



## Bücherskorpione als Varroabekämpfer

Endbericht zum Forschungsprojekt der  
Integrierten Gesamtschule List und der Schülerfirma Imkerei e.G.

Autor/innen: Hans-Jürgen Ratsch, Petra Hoppe (IGS Hannover-List)

Johannes Leng, Laurin Mathes (Schülerfirma Imkerei)

Jens Clausen (Borderstep Institut)

Zeitraum: 15. März 2016 – 14. März 2018  
gefördert durch die Robert Bosch Stiftung  
Hannover, 12. April 2018



**Projektleitung:** Hans-Jürgen Ratsch, Dr. Petra Hoppe, IGS Hannover-List

**Projektdurchführung:** Schülerfirma Imkerei e.G. und Imkerei AG der Integrierten Gesamtschule List

Forscherklasse 9f (2018) der Integrierten Gesamtschule List: Hedi Belkhiret, Milo Boerma, Charlotte Brusberg, Alessa Dittmar, Leopold Ehrlich, Marco Erkli, Justin Feifs, Luisa Fenner, Hannah Henze, Aryan Hickmann, Julius Jung, Sevasti Karafotias, Anes Kasumovic, Mikal Kobbani, Luca Maaser, Charlot Metge, Uael Musa, Dominik Prueß, Amelie Ristau, Jasimo Schepp, Greta Scholz, Jami Schreyer, Simon Schröter, Hugo Sohmer, Lena Stehr, Linda Tüxen, Marlon Wicht

Tischlermeister Johann Mayer, Elektrikermeister Kurt Kritten

FÖJ: Franziska Sprengel, Kristina Bittroff, Lena Stockman, Jasmin Petrovac

**Kooperationspartner:** Prof. Dr. Bernhard Huchzermeyer,  
Institut für Botanik, Leibniz Universität Hannover

Dr. Werner von der Ohe, Dr. Otto Boecking,  
Institut für Bienenkunde, Celle

Arbeitskreis Biotechnologie im Bezirksverein Hannover,  
VDI, Verein Deutscher Ingenieure

Dr. Torben Schiffer, Otto-Hahn-Schule Hamburg

**Berichtserstellung:** Dr. Jens Clausen, Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH, Berlin und Hannover

**Bildnachweis:** Titel und Seiten 11, 12, 23, 33: Ratsch, Seite 15: Clausen, Seite 16: Mathes

**Kontakt:**

Hans-Jürgen Ratsch

Integrierte Gesamtschule List

Röntgenstraße 6, 30163 Hannover

h.-j.ratsch@online.de

Hannover, 12. April 2018

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung und Zielsetzung .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Stand der Wissenschaft .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Unterbringung von Bücherskorpionen in Bienenstöcken.....</b>	<b>9</b>
3.1	Vorgehensweise .....	9
3.2	Herrichtung der Beuten für Bienen und Bücherskorpione.....	9
3.3	Sammlung und Haltung von Bücherskorpionen .....	13
3.4	Temperatur und Feuchtigkeit in den Beuten .....	16
3.4.1	Der Feuchte- und Temperaturlogger .....	18
3.4.2	Ergebnisse der Feuchte- und Temperaturmessungen .....	18
3.4.3	Diskussion.....	21
<b>4</b>	<b>Bücherskorpione als Varroabekämpfer.....</b>	<b>22</b>
4.1	Vorgehensweise .....	22
4.2	Organisation der Datenerhebung und -dokumentation .....	22
4.3	Bücherskorpione als Beitrag zur Bekämpfung der Varroamilbe.....	24
4.4	Fazit und Ausblick „Bücherskorpione als Varroabekämpfer“ .....	29
<b>5</b>	<b>Forschung mit Schülerinnen und Schülern .....</b>	<b>31</b>
5.1	Pädagogischer Ansatz .....	31
5.2	Projektkommunikation intern und extern .....	32
5.3	Erfahrungen der Forschung mit Schülerinnen und Schülern.....	33
5.3.1	Erfahrungsbericht Hans-Jürgen Ratsch, Fachbereichsleiter Naturwissenschaften der IGS List...	34
5.3.2	Erfahrungsbericht von Johannes Leng, Angestellter des Projekts .....	36
5.3.3	Erfahrungsbericht von SchülerInnen der Forscherklasse .....	37
5.3.4	Erfahrungsbericht von Prof. Bernd Huchzermeyer, Leibniz-Universität Hannover.....	38
5.4	Fazit und Ausblick zur Forschung mit Schülerinnen und Schülern.....	42
<b>6</b>	<b>Quellen .....</b>	<b>42</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bücherskorpion Chelifer cancroides .....	7
Abbildung 2: Modifizierungen des Brutraums.....	10
Abbildung 3: Modifizierter Holzbrutraum .....	11
Abbildung 4: Modifizierungen von Deckel, Boden und Schublade .....	12
Abbildung 5: Völkertriolett; Standort Helmeweg 4, Langenhagen .....	12
Abbildung 6: Zucht der Bücherskorpione im Terrarium.....	15
Abbildung 7: Versuchsaufbau.....	17
Abbildung 8: Temperaturmessung 4. - 11.11.2016.....	18
Abbildung 9: Feuchtigkeitsmessung 4. - 11.11.2016.....	19
Abbildung 10: Temperaturmessung 11.11. - 2.12.2016.....	20
Abbildung 11: Feuchtigkeitsmessung 11.11. - 2.12.2016.....	21
Abbildung 12: Probenauszählung Varroamilben, Bücherskorpion und Varroamilbe.....	23
Abbildung 13: Durchschnittswerte und Standardabweichung der in den Kalenderwochen 22 bis 52 pro Volk gezählten, gefallenen Varroamilben nach Beutetypen.....	26
Abbildung 14: Durchschnittswerte und Standardabweichung der in den Kalenderwochen 32 bis 41 pro Volk gezählten, gefallenen Varroamilben nach Beutetypen.....	27
Abbildung 15: Durchschnittswerte der gefallenen Varroamilben in je 8 Holzbeuten mit und ohne Bücherskorpione in je zwei Wochen vor und fünf Wochen nach dem Einbringen der Bücherskorpione .....	28
Abbildung 16: Natürlicher Milbenfall pro Tag und pro Jahr und Behandlungsschwellen .....	29
Abbildung 17: Auszeichnung durch Kultusministerin Heiligenstädt in Hildesheim.....	33
Abbildung 18: Auswertung der Forscherklasse: Mittelwerte der Milbenzahlen von KW 1 bis KW 47 in 2017 ....	34

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Standorte der 13 Versuchsstationen.....	13
Tabelle 2: Gefallene Varroamilben Woche 22 bis Woche 52 des Jahres 2017 .....	25
Tabelle 3: Zuordnung der Versuchsbeuten anhand des jährlichen Milbenfalls zu den Klassen der Ausprägung des Milbenbefalls von Oliver 2018 .....	30

# 1 Einleitung und Zielsetzung

Die Projektidee, die Eignung von Bücherskorpionen als Varroabekämpfer zu untersuchen, entstand an der Integrierten Gesamtschule List (IGS List) in Hannover. Projektunterricht mit festgelegten Themen aus den Fachbereichen Naturwissenschaft und Gesellschaftslehre ist eine Besonderheit der IGS List. Er bietet den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, selbstständig und selbstbestimmt zu arbeiten. Innerhalb des jeweiligen Projekts können besondere Fähigkeiten einzelner Schülerinnen und Schüler zum Tragen kommen und noch weiter gefördert werden. Zudem bietet der Projektunterricht aufgrund des hohen Zeitanteils an individuellem Lernen optimale Möglichkeiten, Schülerinnen und Schüler in den Bereichen zu fördern, in denen sie eine Förderung benötigen.

Zu den Aktivitäten der IGS List gehört auch die Schülerfirma Imkerei e.G., die seit dem Jahr 2005 besteht und vom Biologielehrer Hans-Jürgen Ratsch geleitet wird. Es entstand die Idee, den Verlust an Bienenvölkern durch Milbenbefall, der sich in unserer Schülerfirma Imkerei in 2012 ergeben hat, beispielhaft zu nutzen, um mit den Schülerinnen und Schülern der IGS-List

- neue Erkenntnisse zur Varroabekämpfung durch Bücherskorpione zu gewinnen,
- Erfahrungen im wissenschaftlichen Arbeiten zu sammeln,
- die ökologische und soziale Tragweite des Themas der Schulgemeinschaft und Gästen zu verdeutlichen sowie
- das Thema in verschiedenen Jahrgängen in mehreren Fächern zu thematisieren.

Die Motivation für das Bücherskorpion-Projekt kam vor allem durch die gemeinsame Mitgliedschaft in der Schülerfirma Imkerei der IGS-List zustande. Hier lernen Schülerinnen und Schüler das Imkern und haben somit hautnah mit Bienen zu tun. Durch einen großen Verlust an Bienenvölkern 2012 war auch die Schülerfirma gezwungen, nach Methoden der Varroabekämpfung zu suchen. Wir setzten die Chemikalien Ameisen- und Oxalsäure ein, da aber diese Chemikalien auch den Bienen Schaden zufügen können, wollten wir uns über kurz oder lang andere Wege suchen, um das Problem zu beheben. Über ein Mitglied unserer Firma kam ein Kontakt zur Otto Hahn Schule in Hamburg zu Stande, an der Torben Schiffer zu Bücherskorpionen forscht. Das Ziel seines Projektes ist ein effektives Einsetzen dieser Bücherskorpione als natürliche Fressfeinde der Varroamilbe, damit die Bienen nicht mehr länger mit Chemikalien behandelt werden müssen.

Im Zentrum des Projektes standen die Forschungsarbeiten rund um Bienen, Varroamilben und Bücherskorpione mit dem Ziel, einen Beitrag zum erfolgreichen Einsatz von Bücherskorpionen als Varroabekämpfer zu leisten. Zusätzlich war geplant, Anschauungsmaterial zu erstellen, z.B. eine Videoinstallation (Gläsernes Bienenvolk) und eine Dauer-Ausstellung (Poster, Vitrine) in der Pausenhalle der Schule. Weiterhin war geplant, zum Ideenaustausch Kontakte zu anderen Schulen aufzunehmen; den Anfang sollte die Otto-Hahn-Schule in Hamburg bilden, an der eine ähnliche Schüler-AG besteht. Schulkontakte und „Tage der offenen Tür“ bieten Schülern zudem ein Forum, die Präsentation von Ideen und Ergebnissen zu üben. Diese Tage sollen daher fachübergreifend vorbereitet werden.

Der vorliegende Projektbericht ist ein Ergebnis der gemeinschaftlichen Arbeit. Er dokumentiert

- die Arbeiten der IGS-List und ihrer Schülerinnen und Schüler und Lehrerinnen und Lehrer,
- die Arbeiten, die die Schülerfirma Imkerei e.G. unter intensiver Unterstützung ihres Projektmitarbeiters Johannes Leng durchgeführt hat und

- er baut auf der für den niedersächsischen Wettbewerb „Jugend Forscht“ erstellten Arbeit von Laurin Mathes und Adriaan Wiegand auf, die den Stand der Wissenschaft (Kapitel 2) dokumentiert haben und die Temperatur- und Feuchtemessungen in den Bienenstöcken durchführten (Kapitel 3.4).

Kapitel 3 schildert das Vorgehen und die Bearbeitung der Fragestellung, Bücherskorpione zu sammeln und erfolgreich in Beuten gemeinsam mit dem Bienenvolk unterzubringen.

Kapitel 4 beschreibt die Datenerhebung zum Varroabefall und dokumentiert die Auswertung der Daten.

Kapitel 5 reflektiert die Erfahrungen, die in der Forschung mit einem transdisziplinären Team und in Zusammenarbeit mit einer großen Schülergruppe gewonnen wurden.

## 2 Stand der Wissenschaft

Die Varroamilbe (*Varroa destructor*) trat erstmals in den 1970er Jahren in Europa in Erscheinung. Zur Bekämpfung von Varroamilben wurden verschiedene Verfahren entwickelt, es traten dabei aber rasch Probleme auf:

- Schiffer (2013a) befürchtet, dass die kontinuierliche Anwendung organischer Säuren nach dem Prinzip „Survival oft the fittest“ dazu führt, dass die widerstandsfähigsten Milben überleben.
- Von Resistenzen gegen Ektoparasitizide berichtet Le Conte (2008), der auch das Problem von Pestizidrückständen in Wachs und anderen Bienenprodukten erwähnt.
- Versuche, Varroamilben mit bestimmten Pilzpräparaten zu bekämpfen, wie sie auch zur Bekämpfung von Insekten eingesetzt werden, waren zwar unter Laborbedingungen erfolgreich, erwiesen sich aber bei Einsatz in Bienenstöcken als weitgehend wirkungslos (Gerritsen und Conrellissen 2006).

Die Koreanische Biene (*Apis cerana*) ist seit langer Zeit von *Varroa destructor* befallen, wird aber kaum geschädigt. Ein Hauptmerkmal der Resistenz ist der Mangel an Milbenvermehrung bei der Arbeiterbrut von *Apis cerana* (Lin et al. 2018). Die erfolgreiche Vermehrung der Milben wird hier durch eine abnormale Wirtsentwicklung verhindert. Erwachsene *Apis cerana* Arbeiterinnen erkannten diesen Zustand und entfernten Wirte und Parasiten, was die Fitness des Parasiten stark beeinträchtigte (Lin et al. 2018).

Allsopp (2006) berichtet davon, dass die Südafrikanische Kappbiene (*Apis mellifera capensis*) innerhalb weniger Jahre nach dem ersten Auftreten von Varroamilben in Südafrika in 1998 ein Verhalten entwickelte, mit dem die Völker Varroabefall ohne Schaden überleben. Dabei hilft ihnen die vergleichsweise kurze Zeit, die die Verpuppung der Kappbiene dauert. In dieser kurzen Zeit werden nicht alle der sich gleichzeitig in den Zellen entwickelnden Varroamilben fortpflanzungsfähig. Zusätzlich von Bedeutung ist jedoch, dass die Kappbienen ein Verhalten entwickelt haben, gezielt fortpflanzungsfähige Varroamilben aus den Brutzellen zu entfernen. In einigen Fällen entfernen Bienen Varroamilben auch direkt durch sogenanntes „grooming“, sie beißen dabei den Milben die Beine ab, so dass diese aus dem Stock herausfallen. LeConte et al. (2011) berichten von Bemühungen, die dieses Verhalten steuernden Gene zu identifizieren und Bienen so gentechnisch gegen Varroamilben widerstandsfähig zu machen. Der Schülerfirma Imkerei liegt jedoch daran, mit den heimischen Bienenrassen der *Apis mellifera* und unter Erhaltung der biologischen Vielfalt eine Lösung gegen Varroa zu finden.

Der von Torben Schiffer in Hamburg verfolgte Ansatz, durch symbiotisches Zusammenleben von Bücherskorpionen und Bienen die Varroamilben zu kontrollieren (Schiffer 2013a), schien uns daher aussichtsreich. Meikle et al. (2012) erwähnen den Bücherskorpion, geben aber zu bedenken, dass hierzu

noch keine Feldforschung vorläge. Donovan und Paul (2005) weisen darauf hin, dass Bücherskorpione früher vermutlich häufig in Bienenstöcken lebten. Erst durch die Einführung von Beuten aus gesägtem und daher glattem Holz oder später Styroporbeuten verschwand für die Bücherskorpione jeglicher Raum im Bienenstock, in den sie sich hätten zurückziehen oder nisten können. Solange Bienen in Strohkörben oder Beuten aus grobem Holz untergebracht wurden, war dies noch möglich gewesen. Die Art der Beuten, die eingesetzt werden, ist daher für die Möglichkeit mit Bücherskorpionen zu arbeiten, entscheidend.

**Abbildung 1: Bücherskorpion *Chelifer cancroides***



Quelle: van Toor 2016a

Gelingt es, Bücherskorpione in Bienenstöcken zu halten, so gehen diese auf Jagd nach Varroamilben und anderer Beute, die sie anstechen, vergiften und aussaugen (Schiffer 2013a). Jeder Bücherskorpion kann dabei 1 bis 9 Varroamilben pro Tag verzehren (Fagan et al. 2011, Read et al. 2013). Dass Bücherskorpione (*Chelifer cancroides*) in Bienenstöcken tatsächlich Varroamilben verzehren, haben van Toor et al. (2016b) durch DNA-Analyse nachgewiesen. Das Hauptziel der Arbeit besteht daher darin, die Wirkung des Einsatzes von Bücherskorpionen als Varroabekämpfer zu erforschen.

Es ist aber darüber hinaus von Bedeutung, den Bücherskorpionen geeignete Plätze für den Rückzug und zur Vermehrung anzubieten. Bücherskorpione bevorzugen dafür trockene Umgebungen. Hierzu hat Schiffer (2013a) Rähmchen zu Behausungen für Bücherskorpione umgebaut. Diese Rahmen sind mit grobem Holz gefüllt, in dessen Ritzen die Bücherskorpione wohnen. Schiffer (2013b) hat den Effekt der Ansiedlung von Bücherskorpionen in Bienenstöcken mehrfach untersucht.

- Erster Überwinterungsversuch in umgebauten Styroporbeuten mit Lebensraum für Bücherskorpione 2008 bis 2009 mit 50 Bücherskorpionen: Im Frühjahr hoher Milbenbefall, keine überlebenden Bücherskorpione. Als Grund wurde das zu feuchte Klima in den Styroporbeuten vermutet. Explorative Messungen weisen für Holzbeuten eine um etwa 20% niedrigere Luftfeuchte aus (Schiffer 2013b).
- Zweiter Überwinterungsversuch in selbstgebauten Holzbeuten mit Lebensraum für Bücherskorpione 2009 bis 2010 mit je 50 Bücherskorpionen: Im Frühjahr hoher Milbenbefall, in

allen drei Beuten haben die BÜcherskorpione überlebt und haben auch Nester angelegt. Im August 2010 war die Zahl der adulten BÜcherskorpione zzgl. der Nymphen in zwei Beuten höher als 50. Auch im August war aber noch kein wesentlicher Einfluss der BÜcherskorpione auf die Milbenzahl zu erkennen.

- Dritter Überwinterungsversuch in mit „Klimazargen“ umgebauten Styroporbeuten 2010 bis 2011: Über den Winter abnehmende Zahl von BÜcherskorpionen, die aber nun auch in Styroporbeuten überlebt haben.
- Vierter Versuch im Symbiose-Schaukasten in der Schule: in einer kleinen Beute mit nur 12 Rähmchen wurden BÜcherskorpione mit angesiedelt. Milbenfall im August weniger als 1 pro Tag. Die BÜcherskorpione haben Nistplätze angelegt (alle Ergebnisse Schiffer 2013b).

Auch in einem im Sommer 2013 im Feldtest befindlichen Bienenstock wurden die angelegten Wohn- und Bruträume von den BÜcherskorpionen angenommen. Das Volk wurde im Frühjahr 2013 mit 150 BÜcherskorpionen versehen und blieb gegen *Varroa* unbehandelt. Die Milbenfallraten sind im Sommer 2013 sehr klein und beide Völker (Schaukasten und Feldtest) sind optisch milbenfrei (Schiffer 2013 b).

Schiffer (2013b) misst in einer Zeitreihe über 18 Tage bei Außentemperaturen zwischen 0°C und 10°C sowohl in der Styropor- wie in der Holzbeute gegen Ende Oktober Innentemperaturen zwischen 10°C und 20°C. Bei einer meist zwischen 80% und knapp 100% schwankenden Außenfeuchte misst Schiffer in der Styroporbeute Feuchtwerte, die weniger stark schwanken als Außen und meist zwischen 80% und 90% relativer Feuchte liegen. In der Holzbeute liegt die Feuchte zunächst zwischen 50% und 60%. In den Tagen vom 25.10. bis 27.10. steigen die Außentemperaturen leicht an. Dies wirkt sich verstärkt auf die Innentemperaturen beider Beuten aus. Zeitparallel sinkt die Feuchte in den Beuten drastisch ab, wobei die Styroporbeute für einen kurzen Zeitabschnitt sogar relativ trockener ist als die Holzbeute.

Mit Rahmen mit Holzstäben als Behausung für BÜcherskorpione arbeitet auch van Toor (2016a), der in der Arbeitsgruppe von Donovan (Donovan 2009) am Plant Research Institute in Neuseeland seit einigen Jahren ebenfalls die Symbiose von BÜcherskorpionen und Bienen erforscht. Erste Versuche mit neuseeländischen BÜcherskorpionen *Nesochernes gracilis* ergaben, dass diese BÜcherskorpione zwar unter Laborbedingungen Varroamilben fraßen und sich auch vermehren ließen, aber in Bienenstöcken von den Bienen rasch vertrieben wurden. Auch in neuen Versuchen mit *Chelifer cancroides* konnte van Toor noch keine Reduktion der Varroazahlen erzielen (van Toor 2016a). Seine Ergebnisse weisen jedoch darauf hin, dass ein genaueres Verständnis des Jagdverhaltens und der Futterpräferenzen der BÜcherskorpione wichtig sei und auch die Wahl der richtigen Beute sowie die richtige Gestaltung der Behausung der BÜcherskorpione für den Erfolg der Symbiose zur Kontrolle von *Varroa* kritisch zu sein scheinen.

Auch die klimatischen Bedingungen in den Bienenstöcken könnten von Bedeutung sein. Mondragon et al. (2006) sehen einen Zusammenhang zwischen der Mortalität des *Varroa*-Nachwuchses und sowohl hohen Temperaturen als auch niedriger Luftfeuchte als wahrscheinlich an. Das Temperaturoptimum für die Entwicklung der Varroamilbe gibt Schweizer (2015) mit einem Temperaturbereich zwischen 32,5 und 33,4 °C an. Über 36,5 °C sei die Reproduktion stark reduziert. Rosenkranz et al. (2010) berichten von durch *Varroa* bevorzugten Temperaturen von 26 bis 33°C, deutlich niedriger als die normale Temperatur im Brutbereich von Bienenstöcken von 34.5 bis 35°C. Vidal-Naquet (2015) vermutet die optimale Vermehrungstemperatur für *Varroa* zwischen 36 und 38°C und die optimale Luftfeuchte bei 70%, bei einer Luftfeuchte von über 80% sei die Vermehrung von *Varroa* unmöglich. Die Reproduktionsrate der Varroamilbe steigt nach Schweizer (2015) bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 40 bis 70 % an und sinkt danach rasch. Auch er gibt an, dass bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von über 80% praktisch keine Reproduktion mehr stattfindet.

Wenn also das Klima, Temperatur und Luftfeuchte für Bienen wie auch für Varroa von Bedeutung ist, stellt sich die Frage, welche Zusammenhänge zwischen der Gestaltung und dem Material der Beute und der Entwicklung der Schädlinge bestehen könnte. Tautz und Heidinger (2014) weisen in diesem Zusammenhang auf die große feuchtigkeitsregulierende Wirkung von Totholz hin, welches Bienen natürlicherweise in ihrer Behausung vorfinden würden. Die Ergebnisse von Schiffer (2013b) lassen auf deutliche Vorteile von Holzbeuten schließen.

Auf dem Weg zu einem erfolgreichen Einsatz von Bückerskorpionen zur Varroakontrolle hat die vorliegende Arbeit daher auch das Ziel, Unterschiede der klimatischen Bedingungen (Temperatur und Humidität) in verschiedenen Typen von Beuten zu untersuchen und damit ihre grundsätzliche Eignung für die Haltung von Bückerskorpionen, aber auch mit Blick auf mögliche Auswirkungen auf Bienen und Varroamilben, zu beurteilen.

## 3 Unterbringung von Bückerskorpionen in Bienenstöcken

### 3.1 Vorgehensweise

Das vorgestellte Projekt erstreckte sich über einen Zeitraum von zwei Jahren von März 2016 bis März 2018. Der Schwerpunkt der Arbeiten im ersten Jahr lag auf der Optimierung der Versuchsbedingungen:

- Die handelsüblichen Holzbeuten mussten besser gegen Regen geschützt werden.
- Der Einbau von Rückzugsbereichen für Bückerskorpione war erforderlich.
- Es war zu klären, ob Temperaturen und Feuchtigkeitswerte für die Bückerskorpione in Beuten aus Styropor oder aus Holz günstiger wären.
- Eine ausreichende Zahl an Bückerskorpionen musste beschafft werden.

Da die Tiere entgegen ursprünglicher Information nicht in der erforderlichen Zahl gekauft werden konnten, mussten sie im Gebälk von alten Scheunen etc. gesammelt werden. Schülern konnte diese Aufgabe aus Sicherheitsgründen nicht übertragen werden. Diese Aufgabe wurde von Johannes Leng übernommen, dessen Tätigkeit aus Mitteln des Projektes finanziert wurde.

Weiter mussten die Beuten im Hinblick auf den Einsatz der Bückerskorpione umgebaut werden. Die Umbauten der Holzbeuten wurden vom Tischlermeister Johann Meyer zusammen mit dem Elektrikermeister Kurt Kritten geplant und durchgeführt. Beide Handwerksmeister arbeiten seit Jahren in der Schülerfirma Imkerei mit.

Neben den baulichen Veränderungen der Beuten waren im ersten Jahr Messungen von Temperatur und Feuchtigkeit in unterschiedlichen Beuten geplant. Zur Etablierung des Messverfahrens half ein Doktorand der Leibniz Universität, Gökhan Akyazi, bei der Integration von Daten-Loggern in den Beuten.

### 3.2 Herrichtung der Beuten für Bienen und Bückerskorpione

Unser Ziel bei der Gestaltung der Beuten für das Projekt war, einerseits einen für das gemeinsame Leben von Bienen und Bückerskorpionen möglichst gut geeigneten Brutraum zu schaffen, den Honigraum aber nicht zu verändern. Damit sollte erreicht werden, dass im Falle des Erfolges des Projektes Imker, die mit Bückerskorpionen arbeiten wollen, nur einen Teil des Materials neu beschaffen bzw. ändern müssen. So würden die Kosten des Umstiegs verringert und damit die Hemmnisse reduziert, das Verfahren anzuwenden.

Bücherskorpione leben eher in trockenem Umfeld. Da die relative Feuchtigkeit in Holzbeuten geringer ist, wurde das Projekt mit Bruträumen aus Holz durchgeführt.

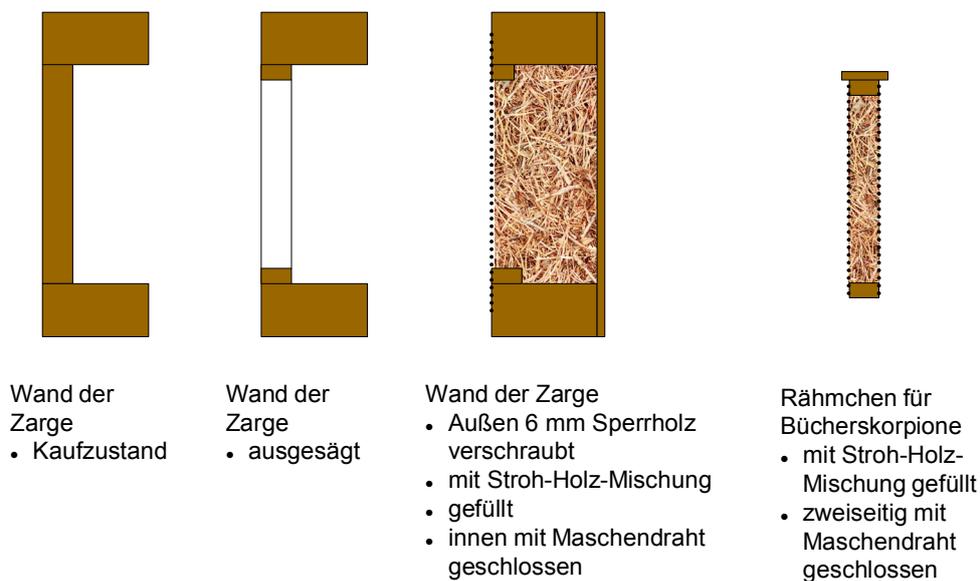
Die im Handel erhältlichen und von uns angekauften Holzbeuten, deren Größe mit den Segeberger Styroporbeuten kompatibel war, wiesen allerdings gravierende Mängel für den Einsatz von Bücherskorpionen und auch für die Haltung von Bienen auf. Diese Beutensysteme mussten baulich verändert werden, um den Ansprüchen von Bienen und Bücherskorpionen gerecht zu werden.

Neben dem Raum für die Waben der Bienen waren Rückzugs- und Bruträume für die Bücherskorpione zu schaffen. Da Bücherskorpione in Spalten von Holz oder Stroh leben, schien es zweckmäßig, innerhalb des Brutraums Bereiche abzuteilen und diese mit einer „Nistmischung“ aus Stroh und brüchigem, aber trockenem und nicht zu morschem Holz, teilweise auch mit Baumrinde, zu füllen. An den Seiten der Bruträume wurden zusätzlich Rähmchen eingehängt, die mit Maschendraht (6x6 mm) verspannt und ebenfalls mit der Nistmischung gefüllt waren.

Der Umbau der Zarge erfolgte in der Weise, dass vorne wie hinten die Zargenwand teilweise ausgesägt wurde. Anschließend wurde weiter außen eine neue Zargenwand aufgesetzt und eventuelle Lücken durch Leisten verschlossen. Der nun von innen zugängliche Hohlraum wurde durch die beschriebene Nistmischung gefüllt und von innen durch Maschendraht abgeschlossen um einen Austrag des Nistmaterials durch die Bienen zu verhindern.

Pro Zarge wurden weiter zwei umgebaute Rähmchen eingehängt, die beidseitig durch Maschendraht verschlossen und mit der Nistmischung gefüllt wurden.

**Abbildung 2: Modifizierungen des Brutraums**



Quelle: eigene Darstellung

Das folgende Bild zeigt einen so modifizierten Brutraum. Rechts und links sind die umgebauten Rähmchen eingehängt, an der Rückwand sieht man die in die ausgesägte Rückwand eingebrachte und mit Maschendraht verspannte Nistmischung. Alle Seiten sind jetzt mit der Nistmischung als Lebensraum für Bücherskorpione ausgestattet.

**Abbildung 3: Modifizierter Holzbrutraum**



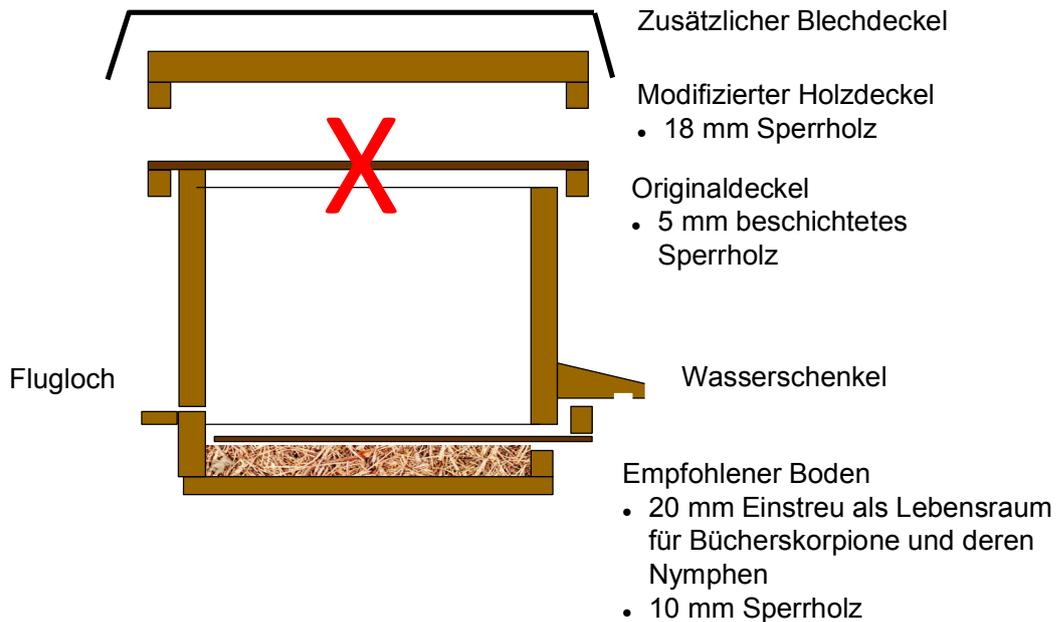
Die zugekauften Beuten wiesen zwei weitere Schwachpunkte auf. Zum einen wurde festgestellt, dass sich trotz des aufgelegten Blechdeckels unterhalb der recht dünnen Deckelplatten Kondenswasser bildete, zum anderen lief Regenwasser am Rand der Beute herab und dann in die Schublade hinein. Da Bücherskorpione eher trockenes Klima bevorzugen, erfolgten zwei weitere Umbauten, die in der folgenden Zeichnung skizziert sind:

Zum einen wurde die dünne Deckenplatte durch eine neue Deckenplatte aus 18 mm Sperrholz ersetzt, an der sich weniger Kondenswasser bildete.

Zum zweiten wurde ein aus dem Bau von Holzfenstern bekannter sogenannter Wasserschenkel oberhalb der Schublade angebracht und so verhindert, das Wasser von oben in die Schublade laufen konnte.

Nicht umgesetzt aber angedacht wurde eine dritte Änderung. Da festgestellt wurde, dass die Holzbeuten im Vergleich zu Styroporbeuten sehr kalt waren und die dünne Schublade den einzigen Schutz gegen Kälte von unten darstellt würde nahe liegen, unterhalb der Schublade eine Bodenplatte aus Holz und oberhalb davon eine Schicht Isoliermaterial einzubringen.

**Abbildung 4: Modifizierungen von Deckel, Boden und Schublade**



Quelle: eigene Darstellung

Um einen möglichen Einfluss von Bücherskorpionen auf den Varroabefall erkennen und sicher von anderen Einflüssen unterscheiden zu können, haben wir an jedem von insgesamt 13 Standorten je drei Beuten aufgestellt: eine konventionelle Segeberger Styroporbeute, eine Segeberger Holzbeute sowie eine Holzbeute, die mit Bücherskorpionen besetzt wurde. Auf der folgenden Abbildung steht die für Bücherskorpione umgebaute Beute ganz rechts und ist an der verstärkten Außenwand oberhalb des Fluglochs zu erkennen.

**Abbildung 5: Völkertriolett; Standort Helmeweg 4, Langenhagen**



Die Standorte der 13 Versuchsstationen befinden sich rund um den Standort der Schülerfirma Imkerei e.G. in Langenhagen bei Hannover in unterschiedlichen Ökosystemen: (Garten, Stadtpark, Wiese, Blühstreifen, Brache, Wald sowie in der Stadt Hannover am Standort der IGS List.

**Tabelle 1: Standorte der 13 Versuchsstationen**

Ort	Adresse	Ökosystem	Standbezeichnung	Imker
Langenhagen	Helmeweg 4	Garten	A1 – A3	H.-J. Ratsch
Langenhagen	Helmeweg 4	Garten	B1 – B3	H.-J. Ratsch
Langenhagen	Ilseweg 2	Garten	C1 – C3	Kurt Kritten
Langenhagen	Stadtparkallee 39	Stadtpark	D1 –D3	SF Imkerei
Langenhagen	Stadtparkallee 39	Stadtpark	E1 –E3	SF Imkerei
Langenhagen	Kaltenweide	Wiese	F1 – F3	A. Helmut
Langenhagen	Schulenburg	Blühstreifen	G1 – G3	A. Helmut
Langenhagen,	Schulenburg	Blühstreifen	H1 – H3	A. Helmut
Langenhagen	Engelbostel	Brache (Sandgrube Engelbostel, NVL)	J1 –J3	Johannes Leng
Langenhagen	Engelbostel	Brache (Sandgrube Engelbostel, NVL)	K1 –K3	Johannes Leng
Wedemark	Kananohe	Wald	L1 –L3	H.-J. Ratsch
Wedemark	Negenborn	Wald	M1 – M3	Johnny Quintel
Hannover	Röntgenstr. 6	Stadt	N1 – N3	Imkerei-AG

### 3.3 Sammlung und Haltung von Bücherskorpionen

Das Wissen über Bücherskorpione ist begrenzt. Am Anfang des Projektes baute unser Wissen auf den von Torben Schiffer zusammengetragenen Informationen auf (Beenature-Projekt 2018):

- Bücherskorpione bevorzugen trockene und eher warme Habitate, können aber auch eine kalte Zeit überleben.
- Bücherskorpione besetzen Reviere von 2 bis 3 cm Durchmesser, die sie gegen gleichgeschlechtliche Artgenossen verteidigen.
- Das Weibchen bildet 20 bis 40 Eier aus, aus denen aber nur 3 bis 5 Protonymphen schlüpfen.
- Die Brutzeit, bis zum Schlupf der ersten Protonymphen, dauert bis zu vier Wochen.

Das Geschlechterverhältnis wurde uns von Schiffer als Verhältnis von 4 Männchen zu einem Weibchen beschrieben, wie dies von Olafsson et al. (2001, S. 197) in einer Population von *Harpacticus chelifer* auf Seealgen ausgezählt worden war. Für diese Species räumen Olafsson et al. allerdings große Variabilitäten zwischen Jahren und zwischen Regionen ein. Da sich die Untersuchung auf eine andere Species in einem grundsätzlich anderen Habitat bezieht, kann das Geschlechterverhältnis von *Chelifer canroides* als unbekannt angenommen werden.

Donovan (2005) berichtet, dass in Bienenstöcken in Belize in Zentralamerika mehr als 200 Pseudoskorpione beobachtet wurden. Schiffer (2013b) setzte in seinen Arbeiten 150 Bücherskorpione in die Bienenvölker ein. Auf Basis dieser Informationen wurde die These abgeleitet, dass ein Volk für einen ausreichenden Schutz vor Milben 150 Bücherskorpione enthalten muss.

Auf Beenature.de werden 10 erwachsene Bücherskorpione für einen Preis von 49,90 € angeboten (Beenature-Projekt 2018). Um 13 Bienenvölker mit Bücherskorpionen zu besetzen und dabei je 150 Bücherskorpione pro Volk einzubringen war es erforderlich, ca. 2.000 Bücherskorpione zu besitzen. Da es nicht möglich war, eine solche Menge Bücherskorpione zu kaufen bzw. zu bezahlen, war es notwendig, diese zu sammeln. Diese Aufgabe übernahm der Projektangestellte Johannes Leng. Die aussichtsreichsten Stellen zur Sammlung von Bücherskorpionen fanden sich auf Bauernhöfen mit Tierhaltung, z.B. unterhalb von Heu- und Strohvorräten oberhalb von Ställen. Besonderer Erfolg wurde in einem Schafstall erzielt. Landwirte in der Region gewährten uns Zugang zu ihren Gebäuden und ermöglichten so die Suche nach den Bücherskorpionen. Auf den Dachböden wurde Heu oder Stroh beiseite geräumt. Besonders unter dort herumliegenden Brettern fanden sich die Bücherskorpione in ganz ähnlichen Situationen, wie sie auch Schiffer (2013 a) in seiner Fangmethode beschreibt.

Die Bücherskorpione wurden in Konservengläsern oder kleinen Eimern mit Deckel transportiert. Die gesammelten Bücherskorpione wurden bis zum Einbringen in die Bienenvölker in mehreren großen Terrarien auf einem Dachboden gehalten. Mit den Tieren selbst wurde jeweils von den Fundstellen Substrat (Heu, Stroh, brüchiges Holz) mitgebracht und in die Terrarien gefüllt. Von den in diesem Substrat enthaltenen Kleinlebewesen haben sich die Bücherskorpione auch weiter ernährt. Außerdem wurden an den Fangorten der Bücherskorpione potenzielle Futtertiere (z.B. Silberfischchen, Staubläuse und Milben) von Brettern mit einer Feder ab gefegt und in die Terrarien gegeben. Potenzielle Fressfeinde (z.B. größere Spinnentiere, Hundertfüßer, später auch Mehlwürmer und Mehlkäfer) wurden dabei möglichst aussortiert.

Zusätzlich wurden die Bücherskorpione mit flugunfähigen Fruchtfliegen, Wachsmotten und Wachsmottenlarven aus dem Zoofachhandel gefüttert. Damit sich die Wachsmotten im Terrarium der Bücherskorpione auch weiter fortpflanzen können und nicht permanent nachgekauft werden müssen, wurden Altwaben (durch Bienen verunreinigte Waben, welche normalerweise zum Einschmelzen aussortiert werden) ins Terrarium getan. Dies hat sehr gut funktioniert und so standen den Bücherskorpionen permanent Wachsmottenlarven als Nahrung zur Verfügung. Die von uns befürchtete Überpopulation von Wachsmotten und deren Larven, die in früheren Versuchen, Wachsmottenlarven als Futtertiere für Schultiere zu züchten beobachtet worden war, baute sich nicht auf.

Die Schüler-Arbeitsgruppe der 7f-9f, welche sich der Haltung und Zucht von Bücherskorpionen widmete, hat in Versuchen, bei denen Bücherskorpione einzeln gehalten und mit handelsüblichen Futterinsekten gefüttert wurden herausgefunden, dass Bücherskorpione sowohl die flugunfähigen Fruchtfliegen als auch die Wachsmottenlarven fressen. Die Wachsmotten selbst wurden in den Versuchen nicht gefressen, scheinen aber auch keine negativen Einflüsse auf die Bücherskorpione zu haben. Sogenannte handelsübliche Micro-Grillen / Heimchen wuchsen schnell und entpuppten sich dann als Fressfeinde. Mehlwürmer wurden von den Bücherskorpionen nicht gefressen, auch hier wird vermutet, dass ein Mehlwurm einen Bücherskorpion gefressen hat.

Nachteilig könnte sein, dass Bücherskorpione besonders bei Futtermangel kannibalistisch sein können. De Andrade und Gnaspini (2002, S. 615) beschreiben das Ausmaß des Kannibalismus unter Pseudoskorpionen in Gefangenschaft als klein; sie geben eine Kannibalismusrate von 1% an. Im Rahmen des Projektes wurden allerdings bis zu 2.000 Bücherskorpione verteilt auf vier dick mit Substrat gefüllten Terrarien von 40 mal 100 cm gehalten. Nach Eindruck des Projektmitarbeiters und ohne exakte Zählungen und Bilanzen war die Zahl der letztlich entnommenen Bücherskorpione spürbar kleiner als die Zahl der eingesetzten Bücherskorpione gewesen war.

In den Bienenvölkern konnten bis Herbst 2017 keine Hinweise von erfolgreichen Fortpflanzungsaktivitäten der Bücherskorpione gefunden werden, da wir keine Bücherskorpionsnymphen in den Beuten entdeckt haben. Im März 2018 wurde das Volk B3, das im Winter abgestorben war, auf Bücherskorpione untersucht. Hier haben wir 62 lebende Bücherskorpione gefunden sowie zwei tote. Obwohl ausschließlich adulte Bücherskorpione in die Völker eingesetzt wurden, konnten wir nur 7 erwachsene Tiere finden. Die restlichen 55 Bücherskorpione waren Nymphen. Eine Vermehrung im Volk B3 hat offensichtlich stattgefunden, aber viele der adulten Tiere sind parallel dazu gestorben oder abgewandert. In Volk D3 konnten wir ebenfalls im März 2018 nur 12 adulte Bücherskorpione und 5 Nymphen finden. In den anderen Völkern konnte nicht gezählt werden, da in diesen bereits wieder Brut vorhanden war.

Auf die Initiative zweier Schülerinnen hin, die sich mit der Zucht von Bücherskorpionen beschäftigen wollten, brachten wir im September 2016 je 10 Tiere in zwei Terrarien von ca. 30 mal 60 cm in der Schule unter. Da das Interesse an dem Zuchtprojekt nachließ, standen die Terrarien bis März 2018 ca. eineinhalb Jahre weitgehend unbehelligt in der Schule in einem normal geheizten Unterrichtsraum mit Fenstern in Südlage. Eine Versorgung des Terrariums erfolgte nicht.

Im Frühjahr 2017 wurden erstmals Nester und Nymphen in den Terrarien beobachtet. Im März 2018 erfolgte in einem der Terrarien eine Zählung, die einen Bestand von 24 Bücherskorpionen ergab. Bei der hier deutlich niedrigeren Besatzdichte gegenüber den Terrarien mit den bis zu 500 Bücherskorpionen ist damit deutlich, dass die Vermehrungsrate die Kannibalismusrate langfristig übertrifft.

Über die Fortpflanzungsrate ist neben den Informationen von Schiffer (Beenature-Projekt 2018) hinaus wenig bekannt. Die Pennsylvania State University (2018) beschreibt diese wie folgt:

*The female produces 20 to 40 eggs that she carries beneath her abdomen. After the young house pseudoscorpions, which look like small adults, emerge, they stay with the female for several days, sometimes riding on her back. The entire brood then disperses. This process, from egg deposit to brood dispersal, can take 3 weeks. .... The developmental period is temperature dependent and takes 10 to 24 months.*

**Abbildung 6: Zucht der Bücherskorpione im Terrarium**



Auf Basis der Erfahrung mit der Sammlung und Haltung der Bücherskorpione bis Ende 2017 waren wir eigentlich zu dem Schluss gekommen, dass eine erfolgreiche Zucht, bzw. Haltung von Bücherskorpionen wirtschaftlich kaum realisierbar sein dürfte. Angesichts der Entwicklung in dem Terrarium in der

Schule stellt sich dies nun ein wenig aussichtsreicher dar. Letztlich stellen sich folgende, von uns nicht geklärte Fragen:

- Mit welcher Ausgangsbesatzdichte in einem Terrarium können die höchsten Vermehrungsraten erzielt werden?
- Welches Substrat und welche Fütterung sind für die Vermehrung optimal?
- Welche Umgebungsbedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit, Licht) fördern die Vermehrung?

Die Frage, wie sich Bücherskorpione erfolgreich in der notwendigen Stückzahl vermehren lassen, verbleibt innerhalb des Projektes weitgehend ungeklärt.

### 3.4 Temperatur und Feuchtigkeit in den Beuten

Der Versuchsaufbau zur Messung von Temperaturen und Luftfeuchtigkeit in verschiedenen Beuten bestand aus drei unterschiedlich aufgebauten Beuten, in denen die Klimadaten durch Temperatur- und Feuchtigkeitslogger gemessen werden. Diese Feuchte- und Temperaturlogger waren in eine spezielle Vorrichtung eingehängt, damit sie nicht von Bienen mit Wachs verklebt und somit funktionsuntüchtig gemacht wurden.

Diese drei Beuten standen im Schulgarten der IGS List. Der Schulgarten ist im Rahmen eines Projektes einer früheren Forscherklasse als geobotanischer Schulgarten angelegt worden, in dem seit Beginn ein Platz für Bienenvölker vorgesehen ist. Zum bisher dort stehenden Schaukasten haben wir im Frühling 2016 ein so genanntes Triplet, also insgesamt drei Bienenvölker, aufgestellt. Der wesentliche Unterschied in ihrem Aufbau besteht im Material.

- Eine Beute ist aus dem unter Imkern verbreiteten handelsüblichen Styropor, das heißt Deckel und Zargen bestehen aus Styropor. Unterhalb des Raums für Bienen und Honig befindet sich eine herausziehbare Schublade. In dieser sammelt sich alles, was nach unten fällt. Neben toten Bienen und Abfall aus dem Stock sind dies auch die abgestorbenen oder aus dem Stock gefallenen Varroamilben.
- Die anderen beiden Beuten, also Brutzargen, Deckel und Boden, bestehen aus Holz. In den hölzernen Böden sind die gleichen Vorrichtungen zur Analyse der Varroabelastung angebracht.

Auf den Holzbeuten befanden sich im Sommer ebenfalls Styropor-Honigzargen und ein Blechdeckel, der den darunterliegenden Stock vor Witterung schützt. Der Styropor Honigraum wurde nach der letzten Honigernte im August 2016 abgenommen und nach der Zuckerwasser-Einfütterung auch die Futterzarge. Der Innenraum der Holzbeuten war über den Winter vollständig aus Holz.

Die Messungen der abiotischen Faktoren wurden im Juni 2016 begonnen. Es war geplant, ab dem 20.6.16 mit drei Loggern die Luftfeuchtigkeit und Temperatur in den Beuten und außerhalb alle volle Stunde zu messen. Aufgrund von Fehlbedienung gelang es aber zunächst nicht, Daten zu gewinnen. Im Rahmen der „Jugend Forscht“ Arbeit von Laurin Mathes und Adriaan Wiegand wurden die Arbeiten im Herbst 2016 neu aufgenommen.

## Abbildung 7: Versuchsaufbau

Feuchte- und Temperaturlogger



Wabe mit Logger



Wabe mit Logger



Beuten im Schulgarten der IGS-List



Quelle: Laurin Mathes (Fotos) und Firma Dorstmann (Abbildung Logger)

Nach Ende der ersten Messphase Ende Oktober im Schulgarten stellten wir fest, dass dort ein Bienenvolk abgestorben war. Da man im Winter die Bienen nicht in ein anderes Beute umsiedeln oder neue Rähmchen mit Einhängvorrichtungen mitten in die Traube der in Winterstarre lebenden Bienen hängen kann, mussten wir die zweite Testreihe also mit anderen Bienenvölkern durchführen. Eine Fortsetzung der Messungen am Standort im Schulgarten war nun nicht mehr möglich und wir mussten die Messungen an den Betriebsstandort der Schülerfirma Imkerei der IGS List verlagern, die ihre anderen Bienenvölker an einem alten Wasserturm in Langenhagen bei Hannover hält.

Ein Logger war in der zweiten Testreihe in einem Holzdeckel genau über den Waben in einer vollständig aus Holzteilen bestehenden Beute angebracht. Ein anderer war in einer Styropor-Futterzarge einer vollständig aus Styroporteilen bestehenden „Segeberger“-Beute am unteren Ausgang, ebenfalls genau über den Waben positioniert, allerdings an der Seite und nicht genau in der Mitte. Der dritte Logger war zum Vergleich mit der Außentemperatur und Außen-Luftfeuchtigkeit neben den Beuten regengeschützt untergebracht.

Seit dem 4.11.2016 liefen die Messungen zunächst bis zum 11.11.2016. Um zu kontrollieren, ob die Messeinrichtungen dieses Mal auch auf längere Zeit Messungen vorgenommen haben, brachen wir den zweiten Testlauf nach einer Woche ab und hatten am 11.11.2016 erste Ergebnisse über die abiotischen Faktoren in Bienenvölkern, die von uns selbst vorgenommen wurden und nicht auf Studien

anderer basierten. Eine zweite Messreihe begann am 11.11.2016 und endete am 2.12.2016 ebenfalls erfolgreich.

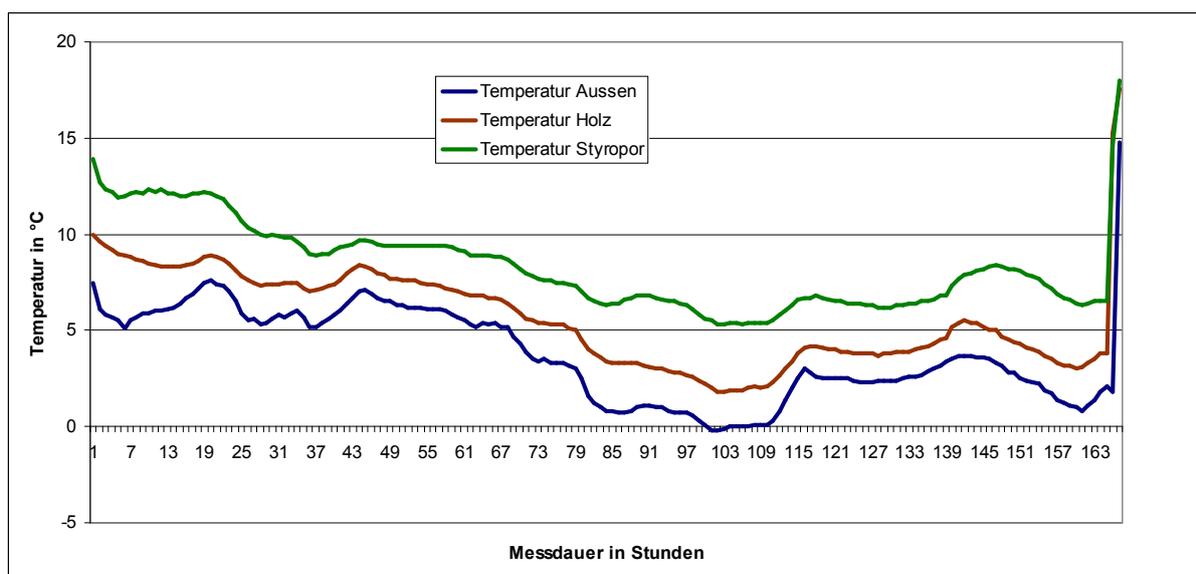
### 3.4.1 Der Feuchte- und Temperaturlogger

Es wurden Logger der Firma Dostmann electronic GmbH eingesetzt. Die Logger enthalten einen Speicher für ca. 60.000 Messwerte, und sind auch ohne Software nutzbar. Das Messintervall ist programmierbar und wurde auf eine stündliche Messung eingestellt. Die Ausgabe erfolgt als PDF-Datei sowie im Open-Office Tabellenformat. Die Batteriestandzeit wird vom Hersteller als größer 2 Jahre bei einem Messintervall von 15 Minuten angegeben. Die Logger werden durch Knopfdruck eingeschaltet. Die Ausgabe erfolgt automatisch, wenn der UCB-Logger mit einem PC verbunden wird. Danach wird der Logger wieder aktivierbar, aber nur, wenn er über „Hardware sicher entfernen“ vom PC getrennt wird. Nach einfachem Herausziehen aus dem PC lässt sich der Logger nicht wieder anschalten. Dies ist in der Betriebsanleitung nicht vermerkt.

### 3.4.2 Ergebnisse der Feuchte- und Temperaturmessungen

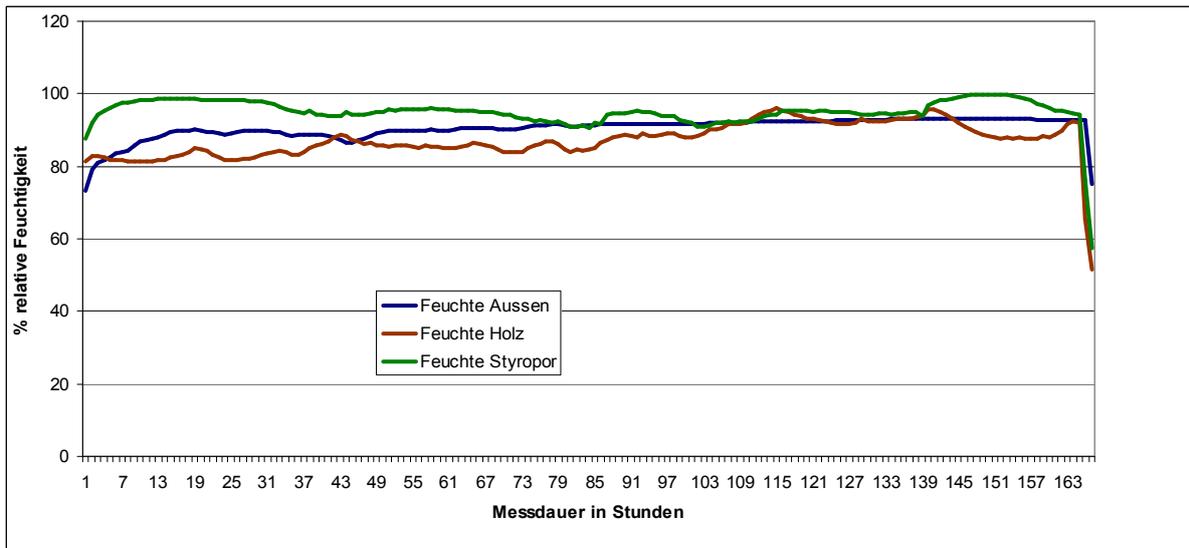
Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf der Temperaturen in der Zeit vom 4. bis 11.11.2016 in den beiden Versuchsbeuten sowie zur Vergleich dazu den Verlauf der Außentemperatur.

**Abbildung 8: Temperaturmessung 4. - 11.11.2016**



Der Beginn der Messgrafik zeigt, wie der Logger sich an die kältere Außentemperatur anpasst. Am Ende ist sichtbar, dass die Logger zur Auswertung wieder ins Gebäude geholt wurden. Es wird deutlich, dass die Temperatur in der Styropor-Beute deutlich höher liegt als in der Holzbeute. Auch hier ist es jedoch wärmer als außen. Die über die 166 Messpunkte gemittelten Durchschnittstemperaturen liegen außen bei 3,73°C, in der Holzbeute bei 5,63°C und in der Styroporbeute bei 8,39°C.

Abbildung 9: Feuchtigkeitsmessung 4. - 11.11.2016

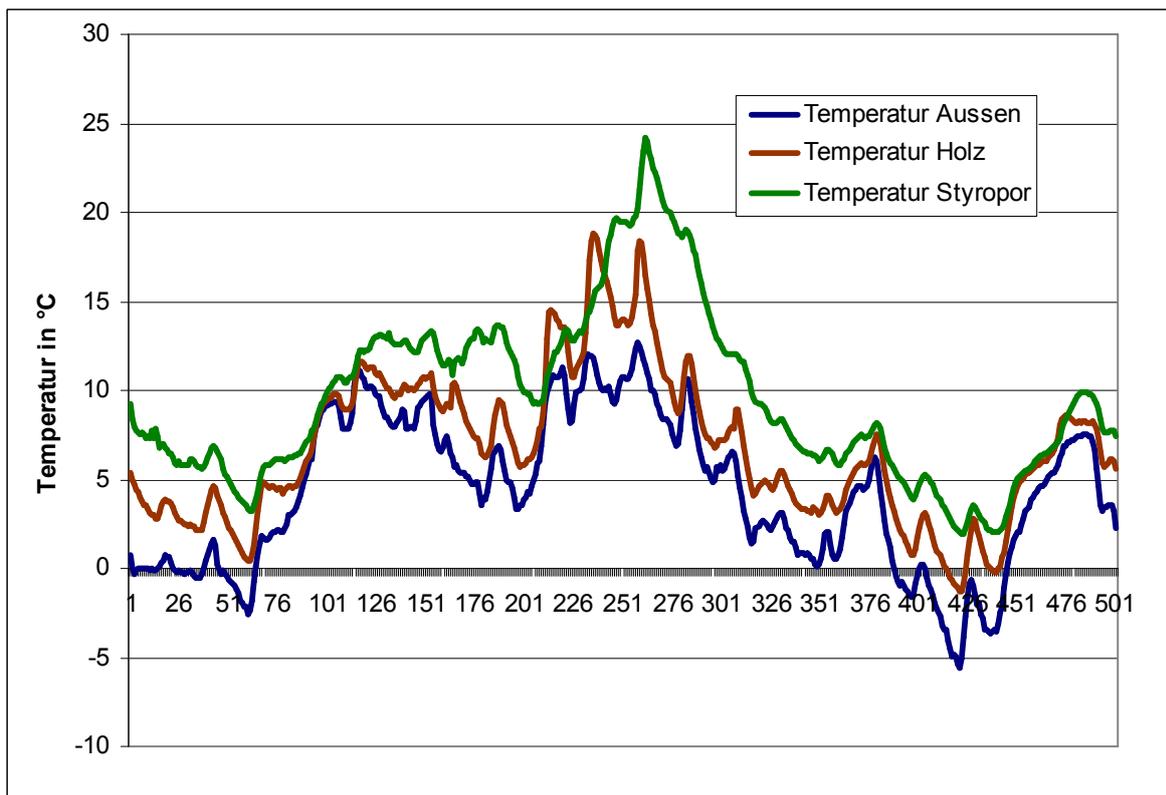


Herr Dr. Gökhan Akyazi vom Institut für gartenbauliche Produktionssysteme (IGPS) der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover unterstütze uns dadurch, dass er zu diesen Daten Signifikanztests durchführte. Diese ergaben für die Unterschiede sowohl der Temperatur- wie auch der Feuchtigkeitsunterschiede eine Signifikanz auf dem 1% Niveau.

Im Vergleich der Luftfeuchtigkeit zeigt sich, dass es in der Styroporbeute häufig feuchter ist als außen, in der Holzbeute meist etwas trockener. Dabei ist es in der Holzbeute mit durchschnittlich 87,73% relative Feuchte etwas trockener als in der Umgebungsluft mit 91,04% relative Feuchte und in der Styroporbeute mit 95,57% relative Feuchte. Auch diese Unterschiede sind auf dem 1% Niveau signifikant.

Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf der Temperaturen in der Zeit vom 11.11. bis 2.12.2016 über 501 Stunden in den beiden Versuchsbeuten sowie zur Vergleich dazu den Verlauf der Außentemperatur.

Abbildung 10: Temperaturmessung 11.11. - 2.12.2016



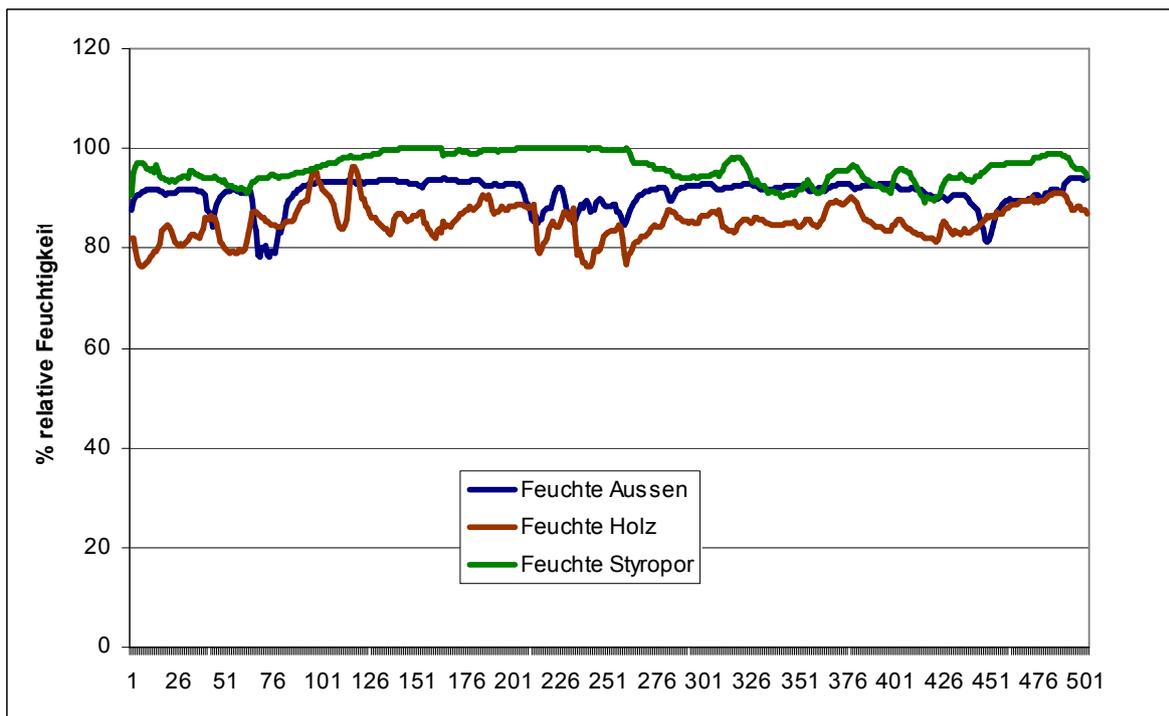
Auch in der zweiten Messreihe liegt die Temperatur in der Styroporbeute höher als die in der Holzbeute, die ihrerseits wärmer ist als die Außentemperatur. Die über die 501 Messpunkte gemittelten Durchschnittstemperaturen liegen außen bei 4,31°C, in der Holzbeute bei 6,76°C und in der Styroporbeute bei 9,54°C. In der Abbildung ist zu erkennen, dass bei steigender Außentemperatur die Temperatur in der Holzbeute schneller steigt als in der Styroporbeute (z.B. in Stunde 200 bis 215) und dabei auch kurzzeitig höher werden kann, als in der Styroporbeute. Bei fallender Außentemperatur ist es in der Styroporbeute grundsätzlich länger warm als in der Holzbeute (z.B. bei Stunde 280).

Die Schwankungen der gemessenen Feuchtigkeitswerte liegen durchweg im Bereich von knapp unter 80% relative Feuchte bis zu 100% relative Feuchte. Dabei ist es in der Holzbeute mit durchschnittlich 85,35% relative Feuchte etwas trockener als in der Umgebungsluft mit 90,96% relative Feuchte<sup>1</sup> und in der Styroporbeute mit 96,17% relative Feuchte. In der Styroporbeute erreicht die relative Feuchte in den Stunden 130 bis 260 durchweg Werte von 99% oder 100%.

Da Styropor nicht nur Wärme isoliert sondern auch undurchlässig für Feuchtigkeit ist, ist auch erkennbar, dass die Feuchtigkeitswerte in der Holzbeute sich in Abhängigkeit von der Außentemperatur- und feuchte schnell verändern, die Styroporbeute dagegen nur sehr geringe Schwankungen zeigt.

<sup>1</sup> Die vom Institut für Meteorologie und Klimatologie der Universität Hannover (2016) im gleichen Zeitraum für Hannover gemessenen Werte liegen in einem ähnlichen Bereich.

Abbildung 11: Feuchtigkeitsmessung 11.11. - 2.12.2016



Vergleicht man beide Messreihen, so stellt man fest, dass die Temperatur in der Styroporbeute in der ersten Messreihe 2,76°C höher ist als in der Holzbeute und in der zweiten Messreihe 2,78°C.

Mit Blick auf die relative Feuchtigkeit sind die Werte in der Styroporbeute in der ersten Messreihe 7,84% und in der zweiten Messreihe 10,82% höher als in der Holzbeute. Der Verlauf der außerhalb der Beuten gemessenen Feuchtigkeitswerte ist jedoch deutlich weniger dynamisch als in den Messungen von Schiffer (2013b).

### 3.4.3 Diskussion

Während Schiffer (2013b) einen Feuchteunterschied von 20% relative Feuchte zwischen der Holz- und der Styroporbeute feststellt, liegt dieser in den von uns durchgeführten Messungen nur bei ca. 8 bis 11% relative Feuchte. Dennoch ist festzustellen, dass die Holzbeute durchweg erheblich „trockener“ war als die Styroporbeute.

Im Gegensatz zu Schiffer weisen die Messungen am Imkerturm in Langenhagen innerhalb der Holzbeute eine stärker schwankende relative Feuchte aus als in der Außenluft. Der Grund hierfür konnte durch eine dritte Messreihe gefunden werden (Mathes und Wiegand 2017). Er lag in der Positionierung des Kontroll-Messaufnehmers für Außenluft außerhalb der Beuten unter einer Plane zum Regenschutz auf einem Materialstapel.

Im Ergebnis sicherten die Messungen im Rahmen der „Jugend-Forscht“ Arbeit die Entscheidung für die Nutzung von Holzbeuten für die Unterbringung der Bücherskorpione ab.

## 4 Bücherskorpione als Varroabekämpfer

### 4.1 Vorgehensweise

Das wissenschaftliche Hauptziel des Projektes bestand darin, einen Zusammenhang zwischen der Besiedlung von Bienenstöcken mit Bücherskorpionen und der Anfälligkeit der dort lebenden Bienenvölker für Schäden durch die Varroamilbe nachzuweisen.

Hierfür war es erforderlich, eine hinreichend große Zahl von Bücherskorpionen in einer hinreichend großen Zahl von Bienenvölkern (ca. 10) anzusiedeln und diese über mindestens ein Kalenderjahr zu beobachten. Dabei sollten mehrere Indikatoren für die Wirkung der Besiedlung mit Bücherskorpionen beobachtet werden:

- Zahl der toten Varroamilben, die aus den Völkern fallen,
- Zahl der toten Bücherskorpione und Bienen, die aus den Völkern fallen,
- die Tatsache, dass ein Bienenvolk lebt.

Bereits im Winter 2016-2017 wurden 12 Bienenvölker in neu angeschafften Holzbeuten untergebracht. In zwei dieser Völker (E3 und N3) wurden Bücherskorpione eingebracht. Die beiden Völker mit Bücherskorpionen sind in KW 10 und 12 in 2017 abgestorben, ebenso 10 weitere Völker, die in Holzbeuten lebten. In unseren Vergleichsvölkern, die in Styroporbeuten gehalten wurden, sind keine Völker gestorben. Es ist davon auszugehen, dass die zu geringe Isolierung in den Holzbeuten (Mängel besonders in den schlecht isolierenden Beutendeckeln, die zur Bildung von Kondenswasser führten) die Ursache für das Sterben unserer Völker gewesen ist. Die Deckel wurden Anfang des Jahres 2017 verbessert (vgl. Abschnitt 3.2).

Im zweiten Jahr konnte auf Erfahrungen des vorangehenden Jahres aufgebaut werden. Die Schülerinnen und Schüler waren eingearbeitet und entwickelten bei der Datenerhebung eine gewisse Routine. Alle Mess-Stationen konnten nahezu gleichzeitig und mit gleicher Qualität bestückt werden, so dass eine Vergleichbarkeit der Messergebnisse gegeben war. Es starben allerdings im Frühjahr 2017 mehrere Bienenvölker und mussten ersetzt werden. Dadurch ergaben sich Unstetigkeiten im Verlauf der Messwerte bis in den Mai 2017 hinein.

Zur Messung der Intensität des Varroabefalls der Bienenvölker wurden seit Kalenderwoche 34 in 2016 bis einschließlich Kalenderwoche 3 in 2018 wöchentlich die Zahl aus dem Stock gefallener Milben erfasst, die auf unter dem Stock befindliche Einschübe fielen. Die Zahl der so fallenden Milben steht mit dem tatsächlichen Befall des jeweiligen Volkes im Zusammenhang und wurde wiederholt als Indikator des Varroabefalls genutzt (Spivak 1996, Ostiguy und Sammataro 2000, Guzman-Novoa et al. 2012).

Weiter wurden Behandlungen mit Oxalsäure (alle Völker in KW 1/2017), Ameisensäure (Völker C1 und C2 in KW 36 und KW 38/2017) sowie ApiLifeVar (Thymol, Völker 1 und 2 der Standorte A, B, D, E und L in KW 31, Völker 1 und 2 der Standorte F, G und H in KW 34/2017) dokumentiert.

### 4.2 Organisation der Datenerhebung und -dokumentation

Im ersten Jahr wurden zunächst Form, Umfang und Darstellungsweise der Datenerhebung festgelegt. Die beteiligten Schülerinnen und Schüler wussten bereits, dass man Daten mit einem Computer Programm erfassen kann. Sie hatten aber selbst noch nie mit dem Programm MS-Excel gearbeitet. Das Programm musste ihnen daher zunächst vorgestellt werden, so dass sie Daten selbständig eintragen konnten. Dabei unterstützten uns die Partner an der Leibniz Universität. Insbesondere half der B.Sc.

Student Felix David, der seinen Studienschwerpunkt auf das Fach Ökologie gelegt hatte und am Projekt sehr interessiert war.

Auf Grund leidvoller erster Erfahrungen programmierte Herr David eine Excel-Tabelle so, dass jede Schülergruppe ihre Daten nur in die dafür vorgesehenen Felder eintragen konnte. Ein Überschreiben bereits vorhandener Daten anderer Gruppen wurde so vermieden. Außerdem wurden alle Daten regelmäßig in Tabellen übertragen, die sich auf den Computern des betreuenden Lehrers, Herrn Hans-Jürgen Ratsch sowie zweier FÖJ Mitarbeiterinnen befanden. Durch die Sicherung bei der Datenerhebung und die folgende mehrfach redundante Datensicherung gingen während des gesamten Projektes keine Messwerte verloren.

Im Zentrum der wöchentlichen Datenerhebung stand die Zählung und Beurteilung von Milben, die aus den Bienenvölkern gefallen waren. Die Milben fielen auf einen Einschub, der sich im unteren Teil der jeweiligen Beute befand. Das im Einschub befindliche Gemüll wurde wöchentlich durch Johannes Leng in ein mit der jeweiligen Nummer von Standort und Beute beschriftetes Probenglas gefüllt und in der Schule durch die Forscherklasse ausgezählt. Das Zählen wurde immer durch den Fachlehrer Hans-Jürgen Ratsch, Johannes Leng und eine FÖJ-Kraft beaufsichtigt, die den Schülern bei Unklarheiten halfen und die Plausibilität der Ergebnisse kontrollierten. Beim Zählen wurden mehrfach Besonderheiten wie tote Bienen oder tote Bücherskorpione festgestellt. In der Zeit zwischen der 22. und der 52. Woche 2017 wurden nur zweimal tote Bücherskorpione gefunden. Diese befanden sich im Gemüll von Beute C1, einer Styroporbeute, in die keine Bücherskorpione eingesetzt worden waren.

Jeden Montag wurden aktuelle Ergebnisse aller Gruppen vorgestellt und besprochen. Alle Gruppen waren also kontinuierlich über die Entwicklung des Projektes informiert. Allerdings gab es zunächst nur „viele Zahlen“ die sich immer schwerer überblicken ließen. Die Bedeutung der Messwerte musste besprochen werden. Dazu war es hilfreich, dass neben den Erfahrungswerten des betreuenden Lehrers, der Erfahrung als Imker hat, auch Daten des Landesinstitutes für Bienenforschung zur Verfügung standen.

Die Entwicklung des Milben-Befalls in einem Bienenvolk wurde in der zweiten Jahreshälfte jeweils grafisch dargestellt. Schüler wurden dazu entsprechend geschult. Sie konnten dann ihre Messwerte selbst entsprechend darstellen und den Kurvenverlauf verfolgen. Jede Gruppe betreute ein Triplet, das neben einem Volk mit Bücherskorpionen auch zwei Kontrollvölker ohne Bücherskorpione enthielt. Ein Kontrollvolk lebte jeweils in einer handelsüblichen Styroporbeute, während für die andere Kontrolle eine modifizierte Holzbeute eingesetzt wurde. So sollte untersucht werden, ob unterschiedliche Messwerte allein durch Veränderungen an den Beuten erklärt werden können.

**Abbildung 12: Probenauszählung Varroamilben, Bücherskorpion und Varroamilbe**



### 4.3 Bücherskorpione als Beitrag zur Bekämpfung der Varroamilbe

Nachdem die Umstellung der Versuchsbedingungen im zweiten Jahr reproduzierbares Arbeiten erlaubte, haben wir beschlossen, uns nur auf die Auswertung der Ergebnisse des zweiten Jahres zu konzentrieren.

Innerhalb der ersten fünf Monate des Jahres 2017 bis einschließlich Kalenderwoche 21 starben insgesamt 11 Bienenvölker, die alle in Holzbeuten untergebracht waren, davon 5 Völker in Beuten, in die später Bücherskorpione eingesetzt wurden. Die Zahl der in diesen fünf Monaten gefallenen Varroamilben lag bei durchschnittlich 3,2 Milben pro Beute und Woche. Die Bücherskorpione wurden im Laufe des Frühlommers gesammelt und in den Wochen 24 bis 31 in die Völker<sup>2</sup> eingesetzt.

Die folgende Dokumentation der Zahl der gefallenen Varroamilben erfasst daher die Zahlen aus den Wochen 22 bis 52. In dieser Zeit sind nur die Völker in einem Triplet M1 bis M3 (Standort Negenborn Wald) ersetzt worden. Von diesen drei Völkern war ein Volk in KW 12 gestorben, eins ist ausgezogen (geschwärmt) und das dritte wurde vom Imker aufgelöst. Erst in KW 33 gelang es, diesen Standort neu mit Völkern zu besetzen. Der Grund hierfür lag in einem Unfall des betreuenden Imkers.

Für den Standort an der IGS-List (N1 bis N3) selbst gelang es aufgrund der exponierten Lage im Schulgarten, u.U. auch aufgrund der Einrichtung des „gläsernen Bienenvolkes“, nicht, eine hinreichende Menge auswertbarer Daten zu erfassen. Er wurde daher in die Auswertung nicht mit einbezogen.

In die Völker F3 und G3 wurden, obwohl dieses ursprünglich geplant war, keine Bücherskorpione eingebracht, da nicht genügend Tiere zur Verfügung standen. Diese Standorte wurden daher in die Auswertung nicht einbezogen.

Von der erhobenen Daten wurde ein Datenpunkt als Ausreißer in der Auswertung nicht berücksichtigt, weil die Dokumentation in Woche 40 für dies Volk allein 60% der in der gesamten Zeit für dieses Volk gezählten Milben auswies. Der Datenpunkt wurde als unplausibel aus der Auswertung entfernt. 6 Datenpunkte wurden aus der Auswertung herausgenommen, weil die Völker C1 und C2 in KW 36 und 38 mit Ameisensäure behandelt wurden.

---

<sup>2</sup> Ausnahme ist hier Volk M3, welches erst in KW 33 neu aufgesetzt wurde und in das die Bücherskorpione erst in KW 35 eingebracht wurden.

**Tabelle 2: Gefallene Varroamilben Woche 22 bis Woche 52 des Jahres 2017**

Standbezeichnung	Ökosystem	Styroporbeute Varroazahl	Holzbeute Varroazahl	Bücherskorpione Varroazahl	Bemerkungen
A1 – A3	Garten	20	16	76	
B1 – B3	Garten	44	53	956	
C1 – C3	Garten	124	301	939	Die Völker 1 (Styropor) und 2 (Holz) wurden jeweils in KW 36 und 38 mit Ameisensäure behandelt.
D1 –D3	Stadtspark	1037	329	180	
E1 –E3	Stadtspark	57	4657 tot in KW 52	38	
F1 – F3	Wiese	500	1280	(90)	Volk 3 ohne Bücherskorpione
G1 – G3	Blühstreifen	2702	1363	(1119)	Volk 3 ohne Bücherskorpione
H1 – H3	Blühstreifen	1475	2029	814	
J1 –J3	Brache (Sandgrube Engelbostel, NVL)	1620	297 tot in KW 52	2217	
K1 –K3	Brache (Sandgrube Engelbostel, NVL)	422	2235	2270	
L1 –L3	Wald	166	1128	1488	
M1 –M3	Wald	2655 tot in KW 52	1198 tot in KW 52	408	Alle drei Völker in Woche 33 neu eingesetzt
N1 –N3	Schulgarten IGS-List, Stadt	Nicht ausgewertet	Nicht ausgewertet	Nicht ausgewertet	Daten sehr unvollständig

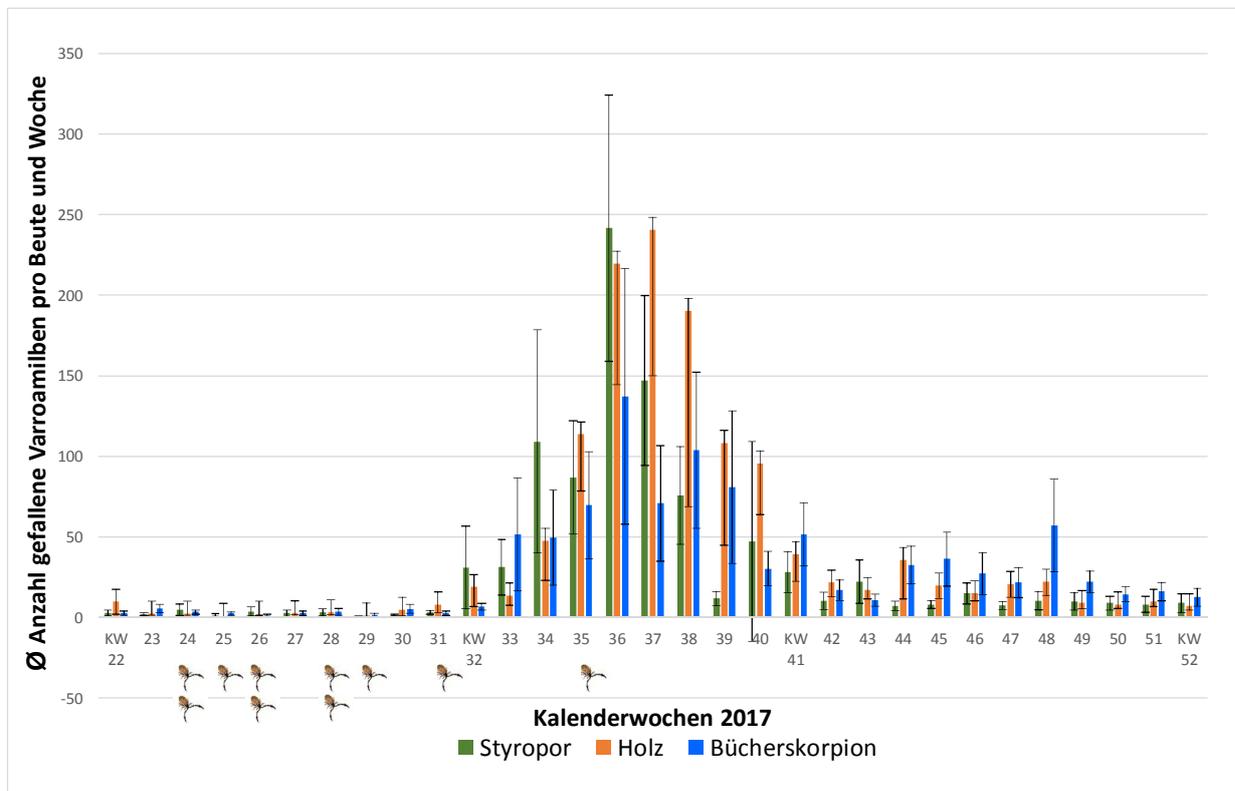
Letztlich konnten so für die Wochen 22 bis 52 je 9 Völker in Holz- bzw. Styroporbeuten erfolgreich gehalten und die Zahl der gefallenen Varroamilben erfasst werden. Von Woche 33 bis Woche 52 kamen die Völker am Standort M (Negenborner Wald) hinzu.

Mit Blick auf die begrenzte Zahl verfügbarer Bücherskorpione konnten insgesamt nur in 10 Völker Bücherskorpione eingesetzt werden. Es konnten also für die Wochen 22 bis 32 Daten aus 9 Völkern erfasst werden, danach aus 10 Völkern. Bei der Beurteilung der Zahlen ist zu beachten, dass die Bücherskorpione abhängig von ihrer Verfügbarkeit, in dieser Zeit in den Wochen 24 bis 31 in die Völker eingesetzt wurden, in das in KW 33 neu aufgesetzte Volk M3 sogar erst in KW 35.

Wie in Tabelle 2 zu sehen ist, wurden bei den Zählungen zwischen den einzelnen Standorten große Unterschiede beobachtet. Dies kann man u.U. mit unterschiedlichem Klima in der Stadt, auf einer freien Wiese oder am Waldrand erklären. Es stellte sich daher die Frage, ob die Standortfaktoren auch einen Einfluss auf den Verlauf eines Befalls haben. Der Umfang unserer Untersuchungen erlaubt aber keine Beantwortung dieser Frage.

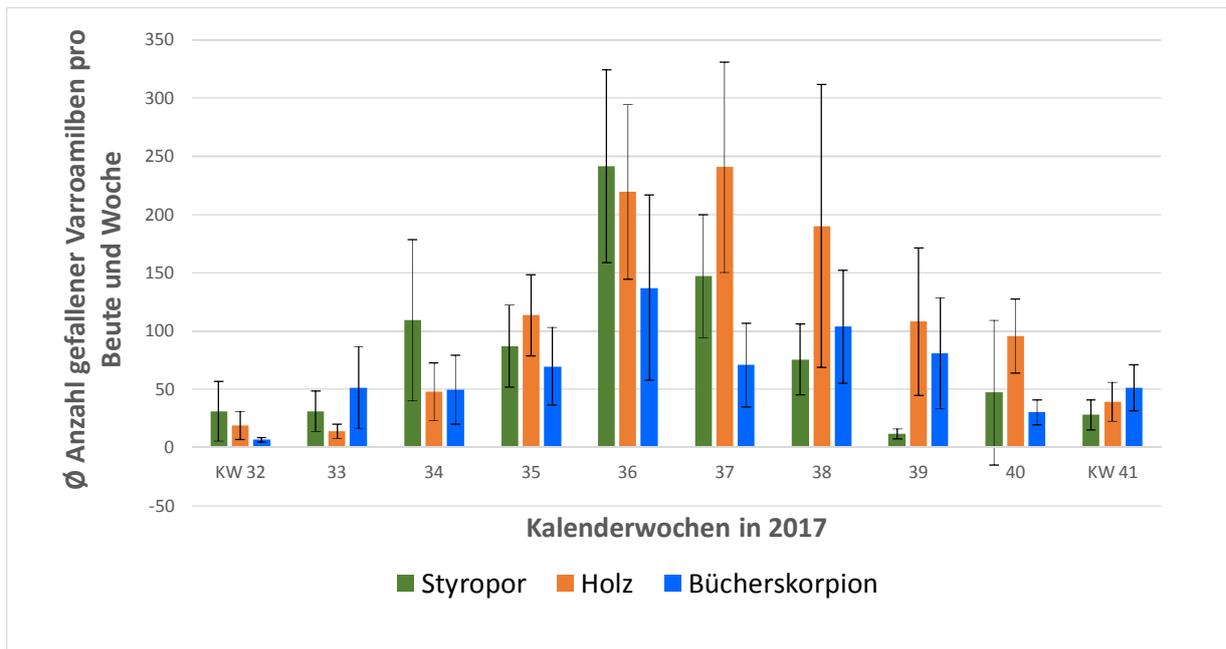
Die folgende Abbildung 13 zeigen die Durchschnittswerte und Standardabweichung der in den Kalenderwochen 22 bis 52 pro Volk gezählten, gefallenen Varroamilben nach Beutetypen, Abbildung 14 dann den vergrößerten Ausschnitt der Zeit von Anfang August (KW 32) bis Mitte Oktober (KW 41).

**Abbildung 13: Durchschnittswerte und Standardabweichung der in den Kalenderwochen 22 bis 52 pro Volk gezählten, gefallenen Varroamilben nach Beutetypen**



Quelle: eigene Darstellung, die Bücherskorpione markieren die Wochen, in denen Bücherskorpione in die Völker eingebracht wurden

**Abbildung 14: Durchschnittswerte und Standardabweichung der in den Kalenderwochen 32 bis 41 pro Volk gezählten, gefallenen Varroamilben nach Beutetypen**



Quelle: eigene Darstellung

Die Mittelwerte (der Mittelwerte) für die gefallenen Varroamilben in den Wochen 32 bis 41 betragen 108,7 für die Holzbeuten, 81,0 für die Styroporbeuten und 65,1 für die Holzbeuten mit Bücherskorpionen.

Bei Bewertung der Daten für die Versuchswochen 32 bis 41 mit dem T-Test für gepaarte Stichproben erweisen sich die Unterschiede zwischen den Holzbeuten mit und ohne Bücherskorpione als signifikant auf dem 5% Niveau ( $p=0,048$ ), die Unterschiede zwischen den Styroporbeuten und den Holzbeuten mit Bücherskorpionen erweisen sich als nicht signifikant ( $p=0,372$ ).

Aus diesen Grafiken lassen sich mehrere Beobachtungen ableiten:

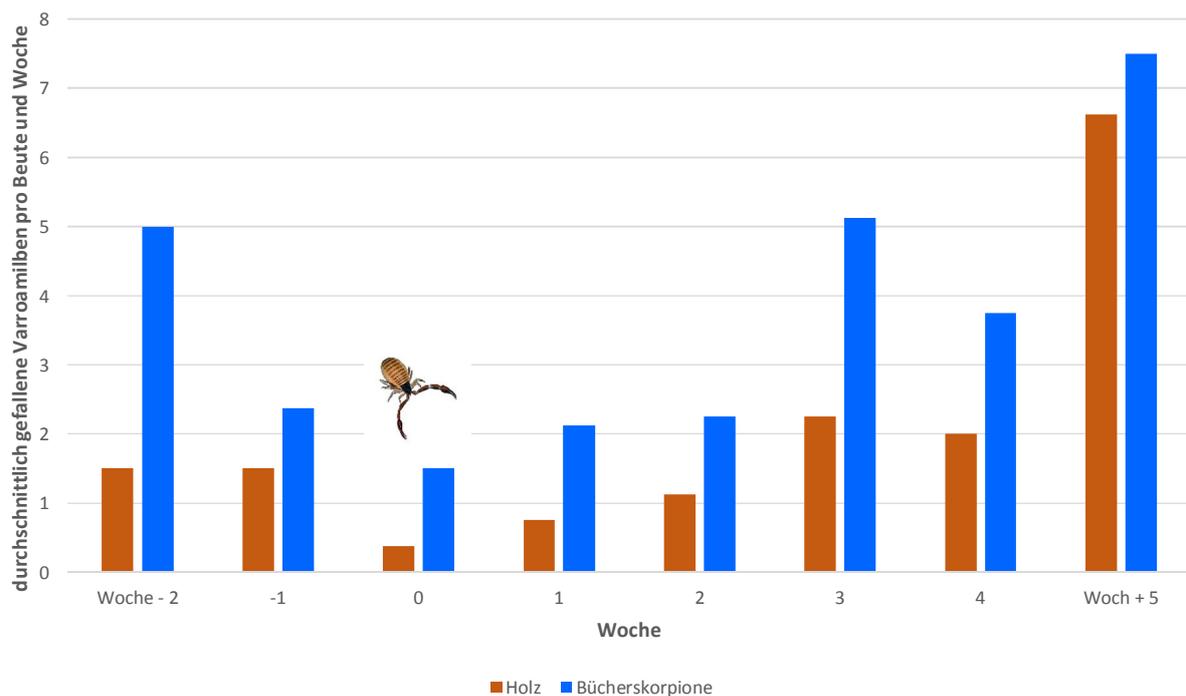
- Von Woche 22 (Ende Mai) bis etwa Woche 31 (Anfang August) war die Zahl der gezählten Varroamilben in allen Völkern unabhängig von Standort und Art der Beute gering.
- Von Anfang August an bis Mitte Oktober ergeben sich ein zunächst starker Anstieg der Milbenzahl und danach ein Abfall.
- Es fällt auf, dass die Milbenzahlen in den Styroporbeuten zwar hohe Werte erreichen, danach aber schnell wieder abfallen.
- In den Holzbeuten steigen die Zahlen etwa eine Woche länger an, verbleiben dann aber nicht 2 Wochen (wie in den Styroporbeuten) sondern 3 Wochen auf hohem Niveau.
- Während der Wochendurchschnitt der gezählten Varroamilben in den Styroporbeuten (KW 36) und in den Holzbeuten (KW 37) bis auf 240 ansteigt, ist der höchste Wochendurchschnitt in den mit Bücherskorpionen besiedelten Beuten bei 135 Milben und fällt schon eine Woche später wieder auf unter 100 Milben ab.

- Ab Woche 42 sind in den Holzbeuten, auch in den mit Bücherskorpionen besiedelten, etwas höhere Milbenzahlen ermittelt worden als in den Styroporbeuten.

Ein weiteres wichtiges Ergebnis ist, dass alle Völker, die zusammen mit Bücherskorpionen lebten, bis Januar 2018 überlebt haben. Im Gegensatz dazu starben bis Dezember 2017 vier der anderen Völker, 3 in Holz- und eines in einer Styroporbeute.

Eine weitere interessante Frage ist, wie sich die Zahl der gefallenen Varroamilben als direkte Reaktion auf das Einsetzen der Bücherskorpione entwickelt. Die folgende Abbildung 15 zeigt daher die Entwicklung der Zahl der gefallenen Milben in den beiden Wochen vor dem Einsetzen der Bücherskorpione und in den fünf Wochen danach. Die Zeitskalen der einzelnen Beuten wurden hier so übereinander geschoben, dass die Woche des Einsetzens der Bücherskorpione jeweils über einander liegt. Die Daten stehen hier also nicht jeweils für die gleiche Kalenderwoche. Die Abbildung zeigt die Durchschnittswerte aus 8 Beuten, die Beuten H3, in die die Bücherskorpione erst in KW 31 eingesetzt wurden, und M3, in der dies erst in KW 35 der Fall war, wurden hier ausgeschlossen, da diese Termine zu dicht an der Zeit der hohen Varroazahlen lag und die Effekte rund um das Einsetzen nicht mehr erkennbar gewesen wären.

**Abbildung 15: Durchschnittswerte der gefallenen Varroamilben in je 8 Holzbeuten mit und ohne Bücherskorpione in je zwei Wochen vor und fünf Wochen nach dem Einbringen der Bücherskorpione**



Quelle: eigene Darstellung, der Bücherskorpion markiert die Woche, in denen die Bücherskorpione in die Völker eingebracht wurden

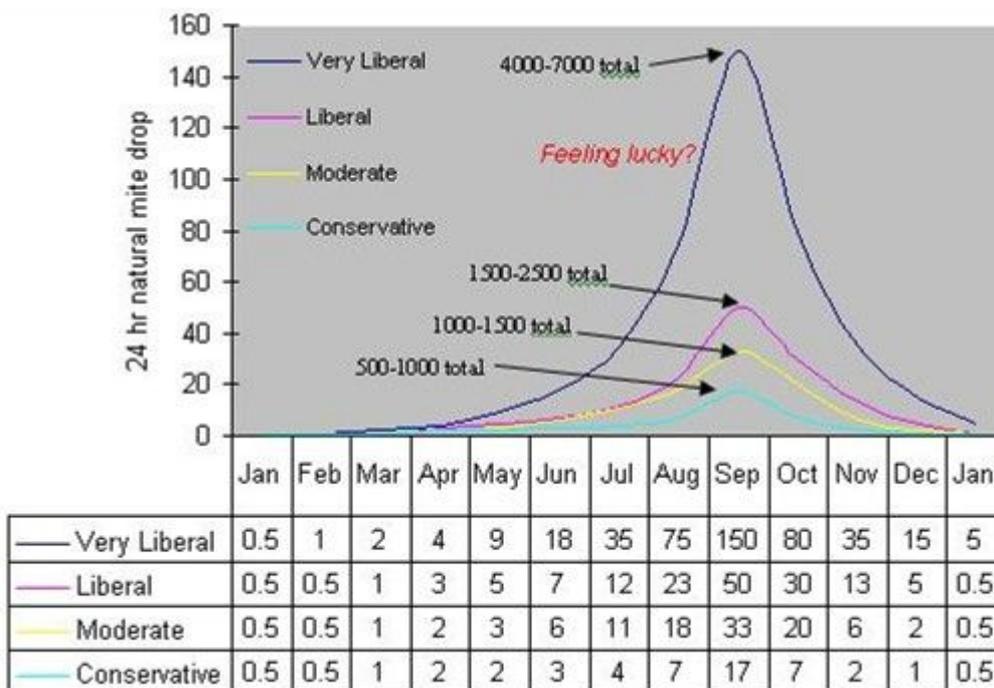
Es wird deutlich, dass eine direkte Reaktion auf das Einsetzen der Bücherskorpione nicht beobachtet werden kann. Während nach dem Einbringen von Ameisensäure oder ApiLifeVar ein direktes Ansteigen der Zahlen zu beobachten sein kann, ist ein vergleichbarer Effekt hier nicht zu beobachten.

Während der Arbeiten konnte festgestellt werden, dass Bücherskorpione auch abwandern. So wurden z.B. bei den Auszählungen in Volk C1 (Styroporbeute ohne Bücherskorpione) 2 tote Bücherskorpione entdeckt. Weitere Bücherskorpione fanden sich in einem Volk des benachbarten Imkervereins, die etwa 10 Meter von den Völkern der Schülerfirma entfernt stehen. Es ist möglich, dass einzelne Bücherskorpione sich von Bienen in andere Völker transportieren ließen (Phoresie). Wir können also nicht ausschließen, dass Kontroll-Völker auch eine geringe Zahl an Bücherskorpionen enthielten. Wir hätten dies auch nicht vermeiden können, da ja für die notwendige Vergleichbarkeit der Standorte die Unterbringung auf dem selben Bienenstand unerlässlich war.

#### 4.4 Fazit und Ausblick „Bücherskorpione als Varroabekämpfer“

Die erhobenen Daten erscheinen im Licht anderer Quellen als plausibel. Oliver (2018) publiziert z.B. empfohlene Schwellenwerte für die Behandlung gemessen am natürlichen Milbenfall in jeweils 24 Stunden, die von konservativ bis sehr liberal reichen. Die Daten beziehen sich auf ein gemäßigtes Klima mittlerer Breite. Die höchsten Milbenzahlen fallen im September und damit zeitlich versetzt zur höchsten Zahl der Bienenbrut und der Bienen im Frühsommer. Höhere Milbenspiegel deuten darauf hin, dass das jeweilige Volk behandelt werden muss.

Abbildung 16: Natürlicher Milbenfall pro Tag und pro Jahr und Behandlungsschwellen



Quelle: Oliver 2018

Gemessen an den in der Grafik enthaltenen Jahreswerten lassen sich die Messwerte unserer Messreihe (vgl. Tabelle 3) wie folgt zuordnen. Dabei wurde zusätzlich den in Tabelle 2 dokumentierten Daten zum Milbenfall von Woche 22 bis Woche 52 auch die Daten der Wochen 1 bis 21 berücksichtigt.

**Tabelle 3: Zuordnung der Versuchsbeuten anhand des jährlichen Milbenfalls zu den Klassen der Ausprägung des Milbenbefalls von Oliver 2018**

Natürlicher Milbenfall pro Jahr	Völker in Styroporbeute	Völker in Holzbeute	Völker mit Bücherskorpionen
Bis 500	A1, B1, C1, E1, K1, L1	A2, B2, C2, D2, F3, J2,	A3, D3, E3, M3
500 bis 1.000	F1		B3, C3, H3
1.000 bis 1.500	D1	F2, G2, G3, L2, M2	L3
1.500 bis 2.500	H1, J1	K2, H2	J3, K3
2.500 bis 4.000	G1, M1		
4.000 bis 7.000		E2	

Quelle: eigene Darstellung

Auch der Kurvenverlauf der gefallenen Milben über das Jahr (vgl. Abbildung 13) entspricht weitgehend dem von Oliver dokumentierten Kurvenverlauf mit dem ausgeprägten Maximum von August bis Oktober. Die hier gefundene Ähnlichkeit lässt keine Zweifel an der Richtigkeit der im Projekt durchgeführten Arbeiten aufkommen.

Aufbauend auf den grundsätzlich plausiblen Ergebnissen kann gefolgert werden, dass auch das zumindest für den Vergleich mit der Holzbeute statistisch signifikante Ergebnis, dass der Varroabefall in den Beuten mit Bücherskorpionen geringer ist, weder Zufall noch ein Messfehler ist. Vielmehr ist hier mit der notwendigen statistischen Aussagekraft (Power) der Nachweis gelungen, dass durch das Einbringen von Bücherskorpionen in entsprechend vorbereitete Holzbeuten die Intensität des Varroabefalls wirksam reduziert werden kann.

Die in Forscher- wie Imkerkreisen seit einigen Jahren bestehende Hoffnung (siehe Kapitel 2), dass der Bücherskorpion ein zur Reduktion der Varroabelastung geeigneter Nützling sei, konnte bisher nur durch Schiffer (2013 b) anhand eines einzelnen Volkes bestätigt werden. Die Überlegungen von Donovan und Paul (2005), Donovan et al. (2009), Read et al. (2013) sowie die bisher nicht eindeutig aussagekräftigen Arbeiten von van Toor (2016a und b) sollten auf Basis unserer Ergebnisse weitergeführt werden.

Es ist an dieser Stelle deutlich darauf hinzuweisen, dass der Einsatz von Bücherskorpionen als Varroabekämpfer keinesfalls mit dem Einsatz gängiger organischer Säuren (Ameisen- oder Oxalsäure) und auch nicht mit dem Einsatz von Thymol gegen Varroa kombiniert werden darf. Alle diese Mittel führen zum Tod der Population von Bücherskorpionen, wobei die Bücherskorpione zwar den Einsatz von Oxalsäure u.U. überleben können, die Oxalsäure aber die gesamte Mikrofauna im Bienenstock tötet und so kein Futter für die Bücherskorpione mehr da ist. Wie der Einsatz der Bienensauna oder des „Varroa-Killer-Sound“ auf eine Population von Bücherskorpionen oder die Mikrofauna im Bienenstock wirkt ist nicht untersucht worden.

Deutliche Zweifel kommen am Ende des Projektes auf, ob die hohe Zahl von 150 Bücherskorpionen wirklich erforderlich war, um die Varroazahlen deutlich zu reduzieren. Um die notwendige Zahl abzusichern, wäre ein Vergleich durchzuführen, in dessen Rahmen z.B. in jeweils zwei Bienenvölker je 150, 80, 40, 20 und ggf. auch nur 10 Bücherskorpione im Frühjahr eingesetzt werden. Durch Auszählung des

Varroafalls von Juli bis Oktober könnte die Wirksamkeit der Bücherskorpione gegen die Varroa abhängig von deren Anzahl verglichen werden.

Für die Weiterführung der Arbeiten muss eine Reihe von Hinweisen festgehalten werden. Es erscheint z.B. aussichtsreich, die im Projekt erprobten Modifizierungen der Holzbeuten für eine artgerechte Haltung von Honigbienen und Bücherskorpione weiter voranzutreiben. Dabei ist auf folgendes zu achten

- Die Konstruktion doppelwandiger und wärmeisolierter Bruträume aus Holz könnte den Nachteil der geringeren Temperatur in den Holzbeuten mindern, wobei die Honigräume einwandig aus Holz bestehen können.
- Eine Füllung der Zwischenwände mit der Nistmischung aus Stroh, morschem Holz und Borke würde Rückzugsräume und Bruthabitate für Bücherskorpione schaffen.
- Die Beuten sollten geschlossene Böden (vgl. Abbildung 4) und ggf. diffusionsoffene Deckel haben.

Das Arbeiten mit Styroporbeuten ist dagegen nicht zu empfehlen. Die Ergebnisse von Schiffer deuten darauf hin, dass die elektrostatische Aufladung von Styropor den Orientierungssinn der Bücherskorpione einschränkt und Styroporbeuten damit keinen guten Lebensraum für sie darstellen.

Weiter wäre es wichtig, Bücherskorpione erfolgreich in Bienenvölkern oder separat von diesen zu halten und zur Fortpflanzung zu bringen. Hierzu ist sehr spezifisches Fachwissen aus der Biologie der Spinnentiere notwendig oder ggf. neu aufzubauen. Die sehr begrenzten Erfolge bei der Vermehrung von Bücherskorpionen in einem Terrarium (vgl. Kapitel 3.3) machen ein wenig Hoffnung darauf, auch diese Herausforderung in der Zukunft meistern zu können.

## 5 Forschung mit Schülerinnen und Schülern

### 5.1 Pädagogischer Ansatz

Schulintern sollte zunächst das Interesse am Projekt geweckt werden. Der gewählte Lösungsansatz sollte unter ökologischen, biologischen und sozialen Gesichtspunkten im Zusammenhang mit dem jeweiligen Lehrplan in den Fächern Gesellschaftslehre und Naturwissenschaften besprochen werden. Erforderliches Anschauungs- und Informationsmaterial lieferte dabei das geplante Projekt. Dazu war der Bau eines „Gläsernen Bienenvolkes“ geplant und umgesetzt, das im Schulgarten aufgestellt wurde. Das Leben in diesem Bienenstaat wird mit Hilfe einer Kamera in die Pausenhalle übertragen. So bot das Vorhaben die Möglichkeit, das handwerklich-technische Verständnis der Schülerinnen und Schüler zu fördern und Berufsbilder aus diesem Bereich vorzustellen, da bei der Planung und der Konstruktion der Zargen und des Gläsernen Bienenvolkes mit zwei ortsansässigen Handwerksmeistern (Kurt Kritten (Elektromeister), Johann Meyer (Tischler)) zusammengearbeitet wurde, die beide seit Jahren kontinuierlich mit der Schülerfirma Imkerei der IGS-List zusammenarbeiten.

Die aktive Forschung wurde von den in 2016 aktuell 33 Mitgliedern der Imker-AG und der Schülerfirma Imkerei durchgeführt. Am Bau des Schaukastens und des Gläsernen Bienenvolkes waren einzelne Schüler aus der Forscherklasse 7f beteiligt. Im Rahmen des Unterrichts sollten sich alle 120 Schülerinnen und Schüler der Jahrgänge 7, 9 und 10 z.B. im Rahmen der Themen Ökosysteme, Nahrungsmittelproduktion, Stoffwechsel und globales Handeln mit Aspekten dieses Projektes beschäftigen.

Innerhalb der zweijährigen Projektphase sollte neben der eigentlichen Forschung auch erprobt und dokumentiert werden, welche Aspekte des Themas sich in welcher Jahrgangsstufe besonders für eine fächerübergreifende Integration eignen. Erfolgreiche Beispiele wurden im Austausch mit Kollegen anderer Schulen, z.B. in dem 2009 von der IGS List ins Leben gerufenen Lehrer-Fortbildungsnetzwerk

NIQU ([www.niqu-region-hannover.de](http://www.niqu-region-hannover.de)) besprochen werden. Sie können die nachhaltig orientierte Außen- und Innenentwicklung der Schule unterstreichen.

Um die genannten Ziele zu erreichen, wurde an den beiden Teilprojekten „Forschungsvorhaben“ und „Implementierung des Projektes in den Schulalltag und den Unterricht“ parallel gearbeitet.

## 5.2 Projektkommunikation intern und extern

In der Pausenhalle standen dem Projekt 3 Posterwände ständig zur Verfügung. Hier konnten aktuelle Ergebnisse, Fotos von Tagungsbesuchen etc. präsentiert werden. Neue Ankündigungen wurden so von anderen Schülern leicht gefunden. Interessierte Mitschüler und andere Arbeitsgruppen der Schule konnten so leicht Kontakte knüpfen. Im Laufe der zwei Jahre der Projektlaufzeit fanden zahlreiche Präsentationen statt.

Interne Präsentationen:

- Projekt-Auftaktveranstaltung am 22.4.2016 mit zahlreichen geladenen Gästen in der IGS List,
- am Wahlsonntag in der IGS-List am 11.9.2016,
- Projektvorstellung am Tag der offenen Tür der IGS List am 3.3.2017,
- vor Besuchergruppen aus Belarus, Serbien und Malawi,
- beim Fest der IGS List zum 25. jährigen Schuljubiläum am 12.9.2017,
- Vortrag vor Lehrern aus Bremen in der IGS List am 11.01.2018.

Externe Präsentationen:

- Beim Regionsentdeckertag am 4.9.2016 im Bauernhausmuseum „Wöhler-Dusche-Hof“ in Isernhagen,
- auf dem Hegermarkt in Engelbostel am 18.9.2016,
- anlässlich der Auszeichnung „Umweltschule in Europa“ durch Kultusministerin Heiligenstädt am 22.9.2016 in Hildesheim,
- Im Niedersächsischen Umweltministerium am 24.9.2016 auf persönliche Einladung des Umweltministers Stefan Wenzel,
- auf dem Weihnachtsmarkt in Langenhagen am 2. - 4.12.2016,
- beim Genossenschaftsverband Niedersachsen vom 14. - 15.2.2017,
- bei der niedersächsischen Schülerfirmenmesse am 15.2.2017 an der EXPO-Plaza,
- Ausstellung der ausgegliederten Jugend-Forscht Arbeit von Laurin Mathes und Adriaan Wiegang im Rahmen der Vorstellung der Jugend Forscht Projekte Niedersachsen in der Leibniz-Universität-Hannover am 23. und 24.2.2017 (1. Platz für die Standpräsentation),
- Projektpräsentation im Rahmen des OCF-Kongresses der Robert Bosch Stiftung am 5.5.2017 in Bremerhaven,
- im Rahmen der Veranstaltung „FahrKultour“ der Stadt Langenhagen am 21.5.2017 in Godshorn,

**Abbildung 17: Auszeichnung durch Kultusministerin Heiligenstädt in Hildesheim**



- auf der Messe „IdeenExpo“ vom 10. bis 18.6.2017,
- beim Umweltforum des Schulbiologiezentrums Hannover am 3.9.2017,
- im Rahmen der Projektwoche der IGS Süd Langenhagen.

Weiter wurde das Projekt auf der Internet-Seite der IGS List dargestellt.

In der Presse wurde mehrfach über das Projekt berichtet (Hannoversche Allgemeine Zeitung, AZ, Neue Hannoversche Presse, Langenhagener Echo, SchulZeit der IGS List).

### 5.3 Erfahrungen der Forschung mit Schülerinnen und Schülern

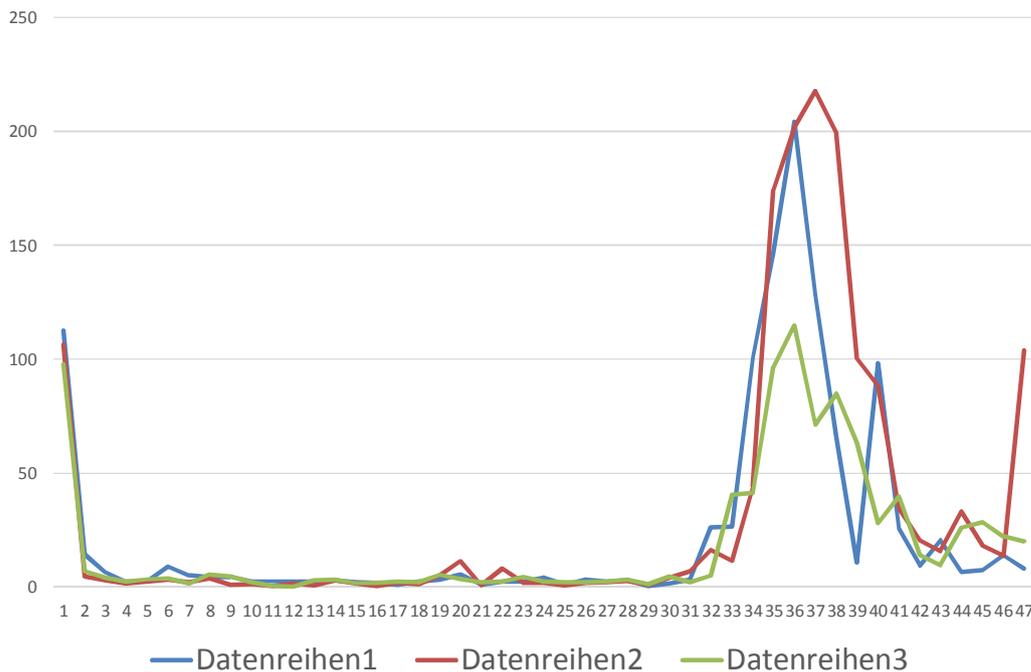
Zu Beginn des Projektes besuchten die beteiligten Schüler der Forscherklasse der IGS Hannover-List den 7. Jahrgang; bei Projektende besuchten sie den 9. Jahrgang. Sie befanden sich also in einem Alter, in dem sie sich für ihren weiteren Ausbildungsweg entscheiden müssen. Im Lehrplan ist eine Einführung in wissenschaftliches Arbeiten in dem jetzt erlebten Umfang nicht vorgesehen. Den Schülern konnte bisher auch in keinem anderen Zusammenhang gezeigt werden, wie wissenschaftliche Forschung verläuft und wie eng dabei ggf. verschiedene wissenschaftliche Disziplinen in einem Projekt zusammenarbeiten.

Besonders im ersten Projekt-Jahr haben die Schüler gelernt:

- mit Misserfolgen umzugehen und
- Fehler zu identifizieren und aus ihnen zu lernen.

In diesem Zusammenhang lernten sie weiterhin, Informationen zu suchen und angebotenes Informationsmaterial vergleichend zu lesen. Im Verlauf des Projektes hatte die Gruppe vielfach die Möglichkeit, eigene Ergebnisse zusammenzufassen und externen Besuchern in der Schule oder auf Tagungen zu präsentieren. Sie lernten, Informationen auf Postern oder Powerpoint Präsentationen darzustellen. Im Laufe der verschiedenen anfallenden Arbeiten hatten alle Teilnehmer die Möglichkeit, eigene Interessen und Fähigkeiten zu erkennen und Aufgaben entsprechend zu verteilen.

**Abbildung 18: Auswertung der Forscherklasse: Mittelwerte der Milbenzahlen von KW 1 bis KW 47 in 2017**



Quelle: Forscherklasse 9f IGS List, Datenreihe 1: Styroporbeuten, Datenreihe 2: Holzbeuten, Datenreihe 3: Bücherskorpione, Daten nicht bereinigt

Besonders im Verlauf des zweiten Jahres setzte eine Routine im Projekt ein. Die Schüler kannten ihre Aufgaben und mussten Arbeiten wie das Zählen gefallener Milben immer wieder durchführen. Nachdem sie im ersten Jahr mit Fehlern und Ausfällen zu kämpfen hatten, erkannten sie nun, dass Forschung auch etwas mit Ausdauer und Verlässlichkeit zu tun hat. Die verschiedenen Präsentationen verlangten zudem eine konkrete Terminplanung. Die Teilnehmer mussten zu einem bestimmten Zeitpunkt Arbeiten abgeschlossen und Ergebnisse in präsentierbarer Form aufgearbeitet haben. Sie lernten, wieviel Arbeit mit der Vorbereitung solcher Präsentationen verbunden ist und sie lernten ihre eigene Leistungsfähigkeit einzuschätzen.

Insgesamt haben die Teilnehmer am Beispiel des gewählten Themas einen guten Überblick über wissenschaftliches Arbeiten im Bereich der Naturwissenschaften bekommen. Sie können somit ihre jeweilige Entscheidung zum weiteren Ausbildungsgang auf einer fundierten Grundlage treffen. Natürlich hoffen wir, dass zumindest einige Schülerinnen und Schüler für das Gebiet der Naturwissenschaften interessiert werden konnten.

### 5.3.1 Erfahrungsbericht Hans-Jürgen Ratsch, Fachbereichsleiter Naturwissenschaften der IGS List

**Allgemeine Resonanz:** Das Thema: „Bienensterben“ ist seit einigen Jahren so akut, dass es vielfältigen Niederschlag in den Medien findet. Im Winter 2016/2017 sind bundesweit ca. 170.000 Bienenvölker gestorben, das entspricht etwa 25% aller in Deutschland gehaltenen Bienenvölker. Die Suche nach Ursachen und Lösungsmöglichkeiten für dieses Problem gestaltet sich schwierig. Entsprechend hoch ist das Interesse der Medien, der Imkerverbände und Vereine, der Schulen mit Imker-AGs, der Umwelt- und Naturschutzorganisationen und v.a.m. an alternativen Konzepten der Honigbienenhaltung. Von

allen genannten Institutionen kamen Anfragen bezüglich unseres Forschungsprojekts. Viele Gruppen besuchten unsere Schule und informierten sich über das Projekt.

**Qualität der von den Schülern erarbeiteten Ergebnisse:** Die Forscherklasse 8f (2016/2017), 9f (2017/2018) der IGS List erstellte in Zusammenarbeit mit der Imkerei-AG und der Schülerfirma Imkerei der IGS List das Forschungskonzept, plante die Aufstellung der Beutentriplets in unterschiedlichen Ökosystemen der Region Hannover und wertete wöchentlich die Zahlen der gefallenen Varroamilben aus. Bei der Auswertung waren die Forscherlehrer (Herr Ratsch, Frau Mitschke), Herr Johannes Leng (Projekthelfer) und FÖJ-lerinnen, sowie in Einzelstunden Herr Prof. Dr. Huchzermeyer (Leibniz-Universität-Hannover) und Frau Dr. Hoppe (Didaktische Leiterin der IGS List) dabei und unterstützten und kontrollierten die Zählungen und die Bestimmung von Funden im „Gemüll“ der Bienenvölker. Dadurch konnte eine hohe Qualität der erarbeiteten Ergebnisse sichergestellt werden. Gleiches gilt für die Erstellung der Präsentationen der Schüler über zahlreiche Unterthemen dieses Projekts und für die Vorstellung der Projektergebnisse.

**Erkenntnisgewinn der Schüler bezüglich des Zusammenhangs von Umwelt und Gesellschaft:** Die Schüler erkannten im Verlauf des Projekts den unmittelbaren Zusammenhang zwischen der Bestäubungsleistung der Honigbienen und dem Ertrag landwirtschaftlicher und gärtnerischer Produkte. Durch den Kontakt mit Delegationen aus Afrika (Malawi), Belarus, Serbien und vielen deutschen Gemeinden und deren hohem Interesse an unserem Projekt wurde den beteiligten Schüler sehr deutlich, wie wichtig diese Forschung für die Erhaltung einer intakten Umwelt und einer florierenden Landwirtschaft ist.

#### **Nachhaltigkeit des Projekts (fächerübergreifende Integration von Teilaspekten des Projekts in den Unterricht bzw. Schulalltag)**

Eine Schülergruppe der Forscherklasse 9f (2016/2017) von Frau Rautmann beschäftigte sich mit dem Thema „Zucht von Bücherskorpionen“.

Die Forscherklasse 6f der IGS List (Herr Rode) arbeitete mit am Thema: „Bücherskorpione als Varroabekämpfer“.

Alle Klassen der 7. Jahrgänge (2016/2017 und 2017/2018) informierten sich im Rahmen des Lernzirkels „Honigbienen – Insekten – Wirbellose“ bei Besuchen am Standort der Schülerfirma Imkerei e.G. in Langenhagen über das Forschungsprojekt.

Aus dem Projekt ging eine Schulpartnerschaft mit der Jacaranda School in Malawi (Ostafrika) hervor, in deren Folge der Jahrgangleiter, Herr M. Warfsmann, die Didaktische Leiterin der IGS List, Frau Dr. Hoppe, die Schülerin Greta Scholz (Vorstandsmitglied der Schülerfirma „Imkerei der IGS List“) nach Malawi flogen und die Möglichkeiten der Gründung einer „nachhaltigen Schülerfirma Imkerei“ in der Jacaranda School eruierten. Zwei Mitglieder der Schülerfirma Imkerei (Leon Antonijevic und Hans Rinke) flogen im September 2017 für ein Jahr nach Malawi im Rahmen eines FSJ, um den Aufbau einer nachhaltigen Imker-Schülerfirma dort zu realisieren.

Das Projektteam „Jugend forscht“ des 10. Jahrgangs (Laurin Mathes, Adriaan Wiegand) erarbeitete ein ausgekoppeltes Forschungsprojekt zum Thema: „Feuchtigkeit und Temperatur in verschiedenen Bienenbeuten“ (Mathes und Wiegand 2017) betreut durch Frau Dr. Hoppe. Die Projektpräsentation in der Leibniz-Universität-Hannover wurde dort 1. Preisträger für die beste Präsentation.

**Resonanz der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit:** Das Projekt wurde bei vielen Veranstaltungen vorgestellt, die Resonanz war durchweg sehr positiv.

**Schulungen und Fortbildungen der Projektbeteiligten:** Verschiedene Projektbeteiligte aus den Forscherklassen 6f und 9f sowie aus der Imkerei-AG und der Schülerfirma Imkerei der IGS List nahmen an

externen Veranstaltungen teil, so am LAVES-Bieneninstitut in Celle, 2017 und bei der Jahreshauptversammlung des Vereins „Beenature e.V.“ in Hamburg, 2017

**Monitoring des Beutenkäfers:** Es erfolgte die Unterstützung des Monitorings von Dr. Boecking, LAVES Bieneninstitut in Celle durch die Überprüfung von gefundenen Käfern auf Beutenkäfer in 2017 und 2018 sowie die Erarbeitung einer PPT Präsentation zum Beutenkäfer durch Greta Scholz, Forscherklasse 8f in 2017.

### 5.3.2 Erfahrungsbericht von Johannes Leng, Angestellter des Projekts

Ich beschäftige mich seit meiner frühen Kindheit mit Wirbellosen und anderen Tieren. Angefangen hat dieses damit, dass ich bei uns im Hof immer die Blumentöpfe hoch hob und guckte, was da heute so unterwegs war. Die meisten Arten kannte ich aus meinem Kosmos-Naturführer, in dem auch der Bücherskorpion beschrieben war, der mich aber nicht weiter interessierte, da ich weder ihn, noch einen anderen Pseudoskorpion fand, den ich hätte mit ihm verwechseln können.

Je älter ich wurde, desto seltener schaute ich schließlich unter den Blumentopf. Zunehmend interessierte ich mich für exotische und meist auch wesentlich größere Insekten (z.B. Phasmoden, Mantiden und unterschiedliche Schaben-Arten) und Spinnentiere (z.B. Vogelspinnen, Geißelspinnen und Skorpione), wie man sie hält und ganz besonders, wie man sie züchtet. Was für Skorpione in ein Kinderzimmer gehören interessierte mich dagegen nicht so sehr.

Vor ca. zwölf Jahren fing ich dann mit dem Imkern an. Ich wusste zwar nach wie vor, wie ein Bücherskorpion zumindest auf dem Bild aussieht, jedoch der Zusammenhang zu den Bienen war mir nicht, oder nicht mehr bekannt. Auch lernte ich das Imkern, wie die meisten, in einer Segeberger Styropor-Beute und machte mir keine Gedanken darüber, welchen Einfluss diese schon sehr unnatürliche Behausung auf die Bienen und eventuell sogar auf die Gesundheit des Imkers haben könnte. Natürlich gefiel es mir nicht, Chemikalien oder Medikamente im Bienenvolk gegen Varroamilben anzuwenden, es schien aber eine Notwendigkeit zu sein.

Darüber, dass eine Styropor-Beute auf Grund ihres Innenklimas logischer Weise eine ideale Brutstätte für pathogene Keime und Schimmelsporen ist, auch wenn man diese nicht sieht, wie Prof. Dr. Jürgen Tautz in einem seiner Vorträge erwähnte, habe ich nicht nachgedacht. Dieses ist nur eines von vielen Beispielen in denen ich im Laufe des Projekts dazu angeregt wurde, meine imkerliche Betriebsweise zu hinterfragen, was als Jungimker ohne hin schon sehr oft vorkommt. Jeder Imker kennt wahrscheinlich den Spruch: „10 Imker, 12 Meinungen und am Ende kann man nur ausprobieren, was einem logisch erscheint und sich seine Betriebsweise zusammen basteln.“

Jedoch muss unbedingt vermieden werden, dass Imker, die nicht ausreichend Informationen über die Bedürfnisse der Bücherskorpione im Bienenvolk haben, anfangen Bücherskorpione zu sammeln und auf Kosten der Tiere „experimentieren“. Der Bücherskorpion steht auf der Vorwarnliste, der roten Liste. Bestände von Bücherskorpionen erholen sich auf Grund ihrer Reproduktionsrate sehr langsam. Dieses durfte ich selbst an einem meiner Anfangs erfolgreichsten Fangorte miterleben, nachdem ich merkte wie offensichtlich die Population an diesem Fangort abnahm stellte ich meine Suche dort selbstverständlich ein. Ein Jahr später fuhr ich wieder hin um nachzusehen ob sich der Bestand z.B. durch Zuwanderung neuer Tiere oder Fortpflanzung regeneriert hat. Ich musste enttäuscht feststellen dass ich etwa so wenige Tiere finden konnte, wie bei meinem letzten Besuch.

Außerdem konnte ich immer wieder bei meiner Arbeit feststellen, wie wenig über diese Art noch bekannt ist und dass viele Informationen über diese Tiere kursieren, welche falsch oder unzureichend sind.

So kann ich zum Beispiel nicht bestätigen dass sich Bücherskorpione überwiegend auf dem Boden im Bienenvolk aufhalten, ganz im Gegenteil, dort habe ich sie am allerwenigsten angetroffen. Auch gelten

Bücherskorpione allgemein als Lichtscheu. Ich konnte sie aber auch schon beim augenscheinlichen Sonnen außen an der Beute beobachten.

Während meiner Arbeit habe ich immer wieder versucht, aus meinen Erfahrungen mit anderen Spinnentieren zu profitieren und Rückschlüsse zu ziehen. So bin ich zum Beispiel davon ausgegangen, den Kannibalismus der Bücherskorpione gut einschätzen und regulieren zu können. Mit Sicherheit besteht auch beim Bücherskorpion wie bei allen kannibalischen Arten, welche mehr oder weniger in Gruppen zusammen leben, ein Zusammenhang zwischen Kannibalismus und Platz- sowie Nahrungsangebot. Bei Bücherskorpionen scheinen aber auch noch weitere Faktoren eine Rolle zu spielen, welche weiter erforscht werden sollten. Auch erhoffte ich mir das Bücherskorpione eventuell wie echte Skorpione unter Schwarzlicht fluoreszieren, was mir zum einen die Suche eventuell erheblich erleichtern hätte und zum anderen vielleicht einen weiteren Einblick in das natürliche Verhalten bei Nacht oder langfristig im Bienenvolk ermöglicht hätte. Leider ist dem nicht so. Aber natürlich haben auch Bücherskorpione viele Ähnlichkeiten zu echten Skorpionen und ganz besonders zu anderen Spinnentieren wie zum Beispiel Geißelspinnen im Jagd- und Fortpflanzungsverhalten.

Viele Fragen über den Bücherskorpion, die im Laufe des Projekts auftraten, blieben jedoch ungeklärt. So hatte ich zum Beispiel den Eindruck, dass Bücherskorpione an unterschiedlichen Fangorten unterschiedliche Verhaltensweisen z.B. im Revierverhalten an den Tag legen. Dieses ließ sich allerdings offensichtlich nicht durch die Populationsdichte oder das Nahrungsangebot erklären. Außerdem hatte ich an einigen Fangorten zum Frühjahr sehr wenig Erfolg, obwohl ich zur gleichen Zeit an anderen Fangorten sehr erfolgreich war. Später entpuppten sich die Fangorte, an denen ich vorher kaum Tiere finden konnte, als meine Erfolgreichsten. Auch dies ließ sich nicht immer logisch erklären.

Aus diesen Gründen ist es sehr wichtig, mehr über die Bücherskorpione und ihre Bedürfnisse zu erforschen, um Zuchtmöglichkeiten zu optimieren und interessierten Imkern die Möglichkeit zu geben, Bücherskorpione langfristig optimal in den Bienenvölkern als natürlichen Fressfeind der Varroamilbe einsetzen zu können.

### 5.3.3 Erfahrungsbericht von SchülerInnen der Forscherklasse

In diesem Bericht wollen wir, Luca-Nic Maaser und Hedi Younes Belkhiret, Schüler der Klasse 9F der IGS-List, über unsere Erfahrungen mit unserem Projekt „Bücherskorpione als Varroamilben-Bekämpfer“ erzählen. Wir gehören dem Projekt seit dem Anfang, im März 2016 an. Nun sind wir Ende Februar 2018 und wir können gar nicht fassen wie schnell die Zeit verging. Es waren zwei unglaublich aufregende und schöne Jahre, die uns das Projekt bereitete. Es gab Höhen und Tiefen, die unsere Klassengemeinschaft stark gefestigt haben. Wir können uns noch sehr gut an den Tag erinnern an dem uns Herr Ratsch erzählte, wir könnten die Bienen und damit sogar die ganze Welt retten. Natürlich waren sofort alle gefesselt und wollten mehr über das Projekt erfahren, doch wir alle konnten noch nicht glauben, dass unsere Klasse etwas so überragendes vollbringen könnte. Jedoch haben wir uns geirrt. Wir haben es geschafft mithilfe der Bücherskorpione die Varroamilben zu bekämpfen.

Während des Projektes kümmerten wir uns um die Presse und Berichte über das Projekt. Das bedeutete, dass eine große Verantwortung auf uns lastete. Wir haben versucht einigermaßen regelmäßig Berichte zu schreiben und Bilder zu machen, um der Außenwelt einen größeren Einblick in unser Projekt zu gewähren.

Wir haben gelernt immer durchzuhalten und immer konzentriert bei der Arbeit zu bleiben. Dazu war es eine tolle Erfahrung mit einem so großen Team an einem Projekt zu arbeiten und man hat eine Menge neuer Leute kennengelernt. Unser persönliches Interesse an den Naturwissenschaften hat sich nicht geändert, da wir allgemein Jobs im Visier haben, die eine ganz andere Richtung einschlagen, doch

es hätte auf jeden Fall dazu kommen können, wenn wir uns bei unserer momentanen Jobperspektive nicht so sicher wären.

Unsere Familien und Bekannten haben recht positiv auf unser tolles Projekt reagiert. Meine Eltern (Luca) haben sich gefreut dass wir so ein Projekt durchführen können.

#### 5.3.4 Erfahrungsbericht von Prof. Bernd Huchzermeyer, Leibniz-Universität Hannover

**Wirkung innerhalb der Schule:** Das Projekt wurde innerhalb des Projektunterrichtes an der IGS-List etabliert. Entsprechend wurde das Thema von den Schülerinnen und Schülern als regulärer Bestandteil des Unterrichtes wahrgenommen. Zwischenergebnisse und Vorbereitungen für Poster-Präsentationen wurden auf besonderen, fest installierten Stellwänden in der Pausenhalle präsentiert. Dort wurde auch ein Monitor aufgestellt, auf dem kontinuierlich die Aktivität eines Bienenvolkes verfolgt werden konnte. Dadurch erlangte das Projekt innerhalb der Schule besondere Aufmerksamkeit. Aktuelle Arbeiten und Ergebnisse konnten in weiteren Unterrichtseinheiten aufgegriffen werden

**Wahrnehmung durch die teilnehmenden Schüler:** Die Schülerinnen und Schüler der damaligen Jahrgangsstufe 7 gingen zunächst davon aus, dass sie bei Befolgung aller Anweisungen quasi sofort eine Lösung des Problems, also ein Rezept zur Bekämpfung der Varroamilbe finden würden. Die erste Überraschung war daher, dass sie zunächst erst einmal nach umfassender Recherche selber ein detailliertes Konzept für das Projekt entwickeln mussten. Danach mussten die selbst entwickelten Beuten-Triplets gebaut und an ausgewählten Standorten aufgestellt werden. Schließlich mussten auch noch Bücherskorpione gesammelt werden. Auch anschließend gab es nicht nur positive Ergebnisse. Vielmehr mussten Ergebnisse interpretiert und mögliche Fehler gesucht werden.

Wissenschaftliches Arbeiten war bisher im Unterricht zwar angesprochen worden, offensichtlich hatten Schüler der Jahrgangsstufe 7 bisher aber noch keine Vorstellung über umfassende Projektplanung größerer Projekte und mögliche Dauer von Projekten entwickelt. Sie zeigten sich erstaunt darüber, dass immer wieder die gleichen Arbeitsschritte durchgeführt werden mussten. Erst nach mehreren Wochen wurde den Schülern bewusst, wie wichtig die exakte Dokumentation von Arbeitsschritten und von anschließend erzielten Ergebnissen ist. Innerhalb der Forscherklasse einigte man sich dann aber sehr schnell darauf, eine standardisierte Protokollführung zu benutzen. Die teilnehmenden Schüler verstanden auch schnell, wie wichtig eine Terminplanung ist und dass man sich zur Durchführung der einzelnen Arbeitsschritte verlässlich absprechen muss. In diesem Zusammenhang fanden alle schnell heraus, wer für welche Arbeiten ein besonderes Geschick hat, und dass das Projekt letztlich von der Summe aller einzelnen Beiträge lebt.

**Wissenschaftliches Ergebnis des Projektes:** Die Fragestellung war, ob Bücherskorpione zur Bekämpfung der Varroamilbe in Bienenvölkern geeignet sind. Dazu musste die Entwicklung von Bienenvölkern und der darin auftretenden Milben Population während eines ganzen Jahres beobachtet werden. Die wichtigste Frage war, ob das Bienenvolk einen Milben-Befall überlebt. Um das Ergebnis statistisch absichern zu können, bildeten die Schüler 13 Teams, die die entsprechenden Beobachtungen unabhängig voneinander durchführten. Nach Abschluss der Experimente im ersten Jahr sollten erzielte Ergebnisse im zweiten Jahr verifiziert werden. Als Maß für den Milbenbefall wurden wöchentlich gefallene Milben in einem für die Zählung hergerichteten Einschub unter dem Bienenkorb bestimmt und mikroskopisch untersucht. Diese Vorgehensweise ist derzeit „wissenschaftlicher Standard“.

Die Auswertung der Resultate des ersten Jahres zeigte lediglich Mängel in der Versuchsdurchführung und dem Aufbau der einzelnen Stationen auf. Diese wurden umfassend analysiert und Maßnahmen zur Verbesserung wurden entwickelt und umgesetzt, Für eine „wissenschaftliche Auswertung“ eigneten

sich nur die Ergebnisse des zweiten Jahres. Diese neuen Ergebnisse sind allerdings von beeindruckender Qualität. Sie werden in der Ergebnis-Dokumentation vorgestellt. Es ist den Schülern also gelungen, innerhalb der Gruppe eine beeindruckende Qualität und Verlässlichkeit in ihrer Arbeitsweise einzuhalten. Die Daten der Milben-Zählungen sind statistisch auswertbar. Wichtigstes Ergebnis ist, dass zwar Völker nach Milben-Befall trotz der unter Imkern üblichen Behandlung mit Oxalsäure gestorben sind; es haben demgegenüber aber alle Völker bis zum Ende der Versuchszeit zum Jahreswechsel 2017/2018 überlebt, in denen Bücherskorpione lebten. Auch wenn die Ergebnisse statistisch abgesichert werden konnten, müssen diese natürlich nochmals reproduziert werden.

**Als Projektpartner investierte Arbeit:** Als Projektpartner waren meine Beiträge primär in der Planungs- und Start-Phase und während der Auswertung der Ergebnisse gefragt. Zunächst stellte ich Beispiele aus der Projektplanung an einer Universität vor. Dazu erläuterte ich, wie Ergebnisse protokolliert werden können, wie man Projektabläufe zunächst zeitlich plant, um im Laufe eines Projektes Erfolge messen und Projektverläufe steuern zu können. Im ersten Projektjahr klangen diese Anregungen für die Schüler offensichtlich noch recht theoretisch. Schüler erinnerten sich aber im zweiten Jahr und fragten gezielt nach, um ihre Arbeiten entsprechend auszurichten.

Besonders wichtig war die Unterstützung beim Erlernen von Arbeitsgängen. Beim Mikroskopieren wollte jeder Schüler sein Mikroskop möglichst sofort richtig einstellen und klare Bilder sehen. Der betreuende Lehrer konnte aber immer nur einem Schüler zurzeit helfen. Jeder zusätzliche Betreuer war in dieser Anfangsphase willkommen.

Ähnlich wichtig war meine Unterstützung bei der abschließenden Auswertung der Messwerte am Computer. Die Nutzung von Programmen wie Excel ist nun mal kein angeborenes Verhalten. Da die Geräte in der Schule nicht vernetzt sind, musste jeder Gruppe die Auswertung am Bildschirm individuell gezeigt werden. Bei der Gestaltung der Grafiken etc. zeigte sich dann schnell, wie geschickt Schüler die demonstrierten Arbeitsschritte kombinieren können. Alle Projektteilnehmer identifizierten sich inzwischen mit dem Vorhaben und waren bereit, auch außerhalb der regulären Schulzeit, an der Gestaltung ihrer jeweiligen Präsentation zu arbeiten.

**Beurteilung der Planungsphase:** Die theoretischen Grundlagen wurden im regulären Unterricht erarbeitet. Die Fragestellung: „Wie kann man Bienen vor der Varroamilbe schützen“ leuchtete den Schülern ein. Das Problem bestand also zunächst darin, theoretisches Wissen in praktisches Handeln umzusetzen. Der nächste Schritt war dann, den Materialbedarf abzuschätzen, das Projekt in einzelne Phasen zu gliedern und den jeweiligen Zeitbedarf abzuschätzen. Wie nicht anders zu erwarten, überschätzten sich die Schüler erheblich in ihrer Zeitplanung. Hinzu kamen „technische Probleme“. Für den Einsatz von Bücherskorpionen mussten sogenannte Beuten selbst gebaut werden, damit Bücherskorpione einen Unterschlupf finden konnten. Das Material musste wetterfest gestrichen werden und konnte erst nach Abtrocknung weiterverarbeitet werden. Auch den Betreuern war nicht bekannt, dass der Trocknungsvorgang mehrere Tage dauern würde. Dieser Arbeitsschritt dauerte auch dadurch unerwartet lange, weil durch Platzmangel das Material für 26 Beuten nur portionsweise bearbeitet werden konnte. Ein weiteres Problem stellte die Beschaffung der Bücherskorpione dar. In der Planungsphase wurden diese Tiere zunächst als „lieferbar“ angeboten. Als dieses Angebot zurückgezogen wurde, musste das Projektteam selbst Tiere suchen und sammeln.

Die Summe dieser „Pannen“ führte letztlich dazu, dass sich Ergebnisse des ersten Jahres nicht statistisch absichern ließen. Die Teilnehmer entmutigte dies aber keineswegs. Es entstand für mich als externen Beobachter vielmehr der Eindruck, dass die Schüler das erste Teilergebnis als eine Herausforderung ansahen. Sie beschlossen gemeinsam mit ihrem Lehrer eine Liste von Verbesserungen, die im zweiten Jahr tatsächlich komplett umgesetzt wurde.

**Beurteilung der Zusammenarbeit innerhalb des Projektes:** Die Zusammenarbeit fand auf drei Ebenen statt: (a) Während meiner Präsenz im Unterricht (b) in gemeinsamen Projekt Planungs-Sitzungen nach

dem Unterricht und (c) im regelmäßigen Austausch von E-Mails. Auf diesem dritten Weg erhielt ich z.B. alle Protokolle und Datensätze des Projektes.

Bei meinen Besuchen in der Forscherklasse war ich „der Gast“, dem die Schüler ihre Ergebnisse präsentierten und mit dem sie ihre jeweilige Vorgehensweise diskutierten. Arbeitsaufträge und Konzepte wurden immer vom anwesenden Lehrer erteilt bzw. vorgestellt. Schüler fragten mich nach Arbeitsweisen in vergleichbaren Vorhaben an der Universität. Sie ließen sich gern beraten und ließen sich Methoden zeigen, Mikroskope justieren, etc.

In Gesprächen mit dem Lehrer oder der Schulleitung wurde ich eher wie ein „befeundeter Kollege“ angesprochen. Probleme wurden sehr offen diskutiert und es wurde anschließend nach einer Lösung gesucht. Besonders interessant war für mich der ungewohnte Umgang mit den Schülern. Auffällig war dabei, dass den Schülern bei jeder Gelegenheit signalisiert wurde, dass ihre Arbeit wertgeschätzt wird. Erfolge wurden stark herausgestellt. Fehler und insbesondere Fehlverhalten wurden zwar klar angesprochen, das Arbeitsverhalten der Schüler wurde aber primär über positive Rückmeldungen des Lehrers gesteuert. In den vor- und nachbereitenden Gesprächen konnte ich mich ideal auf Besuche in der Forscherklasse einstellen. Die Zusammenarbeit gestaltete sich somit ausgesprochen angenehm.

**Eigene Erfahrungen aus dem Projekt:** Während meiner Dienstzeit an der Universität hatte ich mehrfach Gelegenheit zu Schulbesuchen. Im Rahmen der Begabtenförderung (Deutsche SchülerAkademie) war ich mehrfach Kursleiter bzw. Akademieleiter. In dem Projekt an der IGS-List zeigte sich wiederum, wie leistungsfähig motivierte Schüler sein können. Besonders beeindruckend war für mich die Beobachtung, wie gut sich auch leistungsschwächere Schüler im Rahmen von Projektarbeit integrieren können. Sie finden recht schnell Aufgaben, die sie gut lösen können.

Das Projekt eignete sich besonders gut zur Entwicklung von Teamarbeit, weil sehr unterschiedliche Arbeiten zeitgleich durchgeführt werden mussten. Jeder Einzelbeitrag wurde von der Schülergruppe geschätzt. Daher konnten sich Schüler mit ihren unterschiedlichen Fertigkeiten gut integrieren und sich als „gleichwertiges Teil einer Gruppe“ fühlen.

Nachdem im ersten Projektjahr die Neugier der Schüler treibende Kraft war, wurden die Schüler im zweiten Projektjahr durch externe Wertschätzung zur Mitarbeit motiviert. In Gesprächen mit einzelnen Schülern versuchte ich, Verständnisfragen zu stellen. Dabei stellte ich einen deutlichen Lernerfolg fest. Nach meinem Eindruck lernten die Schüler während der Projektarbeit sehr schnell. Erfreulich war dabei, dass Schüler aus eigenem Antrieb Fragen stellten, um besser bzw. erfolgreicher arbeiten zu können. An amerikanischen Universitäten ist „active learning“ gerade ein Thema. Ich war erstaunt, wie weitgehend sich diese Methode im Rahmen von Projektarbeit auch auf junge Schüler übertragen lässt, und wie tief diese Schüler in eine Thematik eingehen, an der sie interessiert sind.

**Einschätzung der Nachhaltigkeit des Projektes hinsichtlich der Anwendung der Ergebnisse:** Aus eigener Erfahrung weiß ich, wie „konservativ“ Imker in ihrer Arbeit sind. Die etablierten Methoden, begleitet von strengen Kontrollen, haben zur verlässlichen Produktion von hochwertigem Honig geführt. Neuen Ideen steht man entsprechend skeptisch gegenüber. Viele Imker betreiben Imkerei als Hobby neben ihrem Beruf und bleiben diesem Hobby auch als Rentner treu. Daher wurden Arbeitserleichterungen, wie standardisierte Maße der Beuten und leichtes Material (Styropor), etc. eingeführt.

Die Ergebnisse aus dem zweiten Projekt-Jahr der Schüler zeigen, dass der Einsatz von Bücherskorpionen eine Alternative zur bisher verbreiteten Behandlung der Völker mit Oxalsäure bzw. Ameisensäure sein kann. Diese neue Methode würde aber bedeuten, dass die vorhandenen Beuten entweder ersetzt oder zumindest umgerüstet werden müssten.

Die Ergebnisse der Schüler müssten in jedem Fall weiter abgesichert werden (Wiederholung der Versuche). Auch nach einer Bestätigung der Ergebnisse wird sich der Einsatz von Bücherskorpionen in der Imkerei wohl nur langsam durchsetzen. Ein nicht zu unterschätzender Faktor wird dabei die derzeit

geringe Verfügbarkeit von Bücherskorpionen sein. Dies letzte Problem wurde allerdings bereits von einer weiteren Schülergruppe an der IGS-List aufgegriffen: Diese Gruppe untersucht, wie sich Bücherskorpione vermehren und halten lassen.

**Bereitschaft der IGS weitere Projekte zu initiieren:** Projektarbeit in Forscherklassen ist quasi ein Markenzeichen der IGS-List. Der jetzt erzielte Erfolg motiviert die Kollegen natürlich, weiterhin Projekte durchzuführen. Die aktuelle Arbeit hat zu neuen Kontakten geführt. Daraus ist die Idee entstanden künftig noch stärker als bisher mit Projekten anderer Schulen zu kooperieren.

**Aus dem Projekt abgeleitete künftige Angebote für Schüler bzw. die IGS:** Auch an anderen Schulen findet man Arbeitsgemeinschaften und Schülerprojekte, die sich mit dem Thema Imkerei beschäftigen. Auch diese Gruppen leiden unter dem Befall der Bienenvölker durch die Varroamilbe. Daher wurde das aktuelle Projekt intensiv beobachtet und der jetzt erzielte Erfolg sprach sich schnell herum. Inzwischen fanden gegenseitige Besuche statt. Zu den entwickelten Ideen gehörte u.a. die gemeinsame Vermarktung von Honig der verschiedenen Standorte in Hannover: Unter dem Slogan „So schmeckt Hannover“ wurde ein „Sixpack“ Honig über das Tourismus Büro in Hannover angeboten. Innerhalb weniger Wochen wurde die gesamte Honig-Ernte der 6 beteiligten Schulen so an Besucher verkauft.

Die Stadt Hannover ist verschiedene Städtepartnerschaften eingegangen. Seit 1968 besteht eine Partnerschaft mit Blantyre, Malawi. Die Partnerschaft konzentrierte sich zunächst auf der Ausbildung von Krankenschwestern und, im Rahmen eines 2-jährigen EU-Projektes, auf der Entwicklung von Fair Trade Projekten. Aus dem Interesse an Imkerei entwickelt sich nun die erste Schulpartnerschaft zwischen Blantyre und Hannover.

**Einstellung der Schüler gegenüber Forschung:** Schülerinnen und Schüler der Forscherklasse haben innerhalb von 2 Jahren (mit bewundernswerter Ausdauer) Projektforschung kennengelernt. Obwohl sich Arbeiten, wie das montägliche Zählen gefallener Milben, monoton wiederholten, wurden alle Aufgaben verlässlich und (nach entsprechender Einarbeitungszeit) mit erstaunlicher Präzision durchgeführt. Besonders im ersten Projektjahr lernten die Schüler viele grundlegende Dinge: (1) Die Bedeutung einer umfassenden Planung, sowohl bezüglich Materialbedarf als auch der Zeitfenster für einzelne Arbeitsgänge. (2) Die Definition von Zielen der einzelnen Arbeitsschritte und die Bewertung der Qualität der Produkte. (3) Anfertigung gut strukturierter Protokolle.

Die Schüler brachten recht deutlich zum Ausdruck, dass sie einzelne Aufgaben nicht liebten. Sie haben aber alle Arbeitsaufträge erfüllt, weil sie zunächst neugierig waren und im weiteren Verlauf des Projektes nicht aufgeben, sondern „zum Team gehören“ wollten. Bestimmt werden sich nur wenige Schüler für einen Beruf in der Forschung entscheiden. Sie haben aber erkannt, welchen Reiz Forschung ausüben kann, insbesondere, wenn man sich als Teil einer Forschergruppe versteht.

Auf die Frage, was an Forschung am wenigsten gefallen hat, war die mehrheitliche Antwort: Alles dauert so lange. Es konnten sich aber alle Schüler gut vorstellen, auch in der Oberstufe wieder an einem Forschungsprojekt teilzunehmen.

Einige Schüler interessierten sich dafür, mit eigenen Forschungsprojekten an Wettbewerben teilzunehmen. Das Alter der Teilnehmer des Jahrganges erwies sich dabei allerdings als Hemmnis: Während einige Schülerinnen und Schüler noch am Wettbewerb „Schüler Experimentieren“ hätten teilnehmen können, wurden ihre Freunde jeweils schon dem Wettbewerb „Jugend Forscht“ zugeordnet. Das Interesse an Forschung ist sehr offensichtlich geweckt. Mit einer Teilnahme an Wettbewerben ist in den kommenden Jahren sicher zu rechnen.

Die teilnehmenden Schüler sind naturwissenschaftlicher Forschung gegenüber positiv eingestellt. Im Verlauf des Projektes hat sich diese positive Einstellung eher verstärkt. Insbesondere können sie sich nun besser vorstellen, wie Projekte geplant, durchgeführt und ausgewertet werden.

## 5.4 Fazit und Ausblick zur Forschung mit Schülerinnen und Schülern

Die Durchführung der Arbeiten an einer Schule war eine große Chance, den naturwissenschaftlichen Unterricht zu bereichern, stellte aber auch eine Herausforderung dar. Die Qualifikation der am Forschungsprojekt beteiligten Schüler entsprach nicht der Qualifikation wissenschaftlicher Beschäftigter oder Hilfskräfte, wie sie an einer Universität oder anderen professionellen Forschungseinrichtung eingesetzt würden. Die Schüler-Arbeitsgruppen arbeiteten nicht vollständig reproduzierbar.

Dennoch gelang es Messungen über ein Jahr in guter Qualität durchzuführen. Die Auswertungen der Daten aus der Zeit von Mai bis Dezember 2017 führte zu Ergebnissen, mit denen der statistisch aussagekräftige Nachweis der Wirksamkeit von Bücherskorpionen als Varroabekämpfer erstmals gelang.

Auch werden die Ergebnisse von Kollegen, insbesondere aus dem Kreis anderer Schulen und von Imkern, bereits recht ernst genommen. Die Ergebnisse bestätigen erste Beobachtungen von Schiffer (2013a). Die erzielten Ergebnisse können daher Ausgangspunkt für weitere wissenschaftliche Untersuchungen sein.

Für weitere und mehrjährige Forschungen müssten umfangreiche Veränderungen am Material und hohe Personalkosten eingeplant werden, weshalb wir im Rahmen der Schule IGS-List eine Verlängerung des Projekts nicht realisieren können.

Wichtig ist, dass auf der Grundlage der in unserem Projekt gewonnenen Erfahrung weiter geforscht wird. Die Ergebnisse lassen erkennen, dass Bücherskorpione eine positive Rolle bei der Bekämpfung der Varroamilbe spielen können. Die Weiterarbeit am Thema könnte einen Beitrag dazu leisten, dass unsere Bienen und damit unsere Ernährungsgrundlage bei den zu bestäubenden Ertragspflanzen eine Zukunft haben.

## 6 Quellen

- Allsopp, M. (2006): Analysis of Varroa Destructor infestation in south african honeybee populations. Master Thesis. Universität von Pretoria.
- Andrade, R. De; Gnaspini, P. (2002): Short Communication: Feeding in Maxcheres Iporangae (Pseudoscorpiones, Chernetidae) in Captivity. The Journal of Arachnology 30 (2002) S. 613–617. Tertierved [http://www.americanarachnology.org/JoA\\_free/JoA\\_v30\\_n3/ arac-30-03-613.pdf](http://www.americanarachnology.org/JoA_free/JoA_v30_n3/ arac-30-03-613.pdf) 25.2.2018.
- Beenature-Projekt (2018): Der Bücherskorpion. Website. Retrieved [http://beenature-project.com/epages/6aa71639-792d-4a95-9e8c-00453bab9a49/de\\_DE/?ObjectPath=/Shops/6aa71639-792d-4a95-9e8c-00453bab9a49/Categories/Aktuelle\\_Forschungen1491521048885/B%C3%BCcherskorpionfor schung](http://beenature-project.com/epages/6aa71639-792d-4a95-9e8c-00453bab9a49/de_DE/?ObjectPath=/Shops/6aa71639-792d-4a95-9e8c-00453bab9a49/Categories/Aktuelle_Forschungen1491521048885/B%C3%BCcherskorpionfor schung) 25.2.2018.
- Donovan, B.J.; Paul, F. (2005): Pseudoscorpions: the forgotten beneficials inside beehives and their potential for management for control of varroa and other arthropod pests. Bee World 86, S. 83–87.
- Donovan, B.J.; Fagan, L.L.; Walker, M.Kk. et al. (2009): Research begins on native chelifers for control of varroa. NZ BeeKeep. 17, S. 23–24.
- Fagan, L.L.; Nelson W.R.; Meenken, E.D. et al. (2012): Varroa management in small bites. Journal of Applied Entomology 136, S. 473–475.
- Gerritsen, L. & Cornellissen, B. (2006): Biological Control of Varroa Destructor by fungi. Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting Volume 17.

- Guzman-Novoa, E.; Emsen, B; Unger, P. (2012): Genotypic variability and relationships between mite infestation levels, mite damage, grooming intensity, and removal of *Varroa destructor* mites in selected strains of worker honey bees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Invertebrate Pathology* 110 (2012) 314–320.
- Institut für Meteorologie und Klimatologie (2016): Aktuelle Messwerte für Hannover Herrenhausen und Ruthe. Online .
- LeConte, Y. (2008): The fight against *Varroa Destructor* - honey bee parasite. Integrated *Varroa* management. *Integrative Acarology Proceedings of the 6<sup>th</sup> European Congress*. S. 22-23.
- LeConte, Y.; Alaux, C.; Martin, J.F. et al. (2011): Social immunity in honeybees (*Apis mellifera*): transcriptome analysis of *varroa*-hygienic behavior. *Insect Molecular Biology* 20 (3), S. 399–408.
- Lin, Zheguang; Qin, Yao; Page, Paul et al. (2018): Reproduction of parasitic mites *Varroa destructor* in original and new honeybee hosts. *Ecology and Evolution*. 2018 S. 1–11.
- Mathes, L.; Wiegand, A. (2017): Messungen der abiotischen Faktoren in verschiedenen Beuten (Bienenstöcken). Untersuchung der Eignung verschiedener Typen von Bienenstöcken für die mit Honigbienen assoziierte Haltung von Bücherskorpionen. *Jugend-Forscht Beitrag der Integrierten Gesamtschule List 2017*.
- Meikle, W.G.; Sammataro, D.; Mercadier, G. (2012): Biological Control of Honey Bee Pests. In: Sammatar, D.; Yoder, J.A.: *Honey Bee Colony Health*. CRC Press. Boca Raton Florida. S. 55-62.
- Mondragon, L.; Martin, S.; Vandame, R. (2006): Mortality of mite offspring: a major component of *Varroa destructor* resistance in a population of Africanized bees. In: *Apidologie* 37(2006) S. 67–74.
- Oliver, R. (2018): IPM 4 Fighting *Varroa*4: Reconnaissance Mite sampling methods and thresholds. Website of “Scientific Beekeeping.com” Retrieved: <http://scientificbeekeeping.com/fighting-varroa-reconnaissance-mite-sampling/> 25.2.2018.
- Olafsson, E.; Ingulfsson, A.; Steinarsdottir M.B. (2001): Harpacticoid copepod communities of floating seaweed: Controlling factors and implications for dispersal. *Hydrobiologica* 453/454 (2001) S. 189 – 200.
- Ostiguy, N.; Sammataro, D. (2000): A simplified technique for counting *Varroa jacobsoni* Oud. on sticky boards. *Apidologie* 31 (2000) 707–716
- Pennsylvania State University (2018): Pseudoscorpions: Chelifer cancroides (L.). Website Insect Advice from Extension. Retrieved from <http://ento.psu.edu/extension/factsheets/pseudoscorpions> 25.2.2018.
- Read, S.; Howlett, B.G.; Donovan, B.J. et al. (2013): Culturing chelifers (Pseudoscorpions) that consume *Varroa* mites. *Journal of Applied Entomology*. November 2013
- Rosenkranz, P.; Aumeier, P.; Ziegelmann, B. (2010): Biology and control of *Varroa destructor*. In: *Journal of Invertebrate Pathology* 103 (2010) S. 96–119.
- Spivak, M. (1996): Honey bee hygienic behavior and defense against *Varroa jacobsoni*. *Apidologie* 27 (1996) 245 – 260.
- Schiffer, T. (2013a): Biologische Untersuchungen an mit Honigbienen assoziierten Pseudoskorpionen. Hamburg Germany, University Hamburg.

- Schiffer, T. (2013b): Weiterführende Forschungsarbeit 2008 bis 2013. Unveröffentlichtes Arbeitspapier. Hamburg.
- Schweizer, P. (2015): Klimatische Faktoren beeinflussen die Reproduktion der Varroa. In: Schweizerische Bienen-Zeitung 11 (2015) S. 14-16.
- Tautz, J.; Heidinger, A. (2014) Perfektes Klima in der Naturhöhle. *ADIZ, die biene, Imkerfreund* 12: S. 20–21.
- van Toor, R. (2016a): Can chelifers be made to control varroa mites in beehives? Poster auf der Apikultur Konferenz Neu Seeland vom 19. bis 21., Juni 2016.
- van Toor, R. (2016b): Ingestion of Varroa destructor by pseudoscorpions in honey bee hives confirmed by PCR analysis. *Journal of Agricultural Research* 2016.  
<https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1184845>
- Vidal-Naquet, N. (2015): *Honeybee Veterinary Medicine. Apis Melifera L.* 5M Publishing. Sheffield.