

# Habitatwahl von Mauerasseln und Kellerasseln

## Wissenschaftliche Arbeitsweisen an einem konkreten Beispiel vermitteln

Ilka Maria Kureck und Klaudia Witte

Institut für Biologie, Universität Siegen, Adolf-Reichwein-Str. 2, 57076 Siegen, [witte@biologie-uni-siegen.de](mailto:witte@biologie-uni-siegen.de)

### Zusammenfassung

Die eigenständige Planung, Durchführung, Auswertung und Interpretation eines Experimentes eignet sich besonders gut für Lernende die Vorgehensweise des wissenschaftlichen Arbeitens zu erproben und zu verstehen. Mit diesem Artikel möchten wir den Lehrkräften mit Hilfe eines einfachen Experimentes alle Schritte des wissenschaftlichen Arbeitens aufzeigen und ihnen Material für den Unterricht (auch als Online-Videomaterial) zur Verfügung stellen.

Stichwörter: Atmungsphysiologie von Asseln, Hypothesenbildung, Experiment, Statistik, Darstellung der Ergebnisse, Protokollentwurf

## 1 Schritt für Schritt vom Experiment zum Erkenntnisgewinn

Das Heranführen der Lernenden an wissenschaftliche Arbeitsweisen ist ein zentrales Thema im Biologieunterricht. Eine der wesentlichen Aufgaben des Biologieunterrichts an Schulen ist es daher, den Lernenden die notwendigen Kenntnisse und Kompetenzen für die Vorgehensweise des wissenschaftlichen Arbeitens zu vermitteln. Dies gelingt vor allem dann, wenn die Lernenden eigenständig die einzelnen Schritte dieses Prozesses durchführen können. Das Trainieren und Verstehen dieser wissenschaftlichen Arbeitsweisen vermittelt den Lernenden nicht nur „wie Forschung funktioniert“, sondern motiviert sie, eigenen Forschungsfragen nachzugehen. So führt das eigene Erforschen von biologischen Zusammenhängen zu einem besseren Verständnis von Forschungsergebnissen und den zu Grunde liegenden Forschungsprozessen. Dieses Verständnis ist wiederum Voraussetzung um grundsätzlich naturwissenschaftliche Erkenntnisse einordnen zu können. Die Planung und Durchführung eines Experimentes ist eine der zentralen Arbeitsweisen zur Erkenntnisgewinnung. Der Prozess beginnt mit der von den Lernenden selbst entwickelten Fragestellung und Hypothese. Daran schließt sich die Entwicklung des geeigneten Experimentes zur Erhebung der Daten an. Anschließend erfolgen die statistische Auswertung und Interpretation der Daten, die wiederum in die Diskussion einfließt. Am Ende dieses Prozesses steht der Erkenntnisgewinn. Dieser kann wiederum zu neuen Fragestellungen führen und den Prozess erneut anstoßen.

Inzwischen gibt es zwar geeignetes Material zu wissenschaftlichen Arbeitsweisen im Biologieunterricht, allerdings fehlen den Lehrkräften oft konkrete Experimente, die *alle* Schritte des wissenschaftlichen Arbeitens, vor allem die statistische Datenanalyse, umfassen und erläutern. Mit diesem Artikel möchten wir den Lehrkräften die einzelnen Schritte des wissenschaftlichen Arbeitens konkret anhand eines einfachen Experiments zur Habitatwahl von Mauerasseln (*Oniscus asellus*) und Kellerasseln (*Porcellio scaber*) präsentieren und die notwendigen Hintergrundinformationen erläutern. Zusätzlich bieten wir den

Lehrkräften Versuchssequenzen als Online-Filmmaterial an, mit deren Hilfe Daten erhoben und ausgewertet werden können. Diese könnten alternativ zum eigenen Experiment eingesetzt werden. Sie dienen außerdem dazu, die Datenerhebung besser zu verstehen und die Datenanalyse nachzuvollziehen, und können als digitale Medien im Unterricht sinnvoll eingesetzt werden.

Der biologische Hintergrund für dieses Experiment ist die Tatsache, dass sich Mauer- und Kellerasseln in ihrer Atmungsphysiologie unterscheiden: Während Mauerasseln den Großteil des benötigten Sauerstoffs über Kiemenatmung aufnehmen und somit an feuchte Habitate gebunden sind, haben Kellerasseln Trachealorgane entwickelt, die ihnen ermöglichen, auch an trockeneren Standorten zu leben (Westheide & Rieger 2013).

## 2 Asseln als Versuchstiere

Landasseln (Oniscidea) sind eine Unterordnung der Asseln (Isopoda), welche zum Unterstamm der Krebstiere (Crustacea) und zum Stamm der Arthropoda gehören. Landasseln sind in der Lage in allen Entwicklungsstadien außerhalb des Wassers zu überleben und stellen somit die erfolgreichsten Landkrebse dar (Wehner & Gehring 1995). Zu den Landasseln gehören 3500 Arten (Westheide & Rieger 2013), so auch die Kellerassel *Porcellio scaber* und die Mauerassel *Oniscus asellus*.

Keller- und Mauerasseln kommen in Deutschland sehr häufig vor. Asseln eignen sich hervorragend als Versuchstiere im Schulunterricht, da sie sich recht einfach und ohne großen Aufwand sammeln (siehe 4.1) und im Klassenraum halten lassen (siehe 4.2).

### 2.1 Morphologie der Asseln

Asseln haben eine längsovale Körperform und sind dorsoventral abgeflacht. Ihr festes Außenskelett besteht aus Chitin und Kalkeinlagerungen. Typisch sind die auffälligen Rückenschilde (**Tergite**) der Asseln. Diese besitzen seitliche Verlängerungen, die sogenannten **Epimere** (s. Abb. 1), welche den Körper überragen.

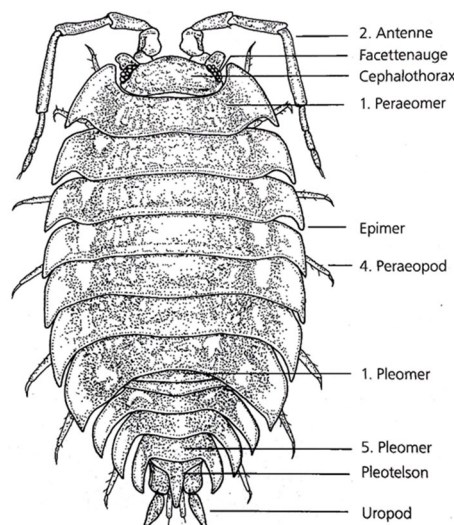


Abb. 1 Dorsalansicht einer männlichen Mauerassel (*Oniscus asellus*). Verändert nach Sutton (1972) aus Westheide & Rieger (2013).

Den ersten Körperabschnitt bildet der **Cephalothorax**, der aus einer Verschmelzung von Kopf und dem ersten Thorakalsegment besteht. Am Cephalothorax setzen auch die beiden **Antennenpaare** an, von denen nur das zweite von dorsal zu sehen ist, da es deutlich länger ist als das erste (Abb. 1). Das **Peraeon** setzt sich aus 7 Thorakalsegmenten (**Peraeomeren**) zusammen. Jedes dieser Segmente trägt ein Beinpaar (**Peraeopoden**). Wie der Name „Isopoda“ schon andeutet, sind alle Peraeopoden gleichartig gestaltet. Der hintere Abschnitt, das **Pleon**, besteht aus 6 **Pleomeren**, von denen der 6. Pleomer mit dem Telson zu einem **Pleotelson** verschmolzen ist. Die ersten 5 Pleomere tragen ebenfalls Gliedmaßen, die sogenannten **Pleopoden**. Diese dienen allerdings nicht der Fortbewegung, sondern der Osmoregulation sowie dem Gasaustausch. Am spitz zulaufenden Pleotelson setzten die beiden **Uropoden** an. Diese dienen bei landlebenden Asselarten als Tastorgane (Abb. 1).

## 2.2 Atmungsphysiologie der Asseln

Die verschiedenen Asselarten haben sich unterschiedlich stark an das Leben an Land angepasst. Diese Anpassung hängt maßgeblich mit der Atmungsphysiologie zusammen. Statt der typischen Kiemen ihrer wasserlebenden Verwandten entwickelte sich im Laufe der Evolution an den äußeren Ästen der Pleopoden, an den Exopoditen, respiratorisches Gewebe für die Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlendioxid an Luft. Diese Luftatmung ist je nach Art unterschiedlich stark ausgebildet.

Die respiratorischen Oberflächen an den Pleopoden (Eisenbeis & Wichard 1985; Kästner 1993) müssen jedoch wie alle respiratorischen Gewebe ständig mit einem Wasserfilm überzogen sein, denn nur mit Hilfe eines Feuchtigkeitsfilms kann der Gaswechsel funktionieren. Hierzu haben Landasseln ein spezielles Wasserleitungssystem entwickelt, durch das das Wasser aufgrund von Kapillarkräften zu diesen Oberflächen geleitet wird. Mauerasseln haben im lateralen Bereich der Exopoditen einfache Atemfelder aus sehr dünner Kutikula, mit der Sauerstoff aus der Luft aufgenommen werden kann (Abb. 2A). Die Kellerasseln haben dagegen sogenannte „Pseudotracheen“ oder Tracheenlungen/Trachealorgane an den Exopoditen der ersten und zweiten Pleopoden entwickelt (Carefoot & Taylor 1995, Moyes & Schulte 2008). Das Atemgewebe, welches auch bereits bei den Mauerasseln in primitiver Form vorhanden ist (Abb. 2A), ist hier eingestülpt und weist viele feine Verzweigungen auf (Abb. 2C). Da die röhrenförmigen Einstülpungen des Atemgewebes mit Luft gefüllt sind, erscheinen sie weiß und sind selbst mit bloßem Auge zu erkennen, wenn man eine Kellerassel auf den Rücken dreht („weiße Körperchen“ auf der Ventralseite des Pleons; Abb. 3). Bei noch stärker an das Leben in trockenen Arealen angepassten Arten, wie der Wüstenassel *Hemilepistus reaumuri*, sind die Tracheenlungen durch eine noch stärkere Oberflächenvergrößerung weiterentwickelt (Abb. 2D).

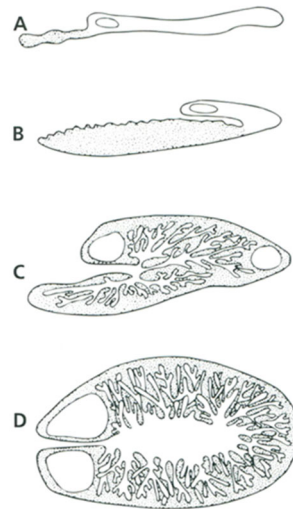


Abb. 2: Evolution der respiratorischen Oberfläche der Pleopodenexopodite verschiedener Landasseln. Die Querschnitte zeigen punktiert die respiratorischen Felder bzw. die eingesenkten „Lungen“. **A** Mauerassel *Oniscus asellus*, **B** *Trachelipus ratzeburgi*, **C** Kellerassel *Porcellio scaber*, **D** Wüstenassel *Hemilepistus reaumuri* aus Westheide & Rieger (2013).

Aufgrund der unterschiedlichen Atmungsphysiologie sind Mauer- und Kellerasseln unterschiedlich stark an das Leben an Land angepasst. Beide Arten sind hygrophil, das heißt, sie bevorzugen feuchte und dunkle Standorte, da sie aufgrund einer fehlenden Wachsschicht auf der Kutikula, wie sie etwa bei vielen Insektenarten vorkommt, nicht gut vor Austrocknung geschützt sind (Biedermann 1998). Kellerasseln jedoch sind eher in der Lage, zeitweise in trockeneren Arealen zu überleben, da ihre Atmung weniger feuchtigkeitsabhängig ist.

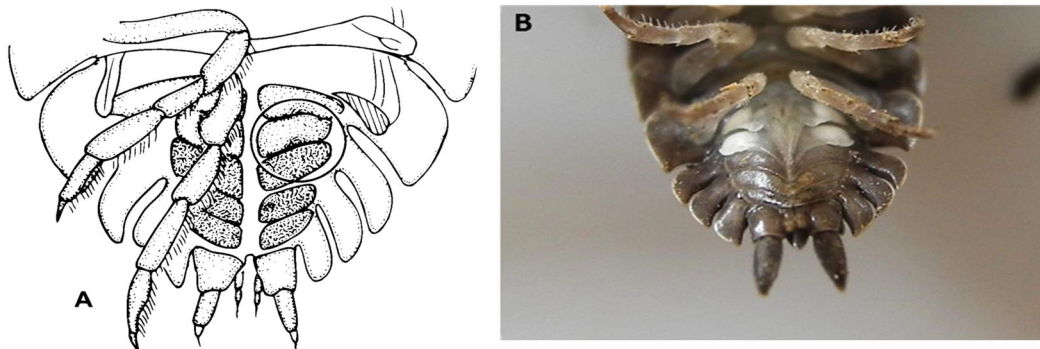


Abb. 3: Lage der Tracheenlungen der Kellerassel (*Porcellio scaber*). Ventralansicht auf die Pleopoden. **A** Der Kreis erfasst die Exopodite 1-3 der linken Körperhälfte. Nach Kästner (1959) aus Eisenbeis und Wichard (1985). **B** Die Pleopoden 1 und 2 erscheinen durch die Luftfüllung der Einstülpungen des Atemgewebes weiß („weiße Körperchen“), Foto: I. Kureck.

### 3 Fragestellung und Hypothesenbildung

Auf Grundlage der unterschiedlichen Atmungsphysiologie der Mauer- und Kellerasseln ergibt sich die Frage, ob sich die beiden Arten bei ihrer Habitatwahl hinsichtlich der Feuchtigkeit unterscheiden. Daher sollte als nächstes eine präzise Arbeitshypothese sowie die dazugehörige Nullhypothese formuliert werden, welche nach der Datenaufnahme mittels statistischer Tests überprüft werden (siehe Statistik-Exkurs, Zusatzmaterial). In dem hier vorgestellten Versuch werden den Versuchstieren zwei Zonen

(sowie eine „neutrale Zone“ in der Mitte, siehe Abschnitt 4.3) zur Auswahl angeboten, die sich allein durch die Feuchtigkeit des Bodengrundes (hier: „trockene Zone“ / „feuchte Zone“) unterscheiden. Die Arbeitshypothese sollte zweiseitig formuliert werden, da wir keine Richtung eines gegebenenfalls vorhandenen Unterschiedes zwischen den Arten ausschließen können und wollen.

Die Arbeitshypothese für den hier vorgestellten Versuch lautet: „Mauerasseln und Kellerasseln halten sich unterschiedlich lange in der feuchten Zone auf.“ Die zugehörige Nullhypothese lautet: „Mauerasseln und Kellerasseln halten sich nicht unterschiedlich lange in der feuchten Zone auf.“ Gleichermaßen können diese Hypothesen für die Aufenthaltsdauer in der trockenen Zone formuliert werden.

Neben der Aufenthaltsdauer kann auch die Anzahl der Wechsel in die entsprechenden Zonen als untersuchter Parameter in der statistischen Analyse betrachtet werden. Diese weitere Arbeitshypothese lautet: „Mauerasseln und Kellerasseln betreten unterschiedlich häufig die feuchte (bzw. trockene) Zone.“ Die zugehörige Nullhypothese lautet: „Mauerasseln und Kellerasseln betreten nicht unterschiedlich häufig die feuchte (bzw. trockene) Zone.“

Zudem können noch einzelne Hypothesen für den innerartlichen Vergleich formuliert werden: „Mauerasseln (bzw. Kellerasseln) halten sich unterschiedlich lange in den beiden untersuchten Zonen auf.“ Auch hierzu sollte eine entsprechende Nullhypothese formuliert werden: „Mauerasseln (bzw. Kellerasseln) halten sich nicht unterschiedlich lange in den beiden untersuchten Zonen auf.“

## 4. Das Experiment

Um die hier aufgestellten Hypothesen experimentell zu überprüfen, muss zunächst der Versuchsaufbau sowie der genaue Ablauf des Experimentes geplant werden. Hierzu sollten zunächst die Ideen der Lernenden zu einem geeigneten Versuchsdesign gesammelt und diskutiert werden. Die Lehrperson sollte die Lernenden dann Schritt für Schritt an das hier vorgeschlagene Experiment heranführen. Hierbei ist es wichtig zu vermitteln, dass möglichst alle gegebenenfalls Einfluss nehmenden Parameter, die nichts mit der Fragestellung an sich zu tun haben, ausgeschlossen werden (z.B. Einfluss von Licht, Erschütterung, Beeinflussung durch andere Individuen, Störung durch den Beobachter etc.), um Fehlinterpretationen der Ergebnisse vorzubeugen und um alternative Erklärungen der Versuchsergebnisse von vornherein möglichst auszuschließen.

### 4.1 Sammeln der Versuchstiere und Bestimmung der Art

Zum Sammeln der Versuchstiere eignet sich die Zeit zwischen Frühling und Spätherbst. Zu dieser Zeit findet man beide Arten in der Regel in größeren Ansammlungen zum Beispiel unter Blumenkübeln, Steinen, in Kellern, Komposthaufen sowie in mittelfeuchten Wäldern im Totholz (z.B. unter der Rinde toter Bäume) und in der Laubschicht. Die Tiere können mit einer Federstahlpinzette oder einem Teelöffel aufgenommen werden und in einer Plastikdose mit einem mit kleinen Löchern versehenen Deckel transportiert werden. Bei längeren Transportzeiten sollte die Dose mit etwas feuchter Erde und Laub ausgestattet werden. Im Klassenzimmer sollten zunächst zwei Terrarien (die Grundfläche sollte mindestens 30 cm x 20 cm betragen) vorbereitet werden, um die Asseln, getrennt nach ihrer Art, zu halten (siehe 4.2: Haltung). Um die Asseln unter der Lupe oder unter einem Binokular genauer betrachten zu können, können sie vorsichtig mit einer Federstahlpinzette festgehalten werden. Die Tiere können auch mit einem Stück Schaumstoff oder einem transparenten Saugnapf (Küchenhalter) sowie

einer dünnen Glasscheibe, z.B. einem Objektträger, für einige Sekunden fixiert werden (vgl. Biedermann 1998).

Zur Unterscheidung zwischen Mauer- und Kellerassel eignen sich 3 Kriterien:

Färbung: Während Kellerasseln in der Regel schiefergrau sind und eine gekörnte, raue Oberfläche aufweisen, sind die Mauerasseln dunkelgrau bis bräunlich und besitzen auf dem Rücken zwei Reihen heller Flecken. Die Seitenfortsätze der Rückenplatten sind bei den Mauerasseln ebenfalls heller gefärbt (Abbildung 4). Da es aber individuelle Unterschiede in der Färbung gibt und z.B. frisch gehäutete Kellerasseln etwas heller erscheinen, sollte die Färbung nicht als einziges Merkmal herangezogen werden.

Gliederung der Antennen: Die Spitze der 2. Antennen (das Antennenpaar, das mit bloßem Auge sichtbar ist) ist bei Kellerasseln 2-gliedrig und bei Mauerasseln 3-gliedrig, sodass die Antennen der Kellerasseln insgesamt 6 Glieder aufweisen, während die der Mauerassel 7-gliedrig sind (Abb. 1). Dies ist allerdings nur mit einer Handlupe oder unter einem Binokular zu erkennen.

Atmungsorgane: Die Tracheenlungen der Kellerasseln erscheinen aufgrund ihrer Luftfüllung weiß. Dreht man die Assel auf den Rücken, so kann man diese „weißen Körperchen“ deutlich auf der Ventralseite des Pleons erkennen (Abb. 3 B). Bei Mauerasseln sind diese weißen Körperchen nicht vorhanden.

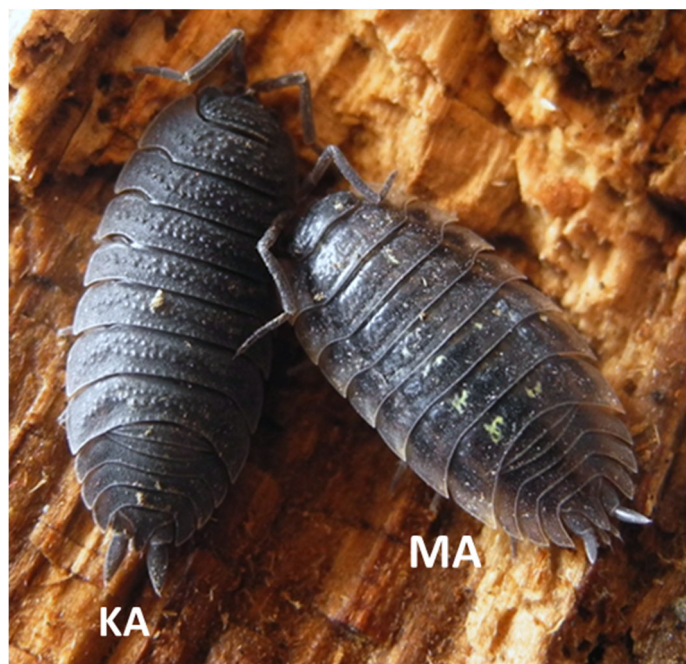


Abb. 4: **KA** Kellerassel (*Porcellio scaber*), **MA** Mauerassel (*Oniscus asellus*). Foto: I. Kureck

Neben den Mauer- und Kellerasseln ist auch die Gemeine Rollassel (*Armadillidium vulgare*) eine in Deutschland häufig vorkommende Landasselart. Diese sollte, falls sie gesammelt wurde, nicht mit einer der beiden anderen Arten verwechselt werden. Ebenso wie die Kellerassel besitzt sie stark ausgeprägte „weiße Körperchen“ auf der Ventralseite des Pleons sowie eine zweigliedrige Spitze des zweiten Antennenpaares. Im Unterschied zur Kellerassel überragen die Uropoden aber nicht den Hinterleib und sind daher nicht zu sehen, wenn man das Tier von oben betrachtet. In ihrer Färbung ähneln weibliche Rollasseln eher den Mauerasseln, denn auch sie weisen in der Regel helle Flecken auf den

Rückenschilden auf. Männliche Rollasseln sind meist einheitlich dunkel gefärbt. Rollasseln können sich, wie der Name schon sagt, vollständig zu einer Kugel einrollen, wenn Gefahr droht oder wenn sie sich vor zu starker Trockenheit schützen wollen. Auch im nicht eingerollten Zustand wirkt ihr Körper runder, beziehungsweise stärker zum Rücken hin gewölbt als der der Keller- und Mauerasseln.

## 4.2 Haltung

Für die Haltung der Asseln eignen sich Glas- oder Plastikterrarien (Grundfläche mindestens 30 cm x 20 cm) mit Deckel. Um einen Luftaustausch zu gewährleisten, sollte der Deckel mit kleinen Luftlöchern versehen sein. Die Terrarien werden mit 2-3 cm Erde bestückt. Am besten eignet sich Komposterde oder Erde aus dem Wald beziehungsweise aus dem Habitat, in dem die Asseln gefunden wurden. Auf diesen Bodengrund werden altes Laub sowie morsche Holzstückchen und einige Steine als Versteckmöglichkeit gelegt. Als Futter sollten den Asseln, neben dem Laub und den gegebenenfalls noch in der gesammelten Erde vorhandenen natürlichen Nahrung wie Pilzhyphen, Moose, Algen und tote Insekten, in Würfel geschnittene rohe Kartoffeln oder Äpfel angeboten werden, die alle 2-3 Tage ausgetauscht werden. Die Terrarien sollten an einem kühlen, nicht zu hellen Standort aufgestellt werden. Jeden Tag sollte die Erde mit Hilfe einer Sprühflasche mit abgestandenem Leitungswasser nachbefeuchtet werden.

Für die Versuchsdurchführung benötigt man noch zusätzlich ein Terrarium pro Art, um dort die bereits getesteten Asseln zu halten. So wird verhindert, dass dasselbe Individuum mehrfach getestet wird.

## 4.3 Versuchsaufbau

Das Experiment ist ein typischer Zweifachwahlversuch, in dem einem Versuchstier zwei Stimuli oder Aufenthaltsbereiche gleichzeitig zur Wahl geboten werden. Ein mögliches quantifizierbares Maß für die Habitatpräferenz ist die Zeit, die eine Assel in der einen oder anderen Zone der Versuchsarena verbracht hat oder die Häufigkeiten der Besuche in den unterschiedlichen Zonen.

Für die Durchführung des Präferenztests sollten die Lernenden in Zweiergruppen eingeteilt werden und mit dem benötigten Material (s. Arbeitsmaterial A1) ausgestattet werden. Jede Gruppe erhält eine mit **feiner Erde** (Schichtdicke ca. 1,5 cm) gefüllte **Plastikwanne als Versuchsarena** (s. Abb. 5). Die von uns verwendeten Wannen hatten die Maße 24,5 cm x 19 cm x 6 cm. Wichtig ist, dass die Wannen glatte Wände haben, denn an diesen können die Asseln nicht hochklettern. Mithilfe eines **Zollstocks oder Lineals** wird nun die Mitte der Schale abgemessen. Ausgehend von diesem Mittelpunkt wird zu jeder Seite im Abstand von 2 cm eine **Schnur** stramm über den Außenrand der Schale gespannt und mit **Klebeband** fixiert (s. Abb. 5). Diese 4 cm breite Zone gilt als „neutrale Zone“ und bildet den Startpunkt für das Experiment. Die Aufenthaltszeit der Assel in dieser „neutralen Zone“ wird nicht gewertet. Das Spannen der Schnüre am oberen Rand der Schale hat den Zweck, dass die Asseln nicht durch eine Grenzlinie auf dem Boden irritiert oder beim Laufen gehindert werden. Zum Befeuchten der einen Hälfte der Schale wird eine **Plastikplatte oder ein dünnes Holzbrett** von der Breite der Versuchsschale senkrecht auf die Mittellinie gestellt, um eine Seite der Schale vor der Befeuchtung zu schützen. Die andere Hälfte der Schale wird nun mit Hilfe einer mit Leitungswasser gefüllten **Sprühflasche** und einer definierten Menge an Sprühstößen (15 – 20) möglichst gleichmäßig mit Wasser befeuchtet. Am Schalenrand haftende Wassertropfen sollten im Anschluss mit einem **Papiertuch** entfernt werden.

Nun sind drei Zonen entstanden: Eine feuchte Zone, eine trockene Zone und die, durch die beiden Bindfäden markierte, „neutrale Zone“ in der Mitte, welche zur Hälfte einen feuchten und zur anderen Hälfte einen trockenen Untergrund hat (Abb. 5).

Die Schalen der einzelnen Gruppen sollten alle mit der gleichen Orientierung (z.B. so, dass die kürzere Seite der Schale zur Tafel zeigt) auf den Tischen ausgerichtet werden, um gleiche Bedingungen zu schaffen. Zudem sollte darauf geachtet werden, dass eine gleichmäßige Beleuchtung im Klassenzimmer herrscht.

Jede Gruppe bekommt nun einen **kleinen, undurchsichtigen Behälter (z.B. eine schwarze Filmdose ohne Deckel)**, in die die Lehrperson vorsichtig mit Hilfe eines **Teelöffels** eine Assel aus dem Terrarium setzt. Jede Gruppe sollte sich vorab notieren, zu welcher Art das ihnen ausgehändigte Individuum gehört (Kontrolle durch die Lehrperson!).

Sobald sich alle Gruppen mit dem Behälter und ihrem Versuchstier wieder an ihrem Versuchstisch befinden, stellen sich die zwei Lernenden einander gegenüber an den beiden längeren Seiten der Versuchsarena auf. Der Abstand zwischen Beobachter und Schalenrand sollte ca. 30 cm betragen.

Jeder Lernende hält eine **Stoppuhr** sowie einen **Notizblock** und einen **Stift** in der Hand. Auf dem Tisch wird zusätzlich ein **Timer** für die vorher festgelegte Versuchsdauer ausgelegt. Pro Versuchsdurchgang wird nur eine einzelne Assel getestet, um eine gegenseitige Beeinflussung der Asseln zu vermeiden.

Zudem sollte die Versuchsschale während des Versuchs mit einer roten Folie abgedeckt werden, die trotzdem noch durchsichtig genug ist, um die Assel zu beobachten. Da Asseln rotblind sind (Goldsmith & Fernandez 1968) erscheint ihnen die Versuchsarena dunkler als ohne Abdeckung. So wird vermieden, dass die Asseln, welche für gewöhnlich geschützte Standortorte bevorzugen, durch eine zu hohe Lichtexposition in Stress geraten.



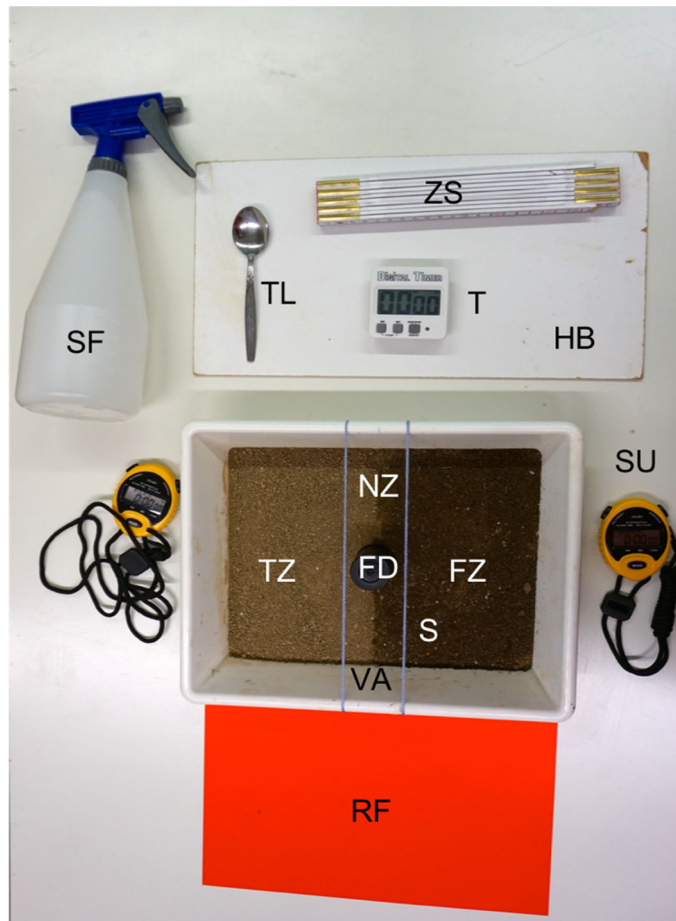


Abb. 5: Versuchsaufbau und benötigtes Material. **SF** Sprühflasche, **TL** Teelöffel, **ZS** Zollstock, **T** Timer, **HB** Holzbrett, **VA** Versuchsarena, **FD** Filmdose, **SU** Stoppuhr, **TZ** trockene Zone, **NZ** neutrale Zone, **FZ** feuchte Zone, **RF** rote Folie. Foto: I.Kureck.

#### 4.4 Durchführung

Der Versuch beginnt damit, dass die Filmdose mit der Assel vorsichtig mit der Öffnung nach unten in der Mitte der neutralen Zone platziert wird. Der Timer wird gestartet und es beginnt eine 2-minütige Phase, während der sich die Assel unter der dunklen Filmdose befindet. Diese Phase dient dazu, dass die Assel sich vom Transport in der Dose erholt und durch keine weiteren Erschütterungen gestört wird. Nach Ablauf der Eingewöhnungszeit wird die Filmdose langsam senkrecht aus der Wanne gehoben, wodurch die Assel freigegeben wird. Dann wird die **rote Folie** auf die Schale gelegt und der Versuch beginnt. Die Versuchsgruppen dokumentieren jetzt 10 Minuten lang, wie viel Zeit die Assel in der feuchten (1. Stoppuhr) und wie viel Zeit sie in der trockenen Zone (2. Stoppuhr) verbringt. Zudem halten die Lernenden auf einer Strichliste fest, wie häufig die Assel eine Zone von der neutralen Zone aus betritt (Anzahl der Zonenbesuche). Die Lernenden sollten vorab klären, wer die Werte für welche Zone aufnimmt. Ein Eintritt in eine Zone wird nur als solcher gezählt, wenn die Assel die Zonengrenze vollständig, also mit ihrem gesamten Körper, übertreten hat. Durch das Anhalten der Stoppuhr, sobald die Assel die entsprechende Zone verlassen hat, und das erneute Starten der Uhr, sobald sie die Zone wieder betritt, erhält man nach Ablauf der Versuchszeit die aufsummierten Aufenthaltszeiten der Assel in der Zone. Nur diese Summe, nicht die Dauer der einzelnen Aufenthalte, wird für die spätere Auswertung benötigt. Die Hälfte der Lernenden beginnt mit den Versuchen, bei denen die feuchte Seite

zur Tafel zeigt. Die andere Hälfte der Lernenden beginnt mit dem umgekehrten Versuchsaufbau. Nach jedem Versuch wird die Versuchsarena um 180° gedreht. Das Drehen der Versuchsschale dient dazu, etwaige Seiteneffekte im Versuchsaufbau zu verhindern.

Nach 10 Minuten wird die Folie entfernt und die Assel mit Hilfe eines **Teelöffels** wieder vorsichtig aus der Versuchsarena in die Filmdose überführt und in das zusätzliche Terrarium für die getesteten Asseln gesetzt. Die feuchte Seite wird nach jedem Versuch mit einer definierten Zahl an Sprühstößen aus der Sprühflasche (je nach Sprühflasche und Größe der verwendeten Versuchswanne 5-10 Sprühstöße) nachbefeuchtet und die Schülergruppen holen sich eine neue Assel für den zweiten Versuchsdurchgang.

Jede Gruppe testet mehrere Asseln derselben Art nacheinander. Die aufgenommenen Daten werden zentral gesammelt und zusammen ausgewertet. Im Klassenverband kommt so schnell eine statistisch auswertbare Stichprobengröße für jede Asselart zusammen. Die Lernenden sollten angewiesen werden, sich während der Experimente möglichst ruhig zu verhalten und die Tische nicht zu berühren, um Erschütterungen zu vermeiden.

## 5 Datenanalyse und Präsentation der Ergebnisse

Zu jeder Art sollen mindestens 10 Versuche durchgeführt werden. Nach den Versuchen werden die Daten der einzelnen Gruppen in einer Tabelle zusammengetragen. In dieser sollte jeweils die Art, die Summe der in jeder Zone verbrachten Zeit (in Sekunden) sowie die Anzahl der Besuche in der feuchten und trockenen Zone für jedes Versuchstier aufgelistet sein. Die Zeit, die ein Tier in der neutralen Zone verbracht hat, kann durch Bildung der Differenz aus der Gesamtversuchszeit (600 s) und der Zeit in der feuchten und trockenen Zone ermittelt werden. Zudem sollte in der Tabelle festgehalten werden, auf welcher Seite – d.h. auf der der Tafel zu- oder abgewandten Seite - sich die feuchte Zone befunden hat.

Ist der Datensatz komplett, so folgt die statistische Analyse der Daten. Diese lässt sich in zwei Kategorien unterteilen: Die **beschreibende Statistik** und die **schließende Statistik**.

### 5.1 Beschreibende Statistik

Zur beschreibenden Statistik zählt zum Beispiel die Berechnung und Angabe von Mittelwerten (arithmetisches Mittel und/oder Median), Standardabweichung/Standardfehler und/oder Quartile sowie die Betrachtung der Maximal- und Minimalwerte in einer Stichprobe. Zudem dient eine grafische Darstellung zur besseren Übersicht der Ergebnisse. Da in unserem Versuch überprüft werden soll, ob sich die Daten aus zwei verschiedenen Stichproben voneinander unterscheiden, eignet sich die Darstellung von **Boxplots** (auch als „Box-Whisker-Plot“ bezeichnet), welche sich beispielsweise mit dem Programm Microsoft Excel, aber auch mit diversen anderen Programmen erstellen lassen. Aus den Boxplots lassen sich der Median als Linie, sowie das 1. und 3. Quartil ablesen, welche die Grenzen der „Box“ bilden (Abbildung 6 A). Eine Box umfasst also immer den Bereich, in dem die mittleren 50 % der Daten liegen. Außerdem können als sogenannte „Whiskers“ oder „Antennen“ zum Beispiel die Minima und Maxima der Stichprobenwerte dargestellt werden.

## 5.2 Schließende Statistik

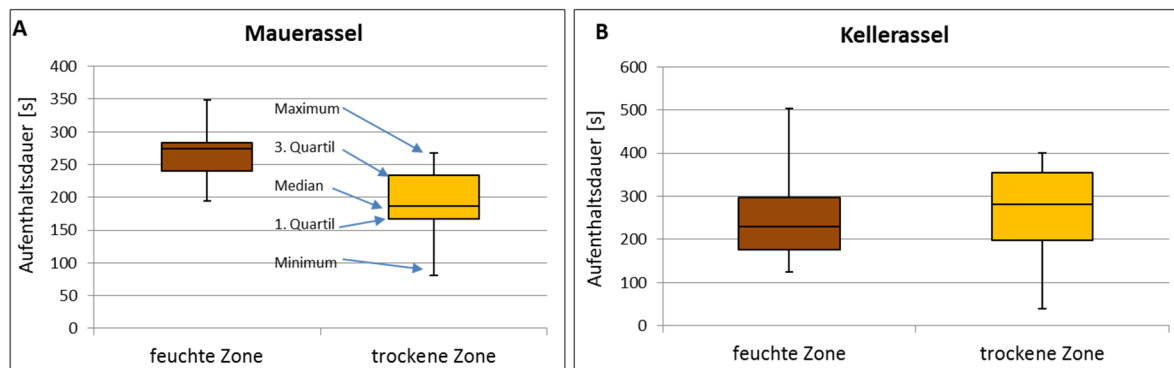
Die schließende Statistik beinhaltet die statistischen Testverfahren. Der anzuwendende Test hängt von der Fragestellung, dem Versuchsaufbau und der Art der Daten ab. Die hier gesammelten Daten sollen mit zwei verschiedenen Tests analysiert werden: mit dem **Wilcoxon-Test** für zwei abhängige (oder auch „gepaarte“) Stichproben und mit dem **Mann-Whitney-U-Test** (für zwei unabhängige (oder auch „ungepaarte“) Stichproben. So lässt sich mit Hilfe des Wilcoxon-Tests überprüfen, ob sich die Aufenthaltszeiten oder die Anzahl der Besuche zwischen der feuchten und der trockenen Zone *innerhalb einer Art* unterscheiden, ob die Asseln also eine Präferenz für eine der beiden Zonen zeigen. Mit Hilfe des **Mann-Whitney-U-Tests** kann geprüft werden, ob sich die Aufenthaltszeiten oder die Anzahl der Besuche in einer der beiden Zonen signifikant (= nicht zufällig) *zwischen den beiden Arten* unterscheiden. Zuletzt kann noch überprüft werden, ob die Zeit, die die Asseln in einer bestimmten Zone verbringen, durch die Ausrichtung der Versuchsschale beeinflusst wird. Dazu werden die Zeiten, die die Asseln auf einer Seite (der Tafel zugewandt oder abgewandt) verbracht haben - unabhängig davon welches Habitat sie darstellte - gegen die Zeiten, die die Asseln auf der anderen Seite verbracht haben, analysiert (**Wilcoxon-Test**). Eine genaue Beschreibung der schrittweisen Durchführung dieser Testverfahren findet sich in unserem **Statistik-Exkurs im Zusatzmaterial**. Zwei Ergebnistabellen, in die die Lernenden ihre Ergebnisse eintragen können, befindet sich im Arbeitsmaterial (A2).

## 5.3 Darstellung der Ergebnisse

Nach Abschluss der Datenanalyse sollten die Ergebnisse eindeutig, strukturiert und ohne Wertung dargestellt werden. Die Interpretation der Ergebnisse erfolgt erst in dem daran anschließenden Diskussionsteil. Diese Aufspaltung in Ergebnis-Darstellung und Diskussion entspricht der typischen Struktur einer wissenschaftlichen Veröffentlichung im Bereich der experimentellen Verhaltensbiologie (und anderen wissenschaftlichen Bereichen). Der Ergebnisteil sollte also aus den Ergebnissen der beschreibenden und schließenden Statistik, inklusive einer übersichtlichen grafischen Darstellung der Daten bestehen.

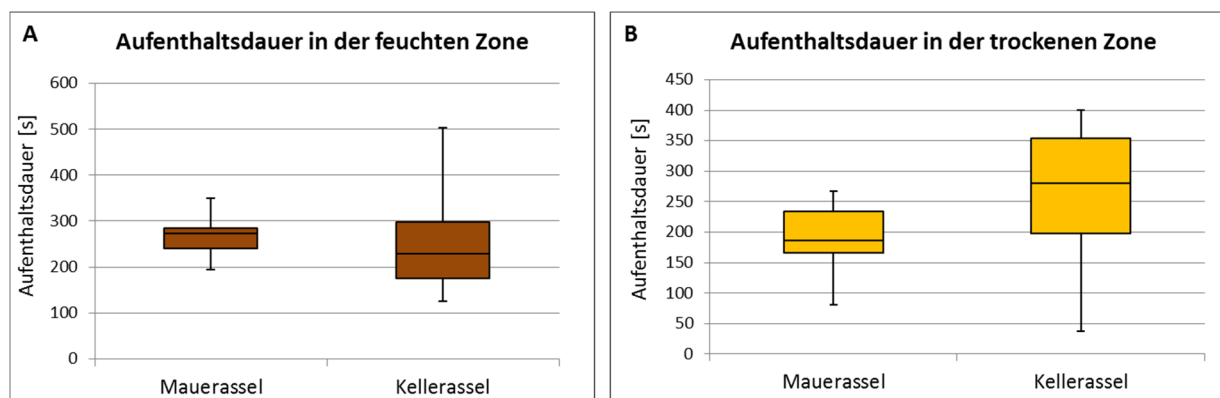
Im Folgenden sollen einige der Ergebnisse aus den Daten, die aus dem zur Verfügung gestellten Videomaterial gewonnen wurden, präsentiert werden. Es ist hilfreich, wenn die Lernenden ihre Ergebnisse zur besseren Übersicht zunächst in die Ergebnistabellen (Arbeitsmaterial A2) eintragen und im Anschluss ausformulieren. Hierzu ein Beispieltext:

Die 12 getesteten Mauerasseln hielten sich im Mittel (Median) 273,5 s in der feuchten Zone und 186,5 s in der trockenen Zone der Versuchsarena auf. Der Wilcoxon-Test ergab, dass sich die Mauerasseln signifikant länger in der feuchten als in der trockenen Zone aufhielten ( $N = 12$ ,  $T = 10$ ,  $p < 0,05$ , Abb. 6A). Die 12 untersuchten Kellerasseln hielten sich im Mittel (Median) 229,5 s in der feuchten Zone und 280,5 s in der trockenen Zone auf. Es war kein signifikanter Unterschied zwischen den Aufenthaltszeiten in der feuchten und der trockenen Zone festzustellen (Wilcoxon-Test:  $N = 12$ ,  $T = 30$ ,  $p > 0,05$ , Abb. 6B).



**Abb. 6:** Boxplots zu den Aufenthaltszeiten in der feuchten (braun) und trockenen (gelb) Zone. **A** Mauerassel, **B** Kellerassel. Die Antennen der Boxen geben die jeweiligen Minimal- und Maximalwerte an.

Der Vergleich zwischen den beiden untersuchten Asselarten zeigte, dass sich Mauerasseln und Kellerasseln nicht signifikant in ihrer Aufenthaltsdauer in der feuchten Zone unterschieden (Mann-Whitney-U-Test:  $n = 12$ ,  $m = 12$ ,  $U_1 = 55$ ,  $p > 0,05$ ; Abb. 7A). Jedoch hielten sich die Kellerasseln signifikant länger in der trockenen Zone auf als die Mauerasseln (Mann-Whitney-U-Test:  $n = 12$ ,  $m = 12$ ,  $U_2 = 37$ ,  $p = 0,05$ ; Abb. 7B).



**Abb. 7:** Boxplots zum Artvergleich bezüglich der Aufenthaltsdauer in der feuchten Zone (**A**) und in der trockenen Zone (**B**). Die Antennen der Boxen geben die Minimal- und Maximalwerte an.

## 6 Diskussion und Erkenntnisgewinn

Im Anschluss an die Datenanalyse und die sachliche Darstellung der Ergebnisse folgt die Diskussion. Es gilt nun aus den vorliegenden Ergebnissen Rückschlüsse zu ziehen. Wie lassen sich die vorhandenen oder nicht vorhandenen Unterschiede erklären? Entsprechen die Ergebnisse den Erwartungen? Hierzu sollten die zuvor erlernten Grundlagen über die Morphologie und Atmungsphysiologie der beiden Asselarten wieder aufgegriffen werden.

Einen möglichen Diskussionsansatz möchten wir hier für die beispielhaft ausgewerteten Daten aus den zur Verfügung gestellten Videosequenzen liefern:

*Kellerasseln sind durch die Ausbildung ihrer Trachealorgane weniger feuchtigkeitsabhängig als Mauerasseln. Die Auswertung des bereitgestellten Videomaterials zeigt, dass die Mauerasseln in den hier durchgeführten Versuchen das feuchte Habitat bevorzugt haben. Hingegen war bei den Kellerasseln keine eindeutige Präferenz festzustellen. Interessanterweise hielten sich Keller- und Mauerasseln in unserer Stichprobe jedoch nicht unterschiedlich lange im feuchten Habitat auf. Betrachten wir jedoch die Aufenthaltsdauer im trockenen Habitat, so sehen wir, dass sich die Kellerasseln hier signifikant länger aufhielten als die Mauerasseln. Dies könnte man dahingehend interpretieren, dass Mauerasseln eher dazu tendieren, trockene Böden zu meiden, während Kellerasseln sich gleichermaßen auf trockenen und feuchten Untergründen aufhalten.*

Auch die Ergebnisse der anderen Analysen (Vergleich der Anzahl der Aufenthalte in den verschiedenen Zonen, Vergleich der Aufenthaltsdauer in Bezug auf die Ausrichtung der Schale) sollten entsprechend diskutiert werden. Wurden Unterschiede in der Anzahl der Eintritte in die Zonen zwischen den Arten oder innerhalb einer Art gefunden? Wie lassen sich diese erklären? Hielten sich die Asseln bevorzugt auf einer bestimmten Seite der Schale auf? Wenn dies der Fall ist, so deutet dies auf eine Seitenpräferenz hin. Diese könnte damit zusammenhängen, dass die Randbedingungen (z.B. Lichtverhältnisse) auf den beiden Seiten doch nicht gleich gehalten wurden.

Die neu gewonnenen Erkenntnisse könnten nun zu weiteren Fragestellungen führen. Welche Anschlussexperimente könnten durchgeführt werden um noch offene / neue Fragen zu beantworten?

Auch eine Fehlerbetrachtung kann Teil der Diskussion sein. Die Lernenden sollten hier überlegen, inwiefern sich der Versuchsaufbau oder die Versuchsdurchführung ihrer Meinung nach noch optimieren ließe. Sollte die neutrale Zone anders gestaltet werden? Sollte die Versuchszeit verändert werden? Wenn ja, warum?

## 7 Schriftliche Ausarbeitung

Nach der gemeinsamen Diskussion im Klassenverband sollten die Lernenden einmal versuchen – als Gruppen- oder Einzelarbeit – ein Protokoll im Stil einer wissenschaftlichen Publikation zu verfassen.

### Erstellung eines Protokolls im Stil einer wissenschaftlichen Publikation

#### Titel

Der Titel sollte kurz und knapp wiedergeben, worum es in der vorliegenden Arbeit geht, beziehungsweise welche Fragestellung bearbeitet wurde.

#### Einleitung

Die Einleitung dient dazu, den Leser in die Thematik ein- und zu der Fragestellung hinzuführen. Wichtig ist hier, mit geeigneten Quellen (Fachbücher, Fachzeitschriften) zu arbeiten und diese auch im Text zu nennen. Wörtliche Zitate sind in den Naturwissenschaften eher unüblich. Vorzugsweise sollten die bekannten Fakten oder Ergebnisse aus vorangegangenen Studien mit eigenen Worten wiedergegeben werden. Nach einer aus einer Literaturquelle stammenden Aussage sollte die Quelle in Klammern an das Satz- oder Abschnittsende gesetzt werden. Üblich ist die Angabe der Nachnamen der Autoren (bei mehr als zwei Autoren wird nur der Name des Erstautors mit dem Zusatz „et al.“ oder „u.a.“ = und

andere“ angegeben), sowie das Erscheinungsjahr. Eine genauere Angabe folgt im Literaturverzeichnis. Nach der Zusammenfassung der wissenschaftlichen Hintergründe folgt die Hinleitung zur Fragestellung (Was wurde hier untersucht und warum?) sowie die Formulierung konkreter Hypothesen.

#### Material & Methoden

In diesem Teil werden das verwendete Material sowie die Versuchsdurchführung und die Methodik der Datenauswertung (welche statistischen Tests wurden verwendet?) beschrieben. Bei der Angabe des Materials sollte so genau wie möglich vorgegangen werden. Es sollte dem Leser möglich sein, den Versuch exakt so nachzumachen, wie er hier durchgeführt wurde. Hierfür sind genaue Angaben, wie zum Beispiel Größen-, Mengen- und Temperaturangaben notwendig. Der Material- & Methodenteil sollte durchgehend in der Vergangenheitsform verfasst werden. Das Einfügen von Fotos oder Skizzen des Versuchsaufbaus trägt zu einem besseren Verständnis bei.

#### Ergebnis

Im Ergebnisteil sollten alle Ergebnisse (beschreibende und schließende Statistik) ohne Interpretation in einem Fließtext (keine reine Aufzählung der Ergebnisse) beschrieben werden. Nach Möglichkeit sollten geeignete Abbildungen, auf die im Fließtext hingewiesen wird, die Ergebnisse zusätzlich anschaulich wiedergeben. Auch dieser Abschnitt sollte durchgehend in der Vergangenheitsform geschrieben sein.

#### Diskussion

In der Diskussion sollten zunächst alle Ergebnisse kurz und knapp zusammengefasst werden. Die Fragestellung aus der Einleitung wird hier wieder aufgegriffen und die aufgestellten Hypothesen werden, je nach Ergebnis der statistischen Analyse, angenommen oder verworfen. Im Anschluss folgt die Interpretation der Ergebnisse unter Berücksichtigung des bisherigen Wissenstandes. Wie in der Einleitung ist auch hier die Verwendung geeigneter Fachliteratur – und das korrekte Zitieren dieser – erforderlich. Folgende Fragen können beim Schreiben des Diskussionsteils helfen: Inwiefern entsprechen die Ergebnisse den Erwartungen? Wie lassen sich eventuell unerwartete Ergebnisse interpretieren? Welche neuen Fragestellungen ergeben sich beziehungsweise welche Fragen konnten noch nicht eindeutig geklärt werden? Die Diskussion bietet auch Platz für Kritik am Versuchsdesign: Wie könnte dieses optimiert werden?

#### Literatur

Im Literaturverzeichnis wird die im Protokoll zitierte Literatur aufgelistet. Diese sollte in alphabetischer Reihenfolge – sortiert nach dem Nachnamen des Erstautors – aufgeführt. Eine vollständige Literaturangabe enthält die folgenden Angaben:

##### Artikel aus einer wissenschaftlichen Zeitschrift:

Namen aller Autoren, Erscheinungsjahr, Titel, Name der Zeitschrift, Heftnummer, Seitenzahlen

##### Buch:

Namen aller Autoren, Erscheinungsjahr, Titel des Buches, ggf. Herausgeber, Auflage, Verlag

Wenn Internetseiten zitiert wurden, so sollte, neben der Angabe der Seite auch das Datum des letzten Aufrufs dieser Seite angegeben werden.

## 8 Über die Autorinnen

Dr. Ilka Maria Kureck, Abteilung Organismische Biologie am Institut für Biologie. Universität Siegen, Adolf-Reichwein-Str. 2, 57076 Siegen, [kureck@biologie.uni-siegen.de](mailto:kureck@biologie.uni-siegen.de)

Prof. Dr. Klaudia Witte, Abteilung Organismische Biologie am Institut für Biologie. Universität Siegen, Adolf-Reichwein-Str. 2, 57076 Siegen, [witte@biologie.uni-siegen.de](mailto:witte@biologie.uni-siegen.de)

## 9 Literatur

Bärlocher, F. (2008): Biostatistik. 2. Auflage. Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York.

Biedermann, W. (1998): Ökologische Experimente mit Asseln. Praxis der Naturwissenschaften – Biologie 47, Heft 4, S. 6-9.

Carefoot, T.H. & Taylor, B.E. (1995): Ligia: A prototypal terrestrial isopod. In: Alikhan MA (ed) Crustacean issues 9: Terrestrial isopod biology. Balkema, Rotterdam, S. 47-50.

Eisenbeis, G. & Wichard, W. (1985): Atlas zur Biologie der Bodenarthropoden. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Goldsmith, T. H. & Fernandez, H. R. (1968): Comparative Studies of Crustacean Spectral Sensitivity. Zeitschrift für Vergleichende Psychologie, 60, 156-175

Kästner, A. (1993): Lehrbuch der speziellen Zoologie. 4. Auflage. Band 1: Wirbellose Tiere. 4. Teil: Arthropoda (ohne Insecta). Gustav Fischer Verlag, Jena.

Köhler, W., Schachtel, G. & Voleske, P. (2012): Biostatistik. Eine Einführung für Biologen und Agrarwissenschaftler. 5. Auflage. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg

Moyes, C.D. & Schulte, P.M. (2008): Tierphysiologie. Pearson Studium, München

Wehner, R. & Gehring, W. (1995): Zoologie. 23. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.

Westheide, W. & Rieger, G. (2013): Spezielle Zoologie. Teil 1: Einzeller und Wirbellose Tiere. 1. Auflage. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.