



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

**„Soziales Lernen bei *Heliconius melpomene*?
(Nymphalidae, Lepidoptera)“**

Band 1 von 1

Verfasserin

Sabine Riesenhuber

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2011

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 439

Studienrichtung lt. Studienblatt: Diplomstudium Zoologie

Betreuerin / Betreuer: Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Harald Krenn

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1 Einleitung	6
2 Material und Methode	10
2.1 Material.....	10
2.1.1 Versuchstier: <i>Heliconius melpomene</i>	10
2.1.2 Versuchskäfig	11
2.1.3 Versuchspflanze: <i>Lantana camara</i> (Verbenaceae).....	12
2.1.4 Protokollblatt	13
2.2 Vorbereitung der Versuche	14
2.3 Versuchsdurchführung.....	15
2.3.1 Schematische Darstellung der 4 Versuchsreihen	17
2.3.2 Versuch 1: naive Schmetterlinge	17
2.3.3 Versuch 2: erfahrene Schmetterlinge	18
2.3.4 Versuch 3: naive und erfahrene Schmetterlinge	18
2.3.5 Versuch 4: naive und aufgesteckte Schmetterlinge	19
2.4 Auswertung der Ergebnisse.....	19
3 Ergebnisse	21
3.1 Nektarsaugquote	21
3.2 Zeitanalyse.....	23
3.2.1 Genauere Zeitanalyse.....	24
3.2.2 Signifikanz der Ergebnisse	25
4 Diskussion	27
5 Literatur.....	33
6 Abbildungsverzeichnis	37
7 Anhang.....	38
7.1 Versuchstabelle	38
7.2 Versuchstabelle Nemeth.....	39
7.3 Signifikanz	40
7.3.1 Normalverteilung zwischen Versuch 1 und 3a (naive Tiere).....	40
7.3.2 Normalverteilung zwischen Versuch 1 und 4 (naive Tiere).....	41

Soziales Lernen bei *Heliconius melpomene*?

7.3.3	Normalverteilung zwischen Versuch 3a und 4 (naive Tiere).....	42
7.3.4	Normalverteilung zwischen Versuch 2 und 3b (erfahrene Tiere).....	43
7.3.5	Übersicht der Signifikanz	44
7.4	Lebenslauf	45

Zusammenfassung

Bei dieser Diplomarbeit wurde getestet, ob es bei Schmetterlingen der Art *Heliconius melpomene* soziales Lernen gibt. Dazu wurden 4 Versuche mit jeweils mindestens 5 Durchgängen durchgeführt. Es wurde beobachtet, ob naive Tiere in Anwesenheit erfahrener Tiere schneller lernen, dass die *Lantana*-Pflanze ihre Nahrungsquelle ist und Nektar zu saugen beginnen. Bei Versuch 1 wurden naive Tiere, bei Versuch 2 erfahrene, bei Versuch 3 naive und erfahrene Tiere zusammen und bei Versuch 4 naive und aufgesteckte, präparierte Tiere genommen. Es wurde bei jedem Durchgang die Zeit gestoppt und notiert, wie lange die einzelnen Schmetterlinge brauchen, bis sie an einer Blüte der *Lantana*-Pflanzen Nektar zu saugen beginnen. Aus den gewonnenen Beobachtungen wurde die 1. Gesamtanzahl der Versuchstiere, 2. Anzahl der nektarsaugenden Tiere, 3. Prozentanteil der nektarsaugenden Tiere (Nektarsaugquote), 4. Medianwert der gemessenen Zeiten und 5. Signifikanz der Testergebnisse mit dem Mann Whitney U-Test ($p < 0,05$) ermittelt. Es konnte nicht nachgewiesen werden, dass bei *Heliconius melpomene* soziales Lernen vorhanden ist. Es sind keine signifikanten Unterschiede festzustellen. Es kann aber auch nicht ausgeschlossen werden, da es, wie in der Diskussion gezeigt wird, viele Faktoren gibt, die einen starken Einfluss auf die Versuchsergebnisse haben können.

Abstract

The diploma thesis concentrates on finding out if there exists social learning of the butterfly species *Heliconius melpomene*. There have been 4 test series with at least 5 repetitions. The aim was to find out, if naive butterflies learn quicker what is their food plant when adult and experienced butterflies are present. This would be called social learning. Test 1 used only naive butterflies, test 2 used only experienced butterflies, for test 3 were taken naive and experienced butterflies together and for test 4 were taken naive and primed butterflies (which are pinned on the plants). During every test the time was noted on which the butterflies begun sucking nectar. With the sampled data it was established the (1) total number of the butterflies; (2) number of butterflies which fed on nectar; (3) percentage of nectar sucking animals; (4) median value of the obtained times and (5) significance with the Mann Whitney U-Test ($p < 0,05$). The results showed that

there is no indication for social learning in *Heliconius melpomene*. There was no significance difference between the separate results. After all it cannot be excluded because, as the discussion shows, there are many factors that can have a strong influence on the results of the test.

1 Einleitung

Das Nutzen von sozialen Informationen hat in letzter Zeit großes Interesse in der Verhaltensbiologie erzeugt (Galef et al., 2001; Giraldeau et al., 2002; Brown and Laland, 2003; Kendal et al., 2005; Danchin et al., 2004; Dukas, 2004).

Das Lernen über Prädatoren oder über das Prädationsrisiko durch andere Individuen derselben Art bietet lebensrettende Informationen, welche mit nur geringen Kosten verbunden sind. Dieses Lernen führt vermutlich auch zu adaptiven „payoffs“ in Arten, wo Artgenossen wahrnehmbar sind und sich unter Prädationsdruck anders verhalten als sonst. Bisher wurde soziales Lernen und das Nutzen sozialer Information vor allem bei Vertebraten beobachtet (Galef et al., 2001; Giraldeau et al., 2002; Brown and Laland, 2003; Danchin et al., 2004; Galef and Heyes, 1996; Box and Gibson, 1999; Griffin, 2004).

Abgesehen von ihrem sozialen Gefüge, haben manche Insekten bewiesen, dass sie ihr Verhalten an die Umwelt anpassen können, dass sie die Fähigkeit zu Lernen besitzen (Papaj and Lewis, 1993; Beugnon et al., 1996; Matsumoto and Mizunami, 2002; Collett et al., 2003) und dass ihr Verhalten durch Artgenossen geprägt werden kann (Leadbeater and Chittka, 2005; Lefranc et al., 2001; Rull et al., 2003).

Soziales Lernen könnte demnach ebenso auch bei nicht-sozialen Insekten auftreten. Wenn man den großen Nutzen von sozialem Lernen und die vielen Situationen bedenkt, in denen soziales Lernen nützlich sein kann, sind Arten, welche die Möglichkeit haben einander und somit das Verhalten ihrer Artgenossen zu beobachten, potentielle Arten, bei denen soziales Lernen erwartet werden kann (Coolen et al. 2005).

Wenn soziales Lernen auch bei nicht-sozialen Insekten vorkommt, wird das wichtige Auswirkungen auf unser Verständnis bezüglich der kognitiven Fähigkeiten haben, die diesem Prozess unterliegen. Die allgemeine Annahme, dass soziales Lernen nur auf Tiere mit großem Gehirn beschränkt ist und dass

diese übergeordnete kognitive Fähigkeiten besitzen, wird dann in Frage gestellt werden (Coolen et al. 2005).

Individuen verlassen sich generell auf ihre selbst erworbene Information, nützen aber soziales Lernen, wenn asoziales Lernen zu kostspielig ist (Kendal et al., 2005). Dieses Prinzip sollte für alle Tiere verallgemeinert werden können, inklusive Evertebraten. Demnach steht eine Situation, die für das Nutzen von sozialem Lernen und sozialer Information günstig erscheint, im Allgemeinen in Zusammenhang mit Prädation, und zwar dort, wo die Kosten von persönlich angeeigneter Information von Verletzung bis hin zum Tod reichen (Coolen et al., 2005).

In einer Studie von Coolen et al., (2005) wird gezeigt, dass auch Waldgrillen (*Nemobius sylvestris*, Bosc 1792) ihr Verhalten zur Vermeidung von Prädatoren ändern, nachdem sie andere Individuen (Artgenossen) beobachtet haben, die Kontakt mit Prädatoren hatten. Diese Verhaltensänderung behalten sie auch bei, nachdem die sogenannten Vorführer, also jene von denen die Verhaltensänderung beobachtet wurden, nicht mehr anwesend sind (Coolen et al., 2005). Es wurde gezeigt, dass diese andauernden Verhaltensänderungen lang andauernden Auswirkungen durch Alarmpheromone oder restlichen Duftsignalen zugerechnet werden können. Es erscheint, dass soziales Lernen phylogenetisch weiter verbreitet ist als kürzlich noch angenommen und dass ein Vertrauen auf soziales Lernen eher durch ökologische Zwänge als durch taxonomische begrenzt sind (Fragaszy and Visalberghi, 1996; Coolen et al., 2003).

Dergleichen hat soziales Lernen mögliche Implikationen für die Ökologie und Evolution der Arten. Durch Lernen über neues Futter (wo, wann, was oder wie man isst), Prädatoren, mit wem man sich paart oder Besonderheiten (Merkmale) des Lebensraumes, kann soziales Lernen, in einer neuen Umgebung, die Abgrenzung der Arten und deren Verbreitung beeinflussen. Sie setzt Populationen einem neuen Prädationsdruck aus, und erlaubt einen evolutionären Wandel, welcher sich in der neuen Umgebung ereignet (Dukas, 2004; Galef et al., 2001; Giraldeau et al., 2002; Brown and Laland, 2003; Kendal et al., 2005).

In der Literatur wird angedeutet, dass soziales Lernen und selbst nur das Sammeln von sozialen Informationen (schließt Lernen nicht mit ein), nur in wenigen Arten vorkommt. Obwohl über Fälle von sozialem Lernen in Gastropoden, Cephalopoden und Crustaceaen (Webster and Fiorito, 2001) berichtet wurde, wurde soziales Lernen vor allem bei Vertebraten erforscht und nachgewiesen (Galef et al., 2001; Brown and Laland, 2003; Galef and Heyes, 1996; Box and Gibson, 1999; Griffin, 2004). Auch bei sozialen, in Staaten lebenden, Insekten (Bienen (Seeley, 1998), Hummeln (Leadbeater and Chittka, 2005; Worden and Papaj), Termiten (Goldberg, 1983) und Ameisen (Isingrini et al., 1985; Langridge et al., 2004) wurde soziales Lernen oder ähnliche Prozesse nachgewiesen. Die Studie von Coolen et al., (2005) ist die einzige mir bekannte Studie, in der soziales Lernen auch bei nicht-sozialen Insekten eindeutig nachgewiesen wurde.

Feldstudien über *Heliconius*-Schmetterlinge zeigen oft Muster von kleinen Populationen, bestehend aus langlebigen, kontinuierlich reproduzierenden Individuen, die lernen, wo sich Ressourcen-Standorte (zum Beispiel Futterpflanzen) befinden und in der Lage sind, diese während ihres Lebens relativ lange zu nutzen (Gilbert, 1975; Benson, 1971; Benson, 1972; Brown, 1972; Salcedo, 2010). Besonders interessant ist dabei, dass *Heliconius*-Falter in Gruppen übernachten und dies durch Beobachtung anderer Artgenossen tagsüber lernen (Gilbert, 1975; Benson, 1971; Benson, 1972; Brown, 1972; Salcedo, 2010). Dies zeigt ja schon, dass sie die Fähigkeit besitzen ihre Artgenossen zu beobachten. Wenn Individuen also von ihren Artgenossen lernen, wo ihr „gemeinsamer“ Schlafplatz ist, vielleicht lernen naive Schmetterlinge dann ja auch durch Beobachtung erfahrener Artgenossen schneller, welche Pflanze als Nahrungsquelle günstig beziehungsweise brauchbar ist.

Viele Forscher bestätigten die Fähigkeit von *Heliconius*-Faltern, dass sie auf Neues antworten können und komplexe Abläufe von Ressourcenverteilung und Ressourcennutzbarmachung lernen, sowohl im Freien als auch in Gefangenschaft (Langridge et al., 2004).

In einem anderen Versuch von Weiss und Papaj (2003) wurde die Lernfähigkeit von Schmetterlingen untersucht, zwei verschiedene Farben zu zwei verschiedenen Verhaltensweisen, nämlich Nektarsuche und Eiablage (Oviposition), zuzuordnen. Im ersten Versuch wurden weibliche Schmetterlinge darauf trainiert, eine Pflanze mit einer bestimmten Farbe (zum Beispiel Grün) für die Eiablage zu nutzen. Danach wurde in einem zweiten Versuch eine Teilmenge der Schmetterlinge aus dem ersten Versuch darauf trainiert, zusätzlich eine andere Pflanze in einer bestimmten Farbe mit der Nahrungsaufnahme in Verbindung zu bringen. Nun wurde den Schmetterlingen eine Auswahl verschiedenfarbiger Pflanzen zur Verfügung gestellt. Jene Schmetterlinge aus dem ersten Versuch, landeten zur Eiablage wirklich zum Großteil auf den antrainierten Farben. Auf Grün konditionierte Schmetterlinge flogen in nur 4 % der Fälle auf andersfarbige Pflanze. Schmetterlinge, die auf Rot, Gelb oder Blau trainiert wurden, flogen in 23 % aller Fälle auf andere, nicht trainierte Farben (vor allem auf Grün). Die Tatsache, dass Schmetterlinge mehr auf Grün fliegen, scheint angeboren zu sein.

Schmetterlinge aus dem zweiten Versuch, welche zusätzlich auf eine Farbe zur Futteraufnahme trainiert wurden, machten ebenfalls die meisten Besuche auf die beiden trainierten Farben. Die Leistung, dass Schmetterlinge zweimal auf bestimmte Farben geschult werden können, gewährleistet den Weibchen, dass sie effizient nach einem Eiablageplatz und Nektar suchen können, auch wenn die Aktivitäten zur selben Zeit stattfinden. (Weiss and Papaj, 2003)

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist es, durch Versuche herauszufinden, ob es soziales Lernen bei *Heliconius melpomene* gibt oder nicht. Bei den Versuchen werden diese Falter beobachtet, um herausfinden, ob frisch geschlüpfte Individuen von den erfahrenen, älteren Artgenossen lernen und sich sozusagen von erfahrenen Individuen durch Beobachtung abschauen, was ihre Nahrungsquelle ist und somit öfter und schneller jene Blüten, auf denen sie vorher erfahrene Schmetterlinge beobachtet haben, zur ersten Nahrungsaufnahme nutzen.

2 Material und Methode

2.1 Material

Die Versuche erfolgten im Glashaus der Universität Wien. Dort wurden die Versuchstiere der Spezies *Heliconius melpomene* auf die Versuche vorbereitet und in einem speziell vorbereiteten Versuchskäfig wurden dann die eigentlichen Versuchsreihen durchgeführt.

2.1.1 Versuchstier: *Heliconius melpomene*



Abbildung 1: Versuchstier, *Heliconius melpomene*

Für die Versuche wurden süd- und mittelamerikanische Tagfalter der Art *Heliconius melpomene* (Linnaeus 1758) herangezogen. Diese Tiere stammen teils aus eigener Nachzucht oder wurden als Puppen zugekauft. Insgesamt wurden 96 Versuchstiere für alle Versuche herangezogen.

2.1.2 Versuchskäfig

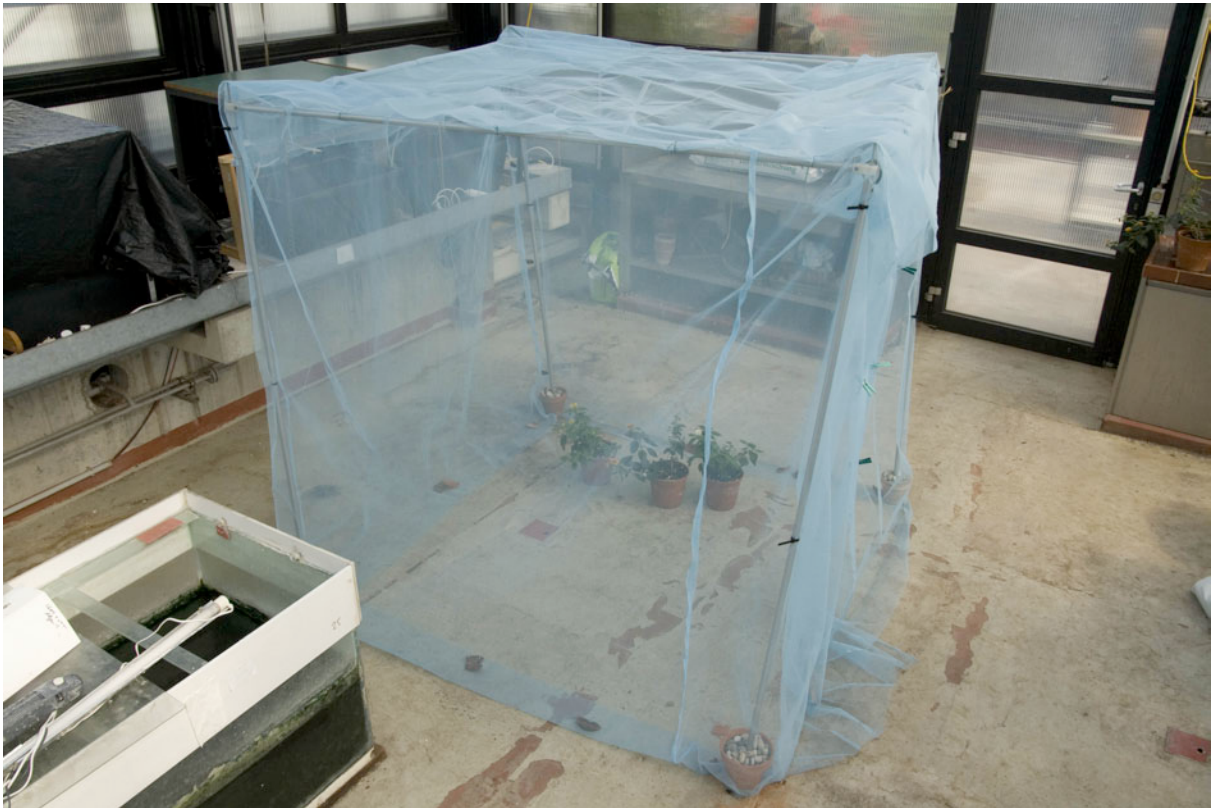


Abbildung 2: Versuchskäfig mit den Schmetterlingen und den *Lantana*-Pflanzen

Abbildung 2 zeigt den Versuchskäfig, der im Glashaus der Universität für die Versuche dieser Diplomarbeit aufgebaut wurde. Dieser Käfig ist etwa 1,80 m x 1,80 m x 1,80 m groß. In diesen Versuchskäfig kamen die *Heliconius*-Falter nur während der Versuche. Ansonsten hielten sie sich in einem anderen Käfig auf, der sich ebenfalls in diesem Glashaus befindet und von einer weißen Plastikfolie umgeben ist, damit eine hohe Luftfeuchtigkeit im Inneren des Käfigs erreicht wird. In weiterer Folge wird dieser Käfig Aufenthaltskäfig genannt.

2.1.3 Versuchspflanze: *Lantana camara* (Verbenaceae)



Abbildung 3: Nahrungsquelle von *Heliconius melpomene*: *Lantana camara* (Wandelröschen)

Die Einzelblüten sind, wie in Abbildung 3 gut erkennbar, in doldenförmigen Blütenständen (Infloreszenzen) angeordnet. Für die Versuche wurde die Pflanze *Lantana camara* (Wandelröschen) mit gelben bis gelborangen Blüten genommen, da auch im Freiland beobachtet wurde, dass die Tiere diese Pflanze als Nahrungsquelle nützen (Krenn, 2008).

2.1.4 Protokollblatt

Die Beobachtungen bei den Durchgängen wurden in ein Protokollblatt (Abb. 4) eingetragen.

Protokollblatt

Datum: _____ Beginn: _____

Wetter: _____

Temperatur im Glashaus: _____ Infloreszenzen *Lantana*: _____

Anzahl Helis: _____

Anmerkungen: _____

	Nummer der Tiere	Zeit 1. Nektar saugen	Anmerkungen / Auffälliges / Besonderheiten
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

Abbildung 4: Protokollblatt

2.2 Vorbereitung der Versuche

Folgende Beschreibung gilt für jeden Versuch und wurde vor jedem Durchgang ganz gleich und genauso vorgenommen:

Die Schmetterlingspuppen wurden in einen extra bereitgestellten Schlüpfkasten gehängt, um nach dem Schlüpfen die Isolation von den anderen erfahrenen *Heliconius*-Faltern zu gewährleisten. Nach dem Schlüpfen wurden diese Schmetterlinge aus dem Schlüpfkasten genommen, am hinteren, rechten Flügel mit einer Zahl markiert und dann in einen eigenen Käfig (Isolutionskäfig) gegeben, um nicht mit den anderen Artgenossen, welche die *Lantana*-Pflanzen schon kennen und auch als Nahrungsquelle nützen, zusammen zu kommen. Die Isolation betrug etwa 2 bis 3 Tage. In dieser Zeit bekamen diese sogenannten naiven Tiere keinen Nektar, nur das Netz wurde tagsüber öfters mit Wasser besprüht, damit die Tiere nicht verdursteten. Dieser Isolutionskäfig war sehr klein und stand im Aufenthaltskäfig. Für den Versuch kamen die Tiere dann direkt in den vorbereiteten Versuchskäfig (Abb. 2). Naive Falter wurden für Versuch 1, 3 und 4 herangezogen.

Die erfahrenen Tiere, welche in den Versuchen 2 und 3 eingesetzt wurden, waren teilweise schon vorhanden oder sie entstanden als „Endprodukt“ der Versuche mit naiven Tieren. Sie wurden am Tag vor dem Versuch isoliert, insgesamt für mindestens 15 Stunden, um sicherzustellen, dass diese Tiere auch wirklich hungrig und somit genug motiviert sind, um auf die Pflanzen zu fliegen und Nektar zu saugen. Diese Falter wurden in ein eigenes kleines Netz gegeben, um sicher zu stellen, dass die Tiere in dieser Zeit der Isolation keinen Nektar bekommen. Auch dieser Käfig wurde innerhalb des Aufenthaltskäfigs gestellt und dort nur mit Wasser besprüht, damit die Schmetterlinge nicht verdursteten.

Pro Durchgang wurden den Versuchstieren immer 10 Infloreszenzen zur Verfügung gestellt. Insgesamt standen 10 *Lantana*-Pflanzen zur Verfügung. Für einen Versuch wurden fast immer nur 2 Pflanzen (maximal 4 Pflanzen und das kam nur einmal vor) gebraucht. Somit konnte am nächsten Tag eine andere Pflanze, die am Tag zuvor nicht benutzt wurde, eingesetzt werden. Bevor eine Pflanze wieder für einen Versuch genommen wurde, sind mindestens 24 Stunden

vergangen. Diese Zeitspanne gewährleistete eine ausreichende Nektarproduktion der Blüten für die *Heliconius*-Falter zu gewährleisten. Wenn 2 Durchgänge pro Tag gestartet wurden, wurden immer neue Pflanzen herangezogen, damit ein ausreichendes Angebot an Nektar zur Verfügung stand.

Die Farbe der angebotenen Blüten sollte kein Problem für die Schmetterlinge darstellen, da bereits nachgewiesen wurde, dass Schmetterlinge auch im roten Bereich Farben sehen können (genauer im Kapitel Diskussion).

2.3 Versuchsdurchführung

Für die Versuche wurden insgesamt 96 Individuen verwendet. Die naiven Tiere (81) konnten in weiterer Folge auch als erfahrene Tiere eingesetzt werden. Daher gab es bei den erfahrenen Faltern einen größeren Stichprobenumfang. So kommt eine Gesamtzahl von 155 Versuchstieren zustande. Davon wurden 19 Versuchstiere während der Versuche ausgeschlossen. 4 Individuen hatten einen gebogenen Rüssel und konnten nicht Nektarsaugen, 2 sind wegen gespaltenen Rüssel während der Durchgänge gestorben und 3 Falter konnten wegen gebogener Flügel nicht oder kaum fliegen – zumindest nicht auf eine Pflanze. Ein Falter hatte eine gebogene Antenne und konnte nicht fliegen, obwohl die Flügel ganz normal ausgesehen haben. Die übrigen wurden nach Ablauf der Versuchszeit auf die Pflanzen gesetzt und begannen nicht zu saugen, deswegen wurden auch sie ausgeschlossen. Insgesamt gab es 27 Durchgänge, davon wurden 3 Durchgänge am Nachmittag durchgeführt. 2 Durchgänge mussten aufgrund ungleicher Wetter- und Temperaturbedingungen aus der Wertung herausgenommen werden. Die restlichen 22 Durchgänge fanden immer vormittags zwischen 9 und 12 Uhr statt. Eine genaue Übersicht über die Versuchsreihen ist im Anhang zu finden.

Folgende Erklärung gilt für jeden Versuch und wurde bei jedem Durchgang ganz gleich und genauso vorgenommen:

Vor Beginn eines jeden Durchgangs wurde immer das Protokollblatt (Abb. 4) ausgefüllt. Es wurde zuerst die Temperatur gemessen, da gut beobachtet werden konnte, dass bei verschiedenen Temperaturen – auch bei nur geringen

Unterschieden – die Aktivität der Falter deutlich unterschiedlich war. Erst ab einer Temperatur von 24°C war eine rege Aktivität der Falter zu erkennen. Unterhalb dieser Grenze zeigten die Tiere keine große Motivation Nektar zu saugen oder gar viel herumzufliegen. Neben der Temperatur wurden sowohl die Wetterverhältnisse, das Datum als auch die Uhrzeit des Versuchsbeginnes notiert. Jeder Durchgang dauerte 3 Stunden.

Dann wurde das Netz des Versuchskäfigs mit Wasser besprüht, um eine etwas höhere Luftfeuchtigkeit für die Falter zu erreichen. Nach diesem Schritt wurden die Falter in das Netz gebracht und anschließend *Lantana*-Pflanzen mit insgesamt 10 blühenden Infloreszenzen in den Käfig gestellt. Die Anzahl der Falter (jeweils naiv und erfahren) betrug im Normalfall 5 Stück. Um möglichst viele Versuche durchführen zu können war es manchmal nötig 4 oder 6 Stück in den Käfig zu geben, da zu manchen Zeitpunkten der Stichprobenumfang variierte. Mit Beginn des Versuchs wurde die Stoppuhr gedrückt und die Dauer gemessen, die die einzelnen Individuen brauchten bis sie das erste Mal auf eine *Lantana*-Pflanze flogen und deutlich erkennbar Nektar saugten. Da die Versuchsdauer auf 3 h beschränkt werden musste, wird das „Nichtsaugen“ eines Individuums mit einer Zeit von 180 min protokolliert.

2.3.1 Schematische Darstellung der 4 Versuchsreihen

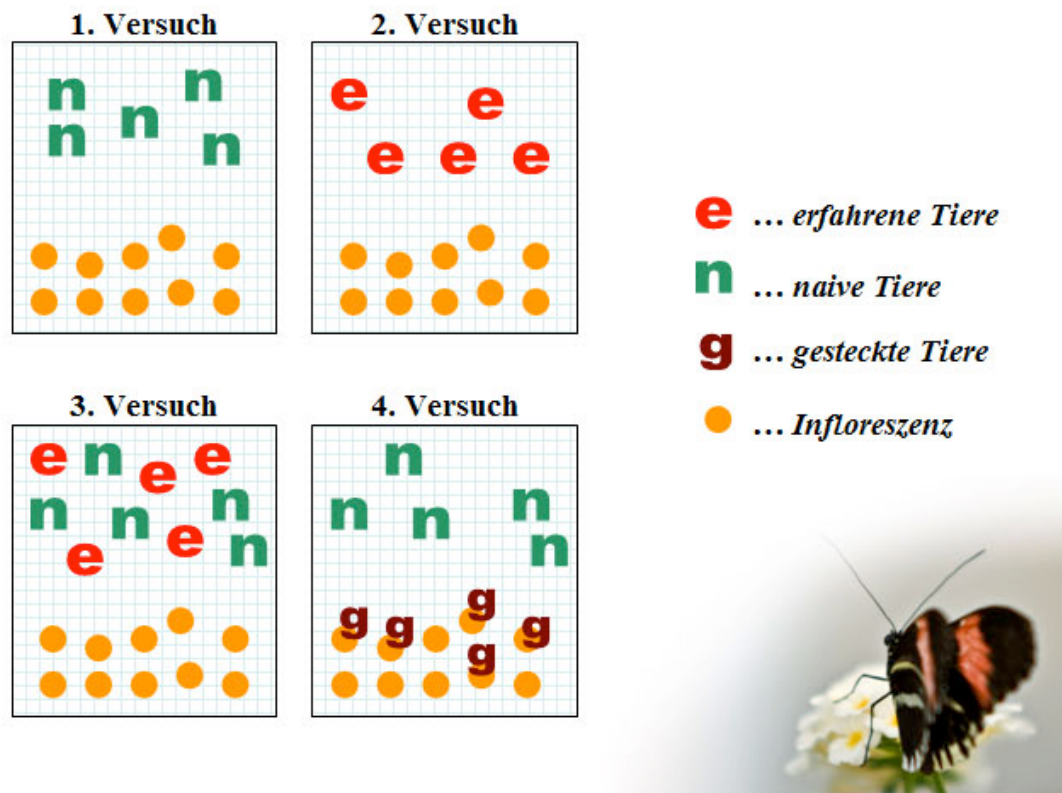


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Versuche. In Versuch 1 sieht man 5 naive Individuen (grünes n) und 10 Infloreszenzen von *Lantana camara*. In Versuch 2 sieht man 5 erfahrene Individuen (rotes e) mit 10 Infloreszenzen und im 3. Versuch sind je 5 erfahrene und 5 naive Tiere mit 10 Infloreszenzen zu sehen. Im 4. Versuch wurden 5 naive Individuen mit 5 präparierten, aufgesteckten Faltern (dunkelrotes g) zusammen in den Versuchskäfig gegeben.

2.3.2 Versuch 1: naive Schmetterlinge

Bei diesem Versuch ging es darum, zu beobachten, wie lange 5 naive (frisch geschlüpfte) und bis zum Versuch isolierte Falter von *Heliconius melpomene* brauchten, um an einer Blüte der *Lantana*-Pflanze Nektar zu saugen und diese somit als Nahrungsquelle zu erkennen. Wenn es soziales Lernen gibt, dann müssten naive Falter später in Versuch 3, in Gegenwart von erfahrenen Tieren, schneller die Blüten finden, als wenn sie alleine im Käfig sind. Es wurden insgesamt 5 Versuchsdurchgänge gemacht, in einem Versuch waren nur 4 Schmetterlinge. Insgesamt waren es also 24 naive Tiere. Ein weiterer Schmetterling wurde ausgeschlossen, da er auch nach Versuchsende keinen Nektar saugen wollte (Erklärung siehe 2.3 Versuchsdurchführung). Somit wurden

insgesamt 23 Tiere gewertet. Einen genaueren Überblick findet man im Anhang, in Tabelle 4.

2.3.3 Versuch 2: erfahrene Schmetterlinge

In Versuch 2 wurde bei 5 erfahrenen Schmetterlingen (erfahrene Tiere waren mindestens 4 Tage im Aufenthaltskäfig mit anderen Individuen zusammen; erst dann wurden diese Schmetterlinge als „erfahrene“ Schmetterlinge für Versuche verwendet) gestoppt, wie lange jedes der Individuen braucht um das erste Mal Nektar zu saugen. Da diese Tiere die Pflanze schon kannten, sollten sie gelernt haben, dass dies ihre Nahrungsquelle ist. Zu erwarten war, dass sie schneller auf eine Blüte fliegen um Nektar zu saugen, als naive Tiere. Es wurden insgesamt 8 Versuchsdurchgänge gemacht, in 4 Versuchen waren 6 Schmetterlinge. Insgesamt waren es 44 erfahrene Schmetterlinge. 7 Schmetterling wurde ausgeschlossen, weil sie auch nach Versuchsende keinen Nektar saugen wollten. Somit wurden insgesamt 37 Tiere gewertet.

2.3.4 Versuch 3: naive und erfahrene Schmetterlinge

Im dritten Versuch wurden 5 naive und 5 erfahrene Tiere in einen Versuchskäfig gegeben und beobachtet, ob die naiven Tiere schneller lernen, sich sozusagen von den erfahrenen Tieren abschauen, dass die *Lantana*-Pflanze eine Nahrungsquelle darstellt. Bei sozialem Lernen, müssten die naiven Tiere daher schneller an die Blüten fliegen, als wenn sie alleine im Versuchskäfig sind. Es wurden insgesamt 6 Versuchsdurchgänge mit 28 naiven und 30 erfahrenen Tieren gemacht. In 3 Versuchen waren nur jeweils 4 naive Schmetterlinge und einmal 6 naive Tiere (insgesamt 28 naive Individuen). Bei den erfahrenen Tieren konnten immer 5 Individuen bei den 6 Versuchen dabei sein (insgesamt 30 Tiere). Nach den Durchgängen wurden in Summe aber 5 naive und 5 erfahrene Schmetterlinge ausgeschlossen, da sie auch nach Versuchsende keinen Nektar saugen wollten. Somit wurden insgesamt 24 naive und 25 erfahrene Tiere gewertet.

2.3.5 Versuch 4: naive und aufgesteckte Schmetterlinge

Im vierten und letzten Versuch wurden insgesamt 5 präparierte Tiere auf die Infloreszenzen gesteckt. Wieder wurden 5 naive Tiere in den Versuchskäfig gesetzt. Man könnte erwarten, dass die naiven Tiere die aufgesteckten Schmetterlinge als solche erkennen und so *Lantana*-Pflanzen als Nahrungsquelle identifizieren. Es wurden insgesamt 6 Versuchsdurchgänge gemacht, in 2 Versuche waren nur 4 Schmetterlinge und in einem Versuch waren 6 Schmetterlinge. Insgesamt waren es 29 naive Tiere. Zwei Schmetterlinge wurden ausgeschlossen, da sie auch nach Versuchsende keinen Nektar saugen wollten. Somit wurden insgesamt 27 Tiere gewertet. Einen genaueren Überblick findet man im Anhang in Tabelle 4.

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Bei den Versuchsreihen wurden wirklich nur jene Tiere in das Ergebnis aufgenommen, die auch fähig waren, Nektar zu saugen. War beispielsweise ein Tier über die gesamte Versuchsdauer hinweg inaktiv, wurde danach überprüft, ob das Tier saugt, wenn man es auf eine Blüte setzt. War dies nicht der Fall, fiel dieses Tier aus der Auswertung heraus.

Meist fanden die Versuche nur vormittags von 9 bis 12 Uhr statt, da zu verschiedenen Zeiten (vor allem gegen Mittag) eine unterschiedliche Aktivität der Falter zu beobachten war. Gab es allerdings sehr viele naive Tiere oder waren die Wetterverhältnisse ein paar Tage hintereinander sehr schlecht, mussten Versuche (insgesamt 3) auch am Nachmittag durchgeführt werden, da die naiven Tiere nur maximal 3 Tage isoliert werden konnten.

Für die Auswertung bei den Ergebnissen wurden nur jene Durchgänge herangezogen, bei denen die Voraussetzungen gleich waren. Zu starke Abweichungen, wie starke Temperaturunterschiede oder schlechtes Wetter wurden von der Auswertung ausgeschlossen.

Aus den beobachteten Zeiten bis zum ersten Nektarsaugen, wurden für die einzelnen Versuche folgende Werte jeweils für naive und erfahrene Tiere ermittelt:

1. Gesamtanzahl der Versuchstiere;
2. Anzahl der nektarsaugenden Tiere;
3. Prozentanteil der nektarsaugenden Tiere (Nektarsaugquote);
4. Medianwert der gemessenen Zeiten und
5. Signifikanz der Testergebnisse mit dem Mann Whitney U-Test ($p < 0,05$).

Überschreitet die Signifikanz einen Wert von 5 %, so trifft die Hypothese H_0 zu, welche besagt, dass kein Unterschied zwischen den Datensätzen der beiden verglichenen Versuche festzustellen ist.

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte in Microsoft Excel und SPSS. In SPSS wurde der Mann Whitney U-Test durchgeführt. Mit Excel wurde die Darstellung der Daten in Tabellenform, als Säulendiagramme sowie die Berechnung der übrigen Testwerte vorgenommen.

3 Ergebnisse

3.1 Nektarsaugquote

In diesem Kapitel wird tabellarisch und graphisch dargestellt, wie viele Tiere bei den einzelnen Versuchen Nektar gesaugt haben.

Tabelle 1: Übersicht über alle 4 Versuche. Hier werden folgende Parameter für jeden Versuch für jeweils die naiven und die erfahrenen Tiere dargestellt: Gesamtanzahl der Tiere im Versuch, Nektarsaug- Anzahl (Anzahl jener Tiere, die im Versuch Nektar gesaugt haben), und die Nektarsaugquote (Anteil der nektarsaugenden Tiere in % von der Gesamtanzahl)

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3		Versuch 4
	<i>naiv</i>	<i>erfahren</i>	<i>naiv</i>	<i>erfahren</i>	<i>naiv</i>
Gesamtanzahl	23	37	24	25	27
Nektarsaug-Anzahl	5	32	7	18	6
Nektarsaugquote (%)	21,74	86,49	29,17	72,00	22,22

Naive Tiere:

Bei Versuch 1 gab es insgesamt 23 naive Schmetterlinge, von denen lediglich 5 Individuen während eines Durchganges innerhalb der Beobachtungszeit von 180 min. zu Nektarsaugen begonnen haben. In Prozent ausgedrückt, bedeutet dies, dass nur 21,74 % der Versuchstiere Nahrung zu sich genommen haben. Die Nektarsaugquote ist hier am niedrigsten und deutlich niedriger als Versuch 2.

Bei Versuch 3 waren naive und erfahrene Tiere gemeinsam im Versuchsnetz. Insgesamt waren es 24 naive und 25 erfahrene Schmetterlinge, die für diesen Versuch genommen wurden. Von den 24 naiven Individuen waren nur 7 Tiere aktiv (Nektarsaugquote von 29,17 %).

In Versuch 4 wurden naive Falter und aufgesteckte, präparierte *Heliconius*-Falter verwendet. Von insgesamt 27 naiven Schmetterlingen saugten 6 Tiere Nektar an den Blüten. Die Nektarsaugquote betrug 22,22 %.

Vergleich man nun die Nektarsaugquoten der naiven Tiere, stellt man fest, dass diese in allen 3 Versuchen relativ ähnlich sind, am höchsten ist sie in Versuch 3.

Erfahrene Tiere:

In Versuch 2 wurden nur erfahrene Tiere verwendet. Von den insgesamt 37 Individuen haben 32 von ihnen Nektar gesaugt. Das ergibt eine hohe Nektarsaugquote von 86,49 %. In Versuch 3b wurden insgesamt 25 Tiere ausgewertet, wovon 18 tatsächlich Nektar gesaugt haben; das entspricht einer Nektarsaugquote von 72,00 %.

Interessant ist, dass der Anteil der nektarsaugenden erfahrenen Tiere bei Anwesenheit von naiven Tieren um 14,49 % absinkt. Dennoch ist deutlich erkennbar, dass die Nektarsaugquote bei den erfahrenen Tieren immer am höchsten ist. Dieser Umstand wird nochmals in Abbildung 6 verdeutlicht.

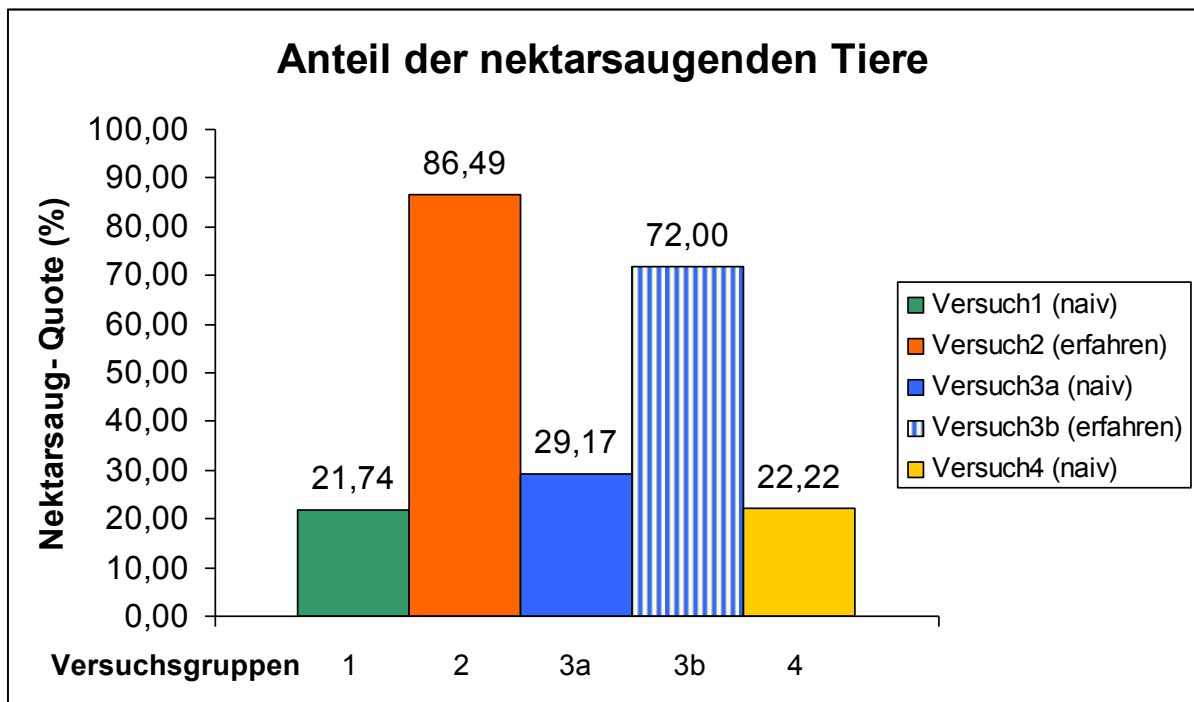


Abbildung 6: Graphische Darstellung des Anteils der Tiere, die während der Versuche Nektar gesaugt haben. Grüner Balken: Versuch 1 mit naiven Schmetterlingen. Oranger Balken: Versuch 2 mit erfahrenen Tieren. Blauer und blau gestreifter Balken: Versuch 3a mit naiven (blauer Balken) und erfahrenen (3b, gestreifter Balken) Individuen. Gelber Balken: Versuch 4 mit naiven und aufgesteckten Tieren.

Unter Kapitel 3.2.2 „Signifikanz der Ergebnisse“ wurde der Mann Whitney U-Test durchgeführt, der die Ergebnisse dieses Kapitels bestätigt.

3.2 Zeitanalyse

Hier folgt eine genauere Betrachtung des zeitlichen Nektarsaug-Verhaltens bei den einzelnen Versuchen.

Tabelle 2: Diese Tabelle ist eine Übersicht über alle 4 Versuche. Hier werden die Medianwerte der Zeiten des ersten Nektarsaugens dargestellt.

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3		Versuch 4
	<i>naiv</i>	<i>erfahren</i>	<i>naiv</i>	<i>erfahren</i>	<i>naiv</i>
Medianwert (min)	180,00	64,25	180,00	63,70	180,00

Naiv Tiere:

In Tabelle 2 wird sofort deutlich, dass bei allen Versuchen mit naiven Tieren der Medianwert bei 180 Minuten liegt. Das wäre gleichzusetzen mit dem Nichtsaugen der Tiere. Der Anteil der nektarsaugenden Tiere ist zu niedrig (und ihre Zeiten sind zu hoch), als dass eine Tendenz in Richtung soziales Lernen am Medianwert abgelesen werden kann.

Erfahrene Tiere:

Die erfahrenen Tiere kommen in Versuch 2 auf einen Medianwert von 64,25 Minuten, in Versuch 3 (mit naiven Tieren) auf 63,70 Minuten. Auch hier wird kein Unterschied deutlich. Abbildung 7 verdeutlicht die Ergebnisse noch besser.

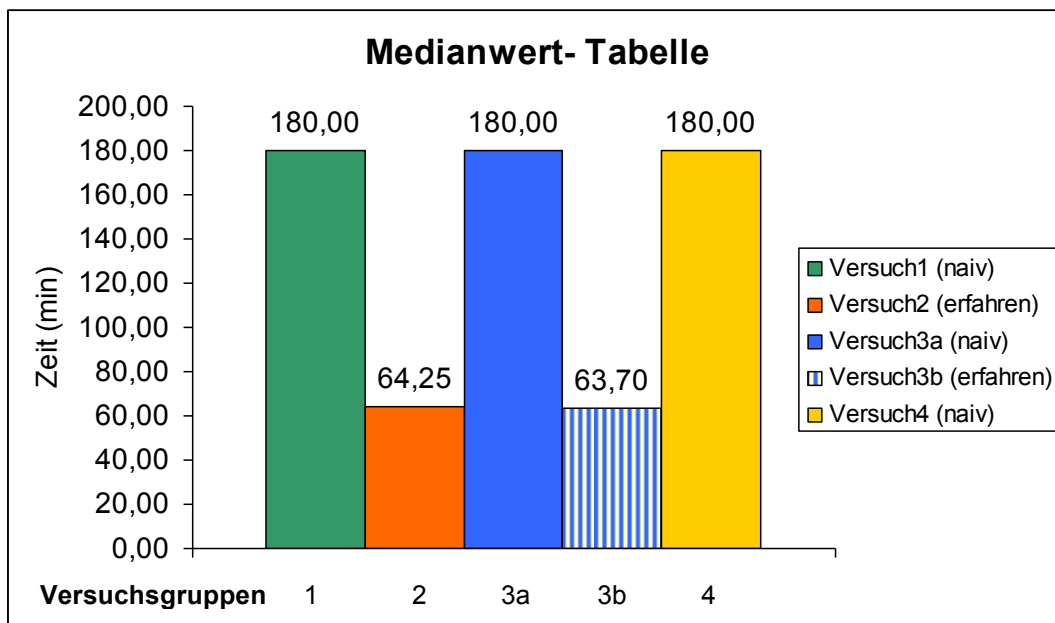


Abbildung 7: Darstellung des Medianwertes. Grün: Versuch 1 (naive Tiere). Orange: Versuch 2 (erfahrene Falter). Blau und blau gestreift: Versuch 3 (3a: naive Tiere; 3b: erfahrene Tiere). Gelb: Versuch 4 (naive Tiere mit aufgesteckten Faltern).

3.2.1 Genauere Zeitanalyse

Die Abbildungen 8, 9 und 10 zeigen in Form von Säulendiagrammen die Verteilung des ersten Nektarsaugens im Stundentakt. Das heißt, der erste Balken zeigt den Anteil der Tiere, die innerhalb der ersten Stunde gesaugt haben, der 2. innerhalb der 2. Stunde, der 3. innerhalb der 3. Stunde und der 4. den Anteil der Tiere, die gar nicht gesaugt haben. Die genauen Zeiten der einzelnen Falter können im Anhang nachgelesen werden.

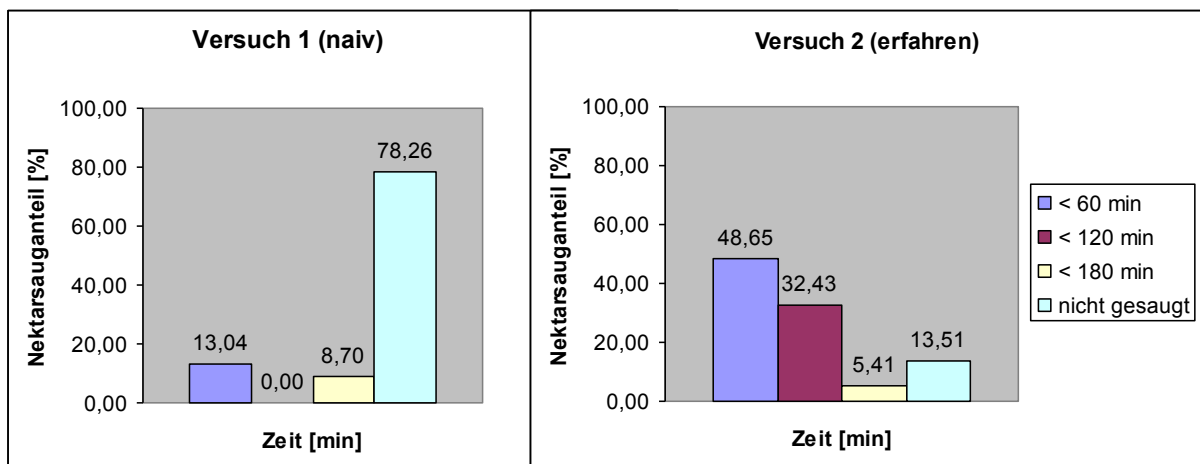


Abbildung 8: Darstellung der Prozentanteile der Falter, die in der ersten, zweiten, oder dritten Stunde oder gar nicht (Säule 4) zum Nektarsaugen an die Blüten geflogen sind (Versuch 1 und 2).

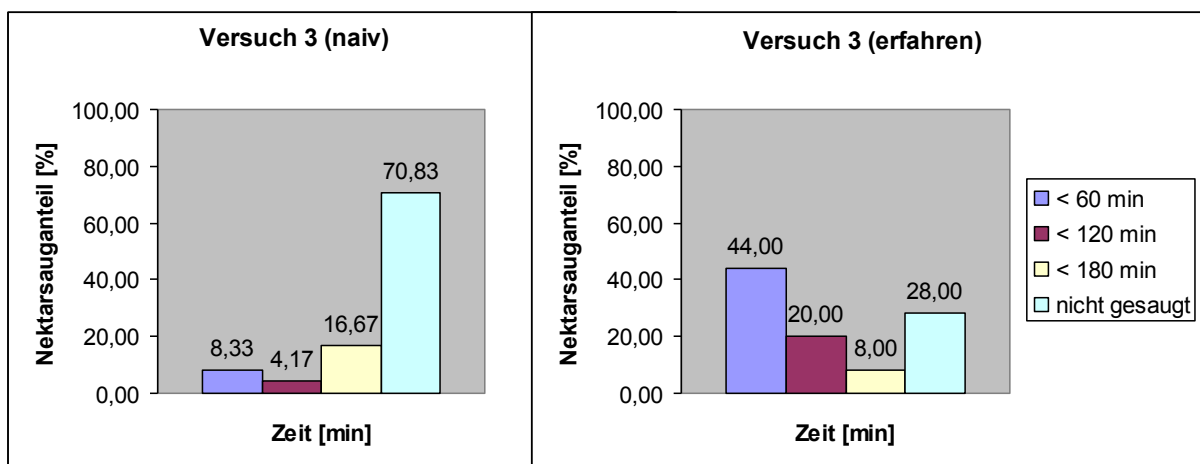


Abbildung 9: Darstellung der Anzahl der Falter, die in der ersten, zweiten, oder dritten Stunde oder gar nicht (Säule 4) zum Nektarsaugen an die Blüten geflogen sind (Versuch 3).

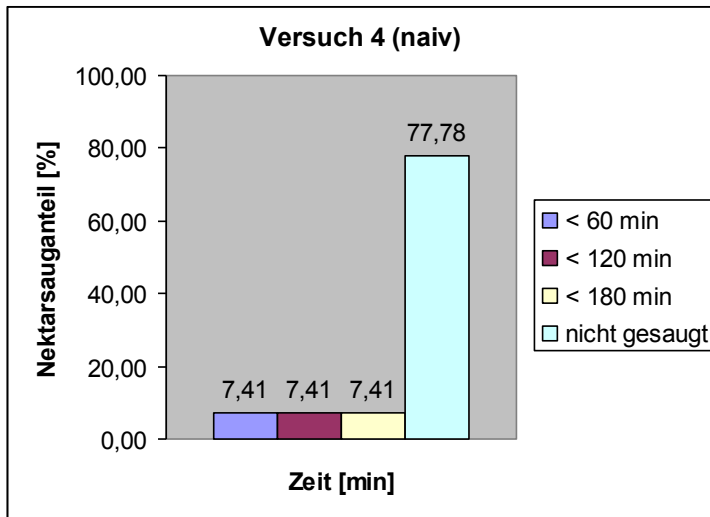


Abbildung 10: Darstellung der Anteile der Falter, die in der ersten, zweiten, oder dritten Stunde oder gar nicht (Säule 4) zum Nektarsaugen an die Blüten geflogen sind (Versuch 4).

Naive Tiere:

Alle 3 Versuche mit naiven Tieren zeigen eine ähnliche, zeitliche Verteilung und lassen auf keinerlei Tendenz schließen.

Erfahrene Tiere:

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die erfahrenen Tiere immer, egal ob alleine oder zusammen mit naiven Tieren, schneller Nektar zu saugen begonnen haben, als naive Tiere. Das heißt, der höchste Anteil an Faltern ist in der ersten Stunde, der zweithöchste in der 2. Stunde und der niedrigste Anteil in der 3. Stunde. Das deutet darauf hin, dass die erfahrenen und hungrigen Tiere bereits gelernt hatten, dass *Lantana*-Blüten Nektar bieten. Als die erfahrenen Tiere zusammen mit naiven Tieren im Versuchsnetz waren, ist die Zahl der Tiere, die nicht zu saugen begonnen haben, etwas gestiegen. Dieser Umstand wurde schon durch die Nektarsaugquote (Kapitel 3.1) belegt.

3.2.2 Signifikanz der Ergebnisse

Mithilfe des Mann Whitney U-Tests wurde nun überprüft, ob die gemessenen Zeiten in den einzelnen Versuchen eine Tendenz in Richtung soziales Lernen aufweisen oder die Unterschiede rein zufälliger Natur sind.

Tabelle 3: Ergebnisse des Mann Whitney U-Tests. Gegenüberstellung der Versuche mit naiven Tieren (Versuch 1-3a, 1-4, 3a-4) und Gegenüberstellung der Versuche mit erfahrenen Tieren (Versuch 2-3b)

	Versuch 1 – 3a	Versuch 1 - 4	Versuch 3a - 4	Versuch 2 – 3b
Signifikanz (für H_0) in %	67,7	92,5	56,3	22,1

Naive Tiere

Bei der Gegenüberstellung von Versuch 1 und 3a (Signifikanz 67,7 %) sowie 1 und 4 (Signifikanz 92,5 %) bedeutet dies, dass kein soziales Lernen bei diesen Versuchen beobachtbar war. Somit ist die alternative Hypothese H_1 („soziales Lernen ist sehr wahrscheinlich“) zu verwerfen. Beim Vergleich von Versuch 3a und 4 ist auch kein signifikanter Unterschied (d.h. Signifikanz ist größer als 5 %) festzustellen.

Erfahrene Tiere

Vergleicht man nun die Versuche mit erfahrenen Tieren (Versuch 2 und 3), erkennt man, dass auch hier kein signifikanter Unterschied beobachtbar ist. Der Wert von 22,1 % lässt auf eine sehr leichte Tendenz der Beeinflussung des Verhaltens in Anwesenheit von naiven Tieren schließen. Dieser Umstand wurde auch durch die Nektarsaugquote bestätigt.

4 Diskussion

Die Ergebnisse deuten nicht auf soziales Lernen bei *Heliconius melpomene* hin. Im Rahmen der Versuchsbedingungen hat es nicht den Anschein, als würden sich die naiven Schmetterlinge von den erfahrenen Individuen abschauen, was ihre Nahrungsquelle ist. Beim 3. Versuch mit 30 erfahrenen und 28 naiven Tieren ist eine leicht erhöhte Nektarsaugquote (+7,43 %) bei den naiven Tieren zu erkennen, und im Gegenzug eine leichte Verminderung bei den erfahrenen Tieren (- 14,49 %). Aber der U-Test nach Mann Whitney kann hier im Vergleich zu naiven Tieren alleine keinen signifikanten Unterschied feststellen. Auch die Medianwerte der Zeit bleiben sowohl für die naiven, als auch für die erfahrenen Tiere in etwa gleich.

Warum dies so ist, kann viele Gründe haben, daher muss man bei der Interpretation dieses Ergebnisses sehr vorsichtig sein. Diese Versuche wurden im Labor und nicht im Freiland durchgeführt. Das kann einer der Gründe sein, die das Ergebnis soweit beeinträchtigt haben, dass es nicht dem natürlichen Verhalten dieser Tiere entspricht. Diese Studie sollte auch im Freiland durchgeführt werden um eine noch bessere Aussagekraft zu erhalten.

Es könnte zum Beispiel auch sein, dass der Versuchskäfig zu klein war für die 10 Individuen im 3. Versuch. Jedes Individuum besetzt ja einen bestimmten Lebensraum, *Heliconius melpomene* ist demnach eine territoriale Art (Murawski and Gilbert, 1986). Interessant wäre, wie viel Platz ein Individuum wirklich benötigt und ob sich an den Ergebnissen etwas ändern würde, wenn man den Versuchsraum entsprechend vergrößert.

Bei einer Seminararbeit von Herrn Matthias Nemeth wurde ein Versuch mit einer kleineren Anzahl an erfahrenen (3 Tiere) und naiven (2 Tiere) Faltern durchgeführt. Hier sind alle Tiere auf eine Blüte geflogen, sogar früher als bei den anderen Durchgängen mit 10 Individuen. Da hier aber nur ein Versuch vorliegt, kann dieses Resultat auch reiner Zufall sein. Die Daten von Herrn Nemeth und deren Auswirkung auf das Gesamtergebnis des Mann Whitney U-Tests sind im Anhang zu finden. Die Eingliederung dieser Daten führt zumindest bei einem

direkten Vergleich von Versuch 3 und 4 zu einem signifikanten Unterschied der Daten (Signifikanz 3,9%). Dies führt zumindest (unter der Annahme, dass die Daten von Herrn Nemeth repräsentativ sind) zu der Annahme, dass es sehr wohl einen Unterschied macht, ob man echte oder nur präparierte Tiere verwendet.

Interessant ist auf jeden Fall, dass die Nektarsaugquote der naiven Schmetterlinge in Versuch 4 (mit den aufgesteckten Artgenossen) in etwa gleich war mit jener in Versuch 1 (naive Schmetterlinge alleine). Dies könnte man jetzt so deuten, dass die aufgesteckten Artgenossen nicht als solche wahrgenommen werden. Diese Tatsache würde durch folgende Studie bekräftigt. Sendoya et al (2009) konnte zeigen, dass das Aufstecken von getrockneten Insekten keine Auswirkung auf die Eiablage von Schmetterlingen hat. Die Weibchen legten Eier rundherum ab, mit oder ohne aufgesteckte Ameisen. Anscheinend wurden tote, aufgesteckte Insekten nicht als solche wahrgenommen.

Bei der Mischung zwischen naiven und erfahrenen Tieren kommt auch eine Gewöhnungsphase in Frage, in der jedes Individuum seinen Platz findet. Auffällig war, dass, wenn nur die erfahrenen Tiere im Versuch waren, mehr Falter zur Nahrungsaufnahme auf eine Blüte geflogen sind, als bei einer Mischung mit naiven Tieren. Es kann sein, dass die Falter erkannt haben, dass neue Individuen dazugekommen sind und sich erst aneinander gewöhnen mussten. Eine Umgehung dieses Problems wäre eine Ausdehnung der Gesamtversuchsdauer (mehr als 3 Stunden), um die Gewöhnung der Schmetterlinge an ihre Umgebung mit zu berücksichtigen. Welcher Versuchszeitraum ausreichend gewesen wäre (und ob das überhaupt sinnvoll ist) ist sicher ein eigener Forschungsgegenstand und hätte allerdings den Rahmen dieser Arbeit gesprengt.

Grundsätzlich wurden die Versuche immer vormittags durchgeführt, da bekannt ist, dass diese Falter am Vormittag Nektar saugen. Wie viele Durchgänge pro Tag durchgeführt wurden (nie mehr als 2 Versuche pro Tag), lag immer daran, wie viele naive Tiere vorhanden waren. Naive Falter durften maximal 3 Tage hungern. Daher mussten insgesamt 3 Durchgänge auch an Nachmittagen vorgenommen werden. Die restlichen 22 Versuche fanden aber alle am Vormittag statt. Gerade gegen Mittag war zu erkennen, dass die Tiere etwas langsamer wurden und

überhaupt weniger Aktivität zeigten als am frühen Vormittag. Um wirklich exakte Ergebnisse zu bekommen, sollten alle Durchgänge zur selben Zeit durchgeführt werden. Dazu wären allerdings mehr Personen und Versuchskäfige nötig gewesen. Dennoch sollte man für zukünftige Versuchsreihen darauf achten, denn eine geringere Aktivität führt zu längeren Zeiten, bis diese Tiere das erste Mal Nektar saugen.

Eine weitere Frage, die sich stellt, ist, wie weit diese Schmetterlinge überhaupt sehen können. *Heliconius*-Falter haben ein sehr breites, weites Sehspektrum. *Heliconius*-Falter orientieren sich hauptsächlich an sogenannten „landmarks“, beispielsweise die geschlossenen Außenwände eines Versuchskäfigs. Sie lernen und merken sich, wo sich diese Punkte befinden (Gilbert, 1975).

Auch die Farben der angebotenen Blüten (gelb bis gelborange) stellten sicherlich kein Problem bezüglich der Nahrungserkennung dar, da bereits nachgewiesen wurde, dass diese Tiere auch im roten Bereich Farben sehen können. Es wurde erforscht, dass sich in den Augen der Männchen des kleinen Kohlweißlings, *Pieris rapae*, das hellrote oder das dunkelrote Sehpigment anhäuft, welches das Rhabdom der verschiedenen Ommatidien umgibt, und als Filter im längswelligen Bereich agiert. Dadurch entstehen Rezeptoren, die bei 620 nm oder 640 nm die höchste Empfindlichkeit aufweisen. Doch beide Rezeptoren enthalten dasselbe Sehpigment (Qiu et al., 2002; Qui and Arikawa, 2003)

Es wurde bestätigt, dass *Heliconius erato* im roten Bereich Farben sehen kann. Dies basiert auf 2 Photorezeptortypen, welche dasselbe Pigment (Opsin) enthalten. Der Unterschied in der spektralen Empfindlichkeit für das Farbsehen kommt von anderen Mechanismen und von keinem neuen Pigment. Es ist vermutlich das Ergebnis der Expression von unterschiedlichen lateralen Filterpigmenten in verschiedenen Ommatidien. *Heliconius erato* ist fähig, eine Wellenlänge von 620 nm nicht nur von 590 nm sondern auch von 640 nm zu unterscheiden (Zaccardi et al.; 2006).

In einer Studie von Kelber (1999) wurde auch gezeigt, dass Schmetterlinge sehr lernfähig sind und dass sie Farben, auch Rot, sehen können. Schmetterlinge

haben einen Rotrezeptor und bevorzugen für die Eiablage Farben, die für das menschliche Auge Grün erscheinen. Im Gegensatz dazu, zeigen diese Schmetterlinge bei der Nektarsuche eine angeborene Präferenz für gelbe Farben und vermeiden grüne Farben (Kelber 1999).

Augenspiegel-Studien von *Heliconius erato* zeigten 2 verschiedene Klassen von Ommatidien. Dieses Ergebnis fand man auch in Studien von Stavenga (2002a, 2002b) über *Heliconius melpomene*. Das Sehen von Farben unterliegt diesem unterschiedlichen Farbglanz, welche laterale Filterpigmente sowie eine unterschiedliche Pigmentdichte enthalten. Die lateralen Filterpigmente, welche die unterschiedlichen Spektren der Rezeptoren verursachen wurden auch in *H. erato* gefunden. Diese Pigmente sind nahe genug am Rhabdom um als laterale Filter zu wirken (Stavenga, 2002a, 2002b).

Heliconius erato ist das erste Tier, bei dem gezeigt wurde, dass dieser zwei Photorezeptoren die dasselbe Pigment enthalten, für das Farbsehen nützt. Die lateralen Filterpigmente sind vermutlich die Grundlage für die Unterschiede zwischen den zwei Rezeptortypen in *Heliconius*. Filternde Pigmente können den Bereich des Farbsehens durch Verschiebung der Empfindlichkeit des L-Rezeptors ausdehnen. Somit können diese Tiere in längerwelligen Bereichen die Farben auch noch unterscheiden, was mit dem Pigment alleine nicht möglich wäre (Zaccardi et al., 2006).

Eine interessante Beobachtung war, dass die Schmetterlinge spontan lieber zu ganz gelben als zu gelborangen Blüten geflogen sind. Es wurde daher immer wenn möglich versucht, gelbe Blüten anzubieten. Ein weiterer Untersuchungsgegenstand wäre hier die Frage, ob diese Tiere auch im Freiland bestimmte Farben der Blüten bevorzugen oder ob diese Tatsache im Versuch dem Zufall zuzuschreiben ist.

Eine Tatsache, die auch im Freiland zu beobachten ist, sind Männchen, die den Weibchen zur Paarung nachfliegen. In meinen Versuchen konnte ich zweimal beobachten, dass ein Männchen nur deswegen auf eine Blüte geflogen ist und Nektar zu saugen begonnen hat, weil es vorher einem Weibchen nachgeflogen

war. Dieses hat sich dann auf einer Blüte niedergelassen um Nektar zu saugen. Das Männchen ist also nicht durch Nahrungssuche das erste Mal auf eine *Lantana*- Pflanze geflogen, sondern durch sein Balzverhalten.

Es gab jedoch auch Studien, in denen soziales Lernen bei *Heliconius* Faltern angedeutet wurde. Zum Beispiel heißt es, dass auf Ebene der Population das Lernen von Orientierungspunkten durch Kundgebung und die Orientierung durch einzelne Sucher von *Heliconius* durch die hohe Sesshaftigkeit von lokalen Populationen hervorgerufen wird (Turner, 1971; Ehrlich and Gilbert 1973; Mallet 1986a).

Eine andere Feldstudie belegt, dass die Individuen lernen, wo sich Ressourcen-Standorte befinden, indem sie während des Tages jenen Individuen folgen, mit denen sie in der Nacht zusammen, an einem Schlafplatz geschlafen haben. Diese Falter bilden eine nächtliche Schlafgemeinschaft an gewissen Stellen mit einer bestimmten Anordnung. Schlafstellen werden gewöhnlich unter relativ dichter Vegetation gebildet, unter trockenen Reben oder Zweigen, welche Platz für die Nacht bieten. Diese Anordnung hält über Monate (Salcedo, 2010). Dies würde auch für die Möglichkeit von sozialem Lernen bei *H. melpomene* sprechen.

Eine Studie über soziales Lernen von Coolen et al., (2005), bei nicht-sozialen Insekten zeigt bei Waldgrillen (*Nemobius sylvestris*, Bosc 1792), die Vermeidung von ihren natürlichen Prädatoren, den Wolfspinnen (*Pardosa spp.*) Es wurde gezeigt, dass Waldgrillen (*Nemobius sylvestris*, Bosc 1792) gut geeignet sind, um zu testen ob nicht-soziale Insekten das Verhalten ihrer Artgenossen nützen, um die derzeit bestehende Gefahr abzuschätzen und ihr eigenes Verhalten dementsprechend ändern. Juvenile antworten in ihrem Verhalten auf die Anwesenheit von Wolfspinnen (*Pardosa spp.*) (Dangles et al., 2005), insbesondere durch vermehrtes Verstecken unter Blätter (O.D., J.C., and I.C., unpublished data). Solch eine Verhaltensänderung und eventuell auch andere begleitende Änderungen, stellen möglicherweise auch eine Quelle der Information über die derzeitige Gefahrenstufe für Artgenossen dar, die ganz in der Nähe sind (Coolen et al. 2005).

Abgesehen von ihrer Effizienz beim Aufspüren und Entkommen von Attacken ihrer Prädatoren, sollte die Beute immer versuchen, dem Prädator im frühest möglichen Stadium zu entkommen (Endler, 1991). Das Lernen von anderen über eine herannahende Gefahr, erlaubt der Beute eine Begegnung und somit auch ein Aufspüren durch ihre Prädatoren zu vermeiden (Coolen et al. 2005).

Bei dieser Studie wurde ihr Versteckverhalten in einer gefährlichen und sicheren Umgebung beobachtet. Alle Experimente wurden mit wild gefangenen Spinnen und Waldgrillen durchgeführt. Im ersten Experiment hatten Grillen direkten Kontakt mit Spinnen. Nach 2 Tagen konnte beobachtet werden, dass sich wesentlich mehr Grillen unter Blättern versteckten, welche zuvor in Boxen mit Spinnen waren, als wenn sie ohne Spinnen in Boxen waren. Im zweiten Experiment hatten Grillen keinen direkten Kontakt mit den Spinnen, waren jedoch mit, in dieser Hinsicht erfahrenen, Artgenossen beisammen. Solche „Beobachter“ wurden wiederum weniger oft an der Oberseite auf Blättern gesehen. (Coolen et al. 2005). Diese interessante Studie belegt, dass es soziales Lernen bei nicht- kolonialen Insekten im Bezug auf die Prädatoren- Vermeidung gibt.

Diese Diplomarbeit untersucht aber das soziale Lernen im Bezug auf die Nahrungssuche und wirft somit mehr Fragen auf, als sie Antworten liefern kann. Sie konnte kein soziales Lernen bei Schmetterlingen nachweisen, was das Auffinden der Nahrungsquelle betrifft. Sie kann aber sicher als gute Ausgangsbasis für weitere Forschungen auf diesem Gebiet verwendet werden.

5 Literatur

<http://gruener.userpage.fu-berlin.de/spss-tutorials.htm#testen1> (Stand 05. 01. 2011)

Benson, W.W. 1971. Evidence for the evolution of unpalatability through kin selection in the Heliconiinae (Lepidoptera). Am Nat. 105:213-26.

Benson, W.W. 1972. Natural selection for Müllerian mimicry in *Heliconius erato* in Costa Rica. Science 176:936-39.

Brown, D.S.Jr. 1972. The Heliconians of Brazil. Part III. Ecology and Biology of *Heliconius nattereri*, a key primitive species near extinction, and comments on the evolutionary development of *Heliconius* and *Eueides*. Zoologica NY 57:41-69.

Beugnon, G., Pastergue-Ruiz, I., Schatz, B., and Lachaud, J.-P. (1996). Cognitive approach of spatial and temporal information processing in insects. Behav. Processes 35, 55-62.

Box, H.O., and Gibson, K.R. (1999). Mammalian Social Learning: Comparative and Ecological Perspectives (Cambridge: Cambridge University Press).

Brown, C., and Laland, K.N. (2003). Social learning in fishes: A review. Fish Fish. 4, 280-288.

Collett, T.S., Graham, P., and Durier, V. (2003). Route learning by insects. Curr. Opin. Neurobiol. 13, 718-725.

Coolen, I., Dangles, O., and Casas, J., (2005). Social Learning in Noncolonial Insects? Current Biology, Vol. 15, 1931-1935.

Coolen, I., van Bergen, Y., Day, R.L., and Laland, K.N. (2003). Species difference in adaptive use of public information in sticklebacks. Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci. 270, 2413-2419.

Danchin, E., Giraldeau, L.-A., Valone, T.J., and Wagner, R.H. (2004). Public information: From nosy neighbors to cultural evolution. *Science* 305, 487-491.

Dangles, O., Magal, C., Pierre, D., Olivier, A., and Casas, J. (2005). Variation in morphology and performance of predator-sensing system in wild cricket populations. *J. Exp. Biol.* 208, 461-468.

Dukas, R. (2004). *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 35, 347-374.

Ehrlich, P.R., and Gilbert, L.E. (1973). Population structure and dynamics of the tropical butterfly *Heliconius ethilla*. *Biotropica* 5: 69-82.

Endler, J.A. (1991). Interactions between predators and prey. In *Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach*, J.R. Krebs and N.B. Davies, eds. (Oxford: Blackwell Scientific), pp. 169-196.

Fragaszy, D.M., and Visalberghi, E. (1996). Social learning in monkeys: Primate 'primacy' reconsidered. In *Social Learning in Animals: the Roots of Culture*, C.M. Heyes and B.G. Galef, eds. (London: Academic Press), pp. 65-81.

Galef, B.G., Jr., and Giraldeau, L.-A. (2001). Social influences on foraging in vertebrates: Causal mechanisms and adaptive functions. *Anim. Behav.* 61, 3-15.

Galef, B.G., Jr., and Heyes, C.M. (1996). *Social Learning in Animals: the Roots of Culture* (San Diego: Academic Press).

Gilbert, Lawrence E., (1975). Ecological consequences of a coevolved mutualism between butterflies and plants. Pages 210 – 240 in L. E. Gilbert and P. R. Raven (Eds.). *Coevolution of Animals and Plants*. International Congress of Systematics and Evolutionary Biology, Boulder, CO. University of Texas Press, Austin, TX.

Giraldeau, L.-A., Valone, T.J., and Templeton, J.J. (2002). Potential disadvantages of using socially-acquired information. *Philos. Trans. R. Soc. Lond: B Biol. Sci.* 357, 1559-1566.

Goldberg, J. (1983). Construction et apprentissage social chez le Termite lucifuge *Reticulitermes lucifugus* (Rossi). *Ann. Sci. Nat. Zool.* 5, 181-206.

Griffin, A.S. (2004). Social learning about predators: A review and prospectus. *Learn. Behav.* 32, 131-140.

Isingrini, M., Lenoir, A., and Jaisson, P. (1985). Preimaginal learning as a basis of colony-brood recognition in the ant *Cataglyphis cursor*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 82, 8545-8547.

Kelber, A., (1999). Ovipositing butterflies use a red receptor to see green. *Journal of Experimental Biology*, 202, 2619-2630.

Kendal, R.L., Coolen, I., van Bergen, Y., and Laland, K.N. (2005). Trade-offs in the adaptive use of social and asocial learning. *Adv. Study Behav.* 35, in press.

Krenn, H.W. (2008). Feeding behaviours of neotropical butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea). *Stapfia* 88, zugleich Kataloge der oberösterreichischen Landesmuseen. Neue Serie (2008): 295-304.

Langridge, E.A., Franks, N.R., and Sendova-Franks, A.B. (2004). Improvement in collective performance with experience in ants. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 56. 523-529.

Leadbeater, E., and Chittka, L. (2005). A new mode of information transfer in foraging bumblebees? *Curr. Biol.* 15, R447-R448.

Lefranc, A., Jeune, B., Thomas-Orillard, M., and Danchin, E. (2001). Non-independence of individuals in a population of *Drosophila melanogaster*: Effects on spatial distribution and dispersal. *C. R. Acad. Sci. III* 324, 219-227.

Mallet, J. (1986a). Gregarious roosting and home range in *Heliconius* butterflies. *National Geographic Research* 2: 198-215.

Matsumoto, Y., and Mizunami, M. (2002). Lifetime olfactory memory in the cricket *Gryllus bimaculatus*. J. Comp. Physiol. [A] 188, 295-299.

Murawski, D.A., and Gilbert L.E. (1986). Pollen flow in *Psiguria warscewiczii*: A comparison of *Heliconius* butterflies and hummingbirds. Oecologia 68: 161-167.

Papaj, D.R., and Lewis, A.C. (1993). Insect Learning: Ecological and Evolutionary Perspectives (New York: Chapman and Hall).

Price, P.W., Bouton, C.E., Gross, P., McPheron, B.A., Thompson, J.N., and Weis, A.E. (1980). Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. Annual Review of Ecology and Systematics 11: 41-65.

Qiu, X. and Arikawa, K. (2003). Polymorphism of red receptors: sensitivity spectra of proximal photoreceptors in the small white butterfly *Pieris rapae crucivora*. J. Exp. Biol. 206, 2787-2793.

Qiu, X.D., Vanhoutte, K.A.J., Stavenga, D.G. and Arikawa, K. (2002). Ommatidial heterogeneity in the compound eye of the male small white butterfly, *Pieris rapae crucivora*. Cell Tissue Res. 307, 371-379.

Rull, J., Prokopy, R.J., and Vargas, R.I. (2003). Effects of conspecific presence on arrival and use of hosts in *Ceratitis capitata* flies. J. Insect Behav. 16, 329-346.

Salcedo, Christian (2010). Environmental Elements Involved in Communal Roosting in *Heliconius* Butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae). Environ. Entomol. 39(3): 907-911 (2010); DOI: 10.1603/EN09340

Seeley, T.D. (1998). Thoughts on information and integration in honey bee colonies. Apidologie (Celle) 29, 51-64.

Schmitz, O.J., Krivan, V., and Ovadia, O. (2004). Trophic cascades: the primacy of trait-mediated indirect interactions. Ecology Letters 7:153-163.

Sendoya, S.F., Freitas, A.V.L., Oliveira, P.S. (2009). Natural History Note: Egg-Laying Butterflies Distinguish Predaceous Ants by Sight. *The American Naturalist*, Vol. 174, No. 1.

Stavenga, D.G. (2002a). Colour in the eyes of insects. *J. Comp. Physiol. A* 188, 337-348.

Stavenga, D.G. (2002b). Refelctions on colourful ommatidia of butterfly eyes. *J. Exp. Biol.* 205, 1077-1085.

Turner, J.R.G.; 1971. Experiments on the demography of tropical butterflies. II. Longevity and home-range behaviour in *Heliconius erato*. *Biotropica* 3: 21-31.

Webster, S.J., and Fiorito, G. (2001). Socially guided behaviour in non-insect invertebrates. *Anim. Cogn.* 4, 69-79.

Weiss, M., Papaj, D.R. (2003). Colour learning in two behavioural contexts: how much can a butterfly keep in mind? *Animal Behaviour*, 65, 425-434.

Worden, B.D., and Papaj, D.R. Flower choice copying in bumblebees. *Biol. Lett.*, in press.

Zaccardi, G., Kelber, A., Sison-Mangus, M., Briscoe, A.D. (2006). Color discrimination in the red range with only one long-wavelength sensitive opsin. *The Journal of Experimental Biology* 209, 1944-1955.

6 Abbildungsverzeichnis

Sämtliche Abbildungen sind von Sabine Riesenhuber selbst erstellt und gestaltet worden.

7 Anhang

7.1 Versuchstabelle

Tabelle 4: Diese Tabelle ist eine Übersicht über alle 4 Versuchsreihen. Hier werden folgende Parameter für jeden Versuch für jeweils die naiven und die erfahrenen Tiere dargestellt: die einzelnen Zeiten in Minuten, die jedes Tier bis zum ersten Saugen benötigte; die Gesamtanzahl der Tiere im Versuch, die Anzahl der Ausschlüsse, die Anzahl der gewerteten Tiere; die Nektarsaug- Anzahl (Anzahl jener Tiere, die im Versuch Nektar gesaugt haben); die Nektarsaugquote (Anteil der nektarsaugenden Tiere in % von der Gesamtanzahl) und der Medianwert der Zeiten; Die violett hinterlegten Versuche fanden am Nachmittag statt. Ausschlüsse sind mit einem Minus (-) markiert.

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3		Versuch 4
	naiv	erfahren	naiv	erfahren	naiv
Zeit (min)	180	23	-	180	180
	149	72	145	-	180
	180	30	-	75	180
	129	-	121	41	180
	180	6	-	-	180
	180	21,75	180	-	180
	45	40,017	180	180	180
	180	180	180	180	143,5
	180	180	180	0,17	0,083
	180	45	-	55,22	180
	180	4	180	6,17	140,83
	180	-	180	58,63	159,63
	180	180	180	131,92	-
	180	130	180	60,55	58
	180	0,083	180	-	-
	0,05	-	180	39,5	180
	180	44,083	180	79,67	180
	180	-	180	121,016	180
	180	23,85	180	180	180
	180	12,62	-	180	180
	180	23,67	180	-	104,9
	-	-	19,83	2	180
	180	66,92	3,93	115	-
	2	64,67	96,83	17,23	180
		64,25	-	63,7	180
		64,37	180	58,72	180
		0,05	155	39,53	180
		-	180	35,83	180
		3,1	132,12	180	180
		14,77	-	180	180
		0,67	180	-	-
		25,083	-	-	-
		39,23	-	-	-
		101,83	-	-	-
		103,83	-	-	-
		104,12	-	-	-
		101,083	-	-	-
		-	-	-	-

		116,83			
		180			
		87,5			
		97,17			
		180			
		128,33			
Summe Versuchstiere	24	44	28	30	29
Summe Ausschlüsse	1	7	4	5	2
Summe gewertete Tiere	23	37	24	25	27
Nektarsauganzahl	5	32	7	18	6
Nektarsaugquote	21,74	86,49	29,17	72,00	22,22
Medianwert	180,00	64,25	180,00	63,70	180,00

7.2 Versuchstabelle Nemeth

Tabelle 5: Diese Tabelle ist eine Übersicht über alle 4 Versuchsreihen von Herrn Nemeth. Hier werden folgende Parameter für jeden Versuch für jeweils die naiven und die erfahrenen Tiere dargestellt: die einzelnen Zeiten in Minuten, die jedes Tier bis zum ersten Saugen benötigte; die Gesamtanzahl der Tiere im Versuch; die Nektarsaug- Anzahl (Anzahl jener Tiere, die im Versuch Nektar gesaugt haben); die Nektarsaugquote (Anteil der nektarsaugenden Tiere in % von der Gesamtanzahl) und der Medianwert der Zeiten;

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3		Versuch 4
	<i>naiv</i>	<i>erfahren</i>	<i>naiv</i>	<i>erfahren</i>	<i>naiv</i>
Zeiten (min)	107,58	0,33	98,72	43,2	5,25
	180	1	105,83	45,75	180
	180	1,33	114,7	103,2	180
	180	180	180	125,83	180
	180	180	180	180	
		2,42	49,22	82,25	
		6,33	75,82	89,3	
		19,25		100,07	
		31,2			
		68,55			
Gesamtanzahl	5	10	7	8	4
Nektarsaug- Anzahl	1	8	5	7	1
Nektarsaugquote (%)	20,00	80,00	71,43	87,50	25,00
Medianwert (min)	180	12,79	105,83	94,685	180

7.3 Signifikanz

7.3.1 Normalverteilung zwischen Versuch 1 und 3a (naive Tiere)

Tabelle 6: U- Test für Versuch 1 und 3a

Mann-Whitney-Test

		Ränge		
	VERSUCH	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
NAIV_ZEI	naiv alleine	23	24,65	567,00
	naiv (+erfahrene)	24	23,38	561,00
	Gesamt	47		

Statistik für Test ^a	
	NAIV_ZEI
Mann-Whitney-U	261,000
Wilcoxon-W	561,000
Z	-,417
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,677

a. Gruppenvariable: VERSUCH

Tabelle 7: U- Test für Versuch 1 und 3 mit Nemeth- Daten

Mann-Whitney-Test

		Ränge		
	VERSUCHE	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
NAIV_ZEI	naiv alleine	28	31,54	883,00
	naiv (+erfahrene)	30	27,60	828,00
	Gesamt	58		

Statistik für Test ^a	
	NAIV_ZEI
Mann-Whitney-U	363,000
Wilcoxon-W	828,000
Z	-,103
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,270

a. Gruppenvariable: VERSUCHE

7.3.2 Normalverteilung zwischen Versuch 1 und 4 (naive Tiere)

Tabelle 8: U- Test für Versuch 1 und 4

Mann-Whitney-Test

Ränge				
VERSUCH		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
NAIV_ZEI	naiv alleine	23	25,35	583,00
	naiv (+gesteckt)	27	25,63	692,00
	Gesamt	50		

Statistik für Test ^a	
	NAIV_ZEI
Mann-Whitney-U	307,000
Wilcoxon-W	583,000
Z	-,094
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,925

a. Gruppenvariable: VERSUCH

Tabelle 9: U- Test für Versuch 1 und 4 mit Nemeth- Daten

Mann-Whitney-Test

Ränge				
VERSUCHE		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
NAIV_ZEI	naiv alleine	28	30,93	866,00
	naiv (+gesteckt)	32	30,13	964,00
	Gesamt	60		

Statistik für Test ^a	
	NAIV_ZEI
Mann-Whitney-U	436,000
Wilcoxon-W	964,000
Z	-,240
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,810

a. Gruppenvariable: VERSUCHE

7.3.3 Normalverteilung zwischen Versuch 3a und 4 (naive Tiere)

Tabelle 10: U- Test für Versuch 3a und 4

Mann-Whitney-Test

Ränge				
VERSUCH		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
NAIV_ZEI	naiv (+erfahrene)	24	25,02	600,50
	naiv (+gesteckt)	27	26,87	725,50
	Gesamt	51		

Statistik für Test^a

	NAIV_ZEI
Mann-Whitney-U	300,500
Wilcoxon-W	600,500
Z	-,579
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,563

a. Gruppenvariable: VERSUCH

Tabelle 11: U- Test für Versuch 3 und 4 mit Nemeth- Daten

Mann-Whitney-Test

Ränge				
VERSUCHE		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
NAIV_ZEI	naiv (+erfahrene)	30	29,73	892,00
	naiv (+gesteckt)	32	33,16	1061,00
	Gesamt	62		

Statistik für Test^a

	NAIV_ZEI
Mann-Whitney-U	427,000
Wilcoxon-W	892,000
Z	-,914
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,360

a. Gruppenvariable: VERSUCHE

7.3.4 Normalverteilung zwischen Versuch 2 und 3b (erfahrene Tiere)

Tabelle 12: U- Test für Versuch 2 und 3b

Mann-Whitney-Test

Ränge				
	VERSUCH	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
ERFAHREN	erfahren alleine	37	29,20	1080,50
	erfahren (+naiv)	25	34,90	872,50
	Gesamt	62		

Statistik für Test ^a	
	ERFAHREN
Mann-Whitney-U	377,500
Wilcoxon-W	1080,500
Z	-1,224
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,221

a. Gruppenvariable: VERSUCH

Tabelle 13: U- Test für Versuch 3 und 4 mit Nemeth- Daten

Mann-Whitney-Test

Ränge				
	VERSUCH	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
ERFAHREN	erfahren alleine	47	36,02	1693,00
	erfahren (+naiv)	33	46,88	1547,00
	Gesamt	80		

Statistik für Test ^a	
	ERFAHREN
Mann-Whitney-U	565,000
Wilcoxon-W	1693,000
Z	-2,064
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,039

a. Gruppenvariable: VERSUCH

7.3.5 Übersicht der Signifikanz

Tabelle 14: Ergebnisse des Mann Whitney U-Tests. Jeweils sinnvolle Gegenüberstellung mit naiven Tieren. In der zweiten Zeile befinden sich die Ergebnisse unter Einbeziehung der Daten von Herrn Mathias Nemeth.

	Versuch 1 – 3a	Versuch 1 - 4	Versuch 3a - 4	Versuch 2 – 3b
Signifikanz (für H_0) in %	67,7	92,5	56,3	22,1
Signifikanz (für H_0) mit Nemeth- Daten in %	27,0	81,0	3,9	36,0

7.4 Lebenslauf

ANGABEN ZUR PERSON

Name	RIESENHUBER SABINE
Adresse	NEUBAUGASSE 8/3/1, A-3250 WIESELBURG
Staatsbürgerschaft	Österreich
Familienstand	Verheiratet / 1 Kind
Geburtsdatum	21.02.1985
Geburtsort	Scheibbs
Email	riesenhuber.sabine@aon.at

AUSBILDUNG

2005 – heute	Studium an der Universität Wien Biologie, Fachrichtung: Zoologie
1999- 2004	Höhere landwirtschaftliche Bundeslehranstalt Francisco Josephinum Abteilung Milchwirtschaft und Lebensmitteltechnologie
1995- 1999	Hauptschule Wieselburg
1991- 1995	Volksschule Wieselburg