

# DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Distanzwahrnehmung und Laufverhalten  
bei *Cupiennius salei*“

verfasst von

Margot Huber

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 9. April 2015

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 190 445 333

Studienrichtung lt. Studienblatt: Lehramtsstudium UF Biologie und Umweltkunde, UF Deutsch

Betreut von: Ao. Univ.-Prof. Dr. Axel Schmid

## Abstract

Die nachtaktive Jagdspinne *Cupiennius salei* lebt in Zentralamerika. Neben dem mechano-sensorischen ist auch ihr visueller Sinn sehr gut ausgeprägt. Um neue Erkenntnisse zur Distanzwahrnehmung zu erhalten, wurden im Rahmen dieser Arbeit Verhaltensversuche durchgeführt. Diese wurden in einer 2m x 2,40m großen Arena durchgeführt. Als visueller Reiz dienten ein bzw. zwei schwarze aufrechte Balken, die in unterschiedlicher Distanz zur Rückwand positioniert wurden. Die Strukturierung des Hintergrunds war entweder weiß, mit einem Schachbrettmuster oder mit diagonalen Streifen. Die Tiere wurden an einem Startpunkt in der Arena freigesetzt und die Laufspur händisch protokolliert und die Entscheidungen der Spinne wurden registriert. Den Tieren war es nur bei strukturiertem Hintergrund möglich, zwischen dem näheren und dem weiter entfernten Balken zu unterscheiden.

Um die Funktion der beiden Augentypen zu testen wurden bei einigen Versuchstieren die Haupt- bzw. Nebenaugen mit schwarzer Farbe lackiert. Es konnte festgestellt werden, dass bei den Läufen mit lackierten Hauptaugen keine Entfernungswahrnehmung möglich war, jedoch sehr wohl bei lackierten Nebenaugen.

Weiters wurde getestet, ob die Zick-Zack Bewegungen beim Anlaufen eines Zielobjektes ein unveränderliches Merkmal des Laufstils sind oder aktiv an die Umgebung angepasst werden. Zu diesem Zweck wurden die Läufe gefilmt und anschließend analysiert. Die Anzahl der Zick-Zack Bewegungen variierte stark zwischen den einzelnen Versuchstieren. Nur bei einem strukturierten Hintergrund liefen die Versuchstiere einen deutlich längeren Weg, wenn der Balken in 50cm Entfernung zur Rückwand und nicht direkt am Hintergrund befestigt war. Damit konnte gezeigt werden, dass die Hintergrundstrukturierung zur Distanzwahrnehmung notwendig ist und eine Veränderung in der Laufspurlänge bewirkt.

## **Danksagung**

Vor allem möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, die immer an mich glaubte und mich in jeder Lebenslage unterstützte.

Besonders bedanke ich mich bei Ao. Univ. Prof. Dr. Axel Schmid für die äußerst nette Zusammenarbeit, sowie die Bereitstellung des Themas. Bedanken möchte ich mich auch bei Dr. Martin Streinzer für die fachliche Unterstützung sowie für die Hilfe bei den Versuchsaufbauten. Bei Maximilian Hofbauer bedanke ich mich für die Erstellung und Bereitstellung des Programms zur Analyse der Laufspuren.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei der gesamten neurobiologischen Abteilung bedanken für die schöne Zeit, die ich dort verbringen durfte und bei meinen Versuchsspinnen, die mir ewig in Erinnerung bleiben werden.

# Inhaltsverzeichnis

|                  |                                                                                                 |    |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.               | Einleitung.....                                                                                 | 5  |
| 1.1.             | Allgemeines .....                                                                               | 5  |
| 1.2.             | Anatomie der Augentypen und deren Funktion.....                                                 | 6  |
| 1.3.             | Möglichkeiten der Distanzwahrnehmung .....                                                      | 11 |
| 1.3.1            | Binokulare Tiefenkriterien .....                                                                | 11 |
| 1.3.2            | Monokulare Tiefenkriterien.....                                                                 | 12 |
| 1.4.             | Fragestellung .....                                                                             | 14 |
| 2.               | Material und Methode.....                                                                       | 15 |
| 2.1.             | Versuchstiere.....                                                                              | 15 |
| 2.2.             | Versuchsaufbau .....                                                                            | 16 |
| 2.3.             | Statistik .....                                                                                 | 22 |
| 2.4.             | Versuchsablauf.....                                                                             | 24 |
| 2.4.1.           | Versuchsreihe I: 2 Balken auf unterschiedlichem Hintergrund.....                                | 24 |
| 2.4.2.           | Versuchsreihe II: Versuche mit lackierten Augen .....                                           | 26 |
| 2.4.3.           | Versuchsreihe III: 1 Balken auf unterschiedlichem Hintergrund<br>– adaptives Laufverhalten..... | 26 |
| 3.               | Ergebnisse .....                                                                                | 27 |
| 3.1.             | Versuchsreihe I: 2 Balken auf unterschiedlichem Hintergrund.....                                | 27 |
| 3.2.             | Versuchsreihe II: Versuche mit lackierten Augen .....                                           | 30 |
| 3.3.             | Versuchsreihe III: 1 Balken auf unterschiedlichem Hintergrund<br>– adaptives Laufverhalten..... | 38 |
| 4.               | Diskussion.....                                                                                 | 44 |
| 4.1.             | Der Einfluss der Hintergrundstrukturierung auf die Distanzwahrnehmung.....                      | 44 |
| 4.2.             | Die beiden Augentypen und deren Bedeutung für die Distanzwahrnehmung ...                        | 45 |
| 4.3.             | Das Laufverhalten von <i>Cupiennius salei</i> .....                                             | 48 |
| 5.               | Zusammenfassung .....                                                                           | 48 |
| 6.               | Summary .....                                                                                   | 51 |
| 7.               | Literatur.....                                                                                  | 53 |
| Anhang           | .....                                                                                           | 56 |
| Curriculum vitae | .....                                                                                           | 59 |

# 1. Einleitung

## 1.1. Allgemeines

*Cupiennius salei* ist eine nachtaktive Jagdspinne und gehört zur Familie der Cteniden (Foelix, 2011). Weit verbreitet über Zentralamerika lebt die Gattung hauptsächlich auf Monocotyledonen, wie Bananensträuchern, die ihnen Schutz bieten.

Charakteristisch ist ein sehr gut ausgeprägter Tag-Nacht Rhythmus (Barth und Seyfarth, 1979). Tagsüber hält sie sich eher versteckt zum Schutz vor Feinden, aber auch um die Sonne und die Gefahr vor möglicher Austrocknung zu meiden. Erst nach Sonnenuntergang, wenn die Lichtintensität unter 15 Lux gefallen ist, jagt sie ihre Beute, umwirbt Geschlechtspartner und häutet sich (Barth, 2001).

Das Interesse der Forschung erhielt *Cupiennius salei* zunächst, da nachgewiesen werden konnte, dass sich die nachtaktive Jagdspinne in erster Linie auf ihr ausgezeichnetes mechano-sensorisches Sinnessystem stützt (Schüch und Barth, 1985). Erst später entdeckte man, dass der visuelle Sinn ebenfalls sehr gut ausgeprägt ist (Land und Barth, 1992; Schmid, 1998). Er spielt eine wichtige Rolle beim Auffinden eines geeigneten Lebensraumes und bei der Jagd auf Beute (Schmid, 1998; Fenk et al., 2010).

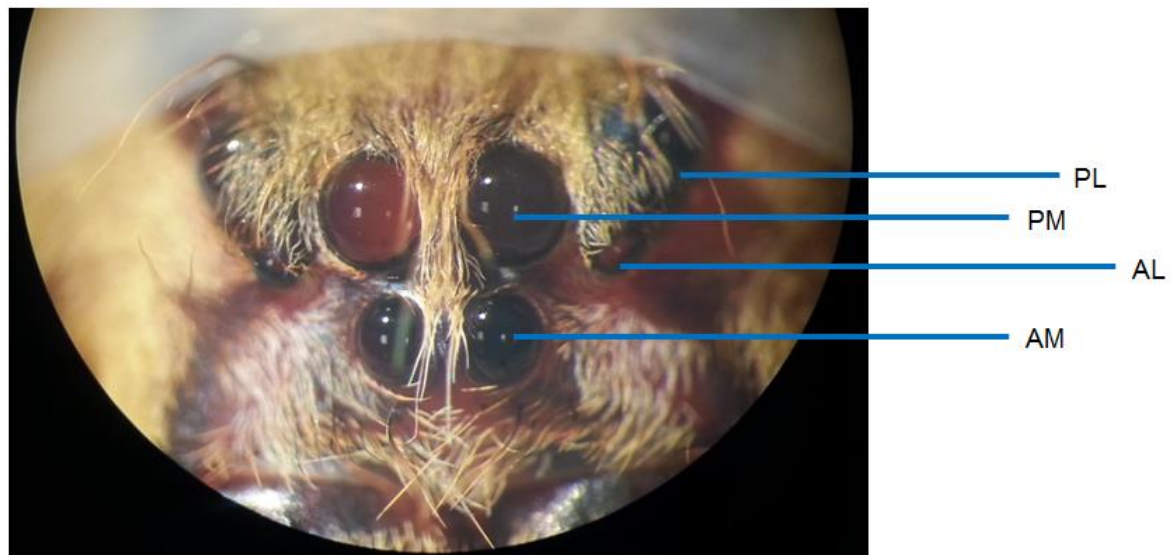
*Cupiennius* gehört zu den Lauerjägern (Kosenburger, 2005). Diese sind dafür bekannt, dass sie ihre Beute nicht aktiv jagen, sondern zunächst aus einem Versteck aus beobachten und dann aus nächster Nähe angreifen.

Aber auch die Geschwindigkeit, mit der sich ein visueller Stimulus am Jäger vorbeibewegt, spielt eine wesentliche Rolle bei der Beutedetektion (Reithofer, 2014).

## 1.2. Anatomie der Augentypen und deren Funktion

### *Anatomie*

So wie die meisten Spinnen besitzt *Cupiennius salei* acht Augen, die symmetrisch in zwei Reihen angeordnet sind (Foelix, 2011; Barth, 2001). Ein möglicher Grund, warum manche Tiere mehr als zwei Augen haben, ist die Tatsache, dass sie dadurch die Weite ihres Gesichtsfelds vergrößern können (Schmid, 1998). Entsprechend ihrer Verteilung auf dem Kopf unterscheidet man anterior-mediane (AM), posterior-mediane (PM), anterior-laterale (AL) und posterior laterale Augen (PL) (Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Eine Aufnahme der Augen von *Cupiennius salei* unter dem Binokular. Sie zeigt die anterior medianen (AM) Augen, die anterior lateralen (AL) Augen, die posterior medianen (PM) Augen und die posterior lateralen (PL) Augen.

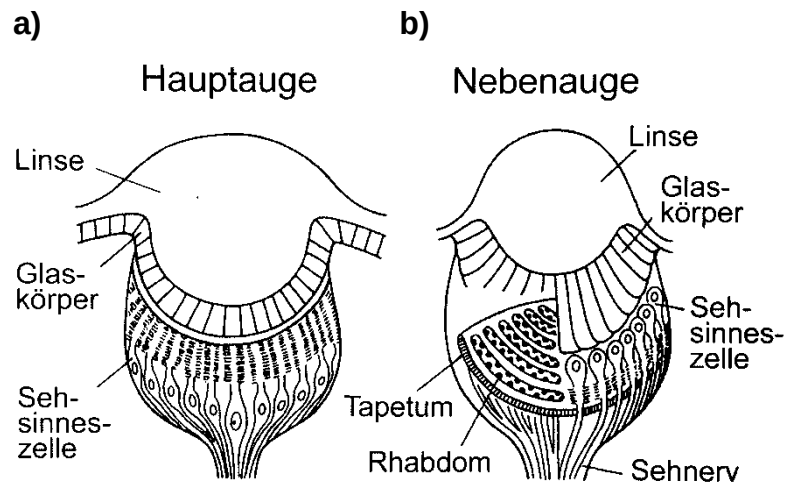
Die Stellung der Augen stellt ein wichtiges Merkmal zur Bestimmung der taxonomischen Zugehörigkeit dar. Zuvor wurde die Gattung vier verschiedenen Familien zugeordnet: den Ctenidae (Kammspinnen), Clubionidae (Sackspinnen), Pisauridae (Raubspinnen) und Lycosidae (Wolfsspinnen). *Cupiennius* weist zwar die gleiche Augenstellung auf wie Pisauridae, jedoch unterscheiden sie sich durch

andere Merkmale der Augen wie durch die Größe und Form des Gesichtsfelds, die den Lycosidaen gleicht (Land und Barth, 1992). Deshalb wurde *Cupiennius* zur Familie der Cteniden zugewiesen (Barth, 2001).

Die acht Augen werden aufgrund ihres unterschiedlichen Aufbaus in zwei Typen unterteilt: in Haupt- und Nebenaugen (Abbildung 2), die sich in vielerlei Hinsicht unterscheiden. Das bietet den zusätzlichen Vorteil, unterschiedliche Eigenschaften der visuellen Umgebung zu erfassen. Besonders dann, wenn sich die Gesichtsfelder zweier Augen an einer Körperseite fast vollständig überlappen, ist ein funktioneller Unterschied der Augen sehr häufig gegeben (Schmid, 1998).

Als Hauptaugen werden die anterior medianen Augen bezeichnet. Sie besitzen kein Tapetum und die lichtempfindlichen Abschnitte der Sinneszellen, die Rhabdomere, sind dem Lichteinfall zugewandt. Die Zellkerne liegen proximal dazu (Barth, 2001). Deshalb werden sie auch als everse Augen bezeichnet. Die Retina der beiden Hauptaugen kann mit Hilfe von zwei getrennten Augenmuskeln aufgrund ihrer Anordnung in jede Richtung zwischen dorso-lateral und ventro-lateral bewegt werden (Kaps und Schmid, 1996).

Zu den Nebenaugen zählen die restlichen drei Augenpaare: die anterior lateralen, posterior medianen und posterior lateralen Augen. Sie besitzen ein lichtreflektierendes Tapetum. Dieses besteht aus mehreren Schichten kleiner Guaninkristalle (Barth, 2001). Früher glaubte man, dass Augen mit solchen Kristalleinlagerungen besonders für das Sehen im Dunkeln geeignet seien, ein experimenteller Nachweis steht jedoch noch aus (Foelix, 2011). Die Rhabdomere sind hier, wie in den Augen von Wirbeltieren, dem Lichteinfall abgewandt. Die der Linse nächstgelegenen Sehzellbestandteile sind die Zellkerne (Barth, 2001). Eine weitere funktionelle Unterscheidung besteht darin, dass die Sehbahnen der beiden Augentypen unterschiedlich sind (Strausfeld et al., 1993).

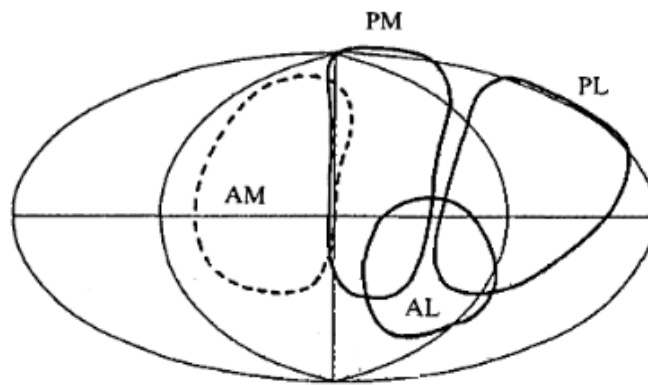


**Abbildung 2:** Schematischer Sagittalschnitt durch a) ein Hauptauge b) ein Nebenaugenpaar (aus Barth 2001).

### Sehfelder

Die Gesichtsfelder der Augenpaare in *Cupiennius* weisen unterschiedliche Größen und Positionen auf (Abbildung 3). Bemerkenswert ist, dass die Sehfelder der PM und PL Augen die gesamte obere Hemisphäre abdecken und 40% der unteren Hemisphäre (Land und Barth, 1992). Das Gesichtsfeld der AL-Augen ist hingegen relativ klein und eher nach unten gerichtet, es überlappt an den oberen seitlichen Rändern mit denen der PM und PL Augen. Die Gesichtsfelder der AM Augen, oder auch Hauptaugen, und der PM Augen überlappen fast vollständig (Land und Barth, 1992). Trotz dieser Überlappung sind die Struktur und ihre zentralnervöse Verschaltung sehr unterschiedlich, was wiederum auf unterschiedliche Funktionen der Augentypen schließen lässt (Barth, 2001).





**Abbildung 3:** Die Sehfelder der einzelnen Augenpaare von *Cupiennius salei*, aufgetragen auf einer Kugel mit der Spinne im Zentrum. anterior mediane (AM) Augen; posterior mediane (PM) Augen; posterior laterale (PL) Augen; anterior laterale (AL) Augen; (aus Land und Barth, 1992).

### *Auflösungsvermögen*

Die Fähigkeit, Bilder der Umwelt detailliert auflösen zu können hängt im Wesentlichen von zwei Faktoren ab: Der Leistungsfähigkeit der Augen, ein scharfes Bild auf die Retina zu projizieren und der Feinheit des Retina-Mosaiks, das durch die Sehzellen und deren Interzellularraum gebildet wird (Land, 1981). Im menschlichen Auge sind diese beiden Komponenten gut aufeinander abgestimmt, sodass ein Auflösungsvermögen von  $0,5' - 1'$  erzielt werden kann. Das Sehvermögen von *Cupiennius* ist damit jedoch nicht vergleichbar. Aufgrund des relativ groben Gitters des Retina-Mosaiks in den Haupt- und Nebenaugen beträgt der kleinste visuell noch wahrnehmbare Abstand zweier Punkte etwa  $2^\circ$  oder mehr (Land und Barth, 1992).

### *Funktion der Augentypen*

In früheren Versuchen konnte festgestellt werden, dass das Ausschalten verschiedener Augen durch Lackieren der Linse drastische Effekte auf das Laufverhalten hat (Schmid, 1998; Barth, 2001; Lehnert, 2010). Visuelle Objekte können sowohl mit den AM als auch mit den PM Augen wahrgenommen werden. Für die Unterscheidung von unterschiedlichen Objekten scheinen jedoch die AM Augen eine wichtigere Rolle zu spielen. Wenn diese lackiert sind, sind die PM Augen alleine nicht fähig, visuelle Reize in ihrer Attraktivität zu unterscheiden

(Schmid, 1998). Es wird zudem angenommen, dass die Hauptaugen für die Erkennung stationärer visueller Ziele verantwortlich sind, aufgrund der beiden beweglichen Augenmuskeln (Kaps und Schmid, 1996). In früheren Versuchen konnte auch gezeigt werden, dass die Hauptaugen hauptverantwortlich für die Entfernungswahrnehmung sind (Lehnert, 2010). Die Nebenaugen dürften auch eine, jedoch nur geringere Rolle für die Distanzwahrnehmung spielen. Eine mögliche Begründung dafür ist, dass die AM Augenmuskeln nur auf einen Stimulus reagieren, wenn dieser im Gesichtsfeld der Nebenaugen präsentiert wird (Neuhofer et al., 2009). Die Nebenaugen sind zudem zur Bewegungsdetektion notwendig (Land und Barth, 1992; Schmid, 1998). Diese funktionellen Unterschiede der Augentypen sind aber auch bei anderen Spinnen, wie den Springspinnen, gegeben (Barth, 2001). Die Funktionen der beiden Augentypen wurden ebenfalls bereits durch Verhaltensversuche getestet (Lehnert, 2011).

## 1.3. Möglichkeiten der Distanzwahrnehmung

Zur Wahrnehmung von Entfernung kann das visuelle System mit Hilfe verschiedener Tiefenkriterien die räumliche Struktur der gesehenen Umwelt rekonstruieren. Je nach Anzahl der Augen bzw. Überschneidung deren Gesichtsfeld wird zwischen monokularen und binokularen Tiefenkriterien unterschieden (Goldstein, 2002).

### 1.3.1 Binokulare Tiefenkriterien

#### *Konvergenz*

Unter Konvergenz versteht man die Fähigkeit des Ein- und Auswärtsdrehen der Augen und der Auswertung dieser Bewegung. Die Sehstrahlen der Augen nehmen dadurch einen bestimmten Winkel ein. Dieser ist bei nahen Objekten größer als bei weiter entfernten.

#### *Querdisparation*

Aufgrund der unterschiedlichen Blickwinkel zweier Augen auf ein Objekt kommt es dazu, dass die Netzhautbilder auf der Retina nicht exakt auf der gleichen Stelle zu liegen kommen. Aufgrund dieser Disparität können Informationen zur Tiefe gewonnen werden.

Aufgrund des Auflösungsvermögens der Augen von  $2^\circ$  (Land und Barth, 1992) und der Tatsache, dass sich die Gesichtsfelder frontal kaum überschneiden, ist binokulares Sehen für *Cupiennius salei* eher unwahrscheinlich.

### 1.3.2 Monokulare Tiefenkriterien

#### *Akkommodation*

Akkommodation (lat. accomodare = anpassen) beruht auf der Fähigkeit des visuellen Apparats, die Anspannung des Augenmuskels zu verändern und auszuwerten. Steht zum Beispiel ein Objekt nahe dem Betrachter, so verdickt sich die Augenlinse, um das Objekt scharf zu stellen. Das Maß der Spannung gibt damit Informationen zur räumlichen Entfernung eines Objekts.

#### *Räumliche Anordnung von Objekten*

Die räumliche Wahrnehmung von Tiefe kann auch durch strukturelle Regelmäßigkeiten in Abbildungen erfolgen, die mit der Entfernung zusammenhängen. Entscheidend dafür ist die relative Höhe und Größe im Gesichtsfeld, so wie das Verdecken eines weiter entfernten Objektes durch ein näheres. Zusätzlich kann die Distanz eines Gegenstands zum Betrachter aufgrund seiner atmosphärischen Perspektive wahrgenommen werden. Je weiter dieses entfernt ist, umso mehr Luft und Partikel liegen in der Sichtlinie und desto stärker ist die Trübung des Bildes.

#### *Bewegungsparallaxe*

Bewegt man sich entlang zweier Objekte, welche unterschiedlich weit vom Betrachter entfernt und stationär sind, so scheint der nähere Gegenstand schneller vorüberzuziehen als der weiter entfernte (Gerrig und Zimbardo, 2004). Diese Geschwindigkeit beruht darauf, wie schnell sich die Gegenstände auf der Netzhaut bewegen und wird auch als Winkelgeschwindigkeit bezeichnet. Aus ihr können ebenfalls Tiefeninformationen gewonnen werden.

In früheren Versuchen konnte gezeigt werden, dass sich *Cupiennius salei* visuellen Zielen mit einem charakteristischen Zick-Zack Lauf nähert (Schmid, 1998; Barth, 2001). Dabei wird die Körperachse in einem bestimmten Winkel zum Objekt abwechselnd nach links und nach rechts gedreht. Zunächst wurde angenommen, dass dieses Laufverhalten der Spinne zur Unterscheidung zwischen dem

Hintergrund und einem visuellen Ziel dient (Schmid, 1998). Neuere Versuche konnten jedoch zeigen, dass Bewegungsparallaxe den Spinnen auch dazu dient, Entfernungen wahrzunehmen (Kosenburger, 2005; Neuhofer et al., 2009).

Entscheidend für dieses Tiefenkriterium ist vor allem ein ausreichend langer Weg, den die Tiere bis zum Erreichen des Zielobjekts zurücklegen (Kosenburger, 2005).

Ungewiss ist jedoch, ob diese Zick Zack Bewegungen ein unveränderliches Merkmal des Laufstils der Spinne sind oder aktiv generiert werden. Untersuchungen zu dieser Fragestellung wurden bereits früher unternommen (Kosenburger, 2005), indem die Läufe graphisch festgehalten und anschließend verglichen wurden. Im Rahmen dieser Arbeit wurde jedoch insofern ein neuer Weg bestritten, als dass die Laufspuren gefilmt wurden. Dies ermöglichte eine exakte Analyse des zurückgelegten Weges.

### *Retinale Expansion*

Bei der Annäherung eines Betrachters an zwei Gegenstände vergrößert sich die Abbildung des näheren Objekts auf der Retina schneller als die des weiter entfernten. Diese Möglichkeit, Information über räumliche Entfernungen zu gewinnen, wird als retinale Expansion bezeichnet. Verhaltensversuche konnten jedoch nicht bestätigen, dass *Cupiennius salei* diese Quelle für Distanzinformation nutzt (Lehnert, 2011). Die Spinnen konnten auf weißem Hintergrund nicht das nähere von zwei unterschiedlich entfernten Objekten ausmachen.

### *Looming*

Nähert sich jedoch ein Stimulus dem Betrachter an, wird dieser Vorgang als Looming bezeichnet. Das Bild auf der Retina vergrößert sich ebenfalls und kann als mögliche Informationsquelle zur Entfernungswahrnehmung dienen. In Versuchen konnte gezeigt werden, dass Springspinnen mit Hilfe der AL Augen auf solch einen Stimuli reagieren (Spano et al., 2012). Unklar ist jedoch, ob die Spinnen es tatsächlich zur Abschätzung von Entfernung nutzen, oder nur um Objekten auszuweichen, die schnell auf sie zukommen.

## 1.4. Fragestellung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die Distanzwahrnehmung von *Cupiennius salei* zu untersuchen. Weiters soll anhand von Verhaltensversuchen die Funktion der Augentypen untersucht werden. In früheren Versuchen konnte bereits gezeigt werden, welche Augen für die Distanzwahrnehmung verantwortlich sind (Lehnert, 2011). Auf Basis dieser Ergebnisse sollten weitere Versuche durchgeführt werden. Folgende Fragestellungen wurden in diesem Zusammenhang behandelt:

Welche Hintergrundstrukturierung eignet sich am besten, um Distanz wahrzunehmen?

Wie weit müssen die beiden Zielobjekte mindestens voneinander entfernt sein, um das nähere wahrnehmen zu können?

Werden die Zick Zack-Bewegungen beim Anlaufen eines Zielobjektes aktiv generiert oder sind diese ein unveränderlicher Bestandteil des Laufstils bei *Cupiennius salei*?

## 2. Material und Methode

### 2.1. Versuchstiere

Als Versuchstiere dienten adulte Männchen der Art *Cupiennius salei* im Alter von knapp unter einem Jahr (Abbildung 4). Aufbewahrt wurde jedes Individuum in einem eigenen Glasbehälter ( $r=5,5\text{cm}$  x  $h=24\text{cm}$ ;  $V=2300\text{ cm}^3$ ) mit Deckel, dessen Boden mit Torf bedeckt und mit einem Wasserbecher bestückt war. Alle Spinnen entstammen der Zucht des Departments für Neurobiologie der Universität Wien. Die Tiere wurden während der Versuchsreihen in einem geschlossenen Raum im Keller gehalten bei künstlicher Beleuchtung und einer Temperatur von  $21^\circ\text{C}$  bis  $23^\circ\text{C}$ . Die relative Luftfeuchtigkeit betrug zwischen 80 und 90%. Die Spinnen wurden wöchentlich mit Fliegen der Gattung *Calliphora* gefüttert.



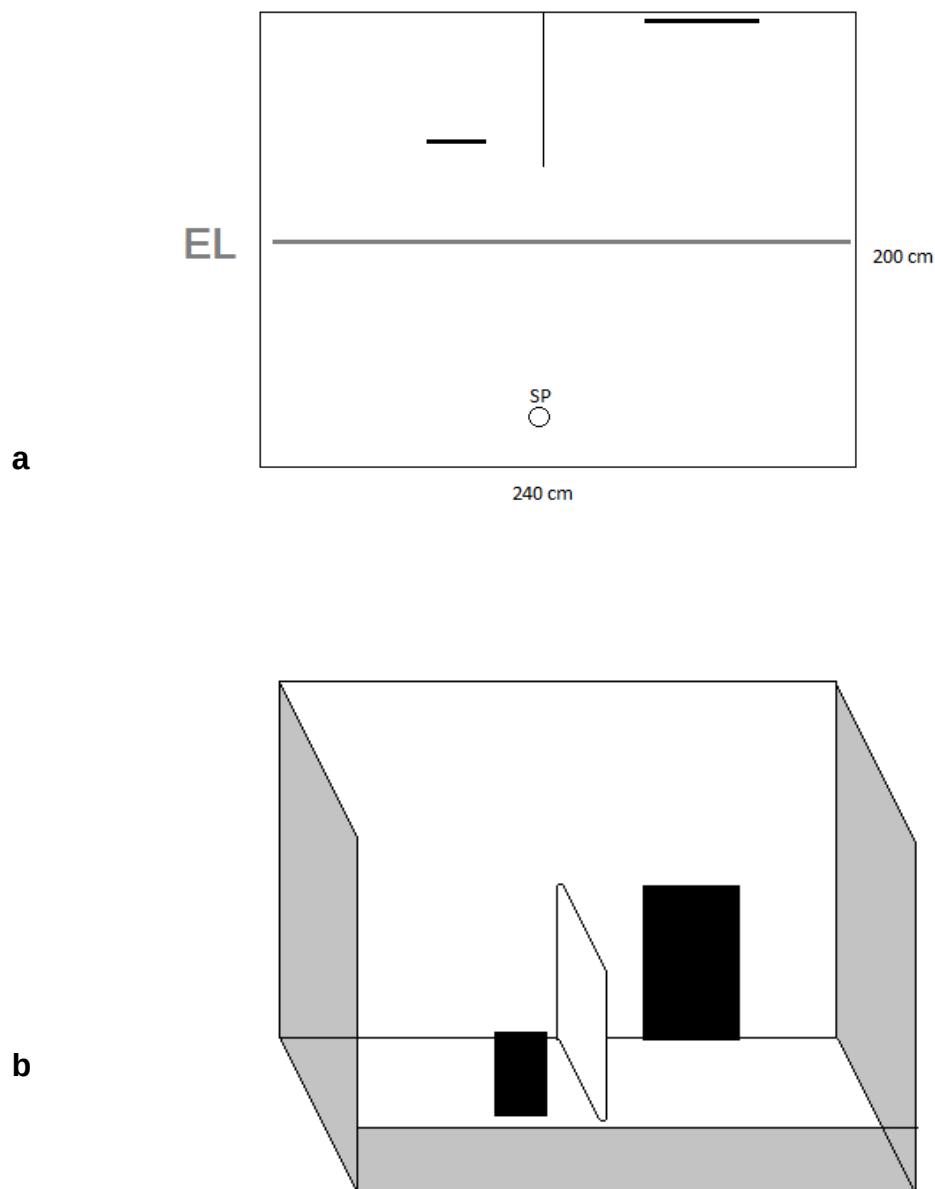
**Abbildung 4:** Bild eines männlichen Individuums der Art *Cupiennius salei* (aus Zopf, 2010)

## 2.2. Versuchsaufbau

Die Versuche wurden in einem abgeschlossenen Versuchsraum durchgeführt. Dort wurden die Tiere durch künstliche Beleuchtung mit Hilfe einer Zeitschaltuhr an einen Tageszyklus von 12 Stunden Licht (von 7:00 bis 19:00 Uhr) und 12 Stunden Dunkel gewöhnt. In diesem Raum, in welchem die Versuchstiere aufbewahrt wurden, befand sich auch die Versuchsarena. Diese hatte eine Länge von 2,00 m und Breite von 2,40 m (Abbildung 5). Begrenzt wurde sie durch vier Wände unterschiedlicher Höhe. Zur Erleichterung der Versuchsdurchführung war die Vorderwand mit 50 cm etwas niedriger, hinter der sich der Beobachtungsraum befand. Der Boden, die Seitenwände und die Vorderwand waren weiß. Die Strukturierung des Hintergrunds wurde im Laufe der Versuchsreihe mehrmals verändert und war entweder weiß, mit einem Schachbrettmuster oder mit diagonalen Streifen ausgestaltet (Abbildung 9). Die Breite der diagonalen Streifen betrug 5,5cm, der Weißanteil dazwischen 6cm. Die Quadrate des Schachbrettmusters hatten eine Länge und Breite von 10cm und waren abwechselnd schwarz bzw. weiß. Das Auflösungsvermögen von mindestens 2° der Augen von *Cupiennius salei* war aus der Literatur bereits bekannt (Land und Barth, 1992; Fenk et al., 2010). Damit die Versuchstiere in der Lage waren, den strukturierten Hintergrund entsprechend ihres Auflösungsbereichs als solchen wahrnehmen zu können, wurden die oben genannten Größen für die Muster des Hintergrunds verwendet. Ein feiner strukturiertes Hintergrundmuster wäre den Tieren als einheitlich graue Fläche erschienen und das induzieren einer Bewegungsparallaxe wäre damit nicht möglich gewesen.

Obwohl es sich bei *Cupiennius salei* um eine nachtaktive Spinne handelt, konnte durch frühere Versuche gezeigt werden, dass sich ihr Laufverhalten bei unterschiedlicher Lichtintensität - getestet wurde bei einer Lichtstärke von 0,1 Lux bis ca. 200 Lux - nicht verändert (Swaton, 2003). Deshalb fanden die Versuche bei künstlicher Beleuchtung bei Streulicht durch zwei Deckenlampen (jeweils zwei Leuchtstoffröhren F40W/CW-RS, cool white, Sylvania, Germany) statt. Es wurde dabei darauf geachtet, dass die Lichtintensität in der gesamten Arena annähernd gleich ist. Zu diesem Zweck wurde die Lichtstärke vor der Versuchsdurchführung





**Abbildung 5: a)** Schematischer Grundriss der Versuchsarena. EL = Entscheidungslinie: An jedem Punkt dieser imaginären Linie nehmen beide Balken eine gleich große Fläche im Gesichtsfeld ein und erscheinen damit gleich groß. SP = Startpunkt: Punkt, an dem die Versuchstiere zu Beginn jeder Testung in die Arena gesetzt wurden. **b)** Die Versuchsarena aus der Perspektive des Experimentators. Als Zielobjekte wurden 2 Balken verwendet, welche in unterschiedlicher Distanz zur Mitte der Arena sowie zur Rückwand angebracht wurden. Die Versuchstiere wurden an einem markierten Startpunkt (SP) mit Blickrichtung zu den Zielobjekten zu Versuchsbeginn entlassen.

mit einem Candelameter (LS-100; Konica Minolta, Tokio, Japan) überprüft: Mit links 142,3 cd / m<sup>2</sup>, rechts 145,1 cd / m<sup>2</sup> und in der Mitte 144,1 cd / m<sup>2</sup> war die Lichtintensität über die gesamte Rückwandfläche in etwa gleich groß.

Als visuelle Reize dienten schwarze Balken aus Karton. In früheren Versuchen konnte bereits gezeigt werden, dass die Versuchstiere, bei denen alle acht Augen intakt waren, gerichtet darauf zulaufen (Schmid, 1998). Als Grund dafür nennt Barth (2001) seine Beobachtung, dass die Tiere in freier Wildbahn auf den Pseudostamm einer Bananenstaude geradewegs zulaufen.

Bei den Versuchsläufen in der Arena konnten einige Präferenzen ausgemacht werden (Schmid, 1998). Bietet man Spinnen zwei senkrechte Balken in der Arena, so laufen sie mit gleicher Häufigkeit auf diese zu. Werden ihnen jedoch unterschiedliche Reize geboten, so bevorzugen sie mit hoher Signifikanz einen senkrechten vor einem schrägen Balken oder einem  $\Lambda$ . Es konnte auch gezeigt werden, dass die Tiere einen aufrechten Balken gegenüber einem  $\Lambda$  bevorzugen. Dieses Präferenzverhalten veränderte sich, sobald verschiedene Augen durch das Lackieren der Linse abgedeckt wurden.

Den Spinnen wurde, je nach Versuchsreihe, entweder ein oder zwei Zielobjekte geboten. Bei diesen handelte es sich in allen Fällen um aufrechte Balken. Bei der Berechnung der Abmessungen wurde darauf geachtet, dass die beiden Balken ab einer bestimmten Stelle in der Arena, der Entscheidungslinie, gleich viel Platz im Gesichtsfeld der Spinne einnehmen und damit gleich groß erscheinen (Kosenburger, 2005). Vor dieser Entscheidungslinie nahm der nähere Balken im Gesichtsfeld der Spinne sogar weniger Platz ein. Damit sollte verhindert werden, dass die Spinne den näheren Balken nur deshalb anläuft, weil er ihr vom Startpunkt an größer erscheint. Die Entscheidungslinie befand sich 20 cm vor der Trennwand. Diese bestand aus Styropor und wurde in der Mitte der Arena an der Rückwand befestigt. Sie sollte verhindern, dass die Spinnen nach der Entscheidungslinie ihre Richtung noch einmal ändert. Nach jedem Versuch wurde der Boden mit einem Besen gereinigt, um möglicherweise hinterlassene Spinnfäden zu entfernen. Nach je 10 gültigen Läufen wurden die beiden Zielobjekte gegeneinander ausgetauscht, um die Richtungsentscheidung aufgrund möglicher Duftspuren zu verhindern. Zudem sollte der Einfluss von Seitenpräferenzen aufgrund verschiedener Faktoren wie Beleuchtungs-differenzen und Temperaturunterschieden möglichst verringert werden. Protokolliert wurde bei jedem Versuch das Versuchstier, die Laufnummer und ob und wie oft die Spinne in einer Position verharrte. Zusätzlich wurde eine

Skizze der Versuchsarena mit dem jeweilig gegebenen Reiz angefertigt und die zurückgelegte Laufspur nachgezeichnet.

### **Lackieren der Haupt- bzw. Nebenaugen**

Für die Versuchsreihe II wurden je 4 Spinnen die Haupt- bzw. Nebenaugen mit schwarzer Farbe (schwarz matt, Nr. 70; PLAKA) lackiert. Zu diesem Zweck wurden sie eine Stunde lang in einem Kühlschrank aufbewahrt, damit sie heruntergekühlt waren und sich nur mehr wenig bewegten. Mit Hilfe von Parafilm wurden sie dann auf einer Vorrichtung fixiert, so dass nur die Augen unbedeckt blieben. Anschließend wurden die feinen Härchen zwischen den AM – und PM Augen mit einem stumpfen Zahnstocher entfernt. Mit einem feinen Pinsel wurden dann die zwei Haupt- bzw. sechs Nebenaugen mit schwarzer Farbe lackiert (Abbildung 6).



**a**



**b**

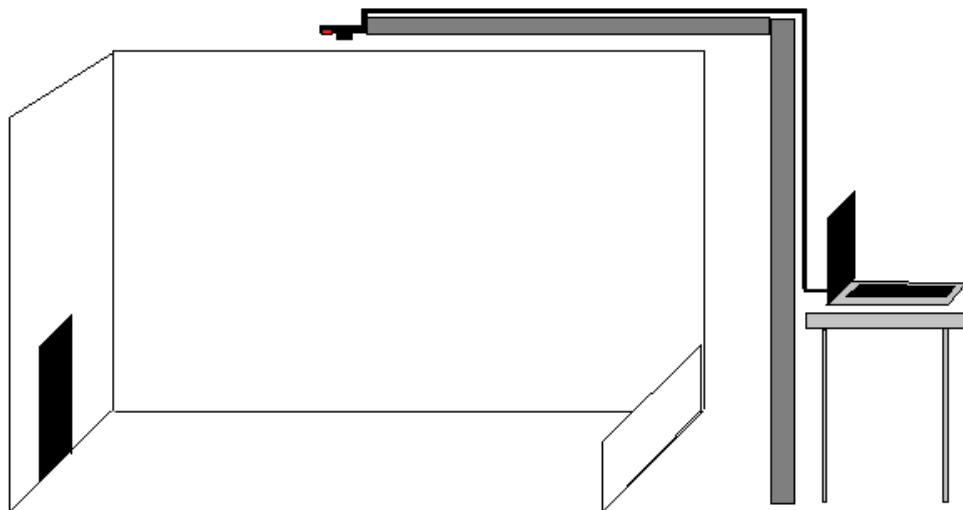
**Abbildung 6:** Versuchstiere mit **a)** lackierten Nebenaugen **b)** lackierten Hauptaugen.

In den Versuchen mit Tieren, deren Augen lackiert waren, wurde beobachtet, dass diese nach einiger Verweildauer am Startpunkt häufig in Schreckstellung fielen. Dabei legten sie sich flach auf den Boden mit allen acht Beine gerade gestreckt. Sobald sie in dieser Position verharrten, wurden die Tiere aus der Arena genommen und für eine gewisse Dauer nicht erneut getestet.

### **Aufnahme und Analyse der Laufspuren**

Für diese Versuchsreihe wurde eine Videokamera (GoPro Hero3 Black Edition; Woodman Labs, Inc.; California, USA) über der Arena mit Hilfe einer Vorrichtung installiert (Abbildung 7). Das Filmen der Läufe diente der genauen Analyse des Laufverhaltens. Mit Hilfe eines Auswertungsprogramms erhielten wir ein Bild, auf dem die exakte Laufspur eingezeichnet war. Damit konnte die Anzahl der Richtungsänderungen bestimmt werden (Tabelle 3). Weiters wurde der Quotient des tatsächlich gelaufenen zum kürzest möglichen Weg gebildet. Dieser dient als Maß für die „straightness coefficient“ des Weges (Pasukonis et al., 2014).

K



**Abbildung 7:** Die Versucharena mit einer installierten Kamera (K), die direkt mit dem Laptop verbunden war. Die Speicherung und Auswertung der Videoaufnahmen erfolgte ebenfalls über den Laptop.

Es wurden hier wieder Versuche mit den drei oben erwähnten Hintergrundstrukturierungen durchgeführt. In der Arena wurde jedoch nur ein schwarzer Balken platziert, der sich entweder direkt am Hintergrund oder in 50 cm Entfernung zu dieser befand. Insgesamt wurden 6 verschiedene Konfigurationen getestet.

Die gefilmten Läufe wurden dann mit Hilfe eines Programms, das Max Hofbauer zur Verfügung stellte, analysiert. Wichtig für die Analyse der Laufspuren war vor allem, dass die Verzerrung des Bildes der Kamera korrigiert werden konnte. Beim Filmen der Läufe wurde darauf geachtet, dass für eine kurze Sequenz die Arena ohne Versuchstier zu sehen war. Dieser Abschnitt diente dann als Referenzwert für die Bilder, in denen die Spinne zu sehen war. Dadurch konnte das Versuchstier und dessen zurückgelegter Weg automatisch erfasst werden. Wie in Abbildung 8 ersichtlich ist, erhielten wir für jedes Bild des Videos die genauen Koordinaten der Spinne und den Winkel, den die Körperachse des Tieres einnahm, sowie eine farblich markierte Laufspur.



**Abbildung 8:** Videoaufnahme der Versuchsläufe. Mit Hilfe eines Programms konnte die Position des Tieres während des Laufes erfasst und daraus die genaue Laufspur ermittelt werden. Weitere Bilder der Videoaufnahmen siehe Anhang.

Der zurückgelegte Weg (gW) der Spinne wurde anschließend mit dem direkten Weg zwischen Start- und Endpunkt (dW) ins Verhältnis gesetzt. Dieser Wert diente als Maß für die Geradlinigkeit eines Laufs und wird als „straightness coefficient“ (SC) bezeichnet. Diese Auswertungsmethode wurde ebenfalls in Verhaltensversuchen mit Giffröschen verwendet (Pasukonis et al., 2014), in denen die räumliche Lernfähigkeit getestet wurde.

## 2.3. Statistik

Bei den Wahlversuchen ging es darum, ob die Spinnen den für sie näheren Balken anliefen oder den weiter entfernten. Für diese Versuche wurde die Nullhypothese aufgestellt, dass die beiden Balken relativ gleich häufig angelaufen werden. Als gültige Läufe wurden nur jene gewertet, bei denen sich die Tiere vor Erreichen der Trennwand für einen der beiden Balken entschieden hatten. Sobald die Versuchstiere entweder Seiten-, Rück- Vorder- oder Trennwand berührten, oder sich in Schreckstellung begaben, wurde der Lauf nicht gewertet und die Tiere wieder eingefangen. Die Versuchsreihen umfassen je 20, 40 bzw. 50 gültige Läufe. Zur statistischen Auswertung der ersten beiden Versuchsreihen wurde der Chi-Quadrat-Test verwendet. Angewandt auf Kreuztabellen ermittelt dieser Test die Wahrscheinlichkeit, ob Zusammenhänge mehr als nur zufälliger Natur sind (Tabelle 1). Getestet wurden die ermittelten Entscheidungen gegen eine Gleichverteilung. Alle statistischen Berechnungen wurden mit dem Programm IBM SPSS Statistics (Version 21.0.0.0) vorgenommen.

**Tabelle 1:** Die Chi-Quadrat-Verteilung für die Werte **a)** n=20 Läufe **b)** n=40 und **c)** n=50 Läufe. W 1 und W 2 bezeichnen die absolute Häufigkeit, in der einer der beiden Balken angelaufen wurde. Die Nullhypothese wird abgelehnt, sobald die Wahrscheinlichkeit einen Wert größer 0,058 annimmt. Diese Werte sind in der Liste rot markiert.

**a**

| für n= 20 |     |                  |       | für n= 20 |     |                  |       |
|-----------|-----|------------------|-------|-----------|-----|------------------|-------|
| W 1       | W 2 | Chi <sup>2</sup> | p     | W 1       | W 2 | Chi <sup>2</sup> | p     |
| 0         | 20  | 20,0             | 0,000 | 11        | 9   | 0,2              | 0,655 |
| 1         | 19  | 16,2             | 0,000 | 12        | 8   | 0,8              | 0,371 |
| 2         | 18  | 12,8             | 0,000 | 13        | 7   | 1,8              | 0,180 |
| 3         | 17  | 9,8              | 0,002 | 14        | 6   | 3,2              | 0,074 |
| 4         | 16  | 7,2              | 0,007 | 15        | 5   | 5,0              | 0,025 |
| 5         | 15  | 5,0              | 0,025 | 16        | 4   | 7,2              | 0,007 |
| 6         | 14  | 3,2              | 0,074 | 17        | 3   | 9,8              | 0,002 |
| 7         | 13  | 1,8              | 0,180 | 18        | 2   | 12,8             | 0,000 |
| 8         | 12  | 0,8              | 0,371 | 19        | 1   | 16,2             | 0,000 |
| 9         | 11  | 0,2              | 0,655 | 20        | 0   | 20,0             | 0,000 |
| 10        | 10  | 0,0              | 1,000 |           |     |                  |       |

**b**

**c**

| Für n=40 |        |                  |       | Für n=40 |        |                  |       |
|----------|--------|------------------|-------|----------|--------|------------------|-------|
| W<br>1   | W<br>2 | Chi <sup>2</sup> | p     | W<br>1   | W<br>2 | Chi <sup>2</sup> | p     |
| 0        | 40     | 40               | 0,000 | 21       | 19     | 0,1              | 0,752 |
| 1        | 39     | 36,1             | 0,000 | 22       | 18     | 0,4              | 0,527 |
| 2        | 38     | 32,4             | 0,000 | 23       | 17     | 0,9              | 0,343 |
| 3        | 37     | 28,9             | 0,000 | 24       | 16     | 1,6              | 0,206 |
| 4        | 36     | 25,6             | 0,000 | 25       | 15     | 2,5              | 0,114 |
| 5        | 35     | 22,5             | 0,000 | 26       | 14     | 3,6              | 0,058 |
| 6        | 34     | 19,6             | 0,000 | 27       | 13     | 4,9              | 0,027 |
| 7        | 33     | 16,9             | 0,000 | 28       | 12     | 6,4              | 0,011 |
| 8        | 32     | 14,4             | 0,000 | 29       | 11     | 8,1              | 0,004 |
| 9        | 31     | 12,1             | 0,001 | 30       | 10     | 10               | 0,002 |
| 10       | 30     | 10               | 0,002 | 31       | 9      | 12,1             | 0,001 |
| 11       | 29     | 8,1              | 0,004 | 32       | 8      | 14,4             | 0,000 |
| 12       | 28     | 6,4              | 0,011 | 33       | 7      | 16,9             | 0,000 |
| 13       | 27     | 4,9              | 0,027 | 34       | 6      | 19,6             | 0,000 |
| 14       | 26     | 3,6              | 0,058 | 35       | 5      | 22,5             | 0,000 |
| 15       | 25     | 2,5              | 0,114 | 36       | 4      | 25,6             | 0,000 |
| 16       | 24     | 1,6              | 0,206 | 37       | 3      | 28,9             | 0,000 |
| 17       | 23     | 0,9              | 0,343 | 38       | 2      | 32,4             | 0,000 |
| 18       | 22     | 0,4              | 0,527 | 39       | 1      | 36,1             | 0,000 |
| 19       | 21     | 0,1              | 0,752 | 40       | 0      | 40               | 0,000 |
| 20       | 20     | 0                | 1,000 |          |        |                  |       |

| Für n=50 |        |                  |       | Für n=50 |        |                  |       |
|----------|--------|------------------|-------|----------|--------|------------------|-------|
| W<br>1   | W<br>2 | Chi <sup>2</sup> | p     | W<br>1   | W<br>2 | Chi <sup>2</sup> | p     |
| 0        | 50     | 50,0             | 0,000 | 26       | 24     | 0,1              | 0,777 |
| 1        | 49     | 46,1             | 0,000 | 27       | 23     | 0,3              | 0,572 |
| 2        | 48     | 42,3             | 0,000 | 28       | 22     | 0,7              | 0,396 |
| 3        | 47     | 38,7             | 0,000 | 29       | 21     | 1,3              | 0,258 |
| 4        | 46     | 35,3             | 0,000 | 30       | 20     | 2,0              | 0,157 |
| 5        | 45     | 32,0             | 0,000 | 31       | 19     | 2,9              | 0,090 |
| 6        | 44     | 28,9             | 0,000 | 32       | 18     | 3,9              | 0,048 |
| 7        | 43     | 25,9             | 0,000 | 33       | 17     | 5,1              | 0,024 |
| 8        | 42     | 23,1             | 0,000 | 34       | 16     | 6,5              | 0,011 |
| 9        | 41     | 20,5             | 0,000 | 35       | 15     | 8,0              | 0,005 |
| 10       | 40     | 18,0             | 0,000 | 36       | 14     | 9,7              | 0,002 |
| 11       | 39     | 15,7             | 0,000 | 37       | 13     | 11,5             | 0,001 |
| 12       | 38     | 13,5             | 0,000 | 38       | 12     | 13,5             | 0,000 |
| 13       | 37     | 11,5             | 0,001 | 39       | 11     | 15,7             | 0,000 |
| 14       | 36     | 9,7              | 0,002 | 40       | 10     | 18,0             | 0,000 |
| 15       | 35     | 8,0              | 0,005 | 41       | 9      | 20,5             | 0,000 |
| 16       | 34     | 6,5              | 0,011 | 42       | 8      | 23,1             | 0,000 |
| 17       | 33     | 5,1              | 0,024 | 43       | 7      | 25,9             | 0,000 |
| 18       | 32     | 3,9              | 0,048 | 44       | 6      | 28,9             | 0,000 |
| 19       | 31     | 2,9              | 0,090 | 45       | 5      | 32,0             | 0,000 |
| 20       | 30     | 2,0              | 0,157 | 46       | 4      | 35,3             | 0,000 |
| 21       | 29     | 1,3              | 0,258 | 47       | 3      | 38,7             | 0,000 |
| 22       | 28     | 0,7              | 0,396 | 48       | 2      | 42,3             | 0,000 |
| 23       | 27     | 0,3              | 0,572 | 49       | 1      | 46,1             | 0,000 |
| 24       | 26     | 0,1              | 0,777 | 50       | 0      | 50,0             | 0,000 |
| 25       | 25     | 0,0              | 1,000 |          |        |                  |       |

## 2.4. Versuchsablauf

### 2.4.1. Versuchsreihe I: 2 Balken auf unterschiedlichem Hintergrund

In dieser Versuchsreihe sollte die Bedeutung des Hintergrunds für die Entfernungswahrnehmung getestet werden. Dazu wurden Versuche mit unterschiedlichen Hintergrundstrukturierungen (Abbildung 9) durchgeführt.



**Abbildung 9:** Der Hintergrund der Arena war in den Versuchen entweder **a)** weiß, **b)** mit diagonalen Streifen oder **c)** mit einem Schachbrettmuster ausgekleidet.

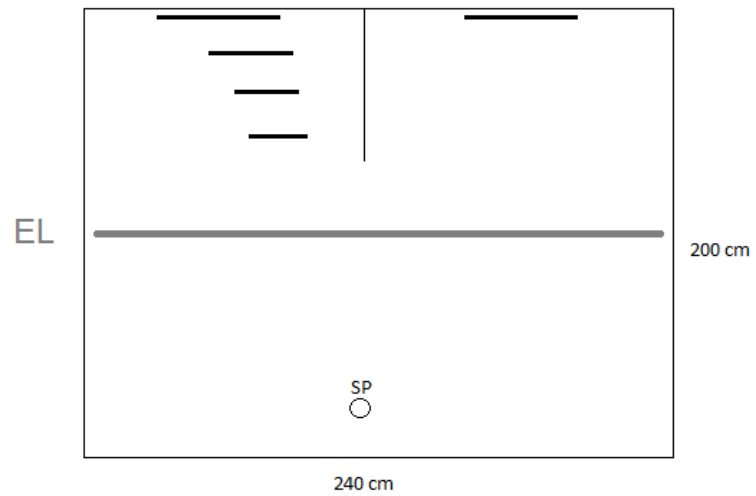
Die Balkenstärke des Hintergrunds mit diagonalen Streifen betrug 6cm, der Weißanteil dazwischen ebenfalls 6cm (Kosenburger, 2005). Diese Maße waren erforderlich, damit die Spinnen nach dem bekannten Auflösungsvermögen von  $2^\circ$  die Hintergrundstruktur wahrnehmen konnten.

**Tabelle 2:** Größe der Balken in Abhängigkeit zum Abstand zur Rückwand (Lehnert, 2011).

| Abstand zur Rückwand | Maße der Balken (Höhe x Breite) |
|----------------------|---------------------------------|
| 0cm                  | 70cm x 39cm                     |
| 30cm                 | 53,8cm x 30cm                   |
| 50cm                 | 43cm x 24cm                     |
| 70cm                 | 32,3cm x 18cm                   |

Als Distanz zwischen Objekt und Trennwand wurde die halbe Breite der jeweiligen Balken verwendet (Abbildung 10). Der Balken in 70cm Entfernung zur Rückwand wurde damit 18cm links bzw. rechts von der Styroporwand platziert.





**Abbildung 10:** Aufbau der Versuchsreihe I: Balken in unterschiedlichen Distanzen zur Rückwand und zur Trennwand. Getestet wurden diese Distanzen mit unterschiedlichen Hintergrundstrukturierungen. SP – Startpunkt; EL - Entscheidungslinie

### **2.4.2. Versuchsreihe II: Versuche mit lackierten Augen**

In dieser Versuchsreihe wurde ausschließlich die Bedeutung der beiden unterschiedlichen Augentypen auf die Distanzwahrnehmung getestet. Dazu wurden Spinnen herangezogen, deren Haupt- bzw. Nebenaugen zuvor lackiert worden waren. Den Versuchstieren wurden wieder zwei schwarze, aufrechte Balken geboten. Die Größe der Zielobjekte und deren Abstand zu Rück- und Trennwand waren die gleichen wie in Versuchsreihe I. Getestet wurde wieder mit den drei unterschiedlichen Hintergrundstrukturierungen.

### **2.4.3. Versuchsreihe III: 1 Balken auf unterschiedlichem Hintergrund – adaptives Laufverhalten**

Die Bedeutung der Hintergrundstrukturierung auf das Laufverhalten wurde in dieser Versuchsreihe untersucht. In den Versuchen III a - f wurde wie zuvor mit einem homogen weißen Hintergrund, einem mit Schachbrettmuster und einem mit diagonalen Streifen gearbeitet. Hier wurde jedoch nur ein Balken als Zielobjekt verwendet, welcher sich entweder direkt auf der Rückwand oder in 50cm Entfernung davor befand. Je nach Positionierung des Balkens wurde auch der Startpunkt entsprechend um 50cm verschoben. Die Distanz zwischen dem Startpunkt und dem Zielobjekt betrug deshalb in jedem Versuchslauf 150cm. Mit Hilfe des Auswertungsprogramms konnte dann der kürzeste Weg zwischen Startpunkt und Zielobjekt berechnet werden sowie die Laufspurlänge des tatsächlich zurückgelegten Weges. Diese beiden Werte wurden dann in ein Verhältnis zueinander gesetzt. Das Ziel war es herauszufinden, ob es eine deutliche Veränderung in der Laufspurlänge in Abhängigkeit von der Hintergrundstrukturierung gibt. Dies würde bedeuten, dass *Cupiennius salei* seinen Laufstil aktiv verändert, um Bewegungsparallaxe zu induzieren und daraus Tiefeninformationen seiner Umwelt zu erhalten. Die Anzahl der Richtungsänderungen während der Annäherung an das Zielobjekt wurden an der Laufspurmarkierung abgezählt.

### 3. Ergebnisse

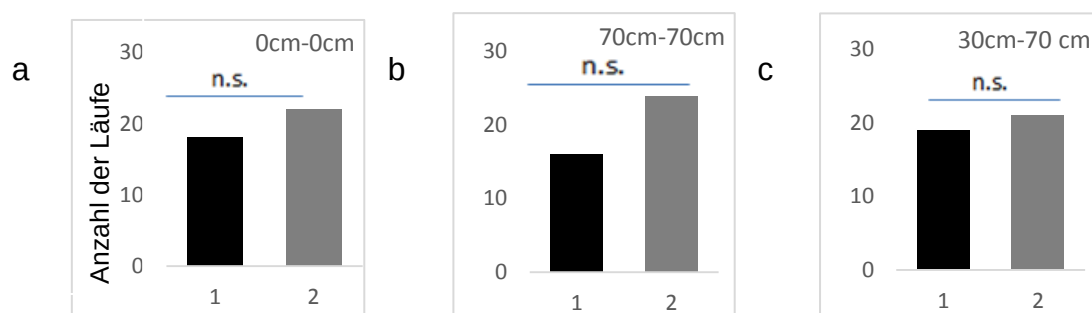
#### 3.1. Versuchsreihe I: 2 Balken auf unterschiedlichem Hintergrund

Wie aus der Literatur bekannt ist, spielt die Hintergrundstrukturierung eine entscheidende Rolle für die Distanzwahrnehmung (Neuhofer et al., 2009). In dieser Versuchsreihe sollte getestet werden, welche Hintergrundstrukturierungen am besten für die Entfernungswahrnehmung geeignet sind. Zusätzlich sollte untersucht werden, wie groß die Distanz zweier Balken sein muss, damit der nähere der beiden deutlich öfter angelaufen wird als der weiter entfernte.

##### Weißer Hintergrund

###### Ergebnis I a & b

Diese beiden Kontrollversuche sollten darüber Aufschluss geben, ob die Versuchstiere eine Seitenpräferenz bei weißem Hintergrund aufweisen. Es wurden je 40 gültige Läufe protokolliert. In I a befanden sich beide Balken direkt auf der Rückwand (0-0cm) und in I b waren beide 70 cm vor dieser (70-70cm). In beiden Versuchen konnte gezeigt werden, dass die schwarzen Balken etwa gleich häufig angelaufen wurden. Eine statistisch signifikante Seitenpräferenz konnte in beiden Fällen ausgeschlossen werden. (0-0cm:  $\chi^2=0,4$ ,  $p=0,53$ ; 70-70cm:  $\chi^2=1,6$ ;  $p=0,206$ , siehe Abbildung 11 (a) und (b)).



**Abbildung 11:** Ergebnisse der Versuchsreihe I zur Distanzwahrnehmung bei weißem Hintergrund. Die Anzahl der Versuchsläufe ist  $n=40$ . **(a)** 1. Kontrollversuch bei weißem Hintergrund (0-0cm),  $p=0,53$ . **(b)** 2. Kontrollversuch bei weißem Hintergrund (70-70cm),  $p=0,21$ . **(c)** Balken in 30cm und 70cm Entfernung zur Rückwand,  $p=0,75$

■ Näheres Objekt      ■ Weiter entferntes Objekt

###### Ergebnis I c

In diesem Versuch wurde bei weißem Hintergrund getestet. Die beiden Balken befanden sich in unterschiedlichen Distanzen zur Rückwand. Der nähere war 70cm von der Rückwand entfernt und der weiter entfernte 30cm. Trotz dieser Distanz wurden die beiden Balken annähernd gleich oft angelaufen. Der nähere wurde in 21 Läufen und der weiter entfernte in 19 von 40 gültigen Läufen gewählt. Die Verteilung unterschied sich nicht signifikant von einer Gleichverteilung ( $\chi^2=0,1$ ;  $p=0,752$ ; siehe Abbildung 11 (c)).

## **Hintergrund mit Schachbrettmuster**

### *Ergebnis I d & e*

Diese beiden Kontrollversuche sollten sicherstellen, dass keine Seitenpräferenz vorhanden war. In den Versuchen I d und e waren die Balken entweder direkt an der Rückwand oder in 70cm Entfernung zu dieser aufgestellt worden.

In je 40 gültigen Läufen konnte wieder gezeigt werden, dass die beiden Balken in etwa gleich häufig angelaufen wurden (0-0cm:  $\chi^2=0$ ,  $p=1,000$ ; 70-70cm:  $\chi^2=0$ ,  $p=1,000$ ; siehe Abbildung 12 (a) & (b)).

### *Ergebnis I f – i*

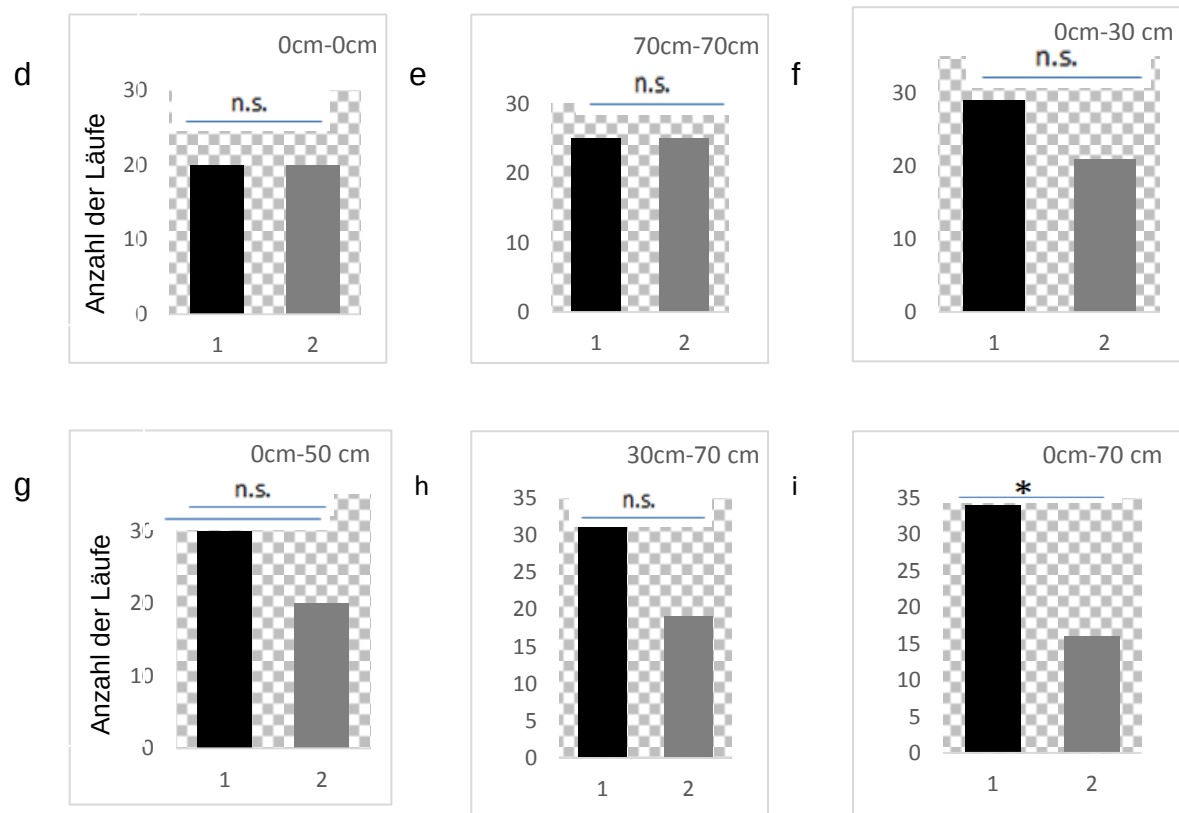
In diesen Versuchen wurden die beiden Balken in unterschiedlichen Distanzen zur Rückwand befestigt, der Hintergrund war mit Schachbrettmuster ausgestaltet. Im Versuch I f wurde der nähere Balken in 50 gültigen Läufen 29-mal angelaufen. Der Unterschied war jedoch noch nicht signifikant, der  $\chi^2$ - Test ergab eine Wahrscheinlichkeit von  $p = 0,26$ .

In I g wurde die Distanz der Balken zur Rückwand vergrößert. Der weiter entfernte Balken befand sich wieder auf der Rückwand, der nähere in 50cm Distanz zu dieser. Das nähere Zielobjekt wurde in 30 Fällen von 50 gültigen Läufen angelaufen. Dieses Ergebnis zeigt zwar schon eine ansteigende Präferenz zum näheren Objekt, jedoch ist der Unterschied noch nicht signifikant mit einer Wahrscheinlichkeit laut  $\chi^2$ -Test von  $p= 0,16$ .

In Versuch h wurde getestet, wie oft der nähere von zwei Balken angelaufen wird, wenn einer davon nicht direkt an der Rückwand sondern in 30cm Entfernung dazu positioniert wird. Der nähere Balken befand sich dabei in 70cm Distanz zur

Rückwand. Auch hier wurde der nähere Balken zwar häufiger angelaufen, nicht jedoch statistisch signifikant häufiger ( $p=0,09$ ).

Erst in Versuch I i, bei welchem die Distanz der beiden Balken zur Rückwand 0cm und 70cm betrug konnte beobachtet werden, dass der nähere Balken signifikant öfters gewählt wurde als der weiter entfernte. Die Wahrscheinlichkeit betrug  $p=0,01$ .



**Abbildung 12:** Dargestellt sind die Ergebnisse der Versuche zur Distanzwahrnehmung bei einem Hintergrund mit Schachbrettmuster.  $n=40$  in (d);  $n=50$  in (e), (f), (g), (h), (i); (d)  $p=1,00$  (e)  $p=1,00$  (f)  $0,26$  (g)  $0,16$  (h)  $p=0,09$ .

■ Näheres Objekt      ■ Weiter entferntes Objekt

**Hintergrund mit diagonalen Streifen**

### Ergebnis I j

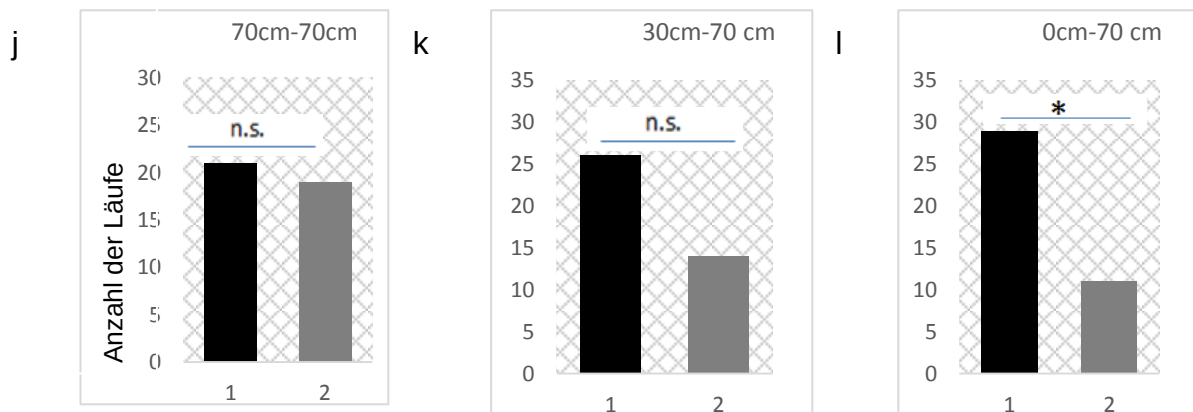
In diesem Kontrollversuch befanden sich zwei Balken in 70cm Entfernung zur Rückwand in der Arena. Beide Balken wurden von den Versuchstieren annähernd gleich oft angelaufen, damit konnte eine Seitenpräferenz ausgeschlossen werden. Die Wahrscheinlichkeit nach dem  $\chi^2$ -Test ergab den Wert  $p=0,75$ .

### Ergebnis I k & l

Die Distanzwahrnehmung bei einem Hintergrund mit diagonalen Streifen sollte in diesen Versuchen getestet werden. Dabei befanden sich die Balken jeweils in unterschiedlicher Distanz zur Rückwand. In Versuch k wurde ein Balken in 30cm, der andere in 70cm Entfernung zur Rückwand aufgestellt.

In 26 von 40 gültigen Läufen wurde dabei das nähere Zielobjekt angelaufen. Es resultiert ein p von 0,06 und zeigt damit noch keine Signifikanz.

In Versuch i wurde die Distanz zwischen den Balken vergrößert. Hier befand sich ein Balken direkt an und der zweite in 70cm Entfernung zur Rückwand. Bei diesem Versuchsaufbau wurde das nähere Zielobjekt in 29 von 40 gültigen Läufen angelaufen. Dieses Ergebnis ist signifikant,  $p = 0,00$ .



**Abbildung 13:** Versuche zur Distanzwahrnehmung bei einem Hintergrund mit diagonalen Streifen.  $n=40$  bei (j), (k), (l); (j) Kontrollversuch,  $p=0,75$  (k) 0,06 (l)  $p=0,001$ , signifikant.  
■ Näheres Objekt    ■ Weiter entferntes Objekt

## Versuchsreihe II: Versuche mit lackierten Augen

Haupt- und Nebenaugen unterscheiden sich wesentlich in ihrem Aufbau. Diese Tatsache, und dass sich die Gesichtsfelder der AM- und PM-Augen fast vollständig überlappen (Land und Barth, 1992) lässt vermuten, dass die beiden Augentypen unterschiedliche Funktionen erfüllen (Barth, 2001).

In dieser Versuchsreihe sollte getestet werden, ob es Unterschiede in der Tiefenwahrnehmung gibt, wenn die Spinne nur einen Augentyp verwenden kann. In diesen Versuchen wurden Tiere eingesetzt, denen zuvor die Haupt- bzw. Nebenaugen lackiert worden waren (Hauptaugen lackiert N=7, Nebenaugen lackiert N=7). Den Versuchstieren wurden wieder visuelle Zielobjekte in Form von zwei schwarzen, aufrechten Balken geboten. Diese befanden sich in unterschiedlicher Distanz zur Rückwand und zur Trennlinie. Die Strukturierung des Hintergrunds wurde ebenfalls verändert.

## **Weißer Hintergrund**

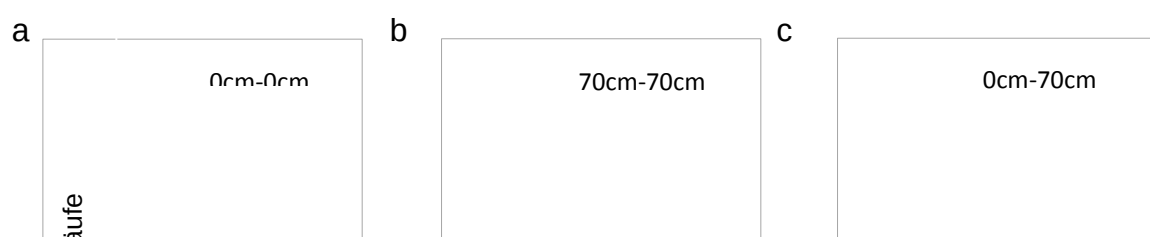
### Hauptaugen lackiert

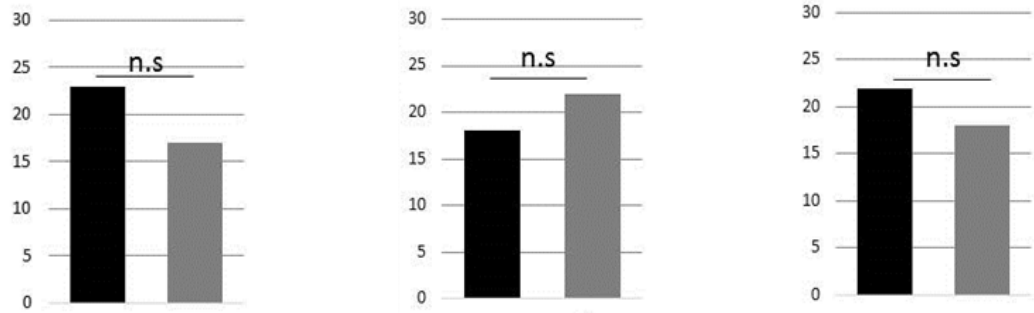
#### *Ergebnis II a & b*

In diesen beiden Kontrollversuchen befanden sich beide Balken im gleichen Abstand zur Rückwand. Damit sollte eine mögliche Seitenpräferenz der Versuchstiere überprüft werden. In Versuch II a wurden beide Balken direkt am Hintergrund befestigt (0-0cm). In 40 gültigen Läufen wurden beide Zielobjekte annähernd gleich oft angelaufen (0-0cm: näheres Objekt 23-mal, weiter entferntes Objekt 17-mal;  $\chi^2 = 0,9$ ,  $p = 0,343$ ; siehe Abbildung 14(a)). Ein ähnliches Ergebnis lieferte der Versuch II b, in dem beide Balken 70cm von der Rückwand entfernt positioniert wurden (70-70cm: näheres Objekt 18-mal, weiter entferntes Objekt 22-mal angelaufen;  $\chi^2 = 0,4$ ,  $p = 0,527$ ; siehe Abbildung 14 (b)). Somit konnte eine Seitenpräferenz ausgeschlossen werden.

#### *Ergebnis II c*

In diesem Versuch befand sich ein Balken direkt auf dem Hintergrund, der zweite in 70cm Entfernung vor diesem. In 21 von 40 gültigen Läufen wurde der nähere Balken angelaufen. Eine signifikante Unterscheidung konnte damit ausgeschlossen werden,  $p = 0,75$ .





**Abbildung 14:** Ergebnisse der Versuchsreihe II, Anzahl der Versuchsläufe  $n=40$  in **(a) – (c)** bei weißem Hintergrund, Hauptaugen lackiert **(a)**  $p=0,34$  **(b)**  $p=0,53$  **(c)**  $p=0,53$   
 ■ Näheres Objekt    ■ Weiter entferntes Objekt

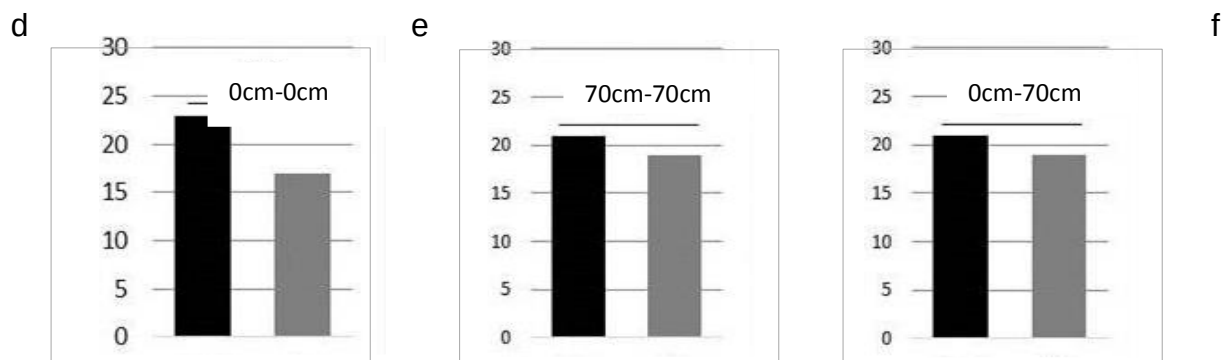
### Nebenaugen lackiert

#### *Ergebnis II d & e*

Der selbe Versuchsaufbau wie in II a und b wurde durchgeführt mit dem Unterschied, dass hier jene Tiere herangezogen wurden, deren Nebenaugen lackiert worden waren. In beiden Versuchen konnte keine signifikante Seitenpräferenz beobachtet werden (0-0cm: näheres Objekt 23-mal, weiter entferntes Objekt 17-mal;  $\chi^2=0,9$ ,  $p=0,343$ ; 70-70cm: näheres Objekt 21-mal, weiter entferntes Objekt 19-mal;  $\chi^2=0,1$ ,  $p=0,752$ ; siehe Abbildung 15 (d) und (e)).

#### *Ergebnis II f*

Hier wurde derselbe Versuchsaufbau wie in II c verwendet. Die beiden Balken wurden annähernd gleich oft angelaufen, wobei sich einer in 70cm Entfernung und der andere Balken sich direkt an der Rückwand befand. Der nähere Balken wurde dabei in 19 Läufen gewählt, der weiter entfernte in 21. Dies ergab einen Wert von 0,1 für  $\chi^2$  und eine Wahrscheinlichkeit von  $p=0,752$  (Abbildung 15 (f)).





**Abbildung 15:** Ergebnisse der Versuchsreihe II, Anzahl der Versuchsläufe n=40 in **(d)** - **(f)** bei weißem Hintergrund, Nebenaugen lackiert. **(d)** p=0,34 **(e)** p=0,75 **(f)** p=0,75.

■ Näheres Objekt ■ Weiter entferntes Objekt

## Hintergrund mit Schachbrettmuster

### Hauptaugen lackiert

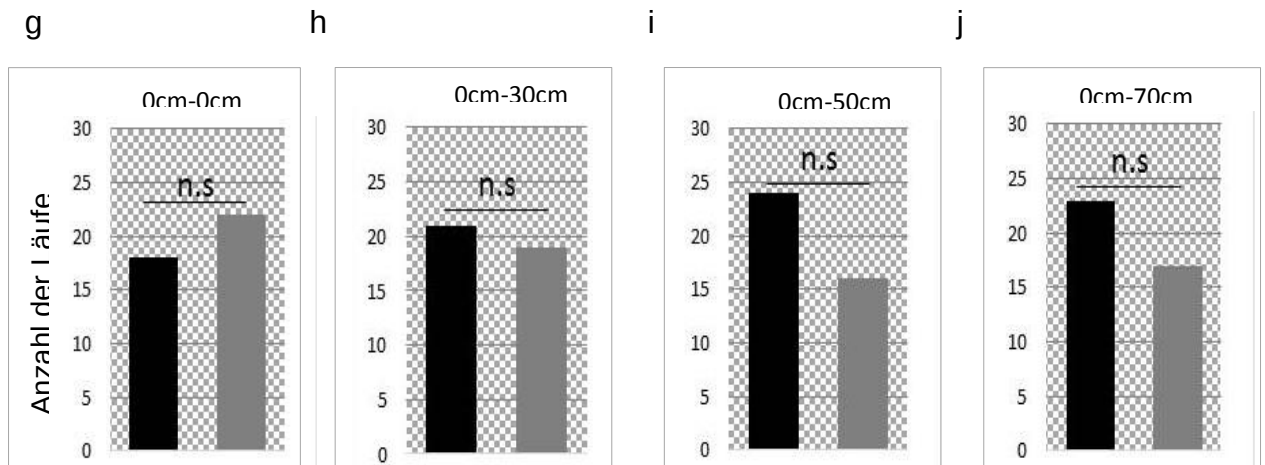
#### *Ergebnis II g*

In diesem Versuch wurden die Zielobjekte am Hintergrund befestigt. Da beide Balken annähernd gleich häufig angelaufen wurden, konnte durch diese Kontrolle eine Seitenpräferenz ausgeschlossen werden. (Näheres Objekt wurde in 18 von 40 gültigen Läufen gewählt, das weiter entfernte Objekt in 22 Läufen;  $\chi^2 = 0,4$ , p=0,527; siehe Abbildung 16 (g)).

#### *Ergebnis II h-j*

Hier wurden die Zielobjekte in unterschiedlicher Distanz zur Rückwand in der Arena positioniert. In diesen drei Versuchsreihen befand sich ein Balken in 30cm, dann in 50cm und in 70cm zur Rückwand, der zweite Balken blieb immer an der Rückwand befestigt. In jenem Versuchsaufbau mit der geringsten Distanz zwischen den beiden Zielobjekten wurde der nähere in 21 von 40 gültigen Läufen angelaufen. Die Zahl der Läufe zum näheren Objekt stieg bei Ergebnis II i erheblich an. Hier befand sich der zweite Balken in 50cm Entfernung zur Rückwand. In 24 Läufen wurde hier das nähere Objekt angesteuert. Es konnte jedoch noch keine signifikante Unterscheidung festgestellt werden, p = 0,21. Ein ähnliches Ergebnis erhielten wir für Versuchsaufbau II j. Obwohl die Distanz zwischen den beiden Balken um 20cm vergrößert wurde, konnte keine Signifikanz in der Entscheidung, zum näheren

Balken zu laufen 0cm-0cm werden ( $\chi^2 = 0,9$ ,  $p = 0,343$ ). Hier wurde das nähere Zielobjekt in 23 von 40 Läufen von den Versuchstieren gewählt.



**Abbildung 16:** Ergebnisse der Versuchsreihe II, Anzahl der Versuchsläufe  $n=40$  in (g) - (j), (g) – (j) Versuche vor einem Hintergrund mit Schachbrettmuster, Hauptaugen lackiert; (g)  $p=0,53$  (h)  $p=0,75$  (i)  $p=0,21$ ; ■ Näheres Objekt ■ Weiter entferntes Objekt

### Nebenaugen lackiert

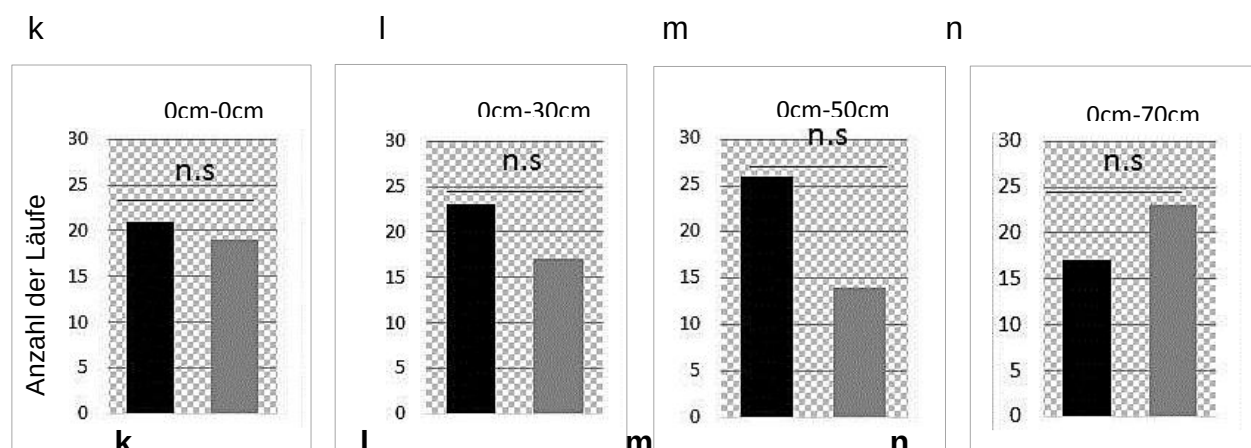
#### Ergebnis II k

In diesem Kontrollversuch sollte eine mögliche Seitenpräferenz der Versuchstiere untersucht werden. Beide Zielobjekte befanden sich direkt an der Rückwand. Die beiden Balken wurden annähernd gleich häufig angelaufen (21 mal der rechte, 19 mal der linke Balken),  $p = 0,53$ .

#### Ergebnis II l-n

Es wurde derselbe Versuchsaufbau wie in II h-j durchgeführt mit dem Unterschied, dass hier die Tiere mit lackierten Nebenaugen herangezogen wurden. Dabei befand sich einer der beiden Balken direkt an der Rückwand, der zweite in 30cm (Abbildung 17 (l)), in 50cm (Abbildung (m)) bzw. in 70cm (Abbildung (n)) Entfernung zu dieser. Das Ergebnis zeigte, dass der nähere Balken bei einer Distanz von 30cm ( $p=0,34$ ) und 50 cm ( $p=0,06$ ) zur Rückwand zwar etwas häufiger angelaufen wurde, jedoch keine Signifikanz erkennbar war. Am häufigsten wurde der nähere Balken

angelaufen bei der Distanz 0 – 50 cm. Überraschend häufig wurde dagegen der weiter entfernte Balken bei Versuch II n angelaufen, bei dem sich einer der beiden Balken in 70cm zur Rückwand befand ( $p=0,34$ );



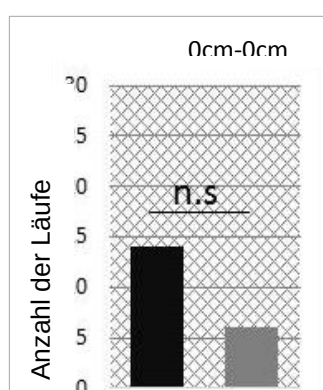
**Abbildung 17:** Ergebnisse der Versuchsreihe II, Anzahl der Versuchsläufe  $n=40$  in (k) - (n); Versuche vor einem Hintergrund Schachbrettmuster, Nebenaugen lackiert (k)  $p=0,75$  (l)  $p=0,34$  (m)  $p=0,06$  (n)  $p=0,34$ ; ■ Näheres Objekt ■ Weiter entferntes Objekt

## Hintergrund mit diagonalen Streifen

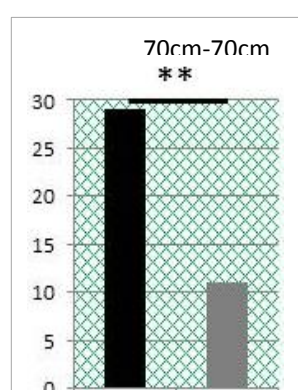
### Hauptaugen lackiert

Im Versuchsaufbau II (o) wurden beide Balken direkt an der Rückwand befestigt. Hier gab es keine signifikante Unterscheidung in der Wahl der beiden Balken ( $p=0,07$ ). Im Versuch II (p) wurden beide Balken in 70cm Entfernung zur Rückwand befestigt. Hier wurde der linke Balken jedoch signifikant öfter angelaufen (in 29 von 40 Läufen gewählt,  $p=0,004$ ). Die Ursache für diese Seitenpräferenz konnte nicht eruiert werden. In den Versuchen (q) – (s) befand sich jeweils ein Balken direkt an der Rückwand, der zweite in 30, 50 bzw. 70cm Entfernung zu dieser. In all diesen Versuchen wurde der nähere Balken nicht signifikant öfter angelaufen (für (q)  $p=0,37$ , (r)  $p=0,66$ , (s)  $p=0,66$ ).

o



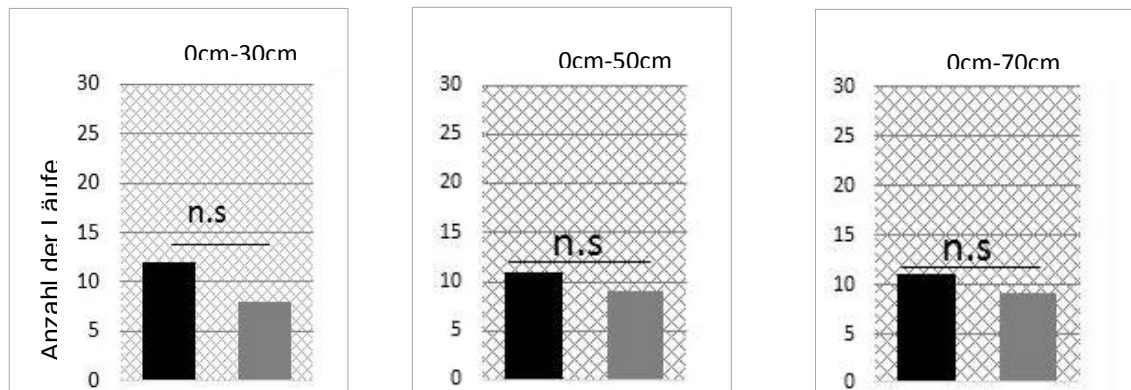
p



q

r

s



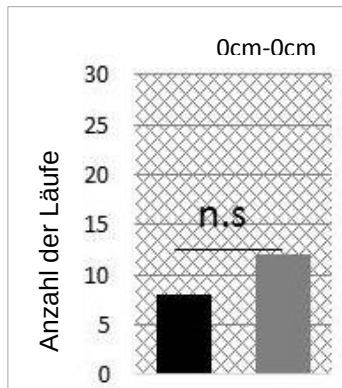
**Abbildung 18:** Ergebnisse der Versuchsreihe II, Anzahl der Versuchsläufe  $n=40$  in **(p)**;  $n=20$  in **(o)**, **(q)**-**(s)**, Versuche vor einem Hintergrund mit diagonalen Streifen, Hauptaugen lackiert **(o)**  $p=0,07$  **(p)**  $p=0,004$  **(q)**  $p=0,37$  **(r)**  $p=0,66$  **(s)**  $p=0,66$ ;   
 ■ Näheres Objekt ■ Weiter entferntes Objekt

### Nebenaugen lackiert

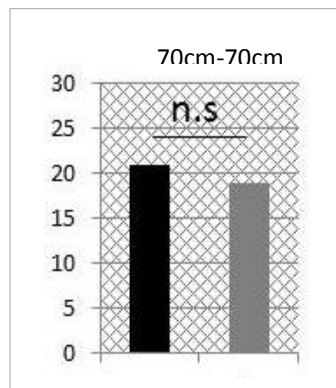
In den beiden Kontrollversuchen II t und u wurden die beiden Balken in derselben Distanz zur Rückwand befestigt (0-0cm; 70-70cm) um eine Seitenpräferenz der Spinnen ausschließen zu können. In beiden Versuchen wurden beide Balken annähernd gleich oft angelaufen (in Versuch t wurde der rechte Balken 12 mal von 20 mal angelaufen,  $p=0,37$ , in Versuch u wurde er 19 von 40 mal angelaufen,  $p=0,75$ ).

In Versuch II v wurde einer der beiden Balken direkt am Hintergrund befestigt, der zweite in 30cm Entfernung zur Rückwand. Hier wurde der nähere Balken in 14 von 20 Läufen angelaufen,  $p=0,07$ . Befand sich der Balken jedoch in 50cm Entfernung zur Rückwand, wurde der nähere signifikant häufiger gewählt (in 17 von 20 Läufen,  $p=0,002$ ). Als der Balken in 70cm Entfernung zur Rückwand positioniert wurde, wurde der nähere Balken in 16 von 20 Läufen gewählt,  $p=0,007$  (Abbildung 18 (t)-(x)).

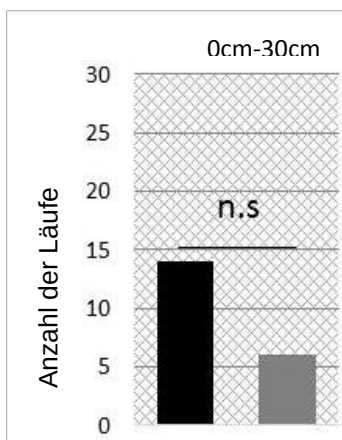
t



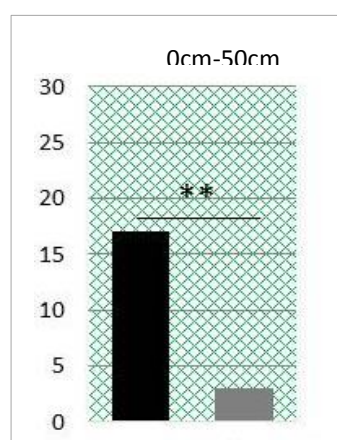
u



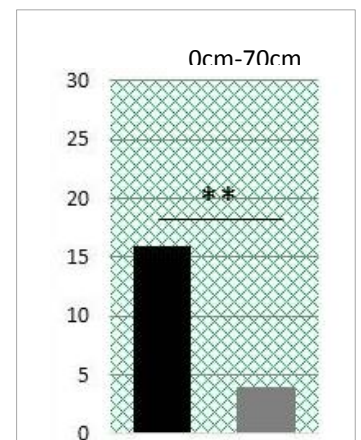
v



w



x



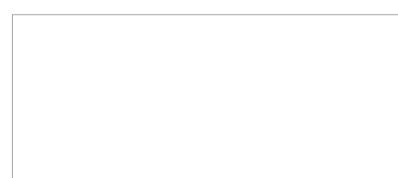
**Abbildung 19:** Ergebnisse der Versuchsreihe II, Anzahl der Versuchsläufe  $n=40$  in (u);  $n=20$  in (t), (v)-(x); Versuche vor einem Hintergrund mit diagonalen Streifen, Nebenaugen lackiert. (t)  $p=0,37$  (u)  $p=0,75$  (v)  $p=0,07$  (w)  $p=0,002$  (x)  $p=0,007$ ; ■ Näheres Objekt ■ Weiter entferntes Objekt

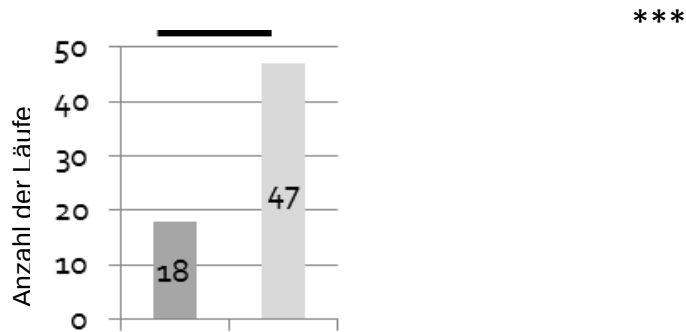
Im Rahmen der Versuchsreihe II wurden alle Fehlläufe protokolliert. Hierzu zählen jene Läufe, in denen das Versuchstier nicht auf einen der beiden Balken sondern auf die Trennwand, die Rückwand oder eine der Seitenwände lief. Es wurden auch jene Läufe berücksichtigt, in denen die Spinne eine Schreckhaltung einnahm und sich dann nicht mehr bewegte, bis diese aus der Arena herausgenommen wurde.

a



b



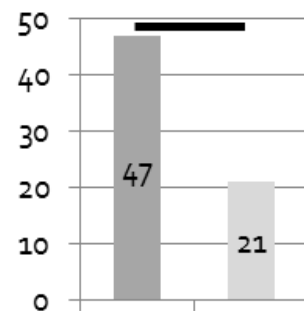


**Abbildung 20: (a)** Anzahl der Fehlläufe in Versuchsreihe II **(b)** Anzahl der Läufe, in denen sich das Versuchstier in Schreckstellung

begab  
Balken = Dunkelgrauer  
lackiert, Nebenaugen  
Balken = hellgrauer  
lackiert. Hauptaugen

■ Näheres Objekt

Weiter entferntes Objekt



### 3.2. Versuchsreihe III: 1 Balken auf unterschiedlichem Hintergrund – adaptives Laufverhalten

Bewegungsparallaxe scheint eine entscheidende Rolle für Distanzwahrnehmung einzunehmen. Um diese nutzen zu können, sind seitliche Bewegungen während der Annäherung an das Zielobjekt notwendig. Zick-Zack Bewegungen der Spinne beim

Anlaufen eines Gegenstands wurden schon in früheren Versuchen beobachtet (Schmid, 1998). Dabei stellt sich jedoch die Frage, ob diese Seitwärtsbewegungen ein allgemeines Merkmal ihres Laufstils sind oder tatsächlich aktiv zur Distanzwahrnehmung generiert werden. Dem soll sich Versuchsreihe III widmen. Der Hintergrund der Arena war entweder weiß, mit Schachbrettmuster oder mit diagonalen Streifen ausgestaltet. Als Zielobjekt diente ein schwarzer Balken, welcher sich entweder direkt an der Rückwand oder in 50 cm Entfernung zu dieser befand. Damit ergaben sich insgesamt sechs verschiedene Versuchsaufbauten (Hintergrund Weiß – Balken am Hintergrund, Hintergrund Weiß – Balken in 50cm Entfernung zu diesem, Hintergrund mit Schachbrettmuster – Balken am Hintergrund, etc.). Zu jedem dieser Versuchsaufbauten wurden 10 Läufe gefilmt und ausgewertet. Als Versuchstiere wurden sechs Spinnen ausgewählt, die sich bereits aus den vorhergehenden Läufen als besonders gut konditioniert erwiesen haben (Spinne 4,5,7,13,15 und D).

**Tabelle 3:** Aufbau und Analyse des Laufspurenversuchs. Der zurückgelegte Weg wurde ins Verhältnis zum direkten Weg gesetzt und für jeden Versuchsaufbau der Mittelwert berechnet. Die Anzahl der Richtungsänderungen entspricht den Zick Zack Bewegungen, die die Spinne beim Anlaufen des Zielobjekts gemacht hat.

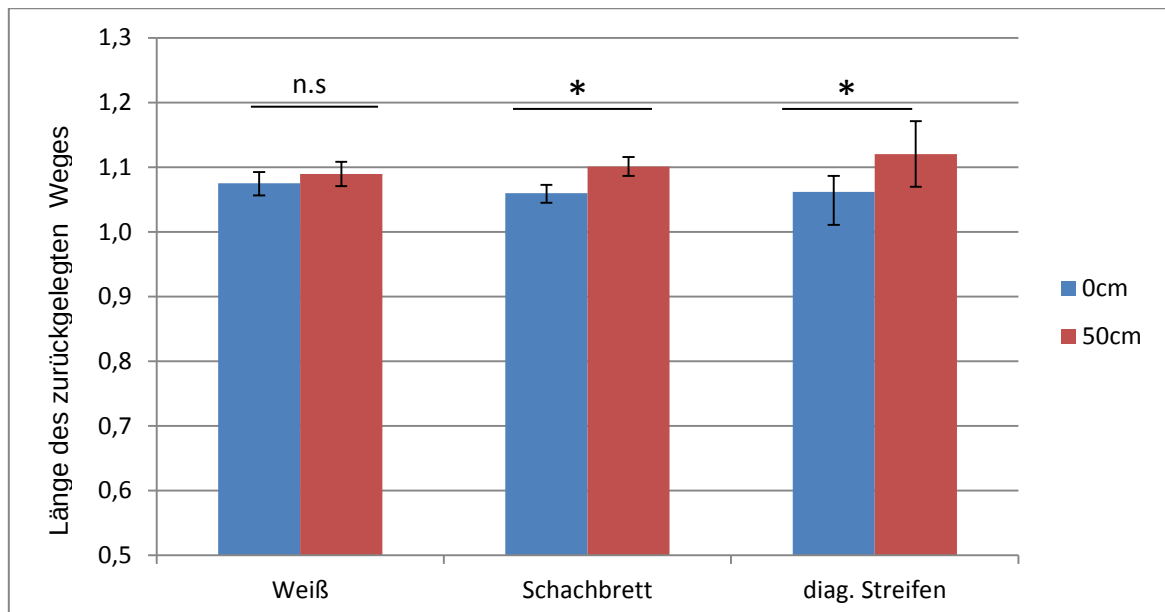
WH0= Hintergrund weiß, Balken in direkt am Hintergrund; DS0=Hintergrund mit diagonalen Streifen, Balken direkt am Hintergrund; SB0= Hintergrund mit Schachbrettmuster, Balken direkt am Hintergrund; WH50 Hintergrund weiß, Balken in 50cm Entfernung zum Hintergrund; DS50= Hintergrund mit diagonalen Streifen, Balken in 50cm Entfernung zum

Hintergrund; SB50= Hintergrund mit Schachbrettmuster, Balken in 50 cm Entfernung zum Hintergrund; STABW= Standardabweichung;

| Spinne | HG | Distanz | R.än | gW   | dW   | gW/dW |                                                                |
|--------|----|---------|------|------|------|-------|----------------------------------------------------------------|
| 5      | W  | 0cm     | 0    | 1,55 | 1,41 | 1,10  |                                                                |
| 7      | W  | 0cm     | 5    | 1,55 | 1,48 | 1,05  |                                                                |
| 7      | W  | 0cm     | 9    | 1,60 | 1,50 | 1,07  |                                                                |
| 13     | W  | 0cm     | 7    | 1,61 | 1,48 | 1,09  | WH 0<br>Mittelwert:<br><b>1,075</b><br>STABW<br><b>0,011</b>   |
| 15     | W  | 0cm     | 5    | 1,67 | 1,49 | 1,12  |                                                                |
| 7      | W  | 0cm     | 10   | 1,49 | 1,41 | 1,06  |                                                                |
| 13     | W  | 0cm     | 6    | 1,68 | 1,49 | 1,13  |                                                                |
| 15     | W  | 0cm     | 0    | 1,51 | 1,43 | 1,06  |                                                                |
| 5      | W  | 0cm     | 7    | 1,73 | 1,61 | 1,07  |                                                                |
| 15     | W  | 0cm     | 0    | 1,38 | 1,36 | 1,01  |                                                                |
| 4      | SB | 0cm     | 8    | 1,54 | 1,47 | 1,05  | SB 0:<br>Mittelwert:<br><b>1,060</b><br>STABW<br><b>0,008</b>  |
| 7      | SB | 0cm     | 8    | 1,54 | 1,50 | 1,03  |                                                                |
| 13     | SB | 0cm     | 8    | 1,59 | 1,48 | 1,07  |                                                                |
| 15     | SB | 0cm     | 0    | 1,66 | 1,52 | 1,09  |                                                                |
| D      | SB | 0cm     | 4    | 1,53 | 1,48 | 1,03  |                                                                |
| 4      | SB | 0cm     | 9    | 1,57 | 1,52 | 1,03  |                                                                |
| 5      | SB | 0cm     | 0    | 1,62 | 1,51 | 1,07  |                                                                |
| 7      | SB | 0cm     | 6    | 1,60 | 1,52 | 1,05  |                                                                |
| 13     | SB | 0cm     | 2    | 1,70 | 1,54 | 1,10  |                                                                |
| D      | SB | 0cm     | 0    | 1,63 | 1,54 | 1,06  |                                                                |
| 5      | DS | 0cm     | 8    | 1,86 | 1,56 | 1,19  |                                                                |
| 5      | DS | 0cm     | 4    | 1,66 | 1,56 | 1,06  |                                                                |
| 5      | DS | 0cm     | 5    | 1,61 | 1,52 | 1,06  |                                                                |
| 5      | DS | 0cm     | 5    | 1,67 | 1,61 | 1,04  | DS 0 :<br>Mittelwert:<br><b>1,062</b><br>STABW<br><b>0,016</b> |
| 7      | DS | 0cm     | 10   | 1,66 | 1,54 | 1,08  |                                                                |
| 7      | DS | 0cm     | 10   | 1,65 | 1,55 | 1,06  |                                                                |
| 15     | DS | 0cm     | 1    | 1,61 | 1,57 | 1,03  |                                                                |
| 15     | DS | 0cm     | 1    | 1,58 | 1,56 | 1,01  |                                                                |
| 15     | DS | 0cm     | 5    | 1,65 | 1,59 | 1,04  |                                                                |
| D      | DS | 0cm     | 9    | 1,65 | 1,58 | 1,04  |                                                                |

| Spinne | HG | Distanz | R.än- | gW   | dW   | gW/dW |                                                               |
|--------|----|---------|-------|------|------|-------|---------------------------------------------------------------|
| 5      | W  | 50cm    | 3     | 1,58 | 1,49 | 1,06  |                                                               |
| 5      | W  | 50cm    | 8     | 1,61 | 1,50 | 1,07  |                                                               |
| 5      | W  | 50cm    | 5     | 1,62 | 1,51 | 1,07  |                                                               |
| 7      | W  | 50cm    | 10    | 1,55 | 1,45 | 1,07  |                                                               |
| 7      | W  | 50cm    | 7     | 1,60 | 1,50 | 1,07  | WH 50<br>Mittelwert:<br><b>1,089</b><br>STABW<br><b>0,012</b> |
| 13     | W  | 50cm    | 8     | 1,74 | 1,50 | 1,16  |                                                               |
| 13     | W  | 50cm    | 8     | 1,70 | 1,50 | 1,13  |                                                               |
| 15     | W  | 50cm    | 2     | 1,54 | 1,48 | 1,04  |                                                               |
| D      | W  | 50cm    | 6     | 1,63 | 1,45 | 1,12  |                                                               |
| D      | W  | 50cm    | 7     | 1,62 | 1,48 | 1,09  |                                                               |
| 5      | SB | 50cm    | 6     | 1,68 | 1,54 | 1,09  |                                                               |
| 7      | SB | 50cm    | 5     | 1,60 | 1,53 | 1,05  |                                                               |
| D      | SB | 50cm    | 0     | 1,65 | 1,55 | 1,06  | SB 50<br>Mittelwert:<br><b>1,101</b><br>STABW<br><b>0,029</b> |
| D      | SB | 50cm    | 5     | 1,71 | 1,55 | 1,10  |                                                               |
| 7      | SB | 50cm    | 6     | 1,58 | 1,52 | 1,04  |                                                               |
| 7      | SB | 50cm    | 7     | 2,00 | 1,52 | 1,32  |                                                               |
| 13     | SB | 50cm    | 0     | 1,38 | 1,22 | 1,13  |                                                               |
| 13     | SB | 50cm    | 0     | 1,72 | 1,53 | 1,12  |                                                               |
| 15     | SB | 50cm    | 0     | 1,65 | 1,71 | 0,96  |                                                               |
| 13     | SB | 50cm    | 2     | 1,65 | 1,46 | 1,13  |                                                               |
| 5      | DS | 50cm    | 0     | 1,63 | 1,55 | 1,05  |                                                               |
| 5      | DS | 50cm    | 6     | 1,64 | 1,53 | 1,07  |                                                               |
| 5      | DS | 50cm    | 7     | 1,87 | 1,51 | 1,24  |                                                               |
| 7      | DS | 50cm    | 6     | 1,61 | 1,54 | 1,05  | DS 50<br>Mittelwert:<br><b>1,120</b><br>STABW<br><b>0,032</b> |
| 7      | DS | 50cm    | 4     | 1,84 | 1,57 | 1,17  |                                                               |
| 13     | DS | 50cm    | 0     | 1,67 | 1,48 | 1,13  |                                                               |
| 13     | DS | 50cm    | 2     | 2,06 | 1,54 | 1,34  |                                                               |
| 15     | DS | 50cm    | 1     | 1,52 | 1,48 | 1,03  |                                                               |
| 15     | DS | 50cm    | 0     | 1,57 | 1,51 | 1,04  |                                                               |
| D      | DS | 50cm    | 2     | 1,68 | 1,54 | 1,09  |                                                               |

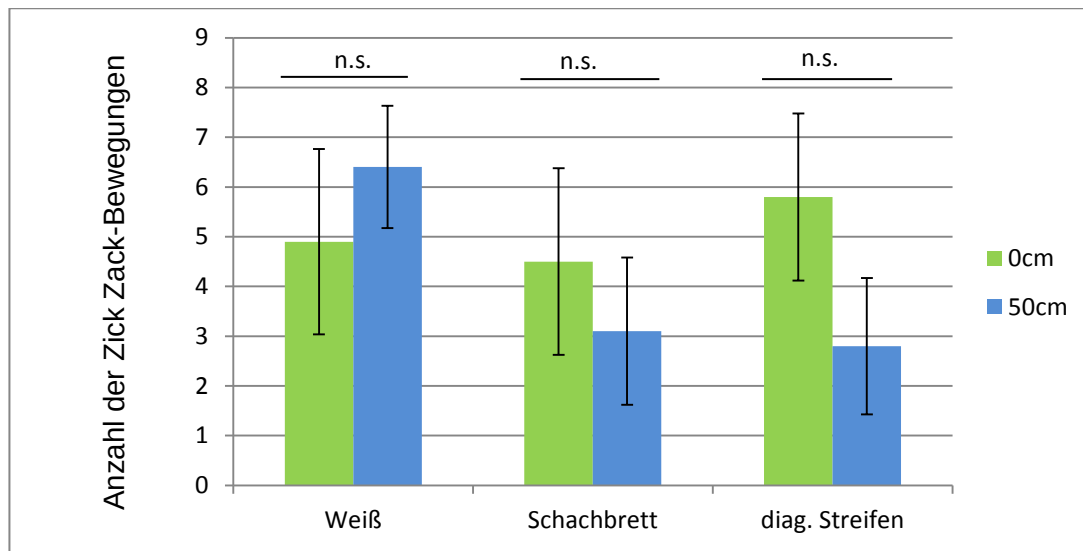




**Abbildung 21:** Der zurückgelegte Weg wurde mit der kürzesten Distanz zwischen Startpunkt und Zielobjekt ins Verhältnis gesetzt. Die Laufspuren wurden bei verschiedenen Hintergrundstrukturierungen und unterschiedlicher Distanz des Zielobjektes zur Rückwand verglichen. Daraus ergaben sich 6 verschiedene Versuchsaufbauten, zu welchen je 10 Läufe gefilmt und ausgewertet wurden ( $n=60$ ). Die Ergebnisse wurden unter Anwendung des Wilcoxon Rangsummentests ausgewertet (für Weiß:  $p=0,14$ ; für Schachbrett:  $p<0,05$ ; für diag. Streifen:  $p<0,05$ ), \* bezeichnet all jene Versuche, in denen für  $p < 0,05$ .

Das Ergebnis zeigt keinen signifikanten Unterschied der Laufspurlänge bei einem weißen Hintergrund, sowohl wenn der Balken direkt am Hintergrund positioniert wurde als auch in 50cm Entfernung zu diesem. Ein signifikanter Unterschied der Laufspurlänge zeigt sich jedoch bei einem strukturierten Hintergrund. Bei einem Hintergrund mit Schachbrettmuster liefen die Spinnen einen deutlich längeren Weg, wenn der Balken in 50cm zur Rückwand positioniert war,  $p<0,05$ . Bei einem Hintergrund mit diagonalen Streifen wurde ebenfalls ein signifikanter Unterschied der Laufspurlänge beobachtet, sobald sich der Balken in 50cm Entfernung zur Rückwand befand im Gegensatz zu jenen Versuchen, in denen der Balken direkt am Hintergrund positioniert wurde (Abbildung 21).

Die Anzahl der Zick-Zack Bewegungen beim Anlaufen an das Zielobjekt wurde ebenfalls untersucht um festzustellen, ob es hier signifikante Unterschiede bei verschiedenen gegebenen Hintergrundstrukturierungen gibt (Abbildung 22).



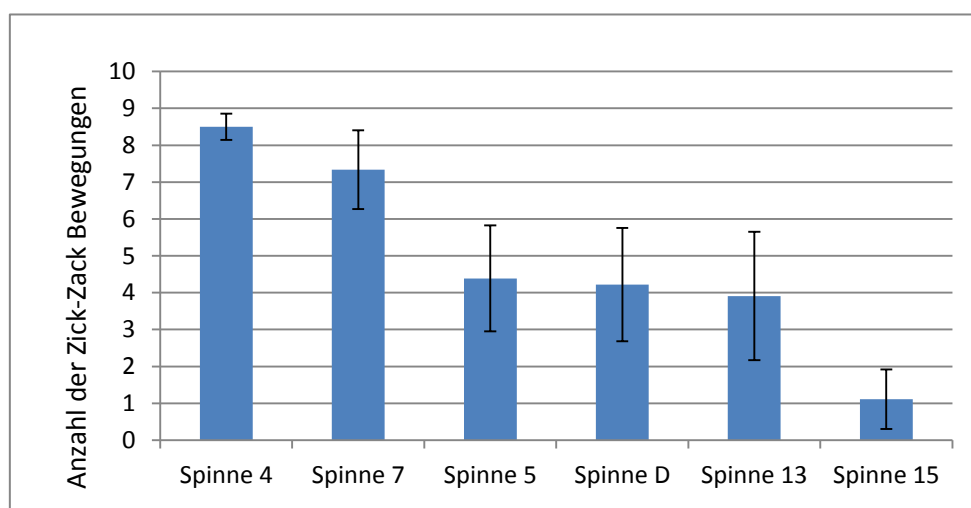
**Abbildung 22:** Die Anzahl der Zick Zack-Bewegungen bei unterschiedlicher Strukturierung des Hintergrunds und verschiedenen Distanzen des Zielobjekts zur Rückwand. Dargestellt wurden der Mittelwert und die Standardabweichung der Ergebnisse jedes Versuchsaufbaus (für Weiß: N=5, n=10,  $p=0,77$ ; für Schachbrettmuster: N=6, n=10,  $p=0,31$ ; für diagonale Streifen: N=4, n=10; für diagonale Streifen 50cm: N=5, n=10,  $p=0,14$ )

Das Ergebnis zeigt keinen signifikanten Unterschied bei der Anzahl der Richtungsänderungen bei unterschiedlichem Hintergrund. Betrachtet man jedoch die Laufspuren in Bezug auf die einzelnen Versuchstiere so unterscheidet sich die Anzahl der Zick Zack-Bewegungen voneinander deutlich (Abbildung 23).

**Tabelle 4:** Ergebnisse des Laufspurenversuchs in Bezug auf die Anzahl der Zick Zack-Bewegungen. Getestet wurde bei unterschiedlichen Hintergrundstrukturierungen und zwei

unterschiedlichen Distanzen. Der Balken befand sich dabei entweder direkt am Hintergrund oder in 50cm Distanz vor diesem. Aufgelistet sind die Mittelwerte, sowie die Standardabweichung. Standardabweichung bei weißem Hintergrund (STABW W), mit Schachbrettmuster (STABW SB) und mit diagonalen Streifen (STABW DS).

|                       | 0cm  | 50cm |
|-----------------------|------|------|
| <b>Weiß</b>           | 4,90 | 6,40 |
| <b>Schachbrett</b>    | 4,50 | 3,10 |
| <b>diag. Streifen</b> | 5,80 | 2,80 |
| <b>STABW W</b>        | 3,73 | 2,46 |
| <b>STABW SB</b>       | 3,75 | 2,96 |
| <b>STABW DS</b>       | 3,36 | 2,74 |



**Abbildung 15:** Die Anzahl der Zick Zack-Bewegungen pro Lauf im Mittel für jedes Tier mit Standardabweichung der Versuchsreihe III wurde in absteigender Reihenfolge dargestellt. Die meisten Richtungsänderungen wurden bei Spinne 4 beobachtet mit einem Wert von durchschnittlich 8,5 Zick Zack-Bewegungen, gefolgt von Spinne 7. Spinne 5, D und 13 änderten im Durchschnitt annähernd gleich oft ihre Richtung beim Anlaufen des Zielobjekts. Die wenigsten Zick Zack-Bewegungen wurden bei Spinne 15 beobachtet mit 1 Richtungsänderung pro Lauf im Durchschnitt.

## 4. Diskussion

Die Verhaltensversuche, die im Rahmen dieser Diplomarbeit durchgeführt wurden, dienten dazu, neue Erkenntnisse zur Distanzwahrnehmung in *Cupiennius salei* und der Funktion der beiden Augentypen zu gewinnen. Der Versuchsaufbau und die Ergebnisse vergangener Experimente wurden dabei berücksichtigt.

Die gewonnenen Daten bestätigten die Annahme, dass Bewegungsparallaxe ein wichtiges Tiefenkriterium für *Cupiennius salei* zur Wahrnehmung von Distanz ist. Dabei handelt es sich um einen optischen Effekt, der entsteht, wenn verschiedene Objekte unterschiedlich voneinander entfernt in einer Landschaft verteilt sind und sich der Beobachter parallel zu diesen Objekten bewegt. Das Abbild des näheren Objekts bewegt sich dabei schneller über die Netzhaut als das des weiter entfernten.

*Cupiennius salei* induziert Bewegungsparallaxe durch ihr spezielles Laufverhalten: Zu beobachten ist, dass die Tiere visuelle Ziele nicht direkt anlaufen, sondern sich ihnen in Zick-Zack Bewegungen nähern.

### 4.1. Der Einfluss der Hintergrundstrukturierung auf die Distanzwahrnehmung

Bekannt ist, dass ein strukturierter Hintergrund notwendig ist, um Distanz abschätzen zu können (Thill 1998). Welcher Hintergrund sich jedoch am besten zur Distanzwahrnehmung eignet, sollte in einer Versuchsreihe getestet werden. Zu diesem Zweck wurden die Läufe der Spinnen bei unterschiedlicher Hintergrundstrukturierung beobachtet. Als Zielobjekte dienten zwei schwarze Balken. Diese befanden sich in unterschiedlicher Distanz zur Rückwand (70cm, 50cm, 30cm und 0cm) und damit auch in unterschiedlicher Entfernung zum Startpunkt, auf dem die Spinnen positioniert wurden. Das Erkennen des näher gelegenen Zielobjekts sollte damit getestet werden. Es wurde angenommen, dass die Versuchstiere den näheren Balken wählen, sobald sie in der Lage sind, diesen wahrzunehmen.

Bei einem weißem Hintergrund liefen die Tiere annähernd gleich häufig einen der beiden Balken an, selbst wenn sich diese in unterschiedlicher Distanz zu ihnen befanden (70cm und 0cm).

Brachte man an den Hintergrund jedoch ein Schachbrettmuster an, so wählten die Tiere deutlich öfter jenes Objekt, welches sich näher zu ihnen befand. Diese Tendenz konnte bereits bei einem sehr geringen Distanzunterschied zwischen den beiden Balken (30cm und 0cm) beobachtet werden. Ein signifikanter Unterschied ergab sich jedoch erst bei der Distanz von 0cm und 70cm der Balken zur Rückwand. Ähnliche Ergebnisse lieferten die Versuche, in denen der Hintergrund mit schwarzen diagonalen Streifen ausgestaltet war. Bei dieser Strukturierung wurde der nähere Balken sogar öfter angelaufen als bei einem Hintergrund mit Schachbrettmuster.

Es scheint den Versuchstieren damit bei der Strukturierung mit diagonalen Streifen leichter gefallen zu sein, das nähere Objekt auszumachen. Eine mögliche Erklärung dafür wäre, dass bei der Seitwärtsbewegung der Spinne beim Anlaufen des Balkens hier zusätzlich zur horizontalen Verschiebung der Bildpunkte auch eine seitlich auf und absteigende Verschiebung der diagonalen Streifen hinzukommt.

Die Tatsache, dass die Versuchstiere bei weißem Hintergrund nicht das nähere Zielobjekt wählten, bei strukturiertem Hintergrund jedoch schon bestätigt die zu Beginn erläuterte Behauptung. Zur Wahrnehmung der Tiefe und damit der Distanz ist ein strukturierter Hintergrund notwendig, denn der optische Effekt der Bewegungsparallaxe kommt nur in diesem Fall zum Tragen. Bei einem rein weißen Hintergrund bewegen sich die Bilder der Objekte auf der Retina zwar auch unterschiedlich schnell, diese Information kann jedoch ohne fehlendes Bezugsbild (Hintergrundstrukturierung) nicht ausgewertet werden.

## **4.2. Die beiden Augentypen und deren Bedeutung für die Distanzwahrnehmung**

Bereits zuvor wurden Verhaltensversuche unternommen, die die Funktion der beiden Augentypen bei *C. salei* untersuchten (Lehnert, 2011). Die Versuche im Zuge dieser Diplomarbeit dienten dazu, weitere Erkenntnisse zur Wahrnehmung von Distanz in Hinblick auf die unterschiedlichen Augentypen zu gewinnen. Aufgrund des unterschiedlichen Aufbaus der beiden Augentypen sind die Tiere im Stande, verschiedene Eigenschaften der visuellen Umgebung wahrzunehmen. Durch das Lackieren der einzelnen Augenpaare wurde jedoch gezielt deren Gesichtsfeld ausgeschaltet, um die Funktion dieser für die Distanzwahrnehmung zu eruieren.

Getestet wurde wie in Versuchsreihe I bei drei verschiedenen Hintergrundstrukturierungen der Arena sowie unterschiedlicher Distanz der beiden Zielobjekte zur Rückwand.

Kontrollversuche wurden durchgeführt, bei welchen sich beide Balken in gleicher Distanz zur Rückwand befanden (70cm-70cm; 0cm-0cm). Die Ergebnisse zeigten, dass eine Seitenpräferenz der Tiere ausgeschlossen werden konnte. Es gab dabei keinen signifikanten Unterschied beim Anlaufen der Zielobjekte.

Bei den Versuchen mit weißem Hintergrund wählten die Versuchstiere annähernd gleich häufig die beiden Balken in unterschiedlicher Distanz. Damit war es den Tieren sowohl mit lackierten Haupt- als auch Nebenaugen nicht möglich, ohne Hintergrundstrukturierung das nähere Zielobjekt als solches wahrzunehmen.

Es wurden dieselben Versuche bei einem Hintergrund mit Schachbrettmuster durchgeführt. Mit lackierten Hauptaugen wählten die Tiere in jedem Versuchsaufbau häufiger den vom Startpunkt aus näheren Balken. Am häufigsten wurde das nähere Zielobjekt bei einer Distanz von 0cm und 50cm zur Rückwand angelaufen, jedoch zeigte sich noch kein signifikanter Unterschied. Bei den Versuchen mit lackierten Nebenaugen war ebenfalls kein signifikanter Unterschied festzustellen.

Auch bei einem Hintergrund mit diagonalen Streifen wurden Versuche durchgeführt. Einer der beiden Kontrollversuche mit lackierten Hauptaugen zeigte jedoch einen signifikanten Unterschied (Abbildung 11p). Deutlich öfter wurde hier der linke Balken angelaufen. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass zu diesem Zeitpunkt der Versuchsreihe bereits zwei Spinnen aus den Versuchen ausgeschlossen waren.

Dadurch kann das Ergebnis bei diagonalen Streifen nicht als repräsentativ gelten. Die Versuche mit Balken unterschiedlicher Distanz zur Rückwand ergaben bei den Tieren mit lackierten Hauptaugen keinen signifikanten Unterschied.

Die Tiere mit lackierten Nebenaugen liefen bei dieser Hintergrundstrukturierung deutlich öfter den näheren Balken an. Versuch II (w) und II (x) stellt diese Häufigkeit dar (Abbildung 11x–y).

Wie aus der Literatur bekannt ist, sind die Hauptaugen für die Erkennung und Unterscheidung stationärer Objekte verantwortlich (Kaps und Schmid, 1996; Barth, 2001) sowie hauptverantwortlich für die Entfernungswahrnehmung (Lehnert, 2010). Die Nebenaugen dürften auch eine, jedoch nur geringere Rolle für die Distanzwahrnehmung spielen. Eine mögliche Begründung dafür ist, dass die AM Augenmuskeln nur auf einen Stimulus reagieren, wenn dieser im Gesichtsfeld der Nebenaugen präsentiert wird (Neuhofer et al., 2009). Die Nebenaugen können nicht zwischen stationären Objekten unterscheiden (Schmid, 1998), sind jedoch verantwortlich für die Bewegungswahrnehmung (Land und Barth, 1992; Schmid, 1998; Neuhofer et al., 2009). Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe zeigten, dass die Versuchstiere mit lackierten Nebenaugen noch immer in der Lage waren, das nähere Objekt wahrzunehmen und dieses anliefen. Umgekehrt war es den Tieren mit lackierten Hauptaugen jedoch nicht möglich die Distanz der beiden Balken wahrzunehmen. Die Hauptaugen, welche auch als anterior mediane Augen bezeichnet werden, sind damit verantwortlich für die Distanzwahrnehmung.

Eine hohe Anzahl an Fehlläufen wurde in dieser Versuchsreihe beobachtet. Besonders mit lackierten Hauptaugen liefen die Tiere häufig die Trennwand hoch oder seitlich an den Balken vorbei. Zur Erkennung stationärer Objekte benötigen sie die Hauptaugen, die ihnen in diesem Fall nicht zur Verfügung standen.

In den Versuchen wurde weiters beobachtet, dass die Tiere mit lackierten Nebenaugen nach einiger Verweildauer am Startpunkt häufig in Schreckstellung fielen. Dabei legten sie sich flach auf den Boden mit allen acht Beine gerade gestreckt. Sobald sie in dieser Position verharrten, wurden die Tiere aus der Arena genommen und für eine gewisse Dauer nicht erneut getestet.

Die Sehfelder der PM-, PL- und AL-Augen machen den Großteil des gesamten Gesichtsfelds bei *Cupiennius salei* aus. Werden die Nebenaugen mit Farbe übermalt, steht ihnen dieses Sehfeld nicht mehr zur Verfügung und sie haben nur mehr jenes der AM-Augen. Dies könnte der Grund dafür sein, dass die Tiere mit lackierten Nebenaugen häufiger in Schreckstellung verharren.

### **4.3. Das Laufverhalten von *Cupiennius salei***

Bisher wurde angenommen, dass das Ausmaß der Zick-Zack Bewegung, die die Spinne bei der Annäherung an ein visuelles Objekt macht, abhängig von der Hintergrundstrukturierung ist (Kosenburger, 2005). Das würde bedeuten, dass *Cupiennius salei* sein Laufverhalten an die gegebene Umwelt anpassen kann. Kosenburger (2005) beobachtete das Laufverhalten bei unterschiedlicher Hintergrundstrukturierung. Sie dokumentierte die Läufe graphisch und zählte dabei die Richtungsänderungen. In Versuchsreihe III wurde dieser Befund erneut getestet. Um genauere Erkenntnisse in die Änderung des Laufverhaltens zu erhalten wurden die Läufe hier jedoch mit einer Kamera gefilmt, die über der Arena angebracht war. Das Ergebnis zeigte, dass die Anzahl der Richtungsänderungen während eines Laufs stark abhängig von den einzelnen Versuchstieren war.

Dadurch konnte gezeigt werden, dass die Zick-Zack Bewegungen beim Anlaufen eines Objekts von *Cupiennius salei* nicht aktiv generiert werden. Weiters konnte gezeigt werden, dass es keinen signifikanten Unterschied in der Wegdistanz bei weißem Hintergrund gab, sehr wohl jedoch bei strukturiertem Hintergrund. Hier legten die Versuchstiere einen deutlich längeren Weg zurück, wenn sich der Balken nicht direkt an der Rückwand befand sondern 50cm vor dieser.

## **5. Zusammenfassung**

Die nachtaktive Jagdspinne *Cupiennius salei* lebt in Zentralamerika. Ihr natürlicher Lebensraum sind Monocotyledonen wie Bananensträucher und Bromelien, die ihr Schutz vor Feinden, aber auch vor der Sonne und möglicher Austrocknung bieten.



Als „sit and wait“ Jäger greift sie Beute nur aus unmittelbarer Nähe an (Kosenburger, 2005).

Neben dem mechano-sensorischen ist auch der visuelle Sinn sehr gut ausgeprägt. Er dient der Spinne dazu, einen geeigneten Lebensraum aufzufinden und bei der Jagd auf Beute (Schmid, 1998; Fenk et al., 2010; Reithofer, 2014).

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Verhaltensversuche durchgeführt, um neue Erkenntnisse zur Distanzwahrnehmung zu erhalten. Die Versuche wurden in einer 2m x 2,40m großen Arena durchgeführt. Als visueller Reiz dienten ein bzw. zwei schwarze aufrechte Balken, die in unterschiedlicher Distanz zur Rückwand positioniert wurden. Zwischen den Balken befand sich eine Trennwand. Diese diente dazu, um eine mögliche Entscheidungsänderung der Tiere beim Anlaufen eines der beiden Balken kurz vor diesem zu vermeiden. Die Strukturierung des Hintergrunds war entweder weiß, mit einem Schachbrettmuster oder mit diagonalen Streifen. Die Tiere wurden an einem Startpunkt in der Arena freigesetzt und die Laufspur händisch bzw. mit Hilfe einer Kamera protokolliert und die Entscheidungen der Spinne wurden registriert.

Bei den Versuchen mit weißem Hintergrund war es den Tieren nicht möglich, zwischen dem näheren und dem weiter entfernten Balken zu unterscheiden. Bei strukturiertem Hintergrund wurde der nähere Balken signifikant öfter angelaufen. In jenen Versuchen, in denen sich auf dem Hintergrund diagonale Streifen befanden, wurde der nähere Balken von den Tieren am häufigsten gewählt. Beim Annähern an das Objekt in Zick-Zack Bewegungen kam es neben einer seitlichen Verschiebung der Objekte gegenüber dem Hintergrund auch zu einer „Auf- und Abwärtsbewegung“ der schrägen Hintergrundstreifen an den Kanten der Objekte. Diese Tatsache könnte die Distanzwahrnehmung für die Versuchstiere zusätzlich erleichtern.

Um die Funktion der beiden Augentypen zu testen wurden bei einigen Versuchstieren die Haupt- bzw. Nebenaugen mit schwarzer Farbe lackiert. Es konnte festgestellt werden, dass bei den Läufen mit lackierten Hauptaugen keine Entfernungswahrnehmung möglich war. Jene Tiere, deren Nebenaugen lackiert waren, konnten sehr wohl den näheren Balken als solchen identifizieren und liefen diesen signifikant häufiger an.

Weiters sollte getestet werden, ob die Zick-Zack Bewegungen beim Anlaufen eines Zielobjektes ein unveränderliches Merkmal des Laufstils sind oder aktiv an die

Umgebung angepasst werden. Zu diesem Zweck wurden die Läufe gefilmt und anschließend analysiert. Die Anzahl der Zick-Zack Bewegungen variierte stark zwischen den einzelnen Versuchstieren. Bei weißem Hintergrund konnte kein deutlicher Unterschied in der Länge des zurückgelegten Weges bei unterschiedlicher Positionierung des Balkens zur Rückwand festgestellt werden. Bei einem strukturierten Hintergrund liefen die Versuchstiere jedoch einen deutlich längeren Weg, wenn der Balken in 50cm Entfernung zur Rückwand und nicht direkt am Hintergrund befestigt war. Die Distanz des Balkens zur Rückwand hat damit Auswirkungen auf das Laufverhalten. Damit konnte gezeigt werden, dass die Hintergrundstrukturierung zur Distanzwahrnehmung notwendig ist und eine Veränderung in der Laufspurlänge bewirkt.

## 6. Summary

The nocturnal hunting spider *Cupiennius salei* lives in Central America. Its natural habitat are monocotyledons such as banana plants, which protect them from predators, but also from the sun and the possibility of dehydration. Known as „sit and wait“ predator, it attacks prey only if it reaches the spiders striking distance (Kosenburger, 2005). In addition to the mechanosensory system, the visual system is also very well developed (Barth 2001). It enables the spider to find a suitable habitat as well as catching prey (Schmid, 1998; Fenk et al., 2010; Reithofer, 2014). This study reports behavioural experiments with the purpose of discovering previously unknown abilities of the visual system regarding the perception of distance. These experiments were conducted in a testing arena (2m x 2,40m). The experimental setup included one or two black bars, which were used as visual stimuli, serving as targets for the spiders' movement, and arranged in different distances to the rear wall of the testing arena. In between these two bars an additional wall was placed, separating the arena in 2 different zones. The background was either purely white, showed a checkerboard pattern or diagonal stripes. The animals were released and their path of approach to the rear panel was recorded by hand or camera. Furthermore their choice was registered.

The experiments with a purely white background showed that the animals could not discriminate between the closer and the more distant object. Confronted with a structured background on the other hand, they clearly ran to the closer target more often, especially in the case of a diagonally striped background. Approaching the target, the animals swayed the body axis in a zig-zag style. This causes a lateral movement of the target relative to the background. A diagonally striped background provides additional up and down movements of the diagonal background stripes at the borders of the targets, which may help the spider to evaluate the distance. Furthermore, the present study investigated, which eyes are crucial for the detection of distances. Therefore, one of the two eye types was covered with black paint. When impairing the function of the principal eyes, the animals could not discriminate the distance. Though, with the secondary eyes covered, the spiders clearly preferred the closer target.

In earlier studies it was already observed, that *Cupiennius salei* approaches visual targets with a zig-zag movement (Schmid, 1998). Further behavioural experiments

were conducted to investigate, whether the lateral movements of the body axis are actively generated by the spider or part of their general walking style. Therefore, the walking paths were filmed with a camera and analyzed with a computer. It was shown that there is no significance in the length of the total path (from the starting point to the target) in experiments with a purely white background, whether with the target on the background, none in 50cm distance to the background. The length of the total path varied just with a checkerboard background or a background with rustic fence. In the experiments with a structured background the animals cover a longer path when the target was in 50 cm distance to the background.

It could therefore be shown, that a structured background is necessary for distance discrimination and also causes a change in the length of the total path, but does not have an influence on the number of Zig-Zag movements. These differ clearly between individual spiders.

## 7. Literatur

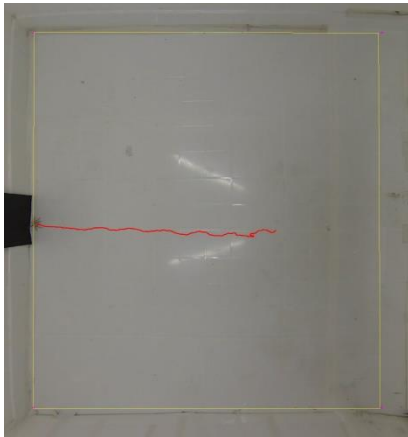
- Barth, F. G. (2001) Sinne und Verhalten: Aus dem Leben einer Spinne. Springer, Berlin Heidelberg
- Barth, F. G. und Seyfarth, E.-A. (1979) *Cupiennius salei* Keys. (Aranea) in the highlands of central guatemala. Journal of Arachnology, Johann Wolfgang von Goethe Universtität, S. 255-263
- Barth, F. G., Seyfarth E.-A., Bleckman H. und Schüch W. (1998) Spiders of the genus *Cupiennius* Simon 1891 (Araneae, Ctenida). Range distribution, dwelling plants and climatic characteristics of the habitats. Oecologie 77, 183-193
- Foelix, R. F. (2011) Biology of Spiders. 3. Auflage. Oxford, University Press
- Fenk, L. M., T. Hoinkes und A. Schmid (2010) Vision as a third sensory modality to elicit attack behavior in a nocturnal spider. Journal of Comparative Physiology A – 196, S. 957 - 961
- Goldstein, E. B. (2002) Wahrnehmungspsychologie. Akademischer Verlag, Heidelberg Berlin.
- Gerrig, R. J. und Zimbardo, P. G. (2004): Psychologie. Psychologie and life. Pearson Studium, München
- Kaps, F. und Schmid, A. (1996) Mechanism and possible behavioural relevance of retinal movements in the ctenid spider *Cupiennius salei*. The Journal of Experimental Biology – 199, S. 2451 – 2458
- Kosenburger, K. (2005) Bewegungsparallaxe oder retinale Expansion: Zur Entfernungseinschätzung bei *Cupiennius salei*. Diplomarbeit, Universität Wien

- Land, M. F. (1981) Optics and vision in invertebrates. In: Handbook of Sensory Physiology, Vol. VII/6B, ed. H. Autrum. Berlin, Heidelberg, New York, Springer S. 471-592
- Land, M. F. und Barth, F. G. (1992) The quality of vision in the ctenid spider *Cupiennius salei*. The Journal of Experimental Biology – 164, S. 227 – 242
- Lehnert, A. (2011) The role of the different eye-types in visual distance discrimination in *Cupiennius salei*. Diplomarbeit, Universität Wien
- Neuhofer D., Machan, R. und Schmid, A. (2009) Visual perception of motion in a hunting spider. The Journal of Experimental Biology - 212, S. 2819-2823
- Pasukonis, A., Warrington I., Ringler M. und Hödl W. (2014) Posion frogs rely on experievene to find the way home in the rainforest. Biology Letters 10
- Reithofer, C. (2014) Speed recognition in *C. salei*. Diplomarbeit, Universität Wien
- Schmid, A. (1998) Different functions of different eye types in *Cupiennius salei*. The Journal of Experimental Biology – 201, S. 221-225
- Schüch, W. und G. Barth (1985) Temporal patterns in the vibratory courtship signals of the wandering spider *Cupiennius salei* Keys. Behavioural Ecology and Sociobiology – 16, S. 263 – 271
- Spano L., S. M. Long und E. M. Jakob (2012) Secondary eyes mediate the response to looming objects in jumping spiders (*Phidippus audax*, Salticidae) Biology Letters 8, S. 949 – 951.

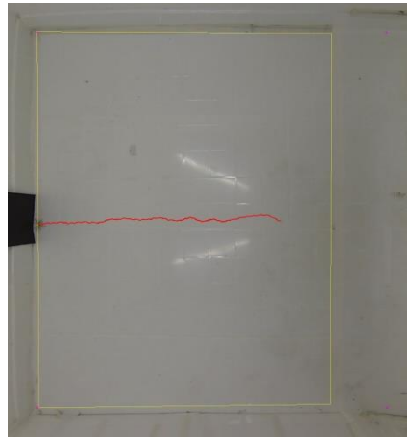
- Strausfeld. N. J., P. Weltzien und F.G. Barth (1993) Two visual systems in one brain: Neuropils serving the principal eyes of the spider *Cupiennius salei*. The Journal of Comparative Neurology – 328, S. 63 – 75.
  
- Swaton, U. (2003): Die Rolle der verschiedenen Augentypen bei der visuell gesteuerten Orientierung der Jagdspinne *Cupiennius salei* (Ctenidae). Diplomarbeit, Universität Wien
  
- Thill, N. (1998) Visually guided target detection and discrimination in the hunting spider *Cupiennius salei* (Ctenidae). Diplomarbeit, Universität Wien
  
- Zopf, L. (2010) Spektrale Empfindlichkeit der Jagdspinne *Cupiennius salei*. Diplomarbeit, Universität Wien

## Anhang

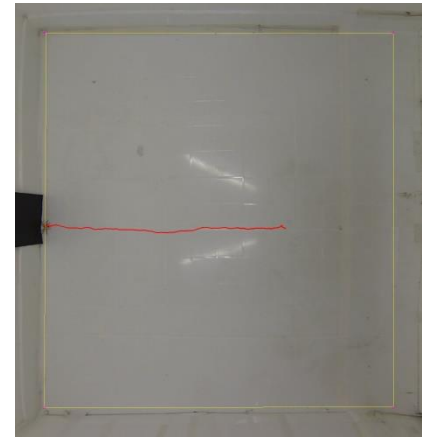
Abbildungen der Laufspuren, die bei den gefilmten Versuchen mit Hilfe der Computeranalyse ausgewertet wurden.



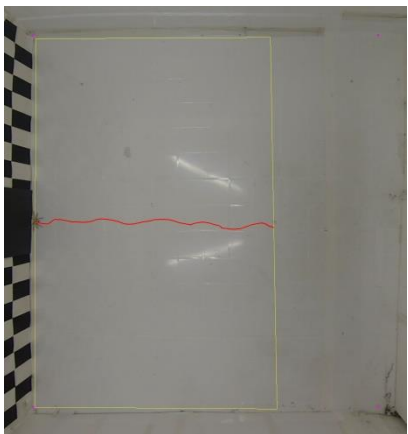
Spinne 7, Lauf 1



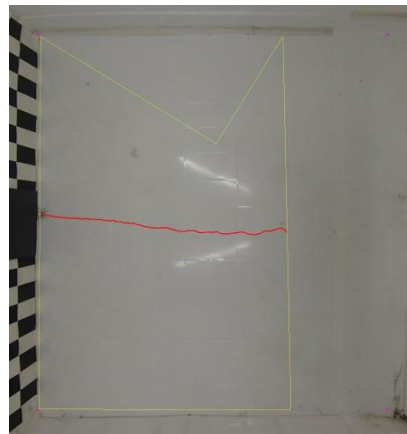
Spinne 13, Lauf 1



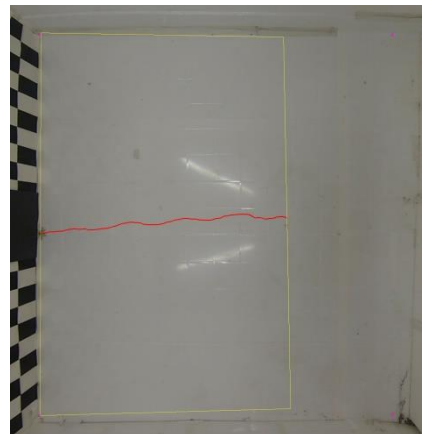
Spinne 13, Lauf 1



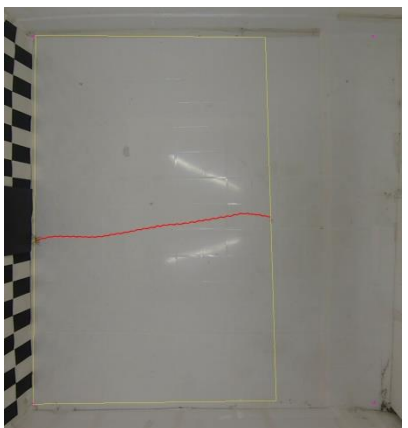
Spinne 4, Lauf 2



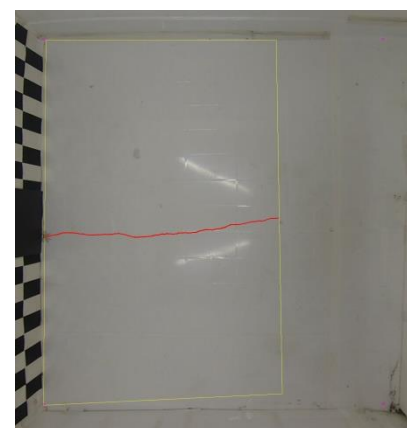
Spinne 5, Lauf 2



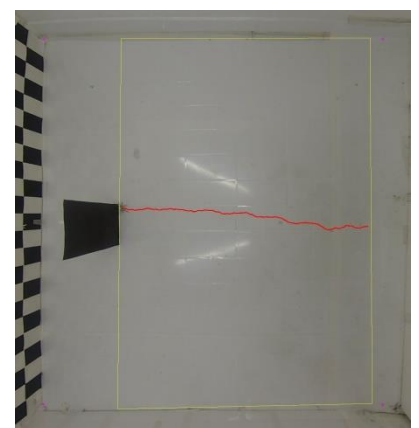
Spinne 7, Lauf 2



Spinne 13, Lauf 2

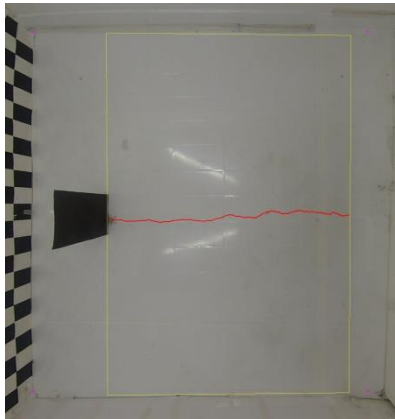


Spinne D, Lauf 2

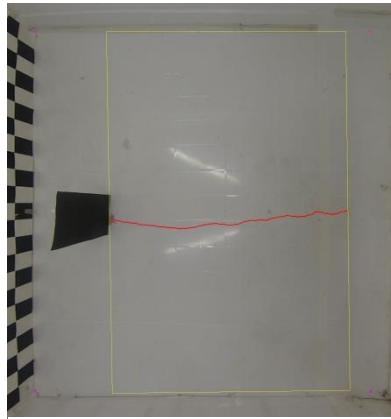


Spinne 5, Lauf 3





Spinne 7, Lauf 3



Spinne 7, Lauf 3/2



Spinne 13, Lauf 3



Spinne 13, Lauf 3/2



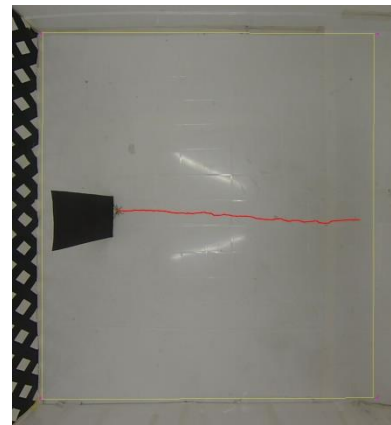
Spinne 15, Lauf 3



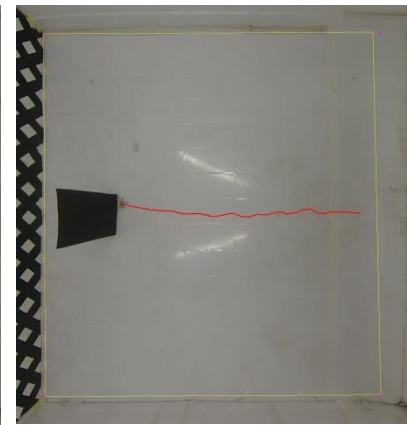
Spinne D, Lauf 3



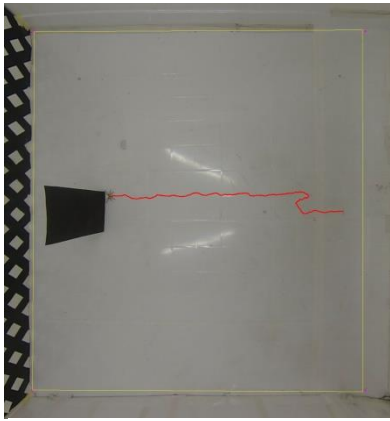
Spinne D, Lauf 3/2



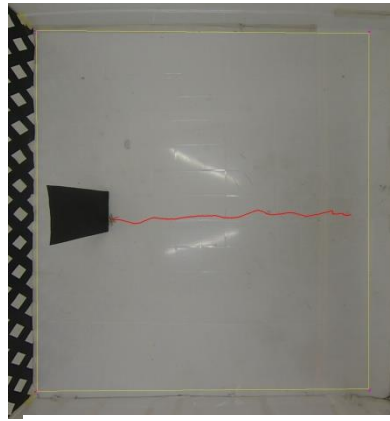
Spinne 5, Lauf 4



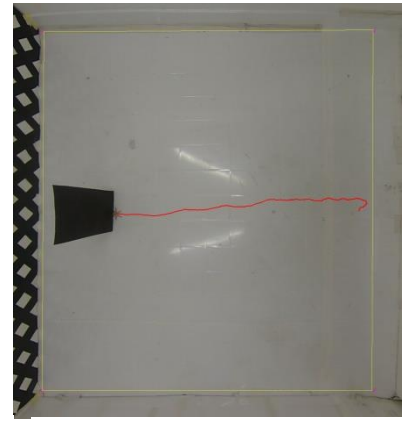
Spinne 5, Lauf 4/2



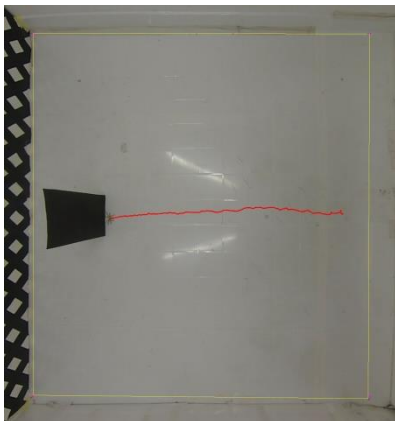
Spinne 5, Lauf 4/3



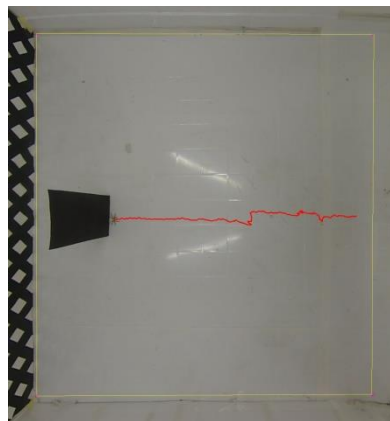
Spinne 7, Lauf 4



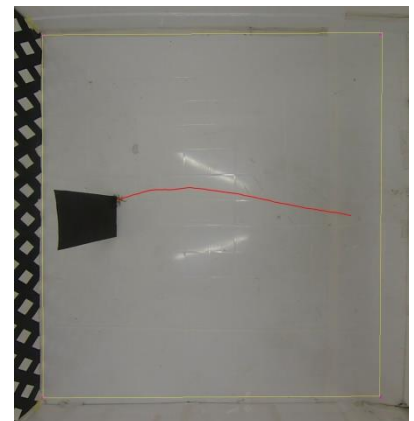
Spinne 7, Lauf 4/2



Spinne 13, Lauf 4



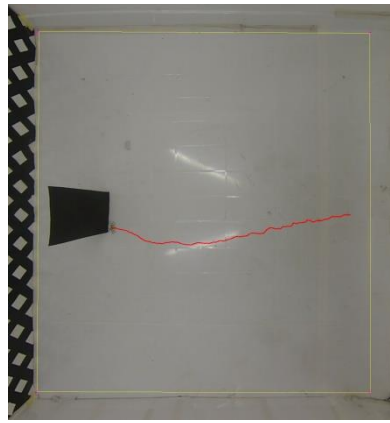
Spinne 13, Lauf 4/2



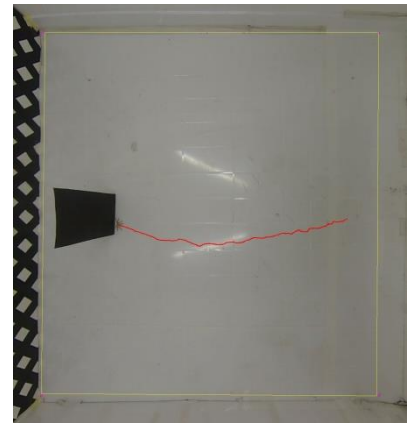
Spinne 15, Lauf 4



Spinne 15, Lauf 4/2



Spinne D, Lauf 4



Spinne D, Lauf 4/2

# Curriculum vitae

Margot Huber

---

|                |                                                                                                          |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1997-2001      | Besuch der Volksschule Gansbach                                                                          |
| 2001-2009      | Besuch des Bundesrealgymnasiums in St. Pölten mit besonders Musischem Schwerpunkt.                       |
| Juni 2009      | Matura                                                                                                   |
| September 2009 | Inskription für Kulturtechnik und Wasserwirtschaft an der Universität für Bodenkultur Wien               |
| Herbst 2010    | Beginn des Lehramtsstudiums in Biologie und Deutsch an der Universität Wien                              |
| Herbst 2013    | Beginn der Diplomarbeit zum Thema:<br>Distanzwahrnehmung und Laufverhalten bei <i>Cupiennius salei</i> . |
| 2014- 2015     | Tutorin in den Tierphysiologischen Übungen und in der Übung Organ und Kommunikationssystem der Tiere     |