 | 54.8437172 | 0.327763607 |
| Volk 6 1 | 1.629465182 | 2.6464886 | 0.426763206 | 1615 | 412 | 2027 | 5.350649351 | 0.375 | 5.923076923 | 5.548076923 | 15.7948779 | 4094.280626 | 814.4578954 | 9594 | 1823.694535 | 0 | 3784.3 | 34.87100282 | 56.63612426 | 0.371002824 |
| Volk 7 1 | 1.614529522 | 2.415943323 | 0.102025445 | 745 | 344 | 1089 | 4.467532468 | 0.5 | 10.69230769 | 10.19230769 | 21.38461538 | 3468.31829 | 0 | 7888.4 | 2237.599368 | 0 | 7302.1 | 34.55130623 | 51.70312362 | 0.051306226 |
| Volk 8 1 | 1.641801834 | 2.417298762 | 0.133249339 | 973 | 181 | 1154 | 2.350649351 | 0.375 | 0.846153846 | 0.471153846 | 2.256410256 | 3258.61698 | 186.1393647 | 17695.6 | 1883.384796 | 23.5619449 | 7302.1 | 35.13524994 | 51.7309068 | 0.635249936 |
| Volk 9 1 | 1.633324188 | 2.132130229 | 0.21575985 | 874 | 138 | 1012 | 1.792207792 | 0.125 | 3.153846154 | 3.028846154 | 25.23076923 | 3078.760801 | 12.56657061 | 13538.2 | 1477.333945 | 0 | 4050.8 | 34.95372105 | 45.62816611 | 0.453721053 |
| Volk 10 2 | 1.631009122 | 2.681311994 | 0.184286777 | 1660 | 481 | 2141 | 6.246753247 | 0.625 | 12.61538462 | 11.99038462 | 20.18461538 | 5716.913231 | 572.5552611 | 16629.6 | 2590.243143 | 0 | 9007.7 | 34.90406104 | 57.38044865 | 0.40406104 |
| Volk 11 2 | 1.575954244 | 2.372051076 | 0.076648515 | 335 | 99 | 434 | 1.285714286 | 0.5 | 1.769230769 | 1.269230769 | 3.538461538 | 6030.287099 | 202.637762 | 11779.3 | 2667.997551 | 0 | 4370.6 | 33.7258233 | 50.76219634 | -0.74176701 |
| Volk 12 2 | 1.634458737 | 2.469797667 | 0.065302442 | 449 | 340 | 789 | 4.41584416 | 0.25 | 8.307692308 | 8.057692308 | 33.23076923 | 1328.893692 | 0 | 18655 | 2111.935651 | 0 | 6875.7 | 34.97789737 | 52.8398935 | 0.477897368 |
| Volk 13 2 | 1.618615938 | 2.680686922 | 0.310120296 | 1967 | 1462 | 3429 | 18.98701299 | 0.625 | 41.38461538 | 40.75961538 | 66.21538462 | 5153.782748 | 786.9689597 | 16096.6 | 2354.623694 | 0 | 6342.7 | 34.63969666 | 57.3671344 | 0.139696662 |
| Volk 16 2 | 1.62592513 | 2.775674488 | 0.169386527 | 957 | 326 | 1283 | 4.233766234 | 0.875 | 7.076923077 | 6.201923077 | 8.087912088 | 3848.451001 | 213.6283004 | 12259 | 1415.28749 | 0 | 5649.8 | 34.79513967 | 59.40003036 | 0.295139666 |
| Volk 17 2 | 1.61533144 | 2.692042461 | 0.812286525 | 3377 | 1594 | 4971 | 20.7012987 | 1 | 36.84615385 | 35.84615385 | 36.84615385 | 1422.356074 | 0 | 13858 | 3151.017432 | 0 | 4157.4 | 34.56852214 | 57.60963498 | 0.068522144 |
| Volk 18 2 | 1.655815705 | 2.710495785 | 0.482921689 | 1879 | 790 | 2669 | 10.25974026 | 0.375 | 50.30769231 | 49.93269231 | 134.1538462 | 5669.003943 | 315.730617 | 10873.2 | 2356.19449 | 0 | 3890.9 | 35.43508999 | 58.00564198 | 0.335089987 |

Anhang 3

Einflussfaktoren auf die Winterverluste. Ergebnisse aus Deutschen Bienenmonitoring (Genersch, et al., 2010)

| Faktoren | Einfluss |
|-----------------------------------|----------|
| Beutetyp | - |
| Startbedingungen | - |
| Alter der Königin | + |
| Volksstärke im Oktober | +++ |
| <i>Varroa destructor</i> | +++ |
| <i>Nosema spec</i> | - |
| DWV Flügel Deformations Virus | +++ |
| ABPV Akutes Bienen Paralyse Virus | + |
| KBV Kaschmir Bienen Virus | - |
| SBV Sackbrutvirus | - |
| IAPV Israel Akut Paralyse Virus | - |
| 258 Pestizide und Metaboliten | - |