

Universität für Bodenkultur Wien

Masterarbeit

Soziale Informationstransmission im Anti-

Prädationsverhalten der Spinnmilbe

Tetranychus urticae

Anna Weissenböck

Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Abteilung für Pflanzenschutz

Betreuer

Ao.Univ.Prof. Dr. Peter Schausberger



Wien, im Februar 2014

Ich widme diese Arbeit meinen Eltern, da sie mich immer bedingungslos
unterstützt haben.

Danksagung

Als erstes möchte ich mich ganz herzlich bei meinem Betreuer Ao.Univ.Prof. Dr. Peter Schausberger bedanken. Ohne sein Wissen, seine Geduld und seine nahezu bedingungslose Verfügbarkeit über die gesamte Dauer der Masterarbeit wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Darüber hinaus bin ich auch der gesamten Gruppe für Arthropodenökologie und -verhalten zu Dank verpflichtet, vor allem Mag. Stefan Peneder und MSc Marian Gratzner, für ihre Hilfe im Labor und bei den Fotos.

Außerdem möchte ich mich bei meinen KollegInnen Thomas Hackl und Julia Freinschlag für ihr Korrekturlesen und die Hilfe beim Layout bedanken. Tom und Juli: Danke.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei Manuela Viktorik und Wilhelm Wohlmuth-Viktorik für die technische Hilfestellung und die Korrekturen meiner Arbeit.

Last but not Least: Danke an meine Freunde und meine Familie für die Unterstützung, die sie mir während meiner Masterarbeit und jeden Tag zukommen ließen und lassen.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Anti-Prädationsverhalten	3
1.2 Soziale Transmission von Information oder Verhalten und soziales Lernen	3
1.3 Behandelte Organismen	5
1.3.1 Allgemeine Informationen über <i>Tetranychus urticae</i>	5
1.3.2 Allgemeine Informationen über <i>Phytoseiulus persimilis</i>	7
1.4 Ziele der Arbeit	9
2. Material und Methoden	10
2.1 Pflanzen und Milben	10
2.1.1 Pflanzen	10
2.1.2 Milben.....	11
2.2 Experiment	12
2.2.1 Erste Phase.....	13
2.2.2 Zweite Phase.....	13
2.2. Statistische Analysen	15
3. Resultate	16
3.1 Phase 1	16
3.1.1 Aktivität der Demonstratoren.....	16
3.1.2 Gesamteiablage	17
3.1.3 Zeitpunkt der ersten Eiablage	17
3.2 Phase 2	18
3.2.1 Aktivität.....	18
3.2.2 Inter-individuelle Distanzen	21
3.2.3 Gesamteiablage pro Weibchen	22
4. Diskussion	23
Literaturverzeichnis	29
Abbildungsverzeichnis	33
Tabellenverzeichnis	35
Zusammenfassung	36
Abstract	37
Lebenslauf	38

1. Einleitung

Im Jahr 2013 betrug laut UNO die Weltbevölkerung rund 7,2 Milliarden Menschen. Prognosen sagen voraus, dass die Weltbevölkerung bis 2050 auf 9,6 Milliarden anwachsen wird (UN Press Release, 2013). Alle diese Menschen zu ernähren wird eine große Herausforderung für die Landwirtschaft darstellen. Um einerseits die Menschen ausreichend ernähren zu können und andererseits auch die Erhaltung natürlicher Ökosysteme für Pflanzen und Tiere sicherstellen zu können, sollten die Techniken und Methoden der Landwirtschaft umweltfreundlich und nachhaltig sein (Van Driesche und Bellows, 1996). Nach wie vor werden in der Landwirtschaft aber hauptsächlich synthetische chemische Pestizide eingesetzt, um Pathogene und pflanzliche und tierische Schaderreger kontrollieren zu können (Van Driesche und Bellows, 1996). Allerdings ist der wiederholte und massive Einsatz von Chemikalien meist nicht die effizienteste und umweltfreundlichste Antwort auf das Auftreten von pflanzenschädigenden Organismen und Viren (Hajek, 2004). Eine Alternative zu den synthetischen Chemikalien stellt die Biologische Kontrolle dar, sie ist Teil der Bemühungen die Weltbevölkerung nachhaltig zu ernähren (Van Driesche und Bellows, 1996).

Biologische Schädlingskontrolle bedeutet, Parasitoide, Räuber, Pathogene, oder konkurrierende Organismen so gegen Schädlinge einzusetzen, dass der Schaden, der durch sie verursacht wird, unter einer ökonomischen Schwelle gehalten wird (Van Driesche und Bellows, 1996). In der Biologischen Kontrolle gibt es grundsätzlich drei verschiedene Methoden (Van Driesche und Bellows, 1996):

- **Bewahrung:** vorhandene heimische Nützlinge werden gefördert um ihre Wirkung gegen Schaderreger zu steigern.
- **Import natürlicher Gegenspieler:** Exotische Antagonisten werden aus dem Herkunftsland der Schadorganismen nachgeholt, im Zielgebiet etabliert und gegen die entsprechenden Schädlinge eingesetzt.
- **Vermehrung und Freilassung:** die Nützlinge werden in Massen gezüchtet oder gesammelt und gegen die Schädlinge freigelassen (Van Driesche und Bellows, 1996).

Biologische Kontrolle gegen tierische Schaderreger wird hauptsächlich gegen Insekten (Homoptera, Diptera, Hymenoptera, Coleoptera und Lepidoptera etc.) und Milben (insbesondere Eriophyidae und Tetranychidae) eingesetzt (Van Driesche und Bellows, 1996). Andere Invertebraten, die mittels Biologischer Kontrolle bekämpft werden, sind z.B. Schnecken (Van Driesche und Bellows, 1996). Auch Vertebraten wie Ratten, Hasen oder Schafe stellen ein Ziel der Biologischen Kontrolle dar (Van Driesche und Bellows, 1996). Als wichtigste Antagonisten der verschiedenen tierischen Schädlinge dienen räuberische Insekten und Milben und

Parasitoide; diese werden makrobielle Gegenspieler genannt (Bale et al, 2008). Zusätzlich stehen mikrobielle Gegenspieler zur Bekämpfung verschiedenster tierischer Schaderreger zur Verfügung, wobei es sich hierbei um Nematoden, Viren, Bakterien oder auch Pilze handelt (Bale et al, 2008). In der Biologischen Kontrolle von Pflanzen werden neben den Mikroorganismen auch herbivor lebende Tiere eingesetzt, um die Verbreitung von unerwünschten Pflanzen zu verhindern (Bale et al, 2008).

Die Kontrolle der weltweit verbreiteten Gemeinen Spinnmilbe *Tetranychus urticae* Koch erfolgt auch heute noch oft mittels Akariziden und Insektiziden (Van Leeuwen et al, 2010). Die häufig auftretende und schnelle Entwicklung von Resistenzen der Spinnmilbe gegen chemische Komponenten (Van Leeuwen et al, 2010) und der Druck der Öffentlichkeit, weniger Chemikalien in der Landwirtschaft einzusetzen, hat dazu geführt, dass natürliche Gegenspieler wie die Raubmilbe *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot verstärkt zur Kontrolle von Spinnmilben eingesetzt werden (z.B. Skirvin et al, 2002). Die ersten kommerziell erzeugten Raubmilben wurden 1968 in der Biologischen Kontrolle eingesetzt, wobei *P. persimilis* überhaupt der erste, in Europa massenproduzierte natürliche Aantagonist war, der zur Biologischen Schädlingsbekämpfung verwendet wurde (Van Lenteren et al, 1997). Die Praxis der Massenzucht bzw. des Einsatzes von Raubmilben und anderen Nützlingen wurde seither kontinuierlich weiterentwickelt und heute werden weltweit rund 20 verschiedene Raubmilbenarten von über 50 kommerziellen Unternehmen gezüchtet und verkauft (Gerson und Weintraub, 2007).

Aus dem Blickwinkel der Biologischen Schädlingskontrolle werden Räuber-Beute-Interaktionen oft nur dann als wichtig erachtet, wenn sie im Konsum der Beutetiere durch ihre Räuber resultieren (Lima, 1998). Solche Effekte werden letale Effekte genannt. Allerdings üben Räuber gemeinhin auch nicht-letale Effekte auf ihre Beutetiere aus (Lima, 1998). Nicht selten reicht schon die bloße Anwesenheit eines Räubers, oder dessen Spuren, aus, dass Beutetiere ihr Verhalten ändern (sog. Anti-Prädationsverhalten), um dem Räuber zu entgehen (Lima, 1998). Diese Verhaltensänderungen führen oft zu reduzierter Reproduktion und einer geringeren Überlebensrate der Beutetiere (Nelson et al, 2004), welche sich in Folge auf ihre Populationsabundanz und Dispersion auswirken. Viele Anti-Prädationsverhalten werden nicht nur über den Räuber selbst, sondern auch über Spuren, welche die Räuberpräsenz anzeigen, ausgelöst (Kats und Dill, 1998). So können auch bereits getötete oder verletzte Artgenossen Auswirkungen auf das Verhalten der Beutetiere haben (Grostal and Dicke, 1999). Meine Arbeit befasst sich mit dem Anti-Prädationsverhalten der Spinnmilbe *T. urticae* gegenüber ihrem wichtigsten Gegenspieler, der Raubmilbe *P. persimilis*, und möglicher sozialer Transmission dieses Verhaltens innerhalb einer Spinnmilbengruppe.

1.1 Anti-Prädationsverhalten

In der Gestaltung des tierischen Verhaltens ist Prädation eine äußerst wichtige selektive Kraft (Sansom et al, 2009). Beutetiere haben im Laufe der Evolution viele verschiedene Strategien entwickelt, um ihren Räubern zu entgehen oder sich gegen diese zu wehren (Kats und Dill, 1998). Diese Strategien können morphologischer, physiologischer oder verhaltenstechnischer Natur sein (Kats und Dill, 1998). Wie viele andere Beutetiere haben auch Spinnmilben im Laufe der Evolution die Fähigkeit entwickelt, den Grad des Prädationsrisikos einzuschätzen und die Intensität ihrer Reaktion darauf anzupassen (z.B. Fernandez-Ferrari und Schausberger, 2013). Bereits frühere Arbeiten haben gezeigt, dass Spinnmilben verschiedene Räuber entsprechend ihrer Gefahr einschätzen können und dass *P. persimilis* das größte Gefahrenpotenzial für sie darstellt (z.B. Fernandez-Ferrari und Schausberger, 2013). Außerdem hat man auch schon herausgefunden, dass frühere Erfahrung von *T. urticae* mit einem Räuber das spätere Anti-Prädationsverhalten ändern kann (Hackl, 2013).

1.2 Soziale Transmission von Information oder Verhalten und soziales Lernen

Das Verhalten individueller Tiere kann mehr oder weniger stark durch das Verhalten ihrer Artgenossen beeinflusst werden (Nicol, 1995). Diese Beeinflussung kann z.B. zu ähnlich stark ausgeprägtem Zeigen von bereits vorhandenem Verhalten führen, so gestaltet sich Verhaltensübertragung in einer Gruppe (Nicol, 1995). Gerade diese Art der Beeinflussung ist besonders bei in Gruppen lebenden Tieren zu erwarten (Sweeting et al, 1985). Es gibt viele Gründe, warum Tiere in Gruppen leben. Das Leben in Gruppen kann das individuelle Prädationsrisiko verringern, das Reproduktionsverhalten im Hinblick auf die Partnersuche erleichtern und den Informationsaustausch vereinfachen (Parrish und Edelstein-Keshet, 1999).

Generell wichtig zu erwähnen ist, dass in der Literatur Begriffe wie soziale Transmission von Verhalten oder Information bzw. soziales Lernen und ähnliche Termini sehr unterschiedlich und uneinheitlich definiert werden. In meiner Masterarbeit gilt: Soziale Transmission von Verhalten bzw. Information bedeutet die Übertragung von Verhaltensweisen oder Information zwischen Individuen, welches letztlich beim Empfängerindividuum (Beobachter) ein ähnliches Verhalten auslöst wie im Sender (Demonstrator). Soziales Lernen bedeutet *sensu stricto*, dass beobachtende Tiere (Empfänger, Beobachter) durch soziale Transmission von anderen (Demonstratoren) Verhaltensweisen erlernen, die sie später dann auch allein durchführen können (Nicol, 1995).

Lernen ist die Veränderung in einem Tier, das durch ein bestimmtes Erlebnis zu einer bestimmten Zeit ausgelöst wird und dann auch später im Verhalten nachweisbar ist (Rescorla, 1988). Asoziales Lernen beinhaltet keine sozialen Interaktionen, im Gegensatz zu sozialem Lernen (Heyes, 1994). Soziales Lernen umfasst verschiedene, gering voneinander abgegrenzte Kategorien von Lernen; diese Kategorien sind nicht hierarchisch geordnet und es wird auch nicht nach der Art, in der sich das Gelernte im Verhalten niederschlägt, unterschieden (Heyes, 1994). Soziales Lernen kann über verschiedenste sensorische Kanäle erfolgen und kann z.B. auf visueller Basis, auf Geruch ("Mundgeruch" eines Artgenossen, welcher neues Futter gefressen hat) oder auch Gehör (Vögel, die voneinander Lieder lernen) beruhen (Nicol, 1995). Diese Beispiele können *sensu stricto* allerdings nur dann als soziales "Lernen" bezeichnet werden, wenn der Beobachter das Verhalten auch zeigt, wenn der Demonstrator anschließend nicht mehr anwesend ist (Nicol, 1995).

Studien über die soziale Transmission von Verhalten oder Information bzw. über soziales Lernen im engen Sinne wurden und werden vor allem vom Interesse dominiert, inwieweit tierische Individuen ein anderes Individuum imitieren oder eigene Verhaltensweisen weitergeben (Heyes, 1994; Galef, 1988; Whiten and Ham 1993). Die verschiedenen Kategorien des sozialen Lernens werden nach der Rolle des Demonstrators hinsichtlich der Erzeugung des passenden Verhaltens unterschieden (Heyes, 1994). Das Verhalten des Demonstrators oder seine Produkte (abgelegte Eier, Duftspuren,...) können z.B. a) die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass der Beobachter auf die Reize reagiert, mit denen der Demonstrator interagiert (lokale Verstärkung), b) die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass der Beobachter mit denselben Reizen reagiert wie der Demonstrator (Reizverstärkung), c) als unterschiedlicher Reiz auftreten (match-dependent-behaviour) oder d) als Modell innerhalb eines Ziel gerichteten Prozesses (Imitation) fungieren oder e) als Modell innerhalb eines nicht-Ziel-gerichteten Prozesses (Kopieren) fungieren (Heyes, 1994; Galef, 1988; Whiten und Ham, 1993).

Die Reizverstärkung (*social enhancement*) findet man in der Literatur auch unter *social facilitation*, welche laut Zentall und Galef (1988) so definiert ist, dass ein Verhalten, das bereits existiert, öfter oder auch stärker ausgeführt wird, wenn ein Artgenosse vorhanden ist. Soziales Lernen *sensu stricto* liegt hingegen dann vor, wenn ein Verhalten weitergeführt und beibehalten wird, auch wenn der Demonstrator nicht mehr anwesend ist (Zentall und Galef, 1988). Einerseits scheint soziales Lernen echte Imitation (Nachahmen mit einem bestimmten Ziel) zu beinhalten, andererseits sieht es so aus, als würde das Verhalten auf Emulation („Nacheifern“) beruhen (Galef, 1988). Auch die Begriffe "Imitation", "soziales Lernen" und "beobachtendes Lernen" werden in der Literatur teilweise für dasselbe Phänomen verwendet (Zentall und Galef, 1988). Jedenfalls implizieren die Begriffe "soziales Lernen" und „soziale Transmission von Verhalten

oder Information“ eine Abgrenzung zwischen individuellem (privatem) Lernen und Lernen von Artgenossen (Zentall und Galef, 1988). In dieser Arbeit sprechen wir von “Demonstrator” und “Beobachter”, da Begriffe wie “Lehrer” und “Schüler” nur im Sinne der oben genannten strikten Definition von “sozialem Lernen” verwendet werden sollen. Meine Masterarbeit befasst sich mit sozialer Transmission von Verhalten bzw. Information, welche letztlich auch zu sozialem Lernen führen kann aber nicht muss. Soziales Lernen *sensu stricto* bedingt, dass von Artgenossen gelernte Verhaltensweisen auch in deren Abwesenheit ausgeführt werden (Zentall und Galef, 1988). Dies wurde in meiner Studie nicht getestet.

1.3 Behandelte Organismen

Meine Arbeit befasst sich mit dem weltweit äußerst wichtigen Pflanzenschädling *Tetranychus urticae* und dessen Antiprädationsverhalten gegenüber ihrem natürlichen Feind, der Raubmilbe *Phytoseiulus persimilis*.

1.3.1 Allgemeine Informationen über *Tetranychus urticae*

Tetranychus urticae gehört zur Familie der Tetranychidae (Tabelle 1), i.e. der Spinnmilben, einer großen, rund 1200 Spezies umfassenden Familie (Gerson und Weintraub, 2007). Die Arten der Gattung *Tetranychus* spp., welche u.a. auch an zahlreichen Glashauskulturen vorkommen, spinnen relativ dichte Gewebe, welche ihre Verbreitung und ihren Schutz sicherstellen sollen (Gerson und Weintraub, 2007). Adulte Weibchen von *T. urticae* sind meist grünlich gefärbt mit zwei grossen dunklen Flecken (Abbildung 1), können aber je nach Population und Wirtspflanze auch zinnoberrot gefärbt sein. Diapausierende Weibchen sind immer blass rötlich gefärbt (Gerson und Weintraub, 2007). *Tetranychus urticae* ist ein ausschließlich phytophages Tier, dessen Wirtspflanzenkreis mehr als 1100 Pflanzenarten aufweist, das heißt diese Spinnmilbenart ist hoch polyphag (Dermauw et al, 2013).

Tetranychus urticae ist ein bedeutender Schädling an vielen landwirtschaftlich genutzten Pflanzen, inklusive Gemüse- und Zierpflanzen unter Glas (Gerson und Weintraub, 2007). Die Tiere sitzen vornehmlich auf der Blattunterseite, wo sie Saft aus den Pflanzenzellen saugen und so Schaden anrichten (Gerson und Weintraub, 2007). Die ersten Symptome von Spinnmilben-Fraß sind kleine, helle Punkte auf den Blättern, die bei anhaltendem Fraß ineinanderfließen und zu weißgrauen, irreparabel geschädigten Flecken führen (Helle and Sabelis, 1985a). Der Grad der Pflanzenschädigung hängt u.a. von der Spinnmilbendichte, den klimatischen Bedingungen, der Art der Wirtspflanze und deren Nährstoffgehalt und der Dauer des Befalls ab (Helle and

Sabelis, 1985a). *Tetranychus urticae* lebt in Kolonien, wobei auch schon herausgefunden wurde, dass sie manche Formen von gemeinsamen Verhaltensweisen – wie das gemeinsame Weben von Spinnfäden - zeigen (z.B. Le Goff et al, 2010). Auch die Aggregation und nachfolgende Verbreitung über ihre Spinnfäden (“Ballooning”) ist eine Aktivität, die sie gemeinsam machen, analog zu Spinnen (Araneae) und manchen Lepidopteren (Bell et al, 2005). Das Gewebe der Spinnfäden kann eventuell auch chemische Spritzmittel in ihrer Wirksamkeit hemmen oder behindern (Gerson und Weintraub, 2007).

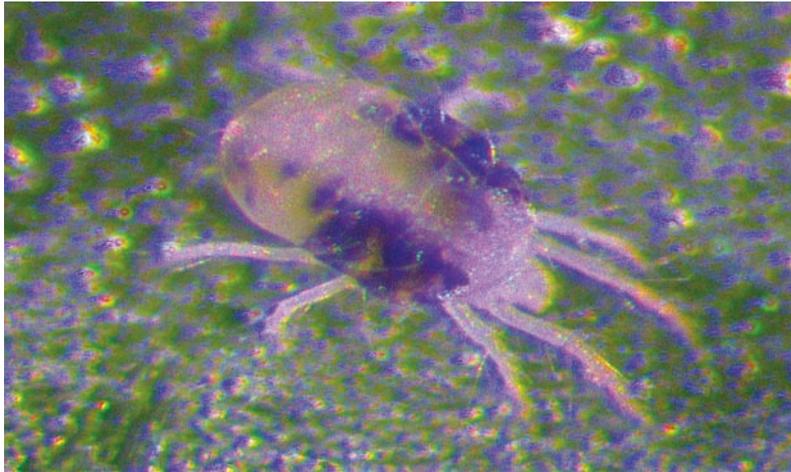


Abbildung 1: Adultes *Tetranychus urticae* Weibchen auf einem Bohnenblatt
(Foto: © MSc Marian Gratzner)

Die natürlichen Feinde der Spinnmilbe (z.B. die Raubmilbe *P. persimilis*) wurden durch den großzügigen Einsatz von synthetischen Pestiziden nach dem zweiten Weltkrieg in vielen Agro-Ökosystemen zurückgedrängt oder eliminiert und so konnte sich *T. urticae* zu einem weltweit bedeutenden Schädling entwickeln (Gerson und Weintraub, 2007). Die chemische Kontrolle von Spinnmilben ist besonders schwierig, da diese Tiere sehr schnell Resistenzen gegen chemische Bekämpfungsmittel entwickeln können (Van Leeuwen et al, 2010). Die rasche Resistenzentwicklung von *T. urticae* erfolgt u.a. aufgrund ihrer hohen Fruchtbarkeitsrate, Inzuchttoleranz, Arrhenotokie (Parthenogenese, bei der unbefruchtete Eier zu Männchen werden) und einem sehr kurzen Lebenszyklus (Van Leeuwen et al, 2010).

Tabelle 1: Taxonomische Einteilung der Spinnmilbe *Tetranychus urticae* Koch (nach Helle & Sabelis 1985a)

Taxon	Name
Reich	Animalia
Stamm	Arthropoda (Gliederfüßer)
Unterstamm	Chelicerata (Kieferklauenträger)
Klasse	Arachnida (Spinnentiere)
Unterklasse	Acari (Milben)
Ordnung	Trombidiformes
Familie	Tetranychidae
Gattung	<i>Tetranychus</i>
Spezies	<i>Tetranychus urticae</i> Koch

1.3.2 Allgemeine Informationen über *Phytoseiulus persimilis*

Phytoseiulus persimilis (Abbildung 2) gehört zur Familie der Phytoseiidae (Tabelle 2), welche eine große Familie (ca. 2000 beschriebene Arten) räuberisch lebender Milben darstellt (Gerson und Weintraub, 2007). Die Phytoseiidae kommen in fast allen Teilen der Erde vor, von der arktischen Tundra über die Alpen bis zum tropischen Dschungel (Helle und Sabelis, 1985b). Sie leben auf grünen Pflanzenteilen, in der Rinde und der oberen Humusschicht (Helle und Sabelis, 1985b).

McMurtry und Croft (1997) haben die Phytoseiidae in verschiedene Kategorien anhand ihres Fressverhaltens gegenüber Spinnmilben eingeteilt:

I.: *Phytoseiulus* spp., die sich ausschließlich auf *Tetranychus* spp., also Spinnmilbenarten die dichtes Gewebe produzieren, spezialisiert haben.

II.: Typ II Arten fressen zwar auch bevorzugt Spinnmilben, sind aber nicht auf *Tetranychus* spp. begrenzt, außerdem ernähren sie sich auch von Pollen und pflanzlichen Exudaten.

III.: Phytoseiidae dieses Typs sind Nahrungsgeneralisten, sie bevorzugen oft andere Beutetiere als Spinnmilben.

IV.: Typ IV Raubmilben ernähren sich hauptsächlich von Pollen.

P. persimilis gehört zum Typ I (nach Mc Murtry und Croft, 1997) und ist daher für die Spinnmilben ein äußerst gefährlicher natürlicher Gegenspieler. Diese Raubmilbe durchläuft bei 25 °C eine komplette Generation in weniger als einer Woche und jedes Weibchen kann rund 80 Nachkommen produzieren (Gerson und Weintraub, 2007). Es handelt sich hierbei um einen sehr mobilen, schnellen und aktiven Räuber, der sich beinahe ausschließlich von stark webenden Spinnmilben (*Tetranychus* spp.) ernährt (Gerson und Weintraub, 2007). Die gefräßigen Räuber verzehren als adulte Weibchen bei 25 °C bis zu 20 Spinnmilbeneier oder fünf adulte Stadien pro Tag (Skirvin und Fenlon, 2003). U.a. aufgrund ihrer hohen Fraßrate sind *P. persimilis* Populationen fähig, die Populationen ihrer Beutetiere in einem Pflanzenbestand komplett auszulöschen (Gerson und Weintraub, 2007).



Abbildung 2: *Phytoseiulus persimilis* Weibchen auf einem Bohnenblatt
(Foto: © Anna Weissenböck)

Tabelle 2: Taxonomie der Raubmilbe *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (nach Helle und Sabelis, 1985b).

Taxon	Name
Reich	Animalia
Stamm	Arthropoda (Gliederfüßer)
Unterstamm	Chelicerata (Kieferklauenträger)
Klasse	Arachnida (Spinnentiere)
Unterklasse	Acari (Milben)
Überordnung	Parasitiformes
Ordnung	Mesostigmata
Familie	Phytoseiidae
Gattung	<i>Phytoseiulus</i>
Spezies	<i>Phytoseiulus persimilis</i> Athias-Henriot

1.4 Ziele der Arbeit

Detaillierte Kenntnisse und ein umfassendes Verständnis der Interaktionen zwischen Räuber- und Beutetieren sind notwendig, um Biologische Schädlingskontrolle erfolgreich anwenden bzw. optimieren zu können. Je mehr man über eine schädigende Art bzw deren Interaktionen mit ihren Gegenspielern weiß, umso besser kann man diese auch kontrollieren. Ziel meiner Arbeit war es, herauszufinden, ob die Spinnmilbe *T. urticae* ihr Anti-Prädationsverhalten, ausgelöst durch Kontakt mit den Spuren des Räubers *P. persimilis*, an ihre Artgenossen weitergibt, d.h. ob eine Transmission der Information über das vorhandene Prädationsrisiko bzw. Transmission der Anti-Prädationsverhaltensweisen stattfindet. Als Räuber wurden *P. persimilis* Weibchen verwendet, da diese Spezies – nach McMurtry und Croft (1997) – diejenige ist, welche das höchste Gefahrenpotenzial für die Spinnmilbe *T. urticae* darstellt.

2. Material und Methoden

2.1 Pflanzen und Milben

In meinen Versuchen wurde die Gemeine Spinnmilbe *Tetranychus urticae* als Beutetier und die Raubmilbe *Phytoseiulus persimilis* als Räuber verwendet. In den Versuchen wurden die Spinnmilben den Raubmilben nicht direkt, sondern nur ihren auf Blättern hinterlassenen Spuren, ausgesetzt. Die Gartenbohne *Phaseolus vulgaris* wurde benutzt, um die Spinnmilben zu züchten und Blätter bzw. Blattscheiben für die Experimente zu gewinnen.

2.1.1 Pflanzen

Ganze Pflanzen der Gartenbohne *Phaseolus vulgaris* wurden für die Zucht der Spinnmilbe *T. urticae* herangezogen (Abbildung 3). Die für die Experimente verwendeten Bohnenpflanzen wurden unter standardisierten Bedingungen (20-25°C, 50-80% relative Luftfeuchte, L:D 16:8) aus sterilisierten Samen (var. Taylors Horticultural) herangezogen. Das Substrat der Pflanzen bestand zu 75% aus Gartenerde und zu 25% aus Blähton.



Abbildung 3: *Phaseolus vulgaris* Pflanzen, die für die Zucht von *Tetranychus urticae* bzw. die im Experiment verwendeten Blattscheiben benötigt wurden.

2.1.2 Milben

2.1.2.1 *Tetranychus urticae*

Die Gemeine Spinnmilbe *Tetranychus urticae*, die für die Experimente verwendet wurde, wurde auf Bohnenpflanzen unter standardisierten Bedingungen ($23\pm 2^\circ\text{C}$, $60\pm 10\%$ relative Luftfeuchte, L:D 16:8) auf ganzen Pflanzen gezüchtet. Aus dieser Stammpopulation wurden adulte Weibchen für die Versuche zufällig ausgewählt und auf Blattarenen transferiert. Eine Blattarena bestand aus einem Primärblatt, das mit der Oberseite nach unten auf einem feuchten Schwamm (14 x 14 x 5 cm), welcher mit feuchtem Filterpapier bedeckt war, gelegt wurde. Die Ränder des Bohnenblattes wurden mit feuchten Papiertuchstreifen abgegrenzt, um die Tiere am Flüchten zu hindern (Abbildung 4).

Der Schwamm wurde in einer Plastikschale (20 x 20 x 6 cm), die zur Hälfte mit Leitungswasser befüllt war, aufbewahrt. Diese Plastikschale wurde wiederum in eine größere Plastikwanne (44,5 x 34 x 9 cm) gestellt, welche bis zu einem Drittel mit Leitungswasser und einem Tensid – um die Oberflächenspannung des Wassers herabzusetzen – gefüllt war. Diese zusätzliche Barriere verhinderte, dass einzelne Tiere emigrierten oder andererseits Tiere von außerhalb immigrierten.



Abbildung 4: Blattarena, die für die Zucht von *Tetranychus urticae* und *Phytoseiulus persimilis* verwendet wurde.

Die Blattarenen wurden unter standardisierten Bedingungen (25°C, 60-80% relative Luftfeuchte, 16:8 L:D) in Klimaschränken aufbewahrt.

2.1.2.2 *Phytoseiulus persimilis*

Die Raubmilbe *Phytoseiulus persimilis* wurde verwendet, um Räuberspuren auf Blattscheiben zu generieren. Die für die Erzeugung der Räuberspuren verwendeten Raubmilbenweibchen wurden auf Blattarenen unter standardisierten Bedingungen (25±1°C, 60-80% relative Luftfeuchte, 16:8 L:D) gezüchtet. Aufbau und Größe der Blattarenen war ident zu den unter 2.1.2.1 beschriebenen Arenen. Die Raubmilben wurden mit Spinnmilben verschiedener Lebensstadien gefüttert, wobei die Spinnmilben von befallenen Bohnenblättern auf die Blattarena gebürstet wurden. Die Fütterung fand alle drei Tage statt.

2.2 Experiment

Das eigentliche Experiment bestand aus zwei Phasen. In beiden Phasen wurden kreisförmige Blattscheiben verwendet, die jeweils einen Durchmesser von 10 mm hatten und aus einem Bohnenblatt im Dreiblattstadium ausgestanzt wurden. Jede Blattscheibe wurde auf einer Wassersäule in den zylindrischen Kammern (á 12 mm Durchmesser) einer Kunststoffplatte (12 x 8 cm) platziert, sodass die Scheibe darauf schwamm (Abbildung 5). Der dabei entstehende Wasserrand sollte die Tiere am Flüchten hindern. Jede Kunststoffplatte hatte 24 einzelne, voneinander separierte Kammern. Um genügend Wiederholungen generieren zu können, wurde das Experiment in mehreren Serien durchgeführt, wobei jede Versuchsgruppe in jeder Serie vertreten war, d.h. die Versuchsgruppen wurden immer parallel beobachtet. In beiden Phasen wurden die Aktivität und Eiablage der Spinnmilbenweibchen aufgezeichnet, alle Beobachtungen wurden unter einem Stereomikroskop durchgeführt.

Einzelne Raubmilbenweibchen von *P. persimilis* wurden für 14 Stunden auf die Blattscheiben gesetzt oder die Blattscheiben freigehalten, um Blattscheiben mit und ohne Raubmilbenspuren zu generieren. Alle diese Blattscheiben wurden im Klimaschrank unter standardisierten Bedingungen aufbewahrt (25±1°C, 60-80% relative Luftfeuchte, 16:8 L:D). Nach 14 Stunden wurden die Raubmilben und ihre Eier, falls sie welche gelegt hatten, mit einem feinen Pinsel entfernt, dann begann die erste Phase des Experiments.

2.2.1 Erste Phase

In der ersten Phase wurden die sogenannten "Demonstratoren", i.e. Raubmilben-erfahrene und -naive Spinnmilbenweibchen, erzeugt, indem einzelne adulte Spinnmilbenweibchen für gesamt fünf Stunden auf die Blattscheiben mit und ohne Räuberspuren platziert wurden. In der ersten Stunde wurden die Spinnmilben alle zehn Minuten, in den restlichen vier Stunden alle 20 Minuten bezüglich ihrer Aktivität und Eiablage beobachtet. Insgesamt gab es in der ersten Phase 80 Wiederholungen pro Gruppe (Raubmilben-erfahren und -naiv), wobei jedes Spinnmilbenweibchen nur einmal benutzt wurde.



Abbildung 5: Blattscheiben, die in beiden Phasen des Experiments verwendet wurden.

2.2.2 Zweite Phase

In der zweiten Phase wurde überprüft, ob Raubmilben-erfahrene und -naive Spinnmilben, also solche, die vorherigen Kontakt mit Räuberspuren hatten oder nicht, ihr Verhalten an Artgenossen, die sogenannten "Beobachter", übertragen.

Dazu wurden Räuber-naive Spinnmilbenweibchen (die Beobachter), die zufällig aus der Zucht genommen wurden, fünf verschiedenen Gruppen (1-5), jeweils aus einem "Beobachter" und einem "Demonstrator" oder auch nur einem "Beobachter" bestehend, auf neuen, sauberen (d.h. keine Räuberspuren tragenden) Blattscheiben zugeteilt. Die Demonstratoren stammten aus Phase 1 des Experiments, wobei von 16 vorhandenen Demonstratoren jeweils 12 pro Serie zufällig ausgewählt wurden.

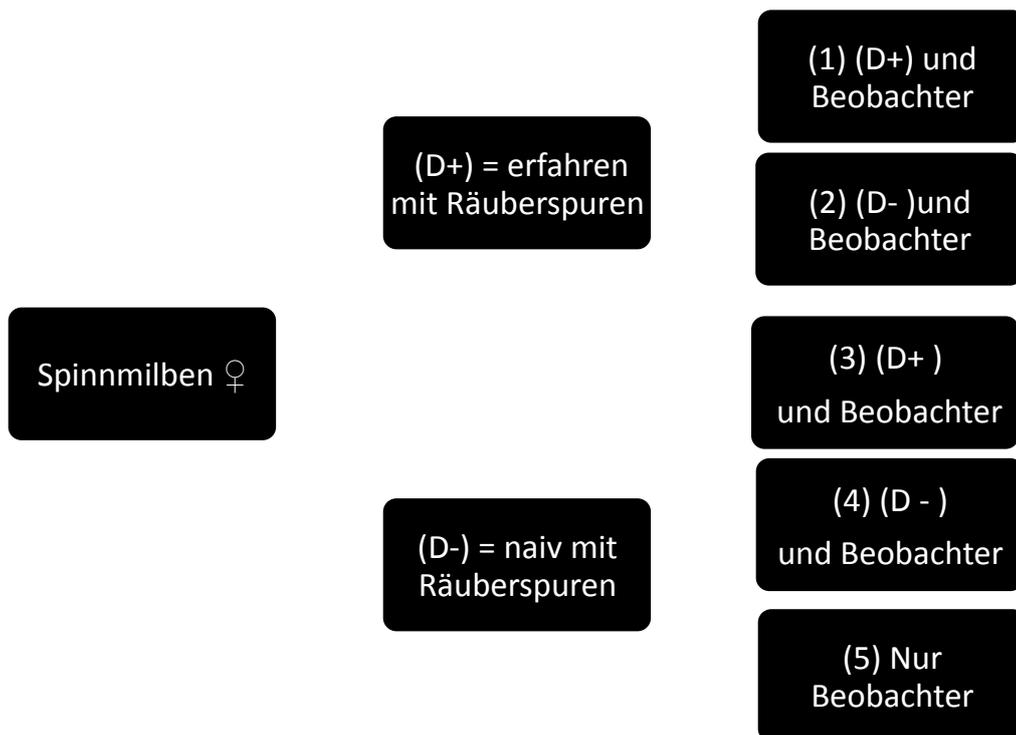


Abbildung 6: Kategorisierung und Charakterisierung der fünf verschiedenen Gruppen, bestehend aus je einem Beobachter (naives, aus der Zucht entnommenes Spinnmilbenweibchen) und entweder je einem Demonstrator oder deren Spuren oder keinem Demonstrator.

Gruppe 1 beinhaltete jeweils einen Raubmilben-erfahrenen "Demonstrator", welcher in Phase 1 Raubmilbenspuren ausgesetzt war und einen "Beobachter". In Gruppe 2 waren jeweils ein Raubmilben-naiver "Demonstrator", welcher in Phase 1 keinen Spuren ausgesetzt war, und ein "Beobachter". In Gruppe 3 wurde der Raubmilben-naive "Demonstrator" 15 Minuten nach Hinzufügen des "Beobachters" wieder entfernt. In Gruppe 4 befanden sich jeweils ein Raubmilben-erfahrener "Demonstrator", der nach 15 Minuten wieder entfernt wurde, und ein Beobachter auf der Blattscheibe. In Gruppe 5 befand sich jeweils nur ein Beobachter, ohne Demonstrator, auf der Blattscheibe (Abbildung 6). Um in den Gruppen mit zwei Spinnmilben die beiden Individuen unterscheiden zu können, wurden die Beobachter mit bunten Wasserfarben gekennzeichnet.

Nach dem Aufsetzen der Beobachter wurde über gesamt drei Stunden in 10-minütigen Intervallen die Aktivität, die Eiablage bzw. auch die Distanz der Individuen zueinander beobachtet und aufgezeichnet. Insgesamt wurden in der zweiten Phase 30 Wiederholungen pro Gruppe durchgeführt.

2.2.Statistische Analysen

SPSS Version 20 wurde für alle statistischen Auswertungen benutzt.

In der ersten Phase wurde die Aktivität der Spinnmilbenweibchen (bewegend oder stationär) auf Blattscheiben mit und ohne Räuberspuren über die Zeit hinweg mittels einer Verallgemeinerten Schätzungsgleichung verglichen (binäre Verteilung mit log link Funktion; Autokorrelation zwischen den Beobachtungspunkten). Darüber hinaus wurden Gesamteiablage und der Zeitpunkt der ersten Eiablage mittels eines T-Tests verglichen.

Wie in Phase 1 wurden auch in der zweiten Phase die Aktivität der Demonstratoren und Beobachter mittels einer Verallgemeinerten Schätzungsgleichung (binäre Verteilung mit log link Funktion; Autokorrelation zwischen den Beobachtungspunkten) zwischen den zwei bzw. fünf Gruppen verglichen. Bei den Beobachtern wurden die Werte der einzelnen Gruppen dann jeweils paarweise mittels Sidak-Tests verglichen. Zusätzlich wurde in den Gruppen 1 und 2 die Aktivität der Demonstratoren und der Beobachter auf eine etwaige Korrelation mittels Pearson überprüft. Die durchschnittliche Anzahl der pro Weibchen gelegten Eier wurde mittels einer univariaten Varianzanalyse und nachfolgenden paarweisen *least significant difference* (LSD) Tests zwischen den fünf Gruppen verglichen. Außerdem wurde in den Gruppen 1 und 2 die räumliche Distanz zwischen den beiden Individuen im Lauf der Zeit auch mittels Verallgemeinerter Schätzungsgleichung (binäre Verteilung mit log link Funktion; Autokorrelation zwischen den Beobachtungspunkten) analysiert.

3. Resultate

3.1 Phase 1

3.1.1 Aktivität der Demonstratoren

Die Verallgemeinerte Schätzungsgleichung zeigte, dass die Aktivität der Demonstratoren in der ersten Phase je nach Präsenz oder Absenz von Raubmilbenspuren auf den Blattscheiben signifikant unterschiedlich war (*Wald* $\chi^2=118,928$; *df*=1; *P*<0.001). Auch reagierten die Demonstratoren unterschiedlich im Lauf der Zeit (*Wald* $\chi^2=301,339$; *df*=36; *P*<0.001). Die erfahrenen Demonstratoren zeigten eine bedeutend höhere Aktivität als die Kontrollgruppe (naive Demonstratoren). Beide Gruppen wurden im Verlauf der Zeit ruhiger, allerdings befand sich die Kontrollgruppe im Vergleich zur Gruppe, welche den Räuberspuren ausgesetzt war, auf einem generell ruhigeren Aktivitätslevel (Abbildung 7).

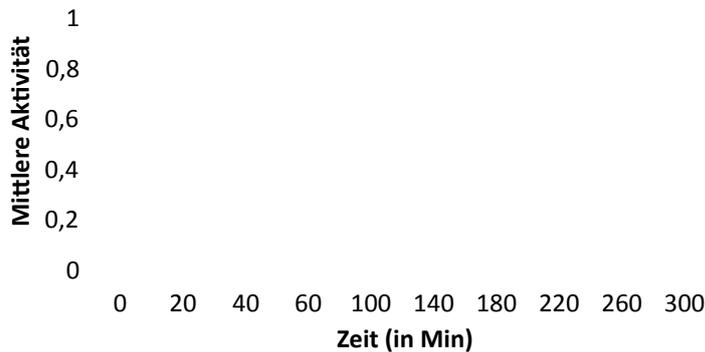


Abbildung 7: Durchschnittliche Aktivität (Proportion aktiv) der Spinnmilbenweibchen auf Blättchen mit (rot) und ohne (blau) Raubmilbenspuren im Zeitverlauf.

3.1.2 Gesamteiablage

Der Vergleich der Gesamteiablage zwischen den beiden Gruppen mittels T-Test zeigte einen marginal signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ($t_{158}=1,770$; $P=0,079$), wobei die Kontrollgruppe auf Blattscheiben ohne Spuren etwas mehr Eier ablegte als die Gruppe, welche den Räuberspuren ausgesetzt war (Abbildung 8).

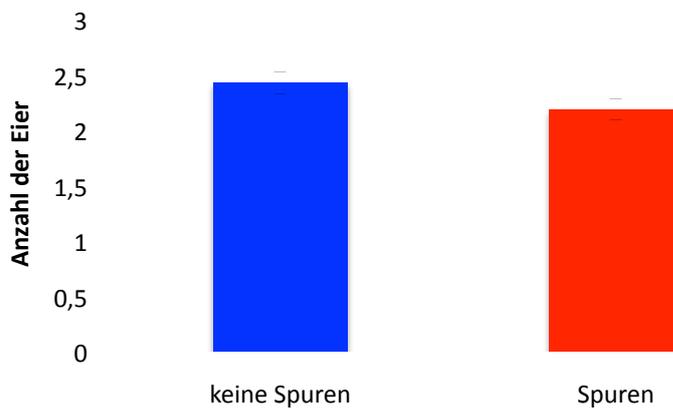


Abbildung 8: Die Gesamteiablage pro Weibchen (\pm Standardfehler) von naiven und erfahrenen Spinnmilbenweibchen in der ersten Phase auf Blattscheibchen mit und ohne Räuberspuren.

3.1.3 Zeitpunkt der ersten Eiablage

Die Spinnmilbenweibchen auf Blattscheiben ohne Räuberspuren legten ihr erstes Ei signifikant früher ab als die Spinnmilbenweibchen, welche den Räuberspuren ausgesetzt waren ($t_{155}= -5,480$; $P<0,001$; Abbildung 9).

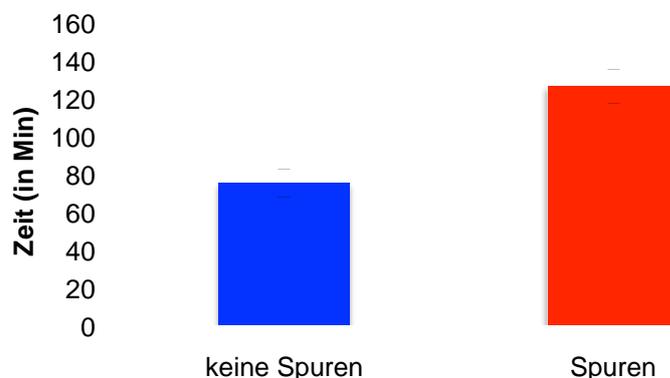


Abbildung 9: Zeitpunkt der ersten Eiablage (\pm Standardfehler) der Spinnmilbenweibchen in der ersten Phase auf Blattscheibchen mit oder ohne Spuren der Raubmilben.

3.2 Phase 2

3.2.1 Aktivität

3.2.1.1 Aktivität der Beobachter

Die Analyse der Aktivität der Beobachter mittels Verallgemeinerter Schätzungsgleichung zeigte, dass die Art der Behandlung einen signifikanten Effekt auf die Aktivität der Tiere hatte

(Wald $\chi^2=12,090$; $df=4$; $P=0,017$; Abbildung 10), es gab allerdings keine Differenzen über die Zeit hinweg (Wald $\chi^2=6,933$; $df=5$; $P=0,226$).

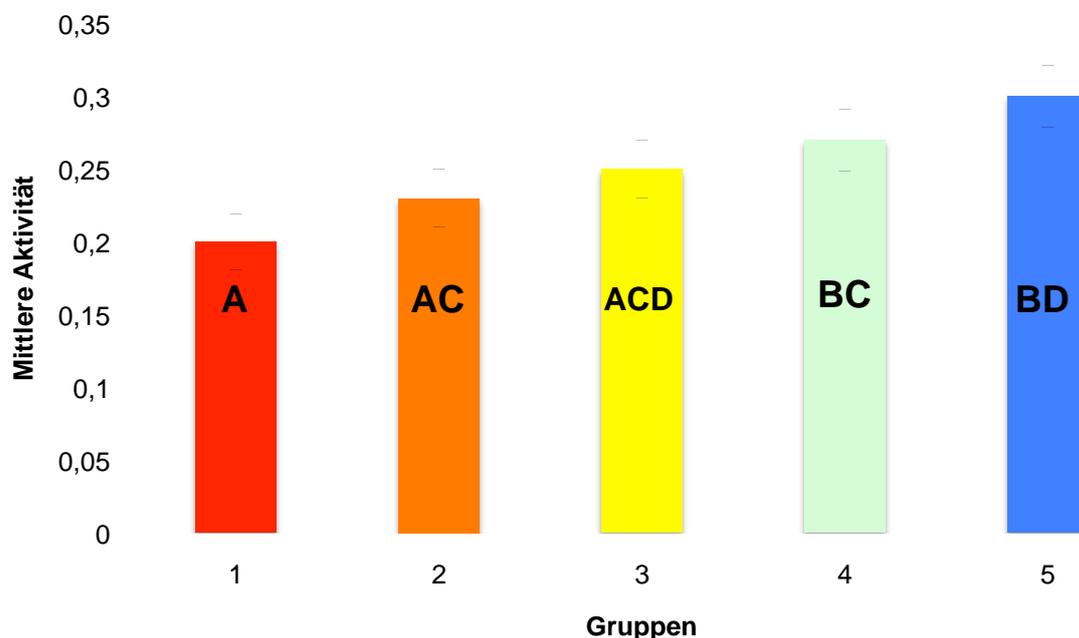


Abbildung 10: Durchschnittliche proportionale Aktivität (\pm Standardfehler) der Beobachter in der zweiten Phase; Balken mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (Sidak-Test)

Rot (1) = Räuber-erfahrener Demonstrator und Beobachter;

Orange (2) = Räuber-naiver Demonstrator und Beobachter;

Gelb (3) = Räuber-erfahrener Demonstrator, der nach 15 Minuten wieder entfernt wurde und der Beobachter;

Grün (4) = Räuber-naiver Demonstrator, der nach 15 Minuten wieder entfernt wurde und der Beobachter;

Blau (5) = nur der Beobachter.

Paarweise Vergleiche (Sidak-Test) zeigten, dass die Beobachter der Gruppe 1 (Räuber-erfahrener Demonstrator mit Beobachter) zur Gruppe 2 (Räuber-naiver Demonstrator mit Beobachter) keinen signifikanten Unterschied, zur Gruppe 3 (Räuber-erfahrener Demonstrator, der wieder entfernt wurde, mit dem Beobachter) einen marginal signifikanten Unterschied, und zur Gruppe 4 (Räuber-naiver Demonstrator, der wieder entfernt wurde, mit dem Beobachter) und Gruppe 5 (nur der Beobachter) einen deutlichen, signifikanten Unterschied aufweisen. Die Gruppe 2 verhielt sich im Vergleich zur Gruppe 5 ebenfalls unterschiedlich, war aber zu den

anderen Gruppen nicht unterschiedlich. Die Gruppe 3 war marginal signifikant unterschiedlich von der Gruppe 1, zu den anderen Gruppen gab es keine Unterschiede. Die Gruppe 4 hatte Ähnlichkeiten mit den Gruppen 2, 3 und 5, nicht aber mit Gruppe 1. Die Gruppe 5 (nur die Beobachter) war signifikant unterschiedlich von den Gruppen 1 und 2, aber ähnlich zu den Gruppen 3 und 4.

3.2.1.2 Aktivität der Demonstratoren

Die Aktivität der Demonstratoren wurde nur zwischen den Gruppen 1 und 2 analysiert, da die Demonstratoren der Gruppen 3 und 4 kurz nach Aufsetzen wieder entfernt wurden bzw. überhaupt nicht vorhanden waren (Gruppe 5). Der Vergleich mittels Verallgemeinerter Schätzungsgleichung zeigte, dass die Aktivität quer über die Zeit nicht signifikant unterschiedlich war ($Wald \chi^2=2,312; df=1; P=0,128$), wohingegen die Aktivität im Zeitverlauf marginal signifikant unterschiedlich war ($Wald \chi^2=5,487; df=2; P=0,064$; Abbildung 11).



Abbildung 11: Durchschnittliche Aktivität der Räuber-naiven (blau) und -erfahrenen (rot) Demonstratoren im Verlauf der Zeit in der zweiten Phase des Experiments.

Die Korrelationen der Aktivität von Demonstrator und Beobachter innerhalb der Gruppen 1 und 2 wurden ebenfalls festgehalten (Abbildung 12). In Gruppe 1 (Räuber-erfahrene Demonstrator und Beobachter) korrelierte die Aktivität der Demonstratoren nicht mit jener der Beobachter (Tabelle 3), wohingegen in Gruppe 2 (Räuber-naive Demonstratoren und Beobachter) die Aktivität der Demonstratoren und Beobachter hoch signifikant positiv korreliert war (Tabelle 4).

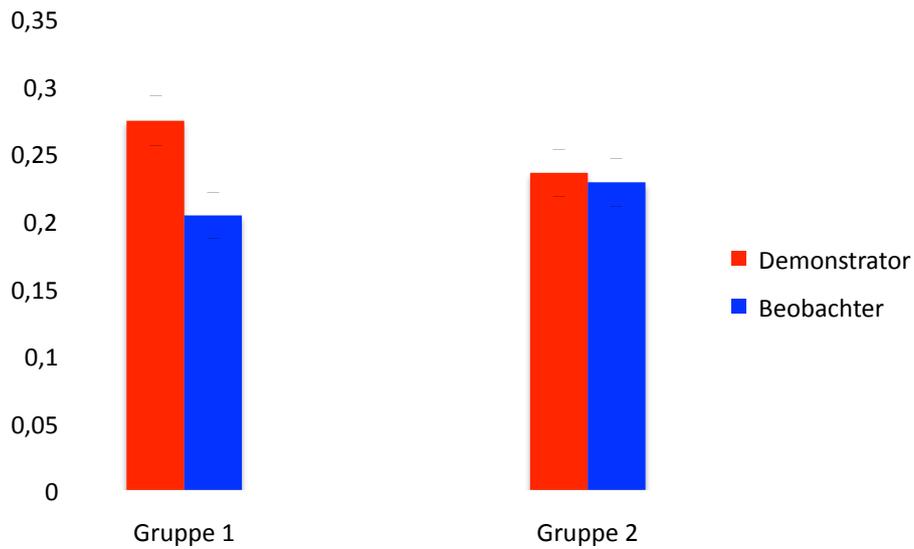


Abbildung 12: Mittlere Aktivität (quer über die Zeit; \pm Standardfehler) von Demonstratoren (rot) und Beobachtern (blau) der Gruppen 1 (Räuber-erfahrene Demonstratoren und Beobachter) und 2 (Räuber-naive Demonstratoren und Beobachter).

Tabelle 3: Korrelationen der Aktivität zwischen Demonstratoren und Beobachtern in der Gruppe 1 (Raubmilben-erfahrene Demonstratoren und Beobachter).

	Aktivität Beobachter	Aktivität Demonstrator
Aktivität Beobachter	Pearson Korrelation	1
	Sig. (2-seitig)	0,807
	N	570

Tabelle 4: Korrelationen der Aktivität zwischen Demonstratoren und Beobachtern in der Gruppe 2 (Raubmilben-naive Demonstratoren und Beobachter).

	Aktivität Beobachter	Aktivität Demonstrator
Aktivität Beobachter	Pearson Korrelation	1
	Sig. (2-seitig)	<0,001
	N	570

3.2.2 Inter-individuelle Distanzen

Die Verallgemeinerte Schätzungsgleichung zeigte, dass zwischen den Gruppen 1 und 2 weder quer über die Zeit ($Wald \chi^2=1,263; df=1; P=0,261$) noch im Verlauf der Zeit ($Wald \chi^2=1,139; df=2; P=0,566$) ein signifikanter Unterschied vorhanden war (Abbildung 13).



Abbildung 13: Durchschnittliche Distanz (cm) zwischen den Demonstratoren (blau: Räuber-naiv; rot: Räuber-erfahren) und Beobachtern in der zweiten Phase im Zeitverlauf.

3.2.3 Gesamteiablage pro Weibchen

Die Univariate Varianzanalyse zeigte, dass es keine Unterschiede zwischen den fünf Gruppen in der Gesamteiablage pro Weibchen gab ($F_{4,145}=0,932$; $P=0,447$; Abbildung 14).

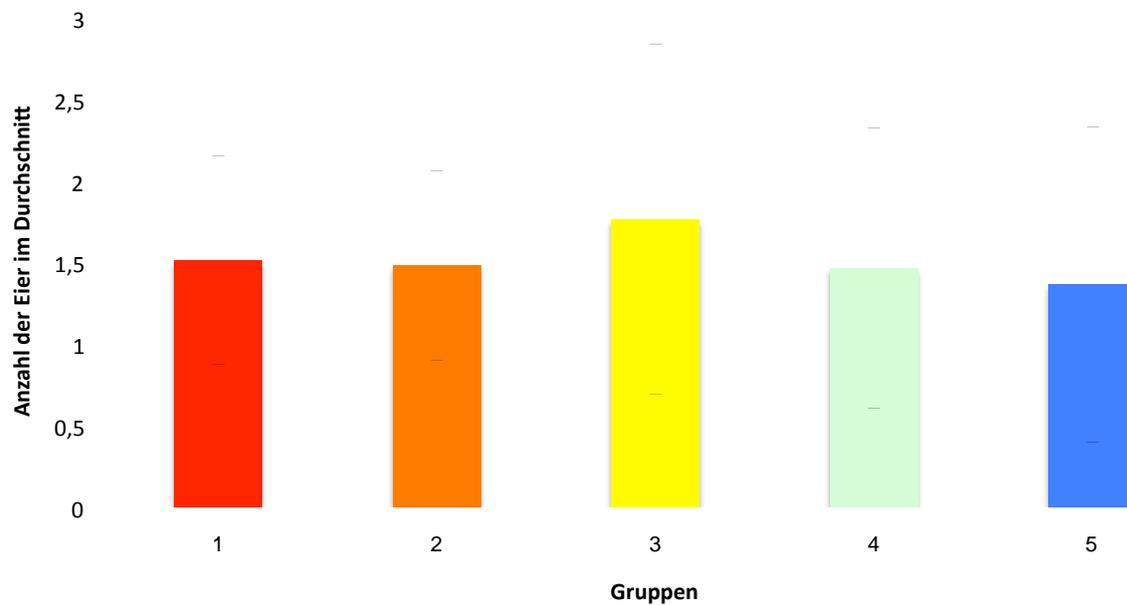


Abbildung 14: Durchschnittliche Gesamteiablage (\pm Standardfehler) pro Spinnmilbenweibchen in den fünf verschiedenen Gruppen in der zweiten Phase des Experiments.
Rot (1) = Räuber-erfahrener Demonstrator und Beobachter;
Orange (2) = Räuber-naiver Demonstrator und Beobachter;
Gelb (3) = Räuber-erfahrener Demonstrator, der nach 15 Minuten wieder entfernt wurde und der Beobachter;
Grün (4) = Räuber-naiver Demonstrator, der nach 15 Minuten wieder entfernt wurde und der Beobachter;
Blau (5) = nur Beobachter.

4. Diskussion

Die Interaktionen, die zwischen Räubern (Prädatoren) und ihrer Beute stattfinden, kann man als evolutionäres Kräftemessen bezeichnen: Derjenige, der früher und über mehr Information über den jeweils anderen verfügt, wird der „Gewinner“ sein (z.B. Ferrari et al, 2010). Dementsprechend haben potenzielle Beutetiere im Laufe der Zeit verschiedenste Anti-Prädationsstrategien entwickelt, die morphologischer, physiologischer oder verhaltenstechnischer Natur sein können (Kats und Dill, 1998). Dies gilt genauso für die in meiner Arbeit untersuchten Spinnmilben. Spinnmilben leben in Kolonien und führen daher manche Verhaltensweisen nicht als einzelne, isoliert lebende Individuen, sondern als interagierende und somit einander beeinflussende Mitglieder einer Gruppe durch (Yano, 2008; Le Goff et al, 2010). Die Studien von Le Goff et al (2010) und Yano (2008) haben z.B. gezeigt, dass die Spinnmilben beim Spinnen von Fäden aufeinander bzw. die Fäden von anderen Individuen reagieren. Generell hat das Zusammenleben in Gruppen meist überwiegend Vorteile für die involvierten Individuen: Man findet leichter einen Partner, um sich fortzupflanzen, das Prädationsrisiko wird oft geringer und der Informationsaustausch wird erleichtert (Parrish und Edelman-Keshet, 1999). Studien über Anti-Prädationsverhalten findet man quer durch das Tierreich. Es gibt unzählige Studien über derartiges Verhalten mit unterschiedlichen Darstellern z.B. Vögeln (Lind und Cresswell, 2006), Nasenbären (Hass und Valenzuela, 2002), Eidechsen (Plasman et al, 2007) oder Milben (Mori und Saito, 2004).

Meine Arbeit hatte zum Ziel, herauszufinden, ob sich einzelne Individuen der in Gruppen lebenden Spinnmilbe *Tetranychus urticae* gegenseitig über die Präsenz eines Räubers (in diesem Fall *Phytoseiulus persimilis*) informieren bzw. vor einem Räuber warnen, also ob eine soziale Transmission von Information über die Anwesenheit eines Räubers und das dazugehörige Anti-Prädationsverhalten stattfindet.

Die erste Phase des Experiments zeigte, dass *T. urticae* eindeutig auf Räuberspuren von *P. persimilis* reagiert. Die Resultate meiner Arbeit gehen mit den Ergebnissen anderer Studien in diesem Bereich zum größten Teil konform (Fernández-Ferrari und Schausberger, 2013; Škaloudová et al, 2007; Grostal und Dicke, 1999), sie unterscheiden sich dennoch in einzelnen Aspekten. Fernández-Ferrari und Schausberger (2013) erforschten den Effekt von verschiedenen Raubmilbenspuren (und Raubmilbeneiern; *Phytoseiulus persimilis*, *Neoseiulus californicus* und *Amblyseius andersoni*). In ihrem Experiment wurden die Spinnmilbenweibchen auf Blattscheiben mit den verschiedenen Spuren der Räuber bzw. auf saubere Blattscheiben (Kontrollgruppe) gesetzt. Festgehalten wurden die Aktivität, der Zeitpunkt der ersten Eiablage und die Eiablage nach 24 Stunden. Der Aufbau des Experiments war gleich wie in meiner Arbeit. Wie auch in

meinen Experimenten war die Aktivität der Tiere höher, wenn sie den Raubmilbenspuren ausgesetzt waren. Auch die Arbeit von Škaloudová et al (2007) brachte ähnliche Ergebnisse, allerdings war diese Studie teilweise anders aufgebaut. Škaloudová et al (2007) entdeckten ebenfalls, dass die Aktivität der Spinnmilben steigt, wenn sie den Spuren ihrer Räuber ausgesetzt sind. Die erhöhte Aktivität der Tiere könnte eventuell dadurch erklärt werden, dass die Spinnmilben versuchen, einer für sie gefährlichen Umwelt zu entkommen. In meiner Arbeit hatten die Organismen aber keine andere Wahl, als auf der Blattscheibe zu bleiben, diese war von Wasser umrandet, um das Flüchten zu verhindern. Andere Arbeiten zeigten ebenfalls, dass die Spinnmilben versuchen, von einem für sie eventuell gefährlichen Ort zu flüchten (Choh und Takabayashi, 2007; Magalhães et al, 2002). Choh und Takabayashi (2007) entdeckten, dass bei *T. urticae* Migration (Flüchten) vorkommt, wenn Räuber (*P. persimilis*) vorhanden sind. Magalhães et al (2002) arbeiteten mit der Spinnmilbe *Mononychellus tanajoa* und ihren Räufern *Typhlodromalus manihoti*, *T. aripo*, und *Euseius fustis*, und entdeckten, dass *M. tanajoa* ihr Migrationsverhalten steigern wenn sie von den Räufern hinterlassene Duftspuren wahrnehmen.

In der Arbeit von Fernández-Ferrari und Schausberger (2013) wurde die Gesamteiablage nach 24 Stunden festgehalten, die Weibchen hatten weniger Eier gelegt, wenn Räuberspuren vorhanden waren. In meiner Studie gab es bezüglich der Gesamteiablage ein ähnliches Ergebnis, nämlich dass die Tiere der Kontrollgruppe (ohne Räuberspuren) etwas mehr Eier ablegten als jene auf Blättchen mit Räuberspuren. Grostal und Dicke (1999) hingegen fanden in ihrem Experiment keine signifikanten Unterschiede in der Gesamteiablage von *T. urticae* nach 24 Stunden zwischen Blattscheiben mit und ohne Spuren des Räubers *P. persimilis*. Allerdings gab es bedeutende Unterschiede im experimentellen Aufbau im Vergleich zu meiner Studie. Grostal und Dicke (1999) entfernten die Raubmilben und ihre Eier zwar ebenfalls, jedoch warteten sie danach zwei Stunden, bis sie die Spinnmilben auf die Blattscheiben setzten und das Experiment starteten. In der gegenwärtigen Arbeit wurden die Spinnmilbenweibchen direkt nach dem Entfernen der Räuber auf die Blattscheiben gesetzt. Die Wartezeit von zwei Stunden und die Tatsache, dass die Gesamteiablage nach 24 Stunden gezählt wurde – dies war in meiner Arbeit anders - könnten zu den unterschiedlichen Ergebnissen geführt haben. Durch die Wartezeit von zwei Stunden könnte es z.B. sein, dass einige Duftspuren, die von den Raubmilben *P. persimilis* hinterlassen wurden, wieder verschwunden waren.

Der Zeitpunkt der ersten Eiablage war auch signifikant unterschiedlich: Jene Tiere, welche den Räuberspuren ausgesetzt worden waren, legten ihr erstes Ei bedeutend später ab als die Kontrollgruppe. Dies wurde auch von Fernández-Ferrari und Schausberger (2013) beobachtet. Lima (1998) erklärte in seiner Arbeit die Fitnessverluste, die ein potentiell Beutetier durch ein wahrgenommenes Prädationsrisiko erfährt, weil die für das Antiprädationsverhalten verwendete

Energie auf Kosten der Energie geht, die in Nahrungsaufnahme oder Reproduktion investiert werden kann. Diese kurzfristige Änderung im Energieeinsatz zeigte sich auch bei den Spinnmilben: Milben auf Blattscheiben mit Räuberspuren zeigten eine höhere Aktivität als die Kontrollgruppe auf sauberen Blattscheiben, dementsprechend fehlte diese Zeit für Oviposition und Futteraufnahme. Eine alternative Erklärung für eine verzögerte Eiablage könnte sein, dass die Tiere versuchten, ihre Eier „zurückzuhalten“, da sie sich in einer für sie gefährlichen Umgebung aufhielten. Das Phänomen des Zurückhaltens der Eier wurde von Montserrat et al (2006) für Raubmilben gezeigt. Montserrat et al (2006) untersuchten die Raubmilbe *Neoseiulus cucumeris* hinsichtlich ihres Ovipositionsverhaltens. Sie entdeckten, dass *N. cucumeris* Weibchen imstande sind, eine Zeit lang ihre Eier im Körper zu behalten, solange sie sich in einer risikoreichen Umgebung befanden. Als Räuber benutzten Montserrat et al (2006) eine andere Raubmilbenart, nämlich *Iphiseius degenerans*, da sich diese Spezies auch von den juvenilen Stadien von *N. cucumeris* ernährt bzw. diese tötet.

In der zweiten Phase des Experiments ging es um die eigentliche Fragestellung meiner Arbeit, nämlich zu eruieren, ob Spinnmilben Antiprädationsverhalten oder Information über Gefahr, wie z.B. die Anwesenheit eines Räubers, über soziale Transmission an ihre Artgenossen weitergeben. Soziale Transmission von Information oder auch soziales Lernen kann z.B. über Imitation (Nachahmen mit einem bestimmten Ziel), Emulation (Nachahmen ohne bestimmtes Ziel) oder Reizverstärkung (*social enhancement*) geschehen (Zentall und Galef, 1988). Generell gibt es zahlreiche Studien über soziale Transmission in der Tierwelt (z.B. Laland und Williams 1998; Palameta und Lefebvre, 1985; Manassa et al, 2013). Laland und Williams (1998) erforschten z.B., ob *Poecilia reticulata* (Guppy) Informationen an Artgenossen über soziale Transmission weitergibt. In dem Experiment wurde mit erfahrenen und naiven Fischen gearbeitet, es konnte gezeigt werden, dass naive Fische von den erfahrenen Fischen lernten und einen Vorteil daraus zogen. Gruppen, die sich ausschliesslich aus naiven Fische zusammensetzten, brauchten länger, um eine kürzere Route zu ihrem Futter zu entdecken, als Gruppen, welche erfahrene Fische inkludierten (Laland und Williams, 1998). Palameta und Lefebvre (1985) zeigten, dass bei Ratten (*Rattus norvegicus*) soziale Transmission stattfindet. In der Arbeit wurde mit erfahrenen und naiven Ratten-Demonstratoren gearbeitet, die Futter ausgruben oder auch nicht. Beobachter waren naive Ratten, die das Verhalten der Demonstratoren annahmen. Manassa et al (2013) konnten anhand ihrer Studie demonstrieren, dass ein Räuber-naives Fisch-Individuum (Beobachter) auch in völliger Dunkelheit imstande ist, einen neuen Prädator zu erkennen, wenn es in der Nähe eines Artgenossen ist, welcher schon Erfahrung mit diesem Räuber hat (Demonstrator) hat. Die Arbeit von Manassa et al (2013) zeigte auch, dass die untersuchten Fische über ein hohes Repertoire an sensorischen Informationsübertragungsmöglichkeiten verfügen und soziales Lernen demonstrieren.

Die grundlegende Frage meiner Arbeit, nämlich ob soziale Transmission im Kontext des Anti-Prädationsverhaltens zwischen Spinnmilben stattfindet, kann anhand der Ergebnisse meines Experiments mit einem vorsichtigen Ja beantwortet werden. Es gab zwar keine Auswirkungen der Räubererfahrung oder Präsenz der Demonstratoren auf die Eiablage der Beobachter oder die inter-individuellen Distanzen zu ihnen, aber auf ihre Aktivitätsmuster. Anhand der Aktivität der Beobachter in der zweiten Phase zeigte sich, dass sich diese unterschiedlich, je nach Präsenz bzw. Absenz eines Demonstrators bzw. ihrer Spuren, verhielten. Als genereller Trend war erkennbar, dass die Aktivität der Beobachter umso höher war je weniger soziale Signale, wie z.B. die Anwesenheit eines Demonstrators oder dessen Spuren, vorhanden waren. Dementsprechend war die Aktivität der allein gehaltenen Beobachter am höchsten und jene der gemeinsam mit einem Demonstrator gehaltenen am niedrigsten. Nachdem sich die Aktivität der Beobachter aber nicht zwischen der Präsenz von naiven und erfahrenen Demonstratoren unterschied, gibt das Aktivitätsmuster der Beobachter allein allerdings keinen Hinweis auf soziale Transmission von den Demonstratoren auf die Beobachter, die durch die Räubererfahrung der Demonstratoren bedingt war. Der Hauptgrund für diesen Trend in der Änderung der Aktivitätsmuster dürfte einfach darin liegen, dass die Spinnmilben Tiere sind, welche in Kolonien leben und sich somit auch an den gegenseitigen Verhaltensweisen orientieren (Le Goff et al, 2010; Bell et al, 2005). In den Gruppen 1 und 2 waren beide, der Demonstrator und Beobachter, gleichzeitig auf der Blattscheibe, und diese beiden Gruppen waren genau jene, welche ein niedriges Aktivitätslevel zeigten. Es ist bekannt, dass sich Spinnmilben an den Fäden anderer Individuen orientieren (Yano, 2008; Astudillo-Fernandez et al, 2012; Clotuche et al, 2011) bzw. diese die Ausbeutung des gemeinsam genutzten Lebensraums erleichtern. Es kann z.B. sein, dass die Beobachter durch die Anwesenheit des Demonstrators bzw. deren Spinnfäden weniger sozialem Stress ausgesetzt waren als die allein gehaltenen Beobachter. Nachdem die Spinnmilben an das Leben in Gruppen angepasst sind, suchen einzelne Tiere in vielen Lebensphasen und –kontexten die Nähe von Artgenossen (Yano, 2008) und wenn diese schon vorhanden sind, kann diese Suche, i.e. die Aktivität, vermindert werden. Es kann auch sein, dass die optimale Gestaltung des Lebensraums durch das Weben der Spinnfäden einfach durch die Anwesenheit anderer Individuen erleichtert wird und somit jedes einzelne Individuum selbst weniger Gewebe erzeugen muß. Dies spiegelt sich in geringerer Aktivität der Tiere wider, weil Spinnfäden beim Laufen über die Oberfläche des Untergrundes gezogen werden. Astudillo-Fernandez et al (2012) testeten z.B., ob die Spinnmilbe *T. urticae* anhand ihrer Spinnfäden kollektive Entscheidungen treffen. Dazu ließen sie 35 Spinnmilbenweibchen auf einer Pflanze mit nur zwei Blättern frei und zählten die Anzahl von *T. urticae* auf jedem Blatt nach 24 Stunden. *T. urticae* war zwar schon von der Präsenz von Spinnfäden ihrer Artgenossen beeinflusst, dieser Einfluß war aber nicht groß genug, um systematische Kollektiventscheidungen innerhalb der Spinnmilbenkolonien zu verursachen (Astudillo-Fernandez et al, 2012). Clotuche et al (2011) haben in ihrer Studie die Ausbreitungsweise von *T. urticae* und deren Mechanismen untersucht. Ihre Resultate (Clotuche

et al, 2011) zeigen, dass *T. urticae* sich dabei von Spinnfäden ihrer Artgenossen beeinflussen lassen: Spinnmilben folgen den Spinnfäden, bis sie die Spitze der Pflanze erreichen, wo sie einen "Ballon" formen und von Wind oder Tieren weiter verbreitet werden.

Die Aktivität der Demonstratoren in der zweiten Phase des Experiments zeigte zwar im Zeitverlauf marginale Signifikanzen, quer über die gesamte zweite Phase gab es jedoch keine Unterschiede zwischen Räuber-naiven und -erfahrenen Individuen. Räuber-naive Individuen blieben am gleichen Aktivitätslevel während der gesamten zweiten Phase, erfahrene Individuen waren am Beginn aktiver und reduzierten dann ihre Aktivität im Laufe der Zeit. In ähnlicher Weise fand Hackl (2013) bedeutende Unterschiede in der Aktivität zwischen Räuber-naiven und -erfahrenen Spinnmilbenweibchen, je nachdem ob sie sich auf Blättern mit oder ohne Spuren von *P. persimilis* aufhielten. Spinnmilben verringerten ihre Aktivität auf Blattscheiben, welche Spuren von Räufern enthielten, langsamer als auf sauberen Blattscheiben.

Die Analyse der Korrelation der Aktivität der Demonstratoren und Beobachter brachte in meiner Studie den einzigen konkreten Hinweis, dass die soziale Transmission von Verhaltensweisen bzw. Information von der Räubererfahrung der Demonstratoren abhängen kann. Die Aktivität der Beobachter korrelierte stark positiv mit der Aktivität der Demonstratoren wenn diese Räuber-naiv waren, nicht aber wenn diese Räuber-erfahren waren. Die soziale Transmission von Antiprädationsstrategien kann dieses Ergebnis allerdings nicht erklären, weil die Beobachter ja nicht das Aktivitätsmuster der Räuber-erfahrenen aber jenes der Räuber-naiven Demonstratoren übernommen haben. Eine mögliche Interpretation dieser Unterschiede ist, dass die Spinnmilben, die ja eine angeborene Fähigkeit haben, Räuberspuren zu erkennen (Fernandez-Ferrari und Schausberger, 2013; Hackl, 2013), als Beobachter ihre Aktivität nur dann mit jener der Demonstratoren korrelierten, wenn diese Räuber-naiv, aber nicht Räuber-erfahren waren. In der zweiten Phase des Experiments hielten sich beide, Demonstrator und Beobachter, in einer sicheren Umgebung (ohne Räubersignale) auf. Wahrscheinlich sandten die Räuber-erfahrenen Demonstratoren nach wie vor Gefahrensignale aus obwohl keine aktuelle Gefahr mehr vorhanden war. Durch den Konflikt zwischen der eigenen (privaten) Wahrnehmung der Beobachter – keine aktuelle Gefahr vorhanden aber der Demonstrator sendet Gefahrensignale aus - kann die fehlende Korrelation der Aktivität in der Paarung von Beobachter und Räuber-erfahrener Demonstrator erklärt werden.

Zusammengefasst zeigt meine Studie, dass sich Spinnmilben gegenseitig in ihren Verhaltensweisen beeinflussen und soziale Transmission von Verhalten bzw Information potenziell stattfinden kann. Meine Studie kann allerdings nur als erstes, winziges Teilchen in der Erforschung dieses umfassenden Themas betrachtet werden. Umfangreiche weitere Studien

werden nötig sein um herauszufinden, unter welchen Umständen, bei welchen Verhaltensweisen und mit welchen sensorischen Modalitäten Spinnmilben im Sinne der sozialen Transmission von Verhalten bzw. information aufeinander reagieren. Meine Arbeit gibt z.B. keine konkreten Hinweise, wie Informationsübertragung zwischen den einzelnen Individuen stattfindet, da in meinem Experiment sowohl Spinnfäden und Gerüche als auch visuelle Reize und physischer Kontakt möglich waren. Wenn man z.B. herausfinden möchte, ob sich *T. urticae* allein über olfaktorische Signale Informationen von ihren Artgenossen holen kann, müsste man verhindern, dass sich die Spinnmilben gegenseitig sehen oder berühren können. In jedem Fall zeigt meine Studie gemeinsam mit früheren thematisch einschlägigen Publikationen (z.B. Yano, 2008; Le Goff et al, 2010; Clotuche et al, 2011, Astudillo-Fernandez et al, 2012), dass das Thema der sozialen Transmission von Verhalten bzw Information innerhalb von Spinnmilbengruppen hochinteressant ist und ausreichend Potenzial für weitere ins Detail gehende Forschung bietet.

Literaturverzeichnis

- ASTUDILLO-FERNANDEZ, A.; HANCE, T.; CLOTUCHE, G.; MAILLEUX, A.-C.; DENEUBOURG, J.L. (2012): Testing for collective choices in the two-spotted spider mite. *Experimental and Applied Acarology*, 58: 11–22.
- BALE, J.S.; VAN LENTEREN, J.C.; BIGLER, F. (2008): Biological control and sustainable food production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363: 761-776.
- BELL, J.R.; BOHAN, D.A.; SHAW, E.M.; WEYMAN, G.S. (2005): Ballooning dispersal using silk: world fauna, phylogenies, genetics and models. *Bulletin of Entomological Research*, 95: 69-114.
- CHOH, Y. and TAKABAYASHI, J. (2007): Predator avoidance in phytophagous mites: response to present danger depends on alternative host quality. *Oecologia*. 151: 262-267.
- CLOTUCHE, G.; MAILLEUX, A-C; ASTUDILLO FERNÁNDEZ, A.; DENEUBOURG, J-L; DETRAIN, C.; HANCE, T. (2011): The formation of collective silk balls in the spider mite *Tetranychus urticae* Koch. *PloS ONE*, 6: e18854.
- DERMAUW, W.; WYBOUW, N.; ROMBAUTS, S.; MENTEN, B.; VONTAS, J.; GRBIĆ, M; CLARK, RM.; FEYEREISEN, R.; VAN LEEUWEN, T. (2013): A link between host plant adaption and pesticide resistance in the polyphagous spider mite *Tetranychus urticae*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110: E113-122.
- FERNÁNDEZ-FERRARI, M. C. and SCHAUSBERGER, P. (2013): From repulsion to attraction: species- and spatial context-dependent threat sensitive response of the spider mite *Tetranychus urticae* to predatory mite cues. *Naturwissenschaften*, 100: 541-549.
- FERRARI, M. C.O.; WISENDEN, B.D; CHIVERS, D.P. (2010): Chemical ecology of predator-prey interactions in aquatic ecosystems: a review and prospectus. *Canadian Journal of Zoology*, 88: 698-724.
- GALEF, B.G., Jr. (2001): Social learning and imitation in animals. In P.P.G. Bateson & E. Alleva, (Eds.) *Frontiers of Life Vol. 4: Biology of Behavior*: 261-269. San Diego: Academic Press.
- GERSON, U. and WEINTRAUB, P.G. (2007): Mites for the control of pests in protected cultivation. *Pest Management Science* 63, 658-676.
- GROSTAL, P. and DICKE, M. (1999): Direct and indirect cues of predation risk influence behavior and reproduction of prey: a case for acarine interactions. *Behavioral Ecology*, 10: 422–427.
- HACKL, T. (2013): Learning in anti-predator behavior of the spider mite *Tetranychus urticae*. Masterarbeit; Abteilung für Pflanzenschutz, Universität für Bodenkultur Wien, pp. 56.
- HAJEK, A. (2004): *Natural enemies – An Introduction to Biological Control*. Cambridge University Press, New York.

HASS, C.C. and VALENZUELA, D. (2002): Anti-predator benefits of group living in white-nosed coatis (*Nasua narica*). Behavioral and Ecological Sociobiology, 51: 570–578.

HELFMAN, G.S. and SCHULTZ, E.T. (1984): Social transmission of behavioural traditions in coral reef fish. Animal Behaviour, 32: 379-384.

HELLE, W and SABELIS, M.W. (1985a): Spider mites – their biology, natural enemies and control. World Crop Pests. Vol 1A, Elsevier Science Publishers, Amsterdam.

HELLE, W and SABELIS, M.W. (1985b): Spider mites – their biology, natural enemies and control. World Crop Pests. Vol 1B, Elsevier Science Publishers, Amsterdam.

HEYES, C.M. (1994). Social learning in animals: categories and mechanisms. Biological Reviews, 69: 207-231.

KATS, L. and DILL, L. (1998): The scent of Death: Chemosensory assessment of predation risk by prey animals. Ecoscience, 5: 361-394.

LALAND, K. N. and WILLIAMS, K (1998): Social transmission of maladaptive information in the guppy. Behavioral Ecology, 9: 493–499.

LE GOFF, G.; MAILLEUX, A.; DETRAIN, C.; DENEUBOURG, J.; CLOTUCHE, G.; HANCE, T. (2010): Group effect on fertility, survival and silk production in the web spinner *Tetranychus urticae* (Acari, Tetranychidae) during colony foundation. Behaviour, 147: 1169-1184.

LIMA, S. L. (1998): Non-lethal effects in the Ecology of Predator and Prey Interactions. Bioscience, 48: 25-34.

LIND, J.; CRESSWELL, W. (2006): Anti-predation behaviour during bird migration; the benefit of studying multiple behavioural dimensions. Journal of Ornithology: 147: 310–316.

MAGALHÃES, S; JANSSEN, A.; HANNA, R.; SABELIS, M.W. (2002): Flexible antipredator behaviour in herbivorous mites through vertical migration in a plant. Oecologia, 132: 143-149.

MANASSA, R.P.; McCORMICK, M.I.; CHIVERS, D.P. and FERRARI, M.C.O. (2013): Social learning of predators in the dark: Understanding the role of visual, chemical and mechanical information. Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences, 280: 20130720.

MCMURTRY and CROFT (1997): Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. Annual Review of Entomology, 42: 291-321.

MONTERRAT, M.; BAS, C.; MAGALHÃES, S; SABELIS, M.W.; DE ROOS, A.M. und JANSSEN, A. (2006): Predators induce egg retention in prey. Behavioral Ecology, 150: 699–705.

MORI, K. and SAITO, Y. (2004): Nest-size variation reflecting anti-predator strategies in social spider mites of *Stigmaeopsis* (Acari: Tetranychidae). Behavioral Ecology and Sociobiology, 56: 201–206.

- NELSON, E. H.; MATTHEWS, C. E.; ROSENHEIM, J. A. (2004): Predators reduce prey population growth by inducing changes in prey behavior. *Ecology*, 85: 1853–1858.
- NICOL, C.J. (1995): The social transmission of information and behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*, 44: 79–98.
- PALAMETA, B. and LEFEBVRE, L. (1985): The social transmission of a food-finding technique in pigeons: what is learned? *Animal Behaviour*, 33: 892–896.
- PARRISH, J.K. and EDELSTEIN-KESHET, L. (1999): Complexity, Pattern, and Evolutionary Trade-Offs in Animal Aggregation. *Science*, 284: 99–101.
- PLASMAN, M; DUCHATEAU, M.J; MACEDONIA, J.M. (2007): Anti-predation behaviour of Dickerson's collared lizard, *Crotaphytus dickersonae*. *Animal Biology*, 57: 231–246.
- RESCORLA, R.A. (1988): Behavioral studies of pavlovian conditioning. *Annual Review of Neurosciences*, 11: 329-52.
- SANSOM, A; CRESSWELL, W.; LIND, J. (2009): Individual behavior and survival: the roles of predator avoidance, foraging success, and vigilance. *Behavioral Ecology*, 20: 1168-1174.
- ŠKALOUDOVÁ, B; ZEMEK, R.; KRIVAN, V. (2007): The effect of predation risk on an acarine system. *Animal Behaviour*, 74: 813–821.
- SKIRVIN, D.; DE COURCY WILLIAMS, M; FENLON, J.; SUNDERLAND, K., (2002): Modelling the effectiveness on ornamental nursery crops. *Journal of Applied Ecology*, 39: 469-480.
- SKIRVIN, D.J. and FENLON, J.S. (2003): The effect of temperature on the functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 31: 37–49.
- SWEETING, M.P.; HOUP, C.E.; HOUP, K.A. (1985): Social facilitation of feeding and time budgets in stabled ponies. *Journal of Animal Science*, 60: 369-374.
- UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs Population Division, *World Population Prospects: The 2012 Revision, Press Release, 13. June (2013)* : "World Population to reach 9.6 billion by 2050 with most growth in developing regions, especially Africa". UN Press Release.
- VAN DRIESCHE, R.G. and BELLOWS, T. (1996): *Biological Control*. Kluwer Academic Publishers Group, Dordrecht, The Netherlands.
- VAN LENTEREN, J.C.; ROSKAM, M and TIMMER, R (1997): Commercial mass production and pricing of organisms for biological control of pests in Europe. *Biological Control*, 10: 143-149.
- VAN LEEUWEN, T.; VONTAS, J; TSAGKARAKOU, A.; DERMAUW, W; TIRRY, L. (2010): Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: A review. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 40: 563-572.
- WHITEN, A. and HAM, R, 1993: On the nature and evolution of imitation in the animal kingdom; *Advances in the Study of Behavior*, 21: 239–283.

YANO, S (2008): Collective and solitary behaviors of twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) are induced by trail following. *Annals of the Entomological Society of America*, 101: 247–257.

ZENTALL, T.R. and GALEF, B.G. (1988): *Social Learning, Psychological and Biological Perspectives*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Adultes <i>Tetranychus urticae</i> Weibchen auf einem Bohnenblatt (Foto: © MSc Marian Gratzer)	6
Abbildung 2: <i>Phytoseiulus persimilis</i> Weibchen auf einem Bohnenblatt (Foto: © Anna Weissenböck)	8
Abbildung 3: <i>Phaseolus vulgaris</i> Pflanzen, die für die Zucht von <i>Tetranychus urticae</i> bzw. die im Experiment verwendeten Blattscheiben benötigt wurden.	10
Abbildung 4: Blattarena, die für die Zucht von <i>Tetranychus urticae</i> und <i>Phytoseiulus persimilis</i> verwendet wurde.	11
Abbildung 5: Blattscheiben, die in beiden Phasen des Experiments verwendet wurden.	13
Abbildung 6: Kategorisierung und Charakterisierung der fünf verschiedenen Gruppen, bestehend aus je einem Beobachter (naives, aus der Zucht entnommenes Spinnmilbenweibchen) und entweder je einem Demonstrator oder deren Spuren oder keinem Demonstrator.	14
Abbildung 7: Durchschnittliche Aktivität (Proportion aktiv) der Spinnmilbenweibchen auf Blättchen mit (rot) und ohne (blau) Raubmilbenspuren im Zeitverlauf.	16
Abbildung 8: Die Gesamteiblage pro Weibchen (\pm Standardfehler) von naiven und erfahrenen Spinnmilbenweibchen in der ersten Phase auf Blattscheibchen mit und ohne Räuberspuren.	17
Abbildung 9: Zeitpunkt der ersten Eiablage (\pm Standardfehler) der Spinnmilbenweibchen in der ersten Phase auf Blattscheibchen mit oder ohne Spuren der Raubmilben.	17
Abbildung 10: Durchschnittliche proportionale Aktivität (\pm Standardfehler) der Beobachter in der zweiten Phase; Balken mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (Sidak-Test) Rot (1)= Räuber-erfahrener Demonstrator und Beobachter; Orange (2)= Räuber-naiver Demonstrator und Beobachter; Gelb (3)= Räuber-erfahrener Demonstrator, der nach 15 Minuten wieder entfernt wurde, und der Beobachter; Grün (4)= Räuber-naiver Demonstrator, der nach 15 Minuten wieder entfernt wurde, und der Beobachter; Blau (5)= nur der Beobachter.	18
Abbildung 11: Durchschnittliche Aktivität der Räuber-naiven (blau) und - erfahrenen (rot) Demonstratoren im Verlauf der Zeit in der zweiten Phase des Experiments.	19
Abbildung 12: Mittlere Aktivität (quer über die Zeit; \pm Standardfehler) von Demonstratoren (rot) und Beobachtern (blau) der Gruppen 1 (Räuber-erfahrene Demonstratoren und Beobachter) und 2 (Räuber-naive Demonstratoren und Beobachter).	20
Abbildung 13: Durchschnittliche Distanz (cm) zwischen den Demonstratoren (blau: Räuber-naiv; rot: Räuber-erfahren) und Beobachtern in der zweiten Phase im Zeitverlauf.	21
Abbildung 14: Durchschnittliche Gesamteiablage (\pm Standardfehler) pro Spinnmilbenweibchen in den fünf verschiedenen Gruppen in der zweiten Phase des Experiments. Rot (1)= Räuber-erfahrener Demonstrator und Beobachter; Orange (2)= Räuber-naiver Demonstrator und	

Beobachter; Gelb (3)= Räuber-erfahrener Demonstrator, der nach 15 Minuten wieder entfernt wurde, und der Beobachter; Grün (4)= Räuber-naiver Demonstrator, der nach 15 Minuten wieder entfernt wurde, und der Beobachter; Blau (5)= nur der Beobachter..... 22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Taxonomische Einteilung der Spinnmilbe <i>Tetranychus urticae</i> Koch (nach Helle & Sabelis 1985a)	7
Tabelle 2: Taxonomie der Raubmilbe <i>Phytoseiulus persimilis</i> Athias-Henriot (nach Helle und Sabelis, 1985b).	9
Tabelle 3: Korrelationen der Aktivität zwischen Demonstratoren und Beobachtern in der Gruppe 1 (Raubmilben-erfahrene Demonstratoren und Beobachter).....	20
Tabelle 4: Korrelationen der Aktivität zwischen Demonstratoren und Beobachtern in der Gruppe 2 (Raubmilben-naive Demonstratoren und Beobachter).....	20

Zusammenfassung

Im Laufe der Evolution haben Beutetiere verschiedene Strategien entwickelt, um nicht von ihren Räubern entdeckt zu werden oder wie sie ihnen nach dem Entdecken entgehen zu können. Verhaltensänderungen die darauf abzielen, einem potentiellen Feind zu entgehen, nennt man generell Anti-Prädations-Verhalten. Meine Studie sollte herausfinden, ob sich einzelne Individuen der in Gruppen lebenden Spinnmilbe *Tetranychus urticae* gegenseitig über die Präsenz eines Räubers – in diesem Fall der Raubmilbe *Phytoseiulus persimilis* – informieren bzw. vor diesem warnen können, also ob soziale Transmission von Information bzw. Anti-Prädationsverhalten zwischen den Individuen stattfindet. In der ersten Phase meines Experiments habe ich die Räuber-erfahrene und -naiven Spinnmilbenweibchen, die sogenannten Demonstratoren, generiert. Zu diesem Zwecke wurden *T. urticae* Weibchen auf saubere Blattscheiben oder auf Blattscheiben, welche Spuren von *P. persimilis* enthielten, gesetzt. Festgehalten wurden Aktivität, Gesamteiablage und der Zeitpunkt der ersten Eiablage der Spinnmilben. Es war klar zu erkennen, dass *T. urticae* sehr stark auf die Anwesenheit von Spuren ihres Räubers reagieren, d.h. sie waren aktiver und legten weniger Eier bei Präsenz der Räuberspuren. In der zweiten Phase wurde getestet, ob das Verhalten der Demonstratoren Einfluß auf das Verhalten ihrer Beobachter (i.e. naive, aus der Zucht entnommene Spinnmilbenweibchen) hat. Es wurden fünf verschiedene Kombinationen zwischen einem Räuber-naiven oder -erfahrenen Demonstrator und einem naiven Beobachter generiert (Gruppe 1 beinhaltete einen Räuber-erfahrenen Demonstrator plus Beobachter, Gruppe 2 einen Räuber-naiven Demonstrator und einem Beobachter, Gruppe 3 bestand aus einem Räuber-erfahrenen Demonstrator, der nach 15 Minuten wieder entfernt wurde und einem Beobachter, Gruppe 4 aus einem Räuber-naiven Demonstrator, der wieder entfernt wurde und Gruppe 5 stellte nur einen Beobachter dar. Festgehalten wurden die Aktivität, die Gesamteiablage und die Distanz zwischen dem Demonstrator und Beobachter. Das Aktivitätslevel der Beobachter war generell niedriger wenn ein Demonstrator vorhanden war. Die Aktivität jener Beobachter, die alleine auf der Blattscheibe waren, war am höchsten, wahrscheinlich weil diese Beobachter sozialem Stress ausgesetzt waren, da keine Artgenossen oder deren Spuren vorhanden waren. Darüberhinaus war die Aktivität von Räuber-naivem Demonstrator und Beobachter hoch signifikant positiv korreliert. Dies weist eindeutig darauf hin, dass sich die Spinnmilben gegenseitig in ihrem Verhalten beeinflussen. Meine Studie zeigt somit, dass im Kontext des Anti-Prädationsverhaltens prinzipiell eine gegenseitige Beeinflussung des Verhaltens der einzelnen Individuen stattfinden kann. Es ist jedoch nicht klar, welche Bedingungen genau erfüllt sein müssen, dass die Tiere ihr Verhalten auf andere übertragen. Außerdem zeigte meine Studie nicht genau, über welche sensorischen Modalitäten diese Verhaltensübertragung stattfindet. Weiterführende umfassende Studien werden daher notwendig sein, um mehr über soziale Transmission von Information bzw. Verhalten bei der Spinnmilbe *T. urticae* herauszufinden.

Abstract

During the course of evolution, prey animals have developed different kinds of strategies in order to avoid being detected by their predators or escape from them when detected. Behaviors of prey animals aiming at avoiding being killed by a potential enemy, are called anti-predation behaviors. The purpose of my study was to discover if single individuals of the group-living spider mite *Tetranychus urticae* warn each other of predation risk – in this case, risk posed by the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. In other words, if social transmission of information and/or anti-predation behavior from demonstrators to observers takes place. In the first phase of my experiment, I generated experienced (predator cues-experienced) and naive (predator cues-inexperienced) spider mite females, the so called demonstrators. To this end, adult *T. urticae* females were placed on clean leaf discs for 14 hours or on leaf discs that contained traces of *P. persimilis*. Activity, total egg deposition and the timing of the first oviposition were recorded. It was clearly visible that *T. urticae* responded strongly to the presence of traces of their predator, i.e. they were more active and deposited less eggs in presence of predator cues. In the second phase, the demonstrators were singly placed on new clean leaf discs and an “observer” (a predator-naïve spider mite female from the rearing) was added. Five different combinations of predator-naïve and -experienced demonstrators and naïve observers were generated (Group 1 implied a predator-experienced demonstrator plus observer; group 2 comprehended a predator-naïve demonstrator plus observer; the group 3 included a predator-experienced demonstrator who was removed after 15 minutes plus observer; group 4 implied a predator-naïve demonstrator who was removed after 15 minutes plus an observer; group 5 contained only one observer). Activity, total oviposition and the distances between the demonstrators and observers were recorded. The activity of the observers was significantly different between the groups and the lowest when a demonstrator was present. The activity level of the observers, which were held alone on leaves, was the highest, probably because these individuals experienced social stress due to searching for a conspecific. Additionally, the activities of observer and predator-naïve demonstrator were highly significantly positively correlated, suggesting that the spider mites do influence each other in their behaviors. Thus, my study shows that a mutual influence in the expression of anti-predation behavior of individual spider mites is principally possible. However, it is not yet clear, which conditions must be fulfilled for the animals to transfer their behaviors to others. My study did also not reveal which sensory modalities the spider mites use in social transmission of behavior. Further comprehensive studies will be necessary to discover more about social transmission of information and/or behavior by *T. urticae*.

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Anna Weissenböck
Geburtsdatum: 03. 09. 1986
Geburtsort: Wien
Staatsbürgerschaft: Österreich
Familienstand: ledig
Führerschein: B

Berufliche Erfahrung:

- 10/2006 – 03/2007 **Österreichischer Pferdeschutzverband**
ehrenamtlich im Büro
- 07/2007 - 08/2007 **Praktikum Hamburg**
landwirtschaftliches Praktikum auf einem
Demeterhof (Hofgemeinschaft Aschhorn
Thomas Morgenstern Aschhorn 9,
D 21706 Drochtersen Deutschland)
- 07/2008 - 09/2008 **Verwaltungspraktikum**
Bundesministerium für Finanzen
- 04/2011 - 05/2011 **Verwaltungspraktikum**
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt- und Wasserwirtschaft
- 07/2011- 08/2011 **Verwaltungspraktikum**
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt- und Wasserwirtschaft

03/2012- 04/2012 **Verwaltungspraktikum**
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt- und Wasserwirtschaft

09/2012 **Verwaltungspraktikum**
Österreichisches Parlament

seit 10/2012 **Parlamentskorrespondenz**
Österreichisches Parlament

Studium:

10/2004 - 10/2005: **Bachelor-Studiengang Pferdewissenschaften**
begonnen

10/2005 - 03/2011: **Bachelor-Studiengang Agrarwissenschaften**
abgeschlossen

Seit 03/2011: **Masterstudiengang Agrarbiologie**