Goethe-Gymnasium
Dortmund

Haben Madagaskar-Fauchschaben ein topographisches Gedächtnis?

Schriftliche Facharbeit Rahmen der Prüfungsordnung für Gymnasien des Landes NRW in der Qualifikationsphase I am Goethe-Gymnasium Dortmund

vorgelegt von

Jacky Amanda Salmen

03.03.2020

Betreuer

Herr Kleversaat

Inhaltsverzeichnis

1.Einleitung……..3

2. Madagaskar-Fauchschaben……..…….....4

2.1 Merkmale…….……4

2.2 Anatomie des Nervensystems……..…6

2.3 Anatomie der Sinnenorgane……..……..……8

3.Versuch: Labyrinth-Versuch mit Madagaskar-Fauchschabe, basierend auf Versuch durchgeführt von Edward Tolman ……..…….9

3.1 Versuchsaufbau und Durchführung……..……..9

3.2 Die Bedeutung der Pilzkörper……11

3.3 Hypothesen……..…....…12

3.4 Dokumentation der Beobachtungen und Ergebnisse……....…12

3.5 Interpretation der Beobachtungen und Ergebnisse…….…….....…...…15

4. „Haben Madagaskar-Fauchschaben ein topographisches Gedächtnis?“……..…16

5.Quellenverzeichnis……..…….…17

6.Anhang…….……18

7.Erklärung……..……23

1.Einleitung

„Jeder dumme Junge kann einen Käfer zertreten. Aber alle Professoren dieser Welt können keinen herstellen“[1]- mit diesem Zitat verdeutlicht der deutsche Philosoph Arthur Schopenhauer, wie einfach es ist Insekten zu verabscheuen und zu unterschätzen, obwohl diese fundamental für viele Ökosysteme und somit auch für den Menschen sind[2].

Während des Biologie-Unterrichtes haben wir uns im ersten Halbjahr der Q1 mit dem Themenbereich der Neurobiologie beschäftigt. Dabei sind wir auch verstärkt auf das Gehirn und Gedächtnis des Menschen eingegangen. Da ich mich sehr für die Neurobiologie und auch für Insekten interessiere, habe ich mir die Frage gestellt, ob Insekten, ähnlich wie Säugetiere, ebenfalls ein topographisches Gedächtnis besitzen bzw. sich bestimmte Wege merken können. Deshalb führe ich ein einwöchiges Experiment mit Madagaskar-Fauchschaben durch, welches auf ein ähnliches Experiment mit Ratten, durchgeführt von dem amerikanischen Psychologen Edward Tolman, basiert[3]. Mithilfe dieses Experimentes möchte ich herausfinden, ob die Madagaskar-Fauchschaben ein topographisches Gedächtnis oder sich nur auf ihre Sinneswahrnehmungen verlassen. Laut meinen Recherchen wurde außerdem zu diesem Thema kaum Forschung betrieben, sodass ich über die Endergebnisse nur spekulieren kann.

Im Rahmen meiner Facharbeit beschäftige ich mich unter anderem auch mit der Lebensweise, der Anatomie des Nervensystems und der Anatomie der Sinnesorgane, für die ich eine Präparation durchführe.

---

1 Beckmann, Gero: Schönheit und Mikrobiologie. 1., Auflage, 2003

2 Vgl. Willinger, Gunther: Ohne Insekten bricht alles zusammen URL: https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2017-10/insektensterben-bienen-deutschland, Stand: 02.03.2020, 20:08 Uhr

3 Vgl. Tolman, Edward C.: Cognitive maps in rats and men. Psychological Review, 55, 4, S.189

2.Madagaskar-Fauchschaben

2.1 Merkmale

Die Madagaskar-Fauchschabe trägt den wissenschaftlichen Namen *Gromphadorina portentosa*, gehört zu der Ordnung der Schaben und kommt aus der Familie der Blaberidae. Bei *Gromphadorina portentosa* handelt es sich um eine Schabenart mit einer Körperlänge von 51 mm bis 102 mm, wobei die Länge von dem Geschlecht des Tieres abhängig ist, da Männchen meist länger sind als die Weibchen[4]. Meiner Beobachtungen nach sind die Weibchen jedoch meist breiter und kräftiger gebaut als die Männchen.

Anders als andere Schabenarten, wie *Blatta orientalis* [Küchenschabe], besitzt *Gromphadorina portentosa* keine Flügel. Die Panzerfärbung kann zwischen einer rotbraunen und schwarzen Färbung variieren. Das Pronotum bzw. das Halsschild hat eine runde Form und bedeckt teilweise den Kopf. Männchen lassen sich einfacher, durch ihre zwei ausgeprägten Hörner auf dem Pronotum, welche sie häufig bei Rivalen- und Territorialkämpfen mit anderen Männchen nutzen, von den Weibchen differenzieren, da diese bei den Weibchen nur schwach ausgeprägt sind[5][6].

Des Weiteren lässt sich der Körper insektentypisch in drei Abschnitte einteilen (wobei man die Segmentierungen bei Gromphadorina portentosa nicht gut erkennen kann). Dazu gehört der Caput (Kopf), an welchem die Mundwerkzeuge, die oculi compositi (Komplexaugen) und die Antennen liegen, die Thorax (Brust), an der die Beine sitzen und das Abdomen (Hinterleib)[7], in welchem die lebensnotwendigen Organe, wie dem Herz, liegen und die Fortpflanzungsorgane zu finden sind. Außerdem ist hier auch das Bauchmark in

---

4 Vgl. Jessee, Ashley: Gromphadorhina portentosa, Madagascan hissing cockroach URL: https://animaldiversity.org/accounts/Gromphadorhina_portentosa/#003b8ff3006e9a210ec534ebdc43f3df , Stand: 01.05.2020, 18:55 Uhr

5 Vgl. Bell, Roth, Nalepa; foreword by Wilson: Cockroaches: ecology, behavior, and natural history. Baltimore 2007, S.2

6 Vgl. Jessee, Ashley: Gromphadorhina portentosa, Madagascan hissing cockroach URL: https://animaldiversity.org/accounts/Gromphadorhina_portentosa/#003b8ff3006e9a210ec534ebdc43f3df , Stand: 01.05.2020, 18:55 Uhr

7 Siehe Anhang D.

typischer Strickleiterform[8] lokalisiert. Während der Präparation kann ich feststellen, dass sich die Muskeln der Madagaskar-Fauchschabe an dem Thorax zentriert haben, was möglicherweise damit zusammenhängt, dass die Beine des Tieres ebenfalls nur an dem Thorax gebunden sind.

Die Madagaskar-Fauchschabe ist sowohl im Dornwald als auch in den halbimmergrünen Regenwäldern Madagaskars, verbreitet. Obwohl, man *Gromphadorina portentosa* selten in ihrem natürlichen Lebensraum auffinden kann, suggerieren Terrarienhaltung und Funde, dass die Tiere Bäume und Sträucher, sowie Unterholz und Laub, bevorzugen[9].

Die optimale Außentemperatur liegt zwischen 25 °C bis 30 °C, wobei die Luftfeuchtigkeit bei ca. 40 % bis 70 % liegen sollte. Die Madagaskar-Fauchschabe gehört zu den Omnivoren, was bedeutet, dass sie ein Allesfresser ist.

Außerdem erreichen die Tiere nach etwa sechs bis sieben Monaten die Geschlechtsreife und können bis zu fünf Jahre alt werden[10]. Wie eine Studie aus dem Jahr 1969, publiziert von dem Sozialpsychologen Robert Zajonc, zeigt, sind die Tiere sogar dazu in der Lage soziale Systeme zu bilden[11]. Dabei bilden sie verstärkt Pheromone, welche die Entwicklung dieses sozialen Systems, beschleunigt[12]. Außerdem wurde beobachtet, dass *Gromphadorina portentosa* ihre Nachkommen füttert[13].

Ihren Namen hat Madagaskar-Fauchschabe ihrer besonderen Eigenschaft, nämlich dem Fauchen zu verdanken. Das Geräusch kommt durch das Pressen

---

8 Siehe Anhang B.

9 Vgl. Jessee, Ashley: Gromphadorhina portentosa, Madagascan hissing cockroach URL: https://animaldiversity.org/accounts/Gromphadorhina_portentosa/#003b8ff3006e9a210ec534ebdc43f3df , Stand: 01.05.2020, 18:55 Uhr

10 Vgl. Jessee, Ashley: Gromphadorhina portentosa, Madagascan hissing cockroach URL: https://animaldiversity.org/accounts/Gromphadorhina_portentosa/#003b8ff3006e9a210ec534ebdc43f3df , Stand: 01.05.2020, 19:01 Uhr

11 Vgl. Zajonc, R. B., Heingartner, A., & Herman, E. M.: Social enhancement and impairment of performance in the cockroach. Journal of Personality and Social Psychology, 1969, 13(2), S. 83–92

12 Vgl. Bell, Roth, Nalepa; foreword by Wilson: Cockroaches: ecology, behavior, and natural history. Baltimore 2007, S.135

13 Vgl. Bell, Roth, Nalepa; foreword by Wilson: Cockroaches: ecology, behavior, and natural history, S.131

von Luft durch die Tracheen[14] des Abdomens zustande[15]. Dies dient nicht nur zur Abschreckung von Raubtieren, sondern auch zur Kommunikation unter Artgenossen[16].

2.2 Anatomie des Nervensystems

Um die Anatomie des Nervensystems von *Gromphadorina portentosa* besser nachvollziehen zu können, führte ich eine Präparation eines adulten Männchens durch, wobei ich Bilder im Anhang verzeichne.
Das Nervensystem von *Gromphadorina portentosa* ist nach dem für Insekten üblichen Strickleitertypus[17]gebaut[18]. Das Oberschlundganglion[19] entsteht durch die Vereinigung von Ganglienpaaren der ersten drei Segmente. Dabei ist das Protocerebrum der erste Gehirnabschnitt und auch „bei weitem der größte“[20]. Zudem ist das Protocerebrum selbst, ebenfalls ein Produkt der Vereinigung der Neurome des Präantennalsegments mit dem „davorliegendem unpaaren Ganglienknoten des Acrons“. Die Aufgaben des Protocerebrums ist es die Facettenaugen (Oculi compositi) und Ocellen zu innervieren[21], also durch Reizweiterleitung und Erregung zu steuern. Außerdem „enthält es wichtige Zentren“, wie die Sehzentren und die Pilzkörpern, welche die Erinnerungen von

14 Siehe Anhang C.

15 Vgl. Nelson, Margaret C.: Sound production in the cockroach, Gromphadorhina portentosa: the sound-producing apparatus. Journal of comparative physiology 132.1, 1979, S. 27-38.

16 Vgl. Nelson, M.C., Fraser, J. Sound production in the cockroach, Gromphadorhina portentosa: evidence for communication by hissing. Behav Ecol Sociobiol 6, 1980, S.305–314

17 Siehe Anhang 2.

18 Maximilian Renner, Volker Storch, Ulrich Welsch: Kükenthals Leitfaden für das zoologische Praktikum. 20., neubearbeitete Auflage, Stuttgart 1991, S.235

19 Siehe Anhang 1.

20 Renner, Storch, Welsch: Kükenthals Leitfaden für das zoologische Praktikum, S.235

21 Renner, Storch, Welsch: Kükenthals Leitfaden für das zoologische Praktikum, S.235

Gerüchen speichern[22], und Kommissuren[23] (Verbindungen). Für meinen Versuch spielen die Pilzkörper eine entscheidende Rolle, den Grund dafür nenne ich in 3.2.

Das Deutocerebrum liegt caudal, also am Ende des Protocerebrums. Hier liegt der Ursprung der Antennennerven[24]. Anders als die Kommissuren des Protocerebrums, welche innerhalb des Gehirns verlaufen, „umgreift die Kommissur des Tritocerebrums als suboesophageale [unterhalb des Schlundes liegende] Kommissur den Vorderdarm ventral [an der Bauchseite] halbringförmig“[25]. Das Tritocerebrum innerviert das Labrum (Oberlippe) und auch das unpaare Frontalganglion, in welchem das Zentrum des stomatogastrischen Nervensystems (Eingeweidenervensystem) lokalisiert ist[26]. Am stomatogastrischen Nervensystem verlassen die Schlundkonnektive das Gehirn und führen in das Unterschlundganglion, indem sie den Vorderdarm ventral umschließen[27].

Die Gehirne der Madagaskar-Fauchschaben sind, durch ihre „komplizierte Feinstruktur“[28] gezeichnet. Das Suboesophagealganglion ist ebenfalls durch die Vereinigung der Mandibel-, Maxillen- und Labialganglien entstanden, welche die Mundwerkzeuge innervieren[29].

Der Hormonhaushalt der Tiere wird, durch „zwei hinter dem Gehirn über dem Oesophagus liegende Organe, die Corpora cardiaca und die C. allata“, reguliert, welche durch Nervenbahnen mit dem Ober- und Unterschlundganglion (Gehirn) und mit neurosekrotischen Zellen, Neuronen,

---

22 Waldkirch, Dr. Hartwig Hanser: Pilzkörper URL: https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/pilzkoerper/9922, Stand: 01.03.2020, 10:12 Uhr

23 Renner, Storch, Welsch: Kükenthals Leitfaden für das zoologische Praktikum, S.235

24 Vgl. Renner, Storch, Welsch: Kükenthals Leitfaden für das zoologische Praktikum, S.235

25 Renner, Storch, Welsch: Kükenthals Leitfaden für das zoologische Praktikum, S.235

26 Vgl. Renner, Storch, Welsch: Kükenthals Leitfaden für das zoologische Praktikum, S.235

27 Vgl. Renner, Storch, Welsch: Kükenthals Leitfaden für das zoologische Praktikum, S.235

28 Renner, Storch, Welsch: Kükenthals Leitfaden für das zoologische Praktikum, S.235

29 Vgl. Renner, Storch, Welsch: Kükenthals Leitfaden für das zoologische Praktikum, S.235

die elektrische Signale anderer Neuronen empfangen und daraufhin Hormone in die Blutbahn freisetzen[30], verknüpft sind[31]. In den Corpora cardiaca findet die Ausschüttung eines Juvenilhormons statt, welches während der Häutung die Entwicklungsstadien der Tiere beeinflusst, wobei die Häutung selbst, verstärkt durch das Häutungshormon Ecdyson, generiert wird[32].
Da die Ganglien unabhängig von dem Ober- und Unterschlundganglion arbeiten, kann die Madagaskar-Fauchschabe auch ohne Kopf weiterleben, weil die lebenswichtigen Funktionen von den Ganglien im Thoraxbereich übernommen werden. Nach ca. neun Tagen würde sie jedoch versterben, da sie ohne Kopf bzw. Mundwerkzeuge, weder Nährstoffe noch Wasser aufnehmen kann[33].

2.3 Anatomie der Sinneswahrnehmungsorgane

Die Oculi compositi bzw. Komplexaugen sind seitlich am Kopf der Tiere angeordnet und bilden die Lichtsinnesorgane[34]. Zwischen diesen liegen oft drei kleine Ocellen vor. Da *Gromphadorina portentosa* ein nachtaktives Tier ist, benötigt sie nicht dieselbe Menge an Facetten pro Auge wie ein tagaktives Raubinsekt, weshalb sie nicht dazu in der Lage ist Formen und Umrisse gut wahrzunehmen[35]. Durch die Ocellen kann sie jedoch minimale Abweichungen der Lichtintensität erkennen, wodurch sie sich optimal vor Fressfeinden schützen kann[36].

30 Drews, Dr. Martina, Anhäuser, Marcus, Gack, Dr. Claudia: Neurosekrotische Zellen URL: https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/neurosekretorische-zellen/46240, Stand: 01.03.2020, 10:22 Uhr

31 Vgl. Renner, Storch, Welsch: Kükenthals Leitfaden für das zoologische Praktikum, S.235 f.

32 Vgl. Czihak, G., Langer, H., Ziegler, H.: Biologie: Ein Lehrbuch, Ausgabe 6, 2013, S.676

33 Vgl. Warnke, Gabi: Welches Tier kann am längsten ohne Kopf überleben? URL: https://www.spektrum.de/quiz/welches-tier-kann-am-laengsten-ohne-kopf-ueberleben/1063674 Stand: 30.04.2020, 20:31 Uhr

34 Vgl. Renner, Storch, Welsch: Kükenthals Leitfaden für das zoologische Praktikum, S.236

35 Vgl. Bernhardt, Jörg: Biologie/Anatomie Schaben URL: http://www.schaben-spinnen.de/Content/content.php?cont=anatomie Stand: 01.03.2020, 10:30 Uhr

36 Vgl. Bernhardt, Jörg: Biologie/Anatomie Schaben URL: http://www.schaben-spinnen.de/Content/content.php?cont=anatomie Stand: 01.03.2020, 10:30 Uhr

Zu den Tastorganen zählen in großer Anzahl vorkommende „gelenkig befestigte Haarsensillen der ganzen Oberfläche“[37], welche besonders an den Antennen, den Tastern der Mundwerkzeuge und an den Geschlechtsöffnungen lokalisiert und verdichtet sind[38]. Sie sind Mechanorezeptoren und fungieren unter anderem auch als Geruchs-, Geschmacks- oder Hörsinnesorgane[39]. Auch an den Fühlern kommen verstärkt Geruchsorgane, wie Riechkegel und Porenplatten, vor[40].
Damit zusammenhängend befinden sich ebenfalls im Mundbereich, an den Tarsen (Füßen), an den Vorderbeinen und an dem Legeapparat, Geschmacksorgane[41].
Tympanalorgane, sind ebenfalls Gehörorgane mit einem Trommelfell.

3.Versuch: Labyrinth-Versuch mit Madagaskar-Fauchschabe, basierend auf einem Versuch, durchgeführt von Edward Tolman

3.1 Versuchsaufbau und Durchführung

Um zu untersuchen, ob *Gromphadorina portentosa* ein topographisches Gedächtnis hat, baue ich ein für Insekten verhältnismäßig schwieriges Labyrinth. Dafür verwende ich einen Karton mit einer Länge von 0,48 m, einer Höhe von 0,155 m und einer Tiefe von 0.26 m[42]. Meine Testtiere sind zwei adulte weibliche Madagaskar-Fauchschaben und eine subadulte männliche Fauchschabe, um herauszufinden, ob das Entwicklungsstadium der Tiere eine

---

37 Renner, Storch, Welsch: Kükenthals Leitfaden für das zoologische Praktikum, S.236

38 Vgl. Renner, Storch, Welsch: Kükenthals Leitfaden für das zoologische Praktikum, S.236

39 Anhäuser, Marcus: Haarsensillen URL: https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/haarsensillen/30056, Stand: 01.03.2020, 10:36

40 Vgl. Renner, Storch, Welsch: Kükenthals Leitfaden für das zoologische Praktikum, S.236

41 Vgl. Renner, Storch, Welsch: Kükenthals Leitfaden für das zoologische Praktikum, S.236

42 Siehe Anhang E.

signifikante Rolle spielen, da das Nervensystem mit höherem Entwicklungsstadium auch weiterentwickelt sein muss.

Für meine Untersuchung lasse ich jede M. Fauchschabe sieben Tage lang, einzeln durch das Labyrinth laufen. Am ersten Tag absolvieren die Tiere jeweils nur einen Durchlauf, um diese für das Labyrinth zu sensibilisieren, während sie ab dem zweiten Tag immer zwei Durchläufe hintereinander pro Tag durchlaufen. Außerdem lege ich mehrere frisch geschnittene Apfelstücke sieben Tage lang an dieselbe Stelle bzw. an den Ausgang des Labyrinths, beobachte die Tiere, während sie durch das Labyrinth laufen, und messe für jeden Durchlauf die Durchgangszeit, um später beurteilen zu können, ob sich die Tiere an den Weg gewöhnen und somit schneller ihr Ziel, nämlich die Äpfel, finden.

Am achten Versuchstag lege ich die Äpfel absichtlich an eine andere Stelle des Labyrinths, um schließlich herauszufinden, ob sich die M. Fauchschaben nur auf ihre Sinnesorgane verlassen (also die Äpfel riechen), oder sich den Weg zum Ausgang merken, somit die Apfelstücke an der anderen Stelle außer Acht lassen, und dementsprechend ein topographisches Gedächtnis haben.

Wie bereits in 2.3 und 2.1 erwähnt sind Madagaskar-Fauchschaben dämmerungs-bzw. nachtaktive Tiere und die optimale Außentemperatur liegt bei ca. 25 °C bis 30 °C, weshalb ich es für sinnvoll halte auch die äußeren Einflüsse an den Versuch anzupassen. Dementsprechend führe ich den Versuch bei einer Zimmertemperatur von ca. 25 °C, abends und im verdunkelten Raum durch, um die Aussagekraft der Messergebnisse zu maximieren und Verfälschungen zu minimieren.

Mein Versuch basiert auf dem Versuch des amerikanischen Psychologen Edward Tolman, welcher sich 1948 die Frage stellt, wie oder ob Ratten einen Weg durch ein kompliziertes Labyrinth erlernen können[43]. Seinen Hypothesen nach würden Ratten sich den Weg in Form einer kognitiven Karte merken, welche sie dann abrufen können[44].

---

43 Vgl. Tolman, Edward C.: Cognitive maps in rats and men. Psychological Review, 55,4, S.189

44 Vgl. Tolman, Edward C.: Cognitive maps in rats and men. Psychological Review, 55 ,4, S.193

3.2 Die Bedeutung der Pilzkörper

Die Pilzkörper (Corpora pedunculata) befinden sich im Protocerebrum und sind multimodulare Integrationszentren, die dafür verantwortlich sind Lern- und Gedächtnisprozesse zu regulieren bzw. Erinnerungen an Gerüche zu speichern. Als Matrix, also als Grundsubstanz der Pilzkörper, dienen die Kenyon-Fasern[45].

Bei einem Versuch mit Fruchtfliegen, wurde die synaptische Übertragung in den Pilzkörpern, reversibel unterbrochen. Daraufhin fand man heraus, dass die synaptische Übertragung und die damit einhergehende elektrische Aktivität, eher „für das Abrufen von gespeicherten Erinnerungen notwendig ist“[46], was die Theorie unterstützt, dass die Informationen durch chemische Signale, wie z. B. Pheromone, oder wie in meinem Fall, durch die Ester, Alkohole und Aldehyde aus den Äpfeln aufgenommen und verarbeitet werden und durch elektrische Signale wieder abgerufen werden können[47].

Das ist insofern bedeutsam für meinen Versuch, dass ich meine Messergebnisse und Beobachtungen besser interpretieren kann, da sich die Nervensysteme unter den Insektenarten nur minimal unterscheiden. Somit kann ich den Lernprozess der Fruchtfliege auf den Lernprozess von Madagaskar-Fauchschabe, falls vorhanden übertragen.

---

45 Vgl. Waldkirch, Dr. Hartwig Hanser: Pilzkörper URL: https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/pilzkoerper/9922, Stand: 01.03.2020, 10:49 Uhr

46 Waldkirch, Dr. Hartwig Hanser: Pilzkörper URL: https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/pilzkoerper/9922, Stand: 01.03.2020, 10:51 Uhr

47 Vgl. Waldkirch, Dr. Hartwig Hanser: Pilzkörper URL: https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/pilzkoerper/9922, Stand: 01.03.2020, 10:52 Uhr

3.3 Hypothesen

Ich habe zwei Hypothesen für meinen Versuch:
Hypothese I: Madagaskar-Fauchschaben besitzen zwar ein Ober- und Unterschlundganglion, jedoch kann man es nicht mit einem Gehirn eines Wirbeltiers vergleichen, welches unterschiedliche Gehirnareale besitzt und nicht unabhängig von dem gesamten Körper arbeitet, weshalb ich denke, dass Madagaskar-Fauchschaben nur ihre Sinneswahrnehmungen nutzen, um zu den Äpfelstücken zu gelangen. Demnach merkt sie sich *Gromphadorina portentosa* nicht den Weg zum Ziel und besitzt kein topographisches Gedächtnis.

Hypothese II: Aufgrund der sich im Protocerebrum, von Madagaskar-Fauchschabe, befindlichen Pilzkörper, welche für die Aufnahme chemischer Signale und Verarbeitung bzw. Speicherung dieser, verantwortlich sind[48], denke ich, dass sich die Madagaskar-Fauchschabe, an bestimmte Gerüche, die sie öfter wahrnimmt, erinnern kann. Wenn diese Gerüche als positiv von *Gromphadorina portentosa* assoziiert werden, würde auch der Weg zum Ziel des Labyrinths positive Assoziationen in *Gromphadorina portentosa* hervorrufen, wodurch sie sich diesen merkt. *Gromphadorina portentosa* bildet eine „mentale Landkarte“ und besitzt dementsprechend ein topographisches Gedächtnis.

3.4 Dokumentation der Beobachtungen und Ergebnisse

Am 17.02.2020 beginnt der Versuch. Zur Sensibilisierung durchlaufen alle Madagaskar- Fauchschaben das Labyrinth jeweils nur einmal. Dabei ist es wichtig zu beachten, dass das subadulte Männchen zuerst das Labyrinth durchläuft, um zu prüfen, ob die Freisetzung des Pheromons des Männchens die Zeit und auch den Weg der danach durchlaufenden Weibchen beeinflusst,

48 Vgl. Waldkirch, Dr. Hartwig Hanser: Pilzkörper URL: https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/pilzkoerper/9922, Stand: 01.03.2020, 10:51 Uhr

da sie die Fährte des Männchens aufnehmen können. Die Durchgangszeit des ersten Durchlaufes beträgt bei dem Männchen 19:39,00 min, bei dem ersten Weibchen 20:52,72 min. und bei dem zweiten Weibchen beträgt 49:59.60 min. Zu beobachten ist, dass alle drei Tiere zunächst sehr vorsichtig waren und alles mit ihren Antennen abtasten, die sie nutzen, um sich zu orientieren, da *Gromphadorina portentosa* durch ihre verhältnismäßig wenigen Facetten pro Auge, Kanten beziehungsweise Objekte nicht gut wahrnehmen kann. Außerdem ist ihnen das Labyrinth zu diesem Zeitpunkt unbekannt, weshalb sie sich erst an dieses gewöhnen müssen. Meine Vermutung, dass die Freisetzung der Pheromone des Männchens die Durchgangszeit und den Weg der Weibchen beeinflusst, kann ich zu diesem Zeitpunkt nicht bestätigen, da jede M. Fauchschabe einen unterschiedlichen Weg zum Ausgang des Labyrinths wählt und das Männchen deutlich schneller als beide Weibchen läuft.

Am 18.02.2020 (Tag 2) durchläuft jede M. Fauchschabe jeweils zweimal das Labyrinth. Im ersten Durchlauf beträgt die Durchgangszeit des Männchens 04:56.39 min, die des ersten Weibchens 08:19.94 min und die des zweiten Weibchens 22:44.06 min. Im zweiten Durchlauf können die Tiere wieder ihre Durchgangszeit erniedrigen, sodass das Männchen nur noch 00:48.36 s, das erste Weibchen 05:18.53 min und das zweite Weibchen 19:51.28 min, braucht. Am zweiten Tag zeigen sich alle Tiere kooperativ und scheinen entspannt zu sein. Außerdem kann ich beobachten, dass jede Fauchschabe einen ähnlichen Weg zum Ausgang des Labyrinths wählen.

Am 19.02.2020 (Tag 3) beträgt die erste Durchgangszeit des Männchens 01:06. 91, die des ersten Weibchens 05:21.66 min. und die des zweiten Weibchens 4:41.44. Während das erste Weibchen und das Männchen während des zweiten Durchlaufes deren Durchgangszeit auf eine Zeit von 03:56.35 und 00:19.03s erniedrigen, erhöht sich die Durchgangszeit des zweiten Weibchens etwa um das doppelte, also 08:01.08. Das hängt möglicherweise damit zusammen, dass sich das Tier bedroht fühlt, denn das zweite Weibchen faucht und bleibt stetig an derselben Stelle stehen.

Am 20.02.2020 (Tag 4) beträgt die erste Durchgangszeit des Männchens 03:49.81 min, die des ersten Weibchens 03:56.70 min., also fast identisch mit der letzten Durchgangszeit, und die des zweiten Weibchens 07:45.18 min. Da sich das Männchen und das zweite Weibchen bedroht fühlen erhöhen sich die

Durchgangszeiten auf 04:14.95 min und 08:01.79 min., während das erste Weibchen dessen Durchgangszeit auf 03:11.81 min. erniedrigt. Auffallend am vierten Tag ist, dass jede Fauchschabe denselben Weg wählt, um an das Ziel zu kommen, was auf eine potenzielle Bildung einer „mentalen Karte“ hindeutet. Zudem scheint es so, als würden die Tiere nicht kooperieren wollen.

Am 21.02.2020 (Tag 5) beträgt die erste Durchgangszeit des Männchens 02:03.60 min, die des ersten Weibchens 02:32.66 min. und die des zweiten Weibchens 10:10.38 min. Das Männchen erniedrigt dessen zweite Durchgangszeit auf 01:55.60 min. Anders als bei den letzten Durchläufen, erniedrigt das zweite Weibchen nun dessen Durchgangszeit um etwa vier Minuten auf 06:43.54 min., während das erste Weibchen dessen Durchgangszeit, um mehr als vier Minuten, auf 06:48.44 erhöht. Die Zeiten lassen sich im Verhalten der Tiere widerspiegeln, da das Männchen und das zweite Weibchen sich nicht bedroht fühlt, während das sonst schnellere erste Weibchen, kaum kooperiert und faucht.

Am 22.02.2020 (Tag 6) beträgt die erste Durchgangszeit des Männchens 02:09.66 min., die des ersten Weibchens 02:55.54 min. und die des zweiten Weibchens 04:50.50 min., also etwa zwei Minuten weniger, als beim letzten Durchlauf. Das Männchen kann seine zweite Durchgangszeit auf 01:32.68 min. erniedrigen, während das erste und das zweite Weibchen deren Durchgangszeit jeweils auf 03:09.85 min. und 07:16.61 min. erhöhen. Meinen Beobachtungen nach, ist das Männchen deutlich agiler und weniger träge, jedoch auch angriffsfreudiger als die beiden Weibchen, welche mehr dazu tendieren sich mühsamer fortzubewegen, was mit dem Alter und dem Gewicht der Tiere im Zusammenhang stehen könnte.

Am 23.02.2020 (Tag 7), dem letzten Tag an welchem sich die Apfelstücke am Ausgang des Labyrinths befinden, beträgt die erste Durchgangszeit des Männchens 02:13.16 min, die des ersten Weibchens 04:07.90 min. und die des zweiten Weibchens 04:18.67 min. Im zweiten Durchlauf erniedrigt sowohl das Männchen als auch das erste Weibchen dessen Durchgangszeit auf 01:23.69 min. und 03:55.59 min. Das zweite Weibchen erhöht dessen Durchgangszeit wiederum auf 07:17.08 min. Im Laufe der Woche kann ich beobachten, dass sich die M. Fauchschaben immer sicherer durch das Labyrinth bewegen und dieselben Wege zum Ausgang des Labyrinths wählen.

Am 24.02.2020 (Tag 8), platziere ich die Apfelstücke an eine andere Stelle des Labyrinths. Zunächst führe ich einen Testdurchlauf durch, um zu sehen, wie die Tiere sich verhalten und, ob sie überhaupt zum Ausgang des Labyrinths laufen, da sich die Apfelstücke nicht mehr dort befinden. Um die Ergebnisse aus dem Testlauf zu bestätigen oder gegebenenfalls zu widerlegen, führe ich einen letzten Durchlauf durch.

Die männliche M. Fauchschabe läuft im Testdurchlauf nicht zu den Apfelstücken, sondern in 00:55.54 s zum Ausgang des Labyrinths. Im letzten Durchlauf läuft das Männchen ebenfalls zum Ausgang des Labyrinths in einer Zeit von 00:15.48 s, welche zudem auch die schnellste Durchgangszeit des Männchens ist. Zudem wirkte diese auch sicher und als wüsste sie, welchen Weg sie nehmen muss, um aus dem Labyrinth kommen.

Die erste weibliche Fauchschabe läuft im Testdurchlauf zu den Apfelstücken, in einer Zeit von 06:50.25 min und im letzten Durchlauf läuft sie ebenfalls in einer Zeit von 07:25.48 min zu den Apfelstücken, was wunderlich ist, da diese bei den Durchläufen davor immer sehr sicher zum Ausgang des Labyrinths gelaufen ist und während des Testversuches verwirrt zu sein scheint.

Die zweite weibliche Fauchschabe läuft im Testdurchlauf nicht zu den Apfelstücken, sondern in 15:43.41 min zum Ausgang des Labyrinths. Im letzten Durchlauf läuft das zweite Weibchen ebenfalls zum Ausgang des Labyrinths in einer Zeit von 16:50.92 min. Das zweite Weibchen ist offensichtlich verwirrt, da es fast zu den Apfelstücken läuft, dann jedoch zum Ausgang umkehrt, was möglicherweise die längeren Durchlaufzeiten erklären könnte.

3.5 Interpretation der Beobachtungen und Ergebnisse

Wie man meinen Versuchsergebnissen und Beobachtungen entnehmen kann, scheinen die Durchgangszeiten von der individuellen Gemütslage, vom Geschlecht, und von dem Alter der Fauchschaben abhängig zu sein. Denn während sich die Durchgangszeiten der schmaler gebauten subadulten männlichen Fauchschabe, welche ein eher energisches Wesen besitzt, jeden Tag verbessert haben, stagnieren die Durchgangszeiten bei der ersten adulten

weiblichen Fauchschabe zwischen drei bis fünf Minuten und bei der zweiten adulten weiblichen Fauchschabe zwischen sieben und zehn Minuten, welche ein ruhiges und träges Wesen besitzen. Trotz der Abweichungen, welche durch die eben genannten Charaktereigenschaften bzw. durch die anatomischen Bedingungen der Madagaskar-Fauchschaben, induziert werden könnten, kann man jedoch feststellen, dass sowohl bei der männlichen, als auch bei den beiden weiblichen Fauchschaben ein Lernprozess stattgefunden haben muss, da jede M. Fauchschabe von Tag 1 bis Tag 7 schneller den Ausgang, des Labyrinths gefunden hat, denn während die erste Durchgangszeit des Männchen 19:39.00 min, des ersten Weibchens 20:52.27 min und die des zweiten Weibchens 49:59.60 min betrug, lagen die Durchgangszeiten am siebten Tag bei 01:23.69 min, 03:55.59 min und 04:18.67 min. Zudem kann ich anhand meiner Beobachtungen sagen, dass die Tiere immer sicherer im Umgang mit dem Labyrinth wurden und eine dynamischere Fortbewegung aufwiesen, was ebenfalls auf ein Vorhandensein eines topographischen Gedächtnis hindeutet.

Meine Ansichtsweisen können jedoch auch anatomisch und mithilfe einer Studie mit Fruchtfliegen begründet werden, bei der herausgefunden wurde, dass die Fliegen dazu in der Lage sind verschiedene Gerüche positiv oder auch negativ zu assoziieren. Wenn ein Geruch mit einer Glucose-Belohnung einhergeht, lernen sie sich zu diesem Geruch zu begeben. Wenn der Geruch jedoch mit einer Bestrafung, wie einem Elektroschock, einhergeht, lernen sie, sich von diesem Geruch abzuwenden. Dabei stehen die Neurotransmitter Octopamin und Dopamin unter Verdacht das geruchsassoziierte Gedächtnis zu beeinflussen, indem Octopamin bei einer positiven Geruchsassoziation und Dopamin bei einer negativen Geruchsassoziation in die Pilzkörper freigesetzt wird[49].

Wie schon in 2.2 und 3.2 erwähnt, besitzen Madagaskar-Fauchschaben ebenfalls die im Protocerebrum liegenden Pilzkörper, welche die Informationen in Form von chemischen Signalen verarbeiten und speichern. Dadurch, dass die Apfelstücke Alkohole, Ester und Aldehyde freisetzten, nehmen die

---

49 Vgl. Knapek, Stephan; Busch, Sebastian; Aso, Yoshinori u.a.: Gedächtnisbildung im Fliegenhirn URL: https://www.neuro.mpg.de/373787/research_report_403960?c=373596 Stand: 02.03.2020, 18:06 Uhr

Fauchschaben diese chemischen Signale über ihre Antennen auf, welche dann von den Pilzkörpern verarbeitet und gespeichert werden. Wenn die M. Fauchschaben, die Apfelstücke erreichen und anfangen auch etwas von diesen zu fressen (was sowohl das Männchen, als auch beide Weibchen während meines Versuchs getan haben), würden sie wegen des hohen Glucose-Gehaltes und der damit wahrscheinlich einhergehenden Freisetzung des Octopamins, den Geruch und Geschmack des Apfels positiv assoziieren und somit lernen, dass sie diesem Geruch folgen müssen, um hinterher belohnt zu werden, weshalb die Durchgangszeiten im Verlauf der gesamten Woche schneller geworden seien könnten, da sie sich den Weg wahrscheinlich merkten. Das könnte jedoch auch die Abweichungen erklären - denn immer, wenn sich die Fauchschaben bedroht fühlten, blieben sie stehen, was mit der Dopamin-Ausschüttung und der damit einhergehenden negativen Geruchsassoziation im Zusammenhang stehen könnte.

4. Haben Madagaskar-Fauchschaben ein topographisches Gedächtnis?

Im Rahmen meiner Facharbeit beschäftige ich mich intensiv mit *Gromphadorina portentosa* bzw. Madagaskar-Fauchschaben und habe mithilfe eines Versuches, welches auf dem Versuch des amerikanischen Psychologen Edward Tolman basiert, untersucht, ob Madagaskar-Fauchschaben ein topographisches Gedächtnis besitzen.

Dabei bin ich zu dem Entschluss gekommen, dass Madagaskar-Fauchschabe möglicherweise ein solches Gedächtnis besitzt, welches überwiegend durch die olfaktorische Wahrnehmung (Geruchssinn) und die gustatorische Wahrnehmung (Geschmackssinn) reguliert wird, was durch die verbesserten Durchgangszeiten im Zeitraum zwischen dem ersten in siebten Tag, aber auch durch diverse Studien[50], durchgeführt mit Fruchtfliegen, verdeutlicht werden kann. Obwohl die erste weibliche Fauchschabe am achten Versuchstag sowohl

50 Vgl. Knapek, Stephan; Busch, Sebastian; Aso, Yoshinori u.a.: Gedächtnisbildung im Fliegenhirn URL: https://www.neuro.mpg.de/373787/research_report_403960?c=373596 Stand: 02.03.2020, 19:18 Uhr

beim Testdurchlauf, als auch beim letzten Durchlauf zu der anderen Stelle gelaufen ist, anstatt zum Ausgang des Labyrinths, bin ich noch immer der Meinung, dass Madagaskar-Fauchschaben ein topographisches Gedächtnis haben, was überwiegend abhängig von dem Geruchssinn ist, da das subadulte Männchen und das adulte zweite Weibchen trotz der anders platzierten Äpfel,den Weg zum Ausgang des Labyrinths gelaufen sind, da sie sich möglicherweise den Weg dorthin, durch den in den Pilzkörpern positiv assoziierten Geruch gemerkt und eine Art „mentale Karte" haben. Dazu kommt, dass sich die chemischen Signale der Äpfel kaum bis gar nicht unterscheiden, weshalb das erste Weibchen den Geruch der neuen Äpfel wahrscheinlich gleichermaßen positiv assoziiert wie den Geruch der Äpfel davor, was auch das verwirrt scheinende Verhalten, während des Versuches am achten Tag erklären könnte.

Ein weiteres Argument, welches für ein durch die olfaktorische und gustatorische Wahrnehmung reguliertes Gedächtnis bei Madagaskar-Fauchschaben sprechen würde ist, dass es ihnen dabei helfen könnte, zwischen gefährlichen und guten Gerüchen zu unterscheiden, was von Vorteil wäre, wenn es darum geht soziale Gruppen zu bilden, da eine soziale Gruppe von Madagaskar-Fauchschaben ein bestimmtes Pheromon produziert und somit möglicherweise Eindringlinge bzw. Rivalen erkannt werden können.

Aufgrund der genannten Argumente kann ich meine zweite Hypothese bestätigen.

5.Quellenverzeichnis

Anhäuser, Marcus, Drews, Dr. Martina, Gack, Dr. Claudia u.a.: Nervensystem URL: https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/nervensystem/46005

Beckmann, Gero: Schönheit und Mikrobiologie. 1., Auflage, 2003

Bell, Roth, Nalepa; foreword by Wilson: Cockroaches: ecology, behavior, and natural history. Baltimore 2007

Bernhardt, Jörg: Biologie/Anatomie Schaben URL: http://www.schaben-spinnen-.de/Content/content.php?cont=anatomie

Czihak, G., Langer, H., Ziegler, H.: Biologie: Ein Lehrbuch, Ausgabe 6, 2013

Jessee, Ashley: Gromphadorhina portentosa, Madagascan hissing cockroach URL: https://animaldiversity.org/accounts/Gromphadorhina_portentosa/#003b8ff3006e9a210ec534ebdc43f3df , Stand: 01.05.2020

Knapek, Stephan; Busch, Sebastian; Aso, Yoshinori u.a.: Gedächtnisbildung im Fliegenhirn URL: https://www.neuro.mpg.de/373787/research_report_403960?c=373596

Nelson, M.C., Fraser, J. Sound production in the cockroach, Gromphadorhina portentosa: evidence for communication by hissing. Behav Ecol Sociobiol 6, 1980, S.305–314

Nelson, Margaret C.: Sound production in the cockroach, Gromphadorhina portentosa: the sound-producing apparatus. Journal of comparative physiology 132.1, 1979, S. 27-38.

Renner, Maximilian / Storch, Volker / Welsch, Ulrich: Kükenthals Leitfaden für das zoologische Praktikum. 20., neubearbeitete Auflage, Stuttgart 1991

Tolman, Edward C.: Cognitive maps in rats and men. Psychological Review, 55, 4, S.189–208

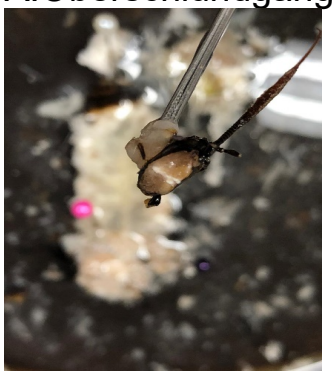
Waldkirch, Dr. Hartwig Hanser: Pilzkörper URL: https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/pilzkoerper/9922,

Warnke, Gabi: Welches Tier kann am längsten ohne Kopf überleben? URL: https://www.spektrum.de/quiz/welches-tier-kann-am-laengsten-ohne-kopf-ueberleben/1063674

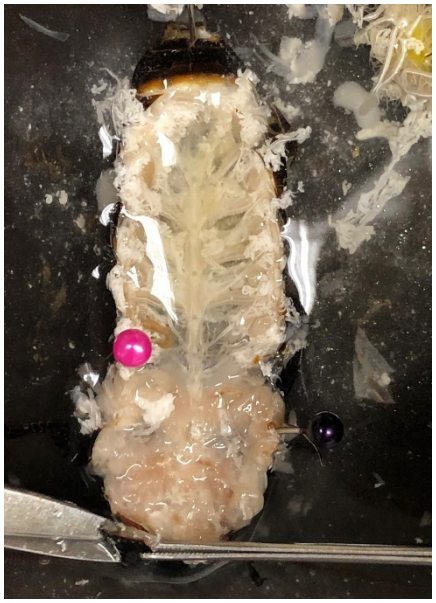
Willinger, Gunther: Ohne Insekten bricht alles zusammen URL: https://www.-zeit.de/wissen/umwelt/2017-10/insektensterben-bienen-deutschland, Stand: 29.02.2020.

6.Anhang

A.Oberschlundganglion

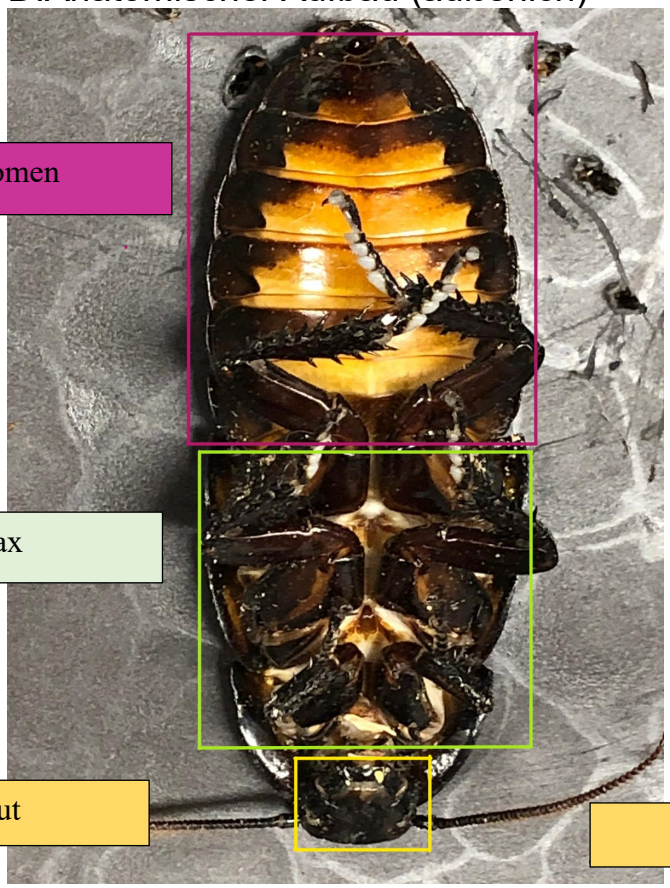


B. Nervensystem nach Strickleitertypus



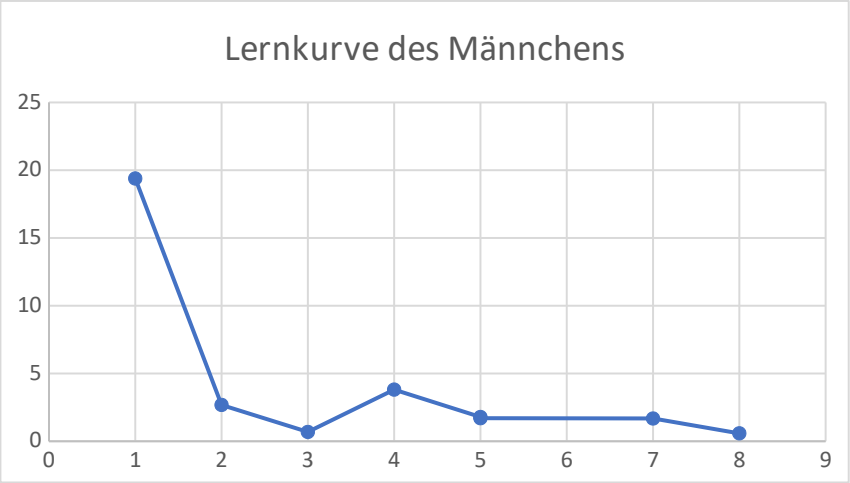
C. Tracheen

D.Anatomischer Aufbau (äußerlich)



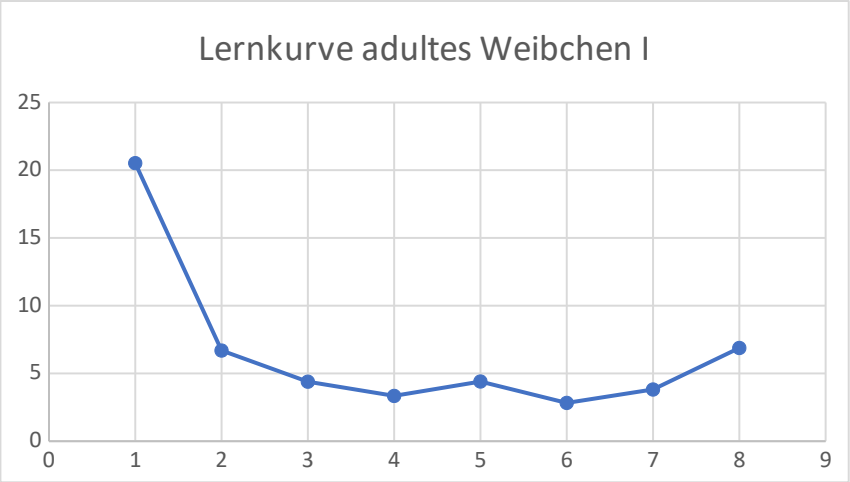
E. Labyrinth

F. durchschnittliche Messergebnisse subadultes Männchen



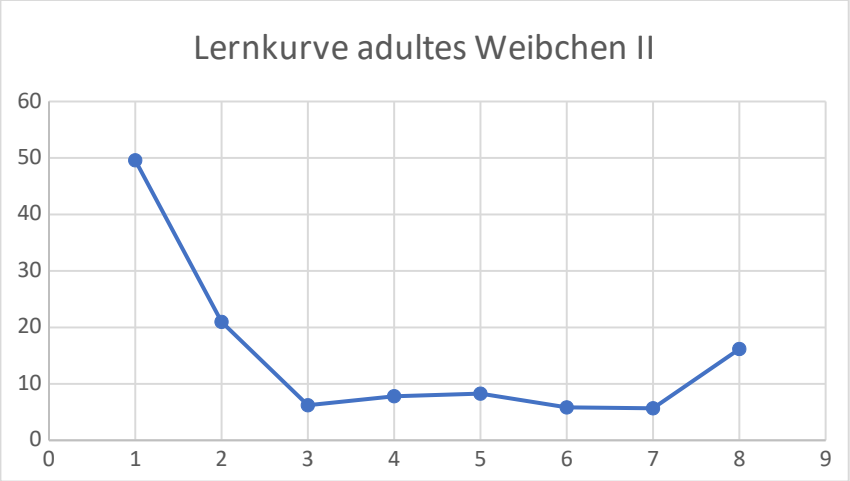
d	tm[min]
1	19,39
2	2,683
3	0,689
4	3,815
5	1,79
5	1,705
7	1,68
8	0,588

G. durchschnittliche Messergebnisse adultes Weibchen I



d	tm[min]
1	20,52
2	6,685
3	4,385
4	3,335
5	4,4
6	2,82
7	3,81
8	6,875

H.durchschnittliche Messergebnisse adultes Weibchen II



d	tm[min]
1	49,59
2	20,975
3	6,21
4	7,815
5	8,265
6	5,83
7	5,675
8	16,175

7.Erklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt, außerdem im Quellen- und Literaturverzeichnis sowie den Anmerkungen genannten Hilfsmitteln keine weiteren benutzt und alle stellen der Arbeit, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, unter Angabe der Quellen als Entlehnung kenntlich gemacht habe

---
Unterschrift