



Institut für Ökologie, Evolution und Diversität



Praktikumskript

für das Spezialisierungsmodul

Ökologie der Tiere

Jörg Oehlmann, Sabrina Giebner, Peter Haase, Christian Hof,
Thomas Müller, Eike-Lena Neuschulz, Matthias Oetken,
Martin Plath, Andrea Sundermann, Carolin Völker, Heike
Zimmermann-Timm

<http://www.bio.uni-frankfurt.de/ee/ecotox/teaching>

<http://www.bik-f.de/>

Inhalt

1	Aufbau und Ziel des Praktikums	3
2	Organisation und Zeitplan	3
3	Durchführung.....	4
3.1	Ausgewählte autökologische Aspekte	4
3.1.1	Licht- und Temperaturpräferendum ausgewählter Insekten	4
3.1.2	Anpassung aquatischer Invertebraten an hydraulischen Stress	8
3.1.3	Orientierungsreaktionen von Daphnien	13
3.2	Aspekte der angewandten Ökologie.....	16
3.2.1	Daphnien-Akuttoxizität (OECD-Richtlinie 202).....	16
3.3	Wechselseitige Beziehungen zwischen Organismen	19
3.3.1	Räuber-Beute-Verhältnis.....	19
	Charakterisierung der Testorganismen.....	19
3.4	Makroökologie	24
3.4.1	Einfluss des Klimawandels auf Artverbreitungen	24
	Allgemeine Hinweise zum Praktikum Spezialisierung II – Ökologie	28

1 Aufbau und Ziel des Praktikums

Die 7-tägige Blockveranstaltung umfasst unterschiedliche Themenbereiche der Ökologie, wobei wesentliche Prinzipien dieser Fachdisziplin verdeutlicht werden sollen. Dazu zählen autökologische Aspekte wie beispielsweise Untersuchungen zum Licht- und Temperaturpräferendum von Invertebraten genauso wie spezielle Arbeitsgebiete der angewandten Ökologie (aquatische Ökotoxikologie) und Wechselbeziehungen von Organismen untereinander (Räuber-Beute-Beziehungen) sowie der Makroökologie (Auswirkungen des Klimawandels auf Artverbreitungen). Selbstverständlich können aufgrund der kurzen Zeitdauer lediglich Einblicke in die Ökologie vermittelt werden.

2 Organisation und Zeitplan

Am Blockpraktikum nehmen maximal 60 Studierende teil. Das Praktikum findet vom 22.07. bis einschließlich 30.07.2013 statt. Insgesamt sind sechs Versuche vorgesehen, jeweils in zwei Parallel-Setups, durch die die Teilnehmer in Gruppen mit maximal fünf Studierenden rotieren. Am letzten Kurstag findet eine gemeinsame Auswertung aller Versuche statt.

Das Praktikum beginnt jeden Tag um **9:00 Uhr s.t.** mit englischsprachigen Vorträgen der Studierenden im Biologicum, **Hörsaal 1 (-1.202)**. Der eigentliche praktische Teil findet anschließend im **Kursraum 4 (0.201)** im Biologicum bzw. im **Bio-Pool (0.406)** sowie in der Senckenberg Außenstelle in Gelnhausen statt.

Als Leistungsnachweis müssen alle Studierenden des Spezialisierungsmoduls *Ökologie der Tiere* (BSc-Biow-13) Gruppenprotokolle zu den sechs Versuchen verfassen und bis spätestens **16.08.2013** in endgültig akzeptierter Form beim jeweiligen Versuchsleiter vorlegen.

3 Durchführung

3.1 Ausgewählte autökologische Aspekte

3.1.1 Licht- und Temperaturpräferendum ausgewählter Insekten

Charakterisierung der Testorganismen

Gryllus bimaculatus

Die Mittelmeergrille (*Gryllus bimaculatus*) gehört zur Familie der Gryllidae (Grillen), Ordnung Ensifera, Klasse Insecta. Die Tiere sind schwarz mit zwei gelblichen Flecken am Ansatz der Vorderflügel und erreichen eine Körperlänge von etwa 20 bis 30 mm. Die Hinterflügel sind voll entwickelt und überragen die Vorderflügel um etwa das Doppelte. Die Geschlechter sind gut differenzierbar, da die Weibchen eine nadelförmige, bis zu 15 mm lange Legeröhre besitzen. *G. bimaculatus* kommt im gesamten Mittelmeergebiet von Spanien bis Griechenland vor und dort vorzugsweise in der Macchie, in Dünen sowie auf Magerrasen und Ruderalgelände. Auch auf einigen Kanaren ist sie heimisch. Die Nahrung besteht vorwiegend aus lebenden und toten Pflanzenteilen.

Tenebrio molitor L.

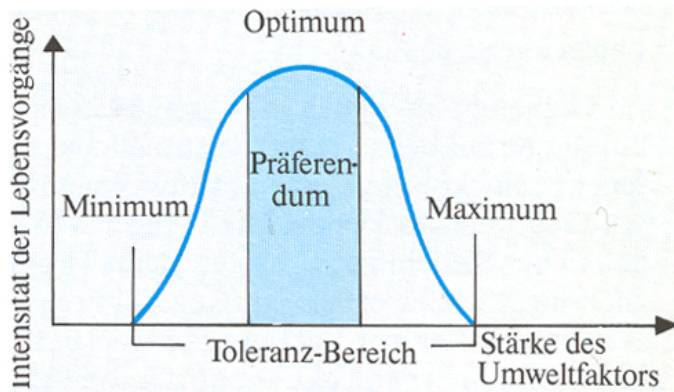
Die Larven des Mehlkäfers (*Tenebrio molitor* L.) ernähren sich u.a. von Getreideabfällen, Mahlprodukten, Nudeln und Futtermitteln. Bei Massenvermehrungen werden mehrere Generationen pro Jahr durchlaufen, wobei gleichzeitig alle Stadien anzutreffen sind. Unter Umständen kann der Mehlkäfer auch an Getreidevorräten schädlich werden, besonders wenn diese lange gelagert werden.

Die Imagines, die eine Länge von 12-18 mm erreichen, sind dunkelbraun bis schwarz gefärbt, der Kopf ist breit und flach. Die Flügeldecken sind parallel, leicht gewölbt und auf der Oberfläche gerillt. Männchen produzieren ein flüchtiges Sexualpheromon. Die ovalen weißen Eier werden einzeln oder in Form kleiner Klumpen abgelegt. Nach etwa 4 Wochen schlüpfen die Larven. Diese sind zunächst weiß, färben sich dann aber mit zunehmendem Alter hellbraun. Die Käfer sind nachtaktiv.

Testprinzip

Ein wichtiger Regulator von Lebensvorgängen ist die Temperatur, wobei die Ansprüche an die Temperaturbedingungen von Spezies zu Spezies unterschiedlich sein können. Der Ablauf chemischer Reaktionen in einem Organismus erfordert bestimmte Temperaturbereiche. Dabei unterscheidet man zwischen dem Präferendum oder Vorzugsbereich mit dem für die jeweilige Organismenart

günstigsten Wert (Optimum) und den Grenzwerten, unterhalb derer sich die Lebensbedingungen derart verschlechtern, dass sie lebensfeindlich und schließlich lebensbedrohend wirken (Abb. 1). Minimum, Optimum und Maximum sind die charakteristischen Punkte der Temperaturtoleranzkurve, die mit Hilfe einer Temperaturorgel (Abb. 2) für *G. bimaculatus* und *T. molitor* ermittelt werden soll.



Hafner und Philipp, 1986)

Abbildung 1: Toleranzkurve (aus

Benötigte Materialien

- Grillen (männliche und weibliche)
- ausgewachsene Käfer
- Temperaturorgel mit Verdunkelungsmöglichkeit (incl. 13 Thermometer)
- Eisbad (Eis und Kochsalz)
- Kochtopf und Herdplatte
- Stoppuhr
- Versuchsprotokollvordrucke

Durchführung

Mit Hilfe eines Wärmebades und eines Kältegemisches (Eis und Kochsalz) wird ein Temperaturgefälle erzeugt. Anschließend werden die Tiere an beliebigen Stellen in die Temperaturorgel eingesetzt. Nach einer Vorlaufzeit von 10 Minuten werden für eine Dauer von 30 Minuten die Aufenthaltsorte jedes einzelnen Tieres in je 3-minütigen Intervallen dokumentiert. Hierbei wird die Position notiert, an der sich der Kopf des Tieres befindet. Es werden insgesamt fünf Versuchsansätze durchgeführt (Tabelle 1).

Um geschlechtsspezifische Unterschiede im Verhalten der Grillen erfassen zu können, wird der Versuch zunächst getrennt mit Männchen und Weibchen durchgeführt. In einem dritten Versuchsansatz werden dann beide Geschlechter gemeinsam (je 2 männliche und weibliche Individuen) in die Temperaturorgel gesetzt. Diese Versuche werden im Hellen durchgeführt.

Tabelle 1: Versuchsansätze

Ansatz	Organismus	Geschlecht	Anzahl	Lichteinfluss
1	<i>G. bimaculatus</i>	w	4	hell
2	<i>G. bimaculatus</i>	m	4	hell
3	<i>G. bimaculatus</i>	w+m	2+2	hell
4	<i>T. molitor</i>	zuf.	10	hell
5	<i>T. molitor</i>	zuf.	10	dunkel

w = weiblich, m = männlich, zuf. = zufällig

Die Versuche mit den Mehlkäfern sollen Aufschluss darüber geben, ob Licht als zusätzlicher Parameter das Verhalten der Tiere beeinflusst. Die Versuche werden sowohl im Hellen als auch im Dunkeln durchgeführt. Für die Verdunkelung wird die obere Glasplatte durch eine Holzbrettkonstruktion ersetzt. Für diese Versuche ist das Geschlecht der Tiere irrelevant.

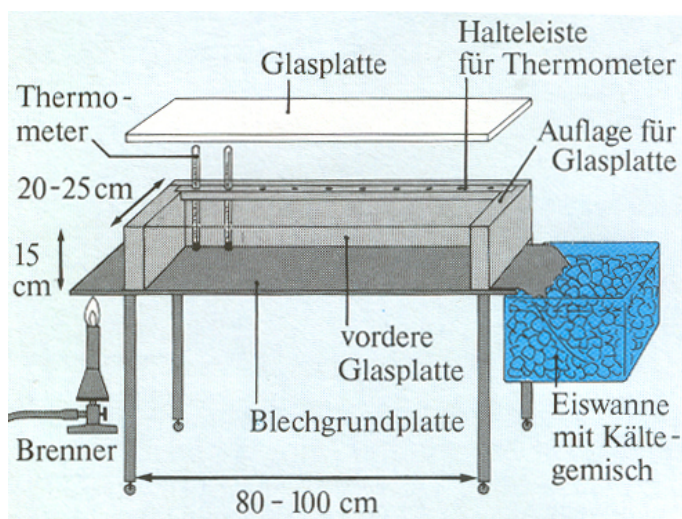


Abbildung 2: Prinzip der Temperaturorgel zur Ermittlung von Toleranzkurven bei Invertebraten (aus Hafner und Philipp, 1986)

Versuchsauswertung

Die aus den Intervallmessungen ermittelten Aufenthaltsorte und zugehörigen Temperaturen werden in eine Tabelle eingetragen (Tabelle 2). Aus den

verschiedenen Messwerten wird das durchschnittliche Temperaturpräferendum der Tiere zu jedem einzelnen Messzeitpunkt ermittelt. Die hierbei errechneten Werte werden anschließend grafisch dargestellt.

Tabelle 2: Mittlerer Aufenthaltsort von Männchen (*G. bimaculatus*) in einer Temperaturorgel (Beispiel).

t [min]	Temperatur [°C]												MW	
	37	36	35	34	32	30	28	26	24	22	20	18		16
3			2	1			1							33,0
6		1		1		1		1						31,5
9		2		1				1						33,0
12	1		2				1							33,8
15		1		3										34,5
18		1	2				1							33,5
21		3	1											35,8
24		1	2				1							33,5
27			3	1										34,8
30		3	1											35,8
														33,9

Fragen als Diskussionsgrundlage

- Unterscheiden sich die Temperaturoptima beider Insektenarten?
- Präferieren Männchen und Weibchen der Grillen unterschiedliche Temperaturen?
- Wie hoch ist die Variabilität der Temperaturpräferenz in einer aus Männchen und einer aus Weibchen bestehenden Population?
- Unterscheiden sich die bevorzugten Temperaturen bei Licht und bei Dunkelheit bei denselben Individuen (Grillen)?
- Kann das synchrone Einwirken mehrerer Reize (hier Temperatur und Geschlechtspartner) das thermische Verhalten abändern?

Literatur

Hafner L, Philipp E (1986): Ökologie. Schroedel-Verlag Hannover.

Herter K (1924): Untersuchungen über den Temperatursinn einiger Insekten. Zeitschrift für vergleichende Physiologie 1, 221-288.

3.1.2 Anpassung aquatischer Invertebraten an hydraulischen Stress

Dieser Versuch besteht aus einem Freilandteil (vormittags) und einem Laborteil (nachmittags). Ziel der Untersuchungen im Freiland ist es, die Tiere, die nachmittags in den Fließrinnenexperimenten verwendet werden, am Vormittag in ihrem natürlichen Habitat im Fließgewässer zu erfassen.

Charakterisierung der Testorganismen

Die Eintagsfliege ***Baetis rhodani*** (Insecta, Ephemeroptera) kommt sehr häufig in langsam oder schnell fließenden Gewässern Mitteleuropas vor. Die 5-9 mm langen Larven sind schlank, nicht abgeplattet, mit 3 langbehaarten Cerci und 7 einfachen, eiförmigen Kiemenblättchen. Letztere sind am vorderen Rand bedornt (40-fache Vergrößerung). Die Species ist bivoltin (2 Generationen pro Jahr), wobei das Weibchen zur Eiablage ins Wasser geht und dort die Eier am Substrat festheftet (Engelhardt, 1989).

Rhithrogena semicolorata gehört ebenfalls zu den Eintagsfliegen. Die Larven sind häufig auf Steinen in schnell fließenden Berg- oder Quellbächen zu finden. Der Körper dieser rheophilen Art ist abgeplattet, wobei die Augen auf der Kopfoberseite liegen. Die 8-12 mm großen Tiere besitzen sieben seitliche Kiemenblattpaare (Engelhardt, 1989), deren erstes Paar so groß ist, dass sie sich fast auf der Bauchseite berühren.

Chironomus riparius (Insecta, Diptera) gehört zur Familie der Zuckmücken (Chironomidae), die eine der arten- und individuenreichsten Insektenfamilien darstellt. Bis heute sind ca. 10.000 verschiedene Arten beschrieben (Armitage et al., 1995). Die ökologische Bedeutung der Familie liegt im hohen Detritusumsatz, dem Stoffaustausch zwischen Wasser und Sediment und der Funktion als Nahrungsgrundlage vieler Fische, Enten und Invertebraten (Govinda et al. 2000).

Der Lebenszyklus von *C. riparius* ist komplex und besteht aus vier verschiedenen Entwicklungsphasen. Beginnend mit dem Eistadium durchlaufen die Tiere vier aquatische Larvalstadien, welche eng an Häutungen gekoppelt sind. Nach dem L4-Stadium verpuppen sich die Larven. Aus den Puppen schlüpfen nach etwa einem Tag die Imagines. Sie leben im Gegensatz zu den ersten drei aquatischen Entwicklungsstadien rein terrestrisch (Abbildung 3). Die aquatischen Entwicklungsstadien sind in stehenden und langsam fließenden Gewässern zu finden.

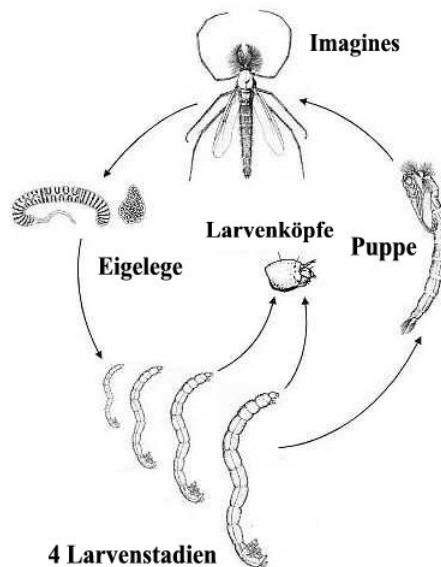


Abbildung 3: Lebenszyklus der Zuckmücken.

Nach der Paarung, der das Schwärmen der Imagines vorausgeht, legen die Weibchen spiralförmige Gelege, die aus bis zu 900 Eiern bestehen können, auf Steinen oder Wasserpflanzen direkt an der Wasseroberfläche ab. Nach 2-3 Tagen entwickeln sich aus den Gelegen die ersten Larven, die sich in das Sediment eingraben.

Ancylus fluviatilis (Mollusca, Gastropoda) lebt hauptsächlich in stark strömenden, sehr sauerstoffreichen Bächen. Manchmal findet man sie aber auch in der Brandungszone von Seen (Engelhardt, 1989). Das haubenförmig ausgebildete Gehäuse gibt ihr die charakteristische, unverwechselbare Gestalt. Sie kommt niemals an die Wasseroberfläche vor, sondern saugt sich mit ihrer breiten Fußscheibe an Steinen fest und ernährt sich von Algenaufwuchs.

Die Vertreter der Gattung *Potamopyrgus* (Gastropoda, Prosobranchia) leben überwiegend auf der südlichen Erdhalbkugel. In Europa kommt nur die Art ***Potamopyrgus antipodarum*** (Mollusca, Gastropoda) (Zwergdeckelschnecke) vor, die früher als *Hydrobia jenkinsi* bezeichnet wurde. Die aus Neuseeland stammende Schnecke wurde 1883 erstmalig in England entdeckt und breitet sich seitdem in Mitteleuropa rasant aus. Verantwortlich ist dafür vermutlich in erster Linie die hohe Reproduktionsleistung der Art. Gewährleistet wird dies durch eine parthenogenetische Fortpflanzungsweise (Gruner et al., 2000). Die Weibchen bringen im Gegensatz zu den meisten anderen Arten innerhalb der Prosobranchia vollentwickelte Jungtiere hervor (Ovoviviparie). Die Zahl der Embryonen im Uterus schwankt zwischen 5 und 36, wobei die einzelnen Embryonen unterschiedlich weit entwickelt sind. Die Art wird mit 3-5 Monaten geschlechtsreif und ist mit 5-6 Monaten voll ausgewachsen. *P. antipodarum* lebt meistens auf der Oberfläche von Weichsedimenten oder auf kleinen Steinen, seltener auf Makrophyten. Bevorzugt

werden stehende oder langsam fließende Gewässer. Sie ernährt sich hauptsächlich von Aufwuchs (Diatomeen und Purpurbakterien), der mit der Radula vom Untergrund (Ton, Sand, Algenwatten, Schlamm) abgeweidet wird.

Der Bachflohkrebs ***Gammarus pulex*** (Crustacea, Amphipoda) lebt im Süßwasser, in Seen und Mooren ebenso wie in fließenden Gewässern Europas und Asiens. Die meisten Individuen leben auf dem Boden in Ufernähe bis zu einer Tiefe von 2 m. Im Winterhalbjahr sind sie vorwiegend unter den Steinen zu finden. Im Gegensatz zur Wasserassel findet man sie aber nie in fauligem Wasser oder in Buchenlaubtümpeln. Die Reinheit des Wassers ist jedoch nicht so ausschlaggebend für das Gedeihen des Bachflohkrebses wie der hohe Sauerstoffgehalt. Auch die ökologischen Ansprüche an den Kalkgehalt des Wassers wurden früher überschätzt, ein Härtegrad über 2 ist jedoch nötig. Im Hinblick auf den Ernährungstyp gehört *G. pulex* zu den Zerkleinerern, die Nahrung des Bachflohkrebses besteht hauptsächlich aus pflanzlichem Detritus und Aas.

Der Große Schneckenegel (***Glossiphonia complanata***) gehört zum Stamm der Articulata und zur Ordnung der Hirudinea (Egel). Der Körper der 10-30 mm langen Tiere ist flach und sehr fest, im Kopfbereich befinden sich drei hintereinanderliegende Augenpaare. Die Färbung ist meist grau oder grünlich mit sechs Längsreihen gelblicher Warzen auf jedem dritten Körperring und zwei dunklen Längsbändern. *G. glossiphonia* lebt meist unter Steinen in stehenden und fließenden Gewässern aller Art.

Testprinzip

In Fließgewässeroberläufen leben Benthosarten, die nur in der Strömung leben können (rheobiont) oder die diese zumindest bevorzugen (rheophil). Das strömende Wasser birgt für viele Organismen jedoch die Gefahr, vom Lebensraum weggespült (verdriftet) zu werden, insbesondere bei Hochwasserereignissen. Um dem insbesondere bei Hochwässern entgegenwirken zu können, haben viele rheobionte bzw. rheophile Arten Anpassungen (beispielsweise die Verringerung des Wasserwiderstands, die Entwicklung von Saugnäpfen oder auch die Ausbildung spezieller Haltevorrichtungen) entwickelt. Dadurch wird es ihnen ermöglicht, auch bei hohen Fließgeschwindigkeiten in ihrem Habitat zu bleiben. Insbesondere Populationen limnophiler Arten, die keine speziellen Anpassungen gegen eine Verdriftung entwickelt haben, werden durch Hochwässer beeinflusst. Obwohl die Drift einigen Arten auch der Ausbreitung in unbesiedelte Areale (Dispersionsdrift) dient, gilt es für die meisten Taxa, die Abdrift zu verhindern.

Kommt es dennoch zur Verdriftung von Individuen einer Art aus einem bestimmten Gewässerabschnitt, muss die Drift ausgeglichen werden. Dazu fliegen adulte

Insekten beispielsweise flussaufwärts zur Eiablage (Kompensationsflug). Nichtfliegende Taxa wandern gegen die Strömung zurück (positive Rheotaxis) oder produzieren mehr Nachkommen als erforderlich.

Das Ziel dieses Praktikumsteiles ist die experimentelle Bestimmung der Abrissgeschwindigkeit unterschiedlicher systematischer Gruppen durch die strömende Welle in einer Fließrinne, wobei die Spanne von limnobionten bis zu rheobioten Arten reicht.

Benötigte Materialien

- Je 10 gleich alte Individuen verschiedener Fließgewässerarten
- Fließrinne mit unterschiedlichen Substraten
- Hochleistungspumpen
- elektronisches Strömungsmessgerät für geringe Wassertiefen
- Tischstoppuhren

Durchführung

Jeweils 10 Individuen einer Art werden in die Fließrinne am Ort A (Abb. 4) eingesetzt. Nach einer Eingewöhnungsphase von 5 Minuten, wird eine Strömung mit Hilfe einer Hochleistungspumpe erzeugt und das Gitter an Ort B entfernt. Zur Erfassung der Fließgeschwindigkeit dient ein Strömungsmessgerät, das am Ort B in das fließende Wasser gehalten wird. Während des Experiments wird die Fließgeschwindigkeit protokolliert, bei der die Tiere verdriftet werden. Außerdem wird die Driftdichte (Zahl der driftenden Tiere einer Art bei einer definierten Fließgeschwindigkeit) sowie die räumliche Drift (Oberflächendrift oder Grunddrift) ermittelt.

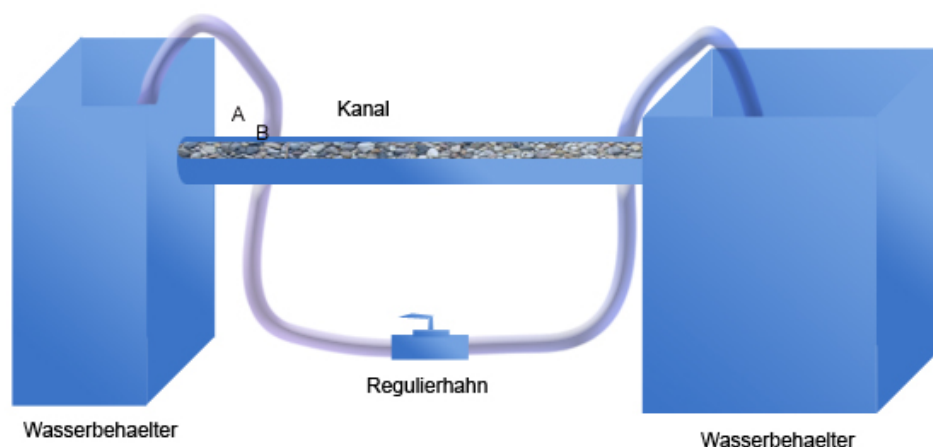


Abbildung 4: Fließgerinne zur Untersuchung der Anpassung aquatischer Invertebraten an hydraulischen Stress

Nachdem alle Arten untersucht wurden, werden die speziellen Strukturen unter dem Mikroskop untersucht und gezeichnet, die ein Vorkommen der Taxa auch bei hoher Strömungsgeschwindigkeit ermöglichen.

Fragen als Diskussionsgrundlage

- Welche besonderen Strukturen/Anpassungen haben die untersuchten Arten gegen den hydraulischen Stress entwickelt.
- Welche Driftdistanzen legen die einzelnen Taxa in der Fließrinne zurück?
- Differenzieren Sie bei Ihren Beobachtungen in Oberflächendrift und Grunddrift.
- Diskutieren Sie die Wiederbesiedlungsmöglichkeiten nach einer Störung (Hochwasser) in einem Gewässer.

Literatur

Armitage PD, Cranston PS, Pinder LCV (1995): The Chironomidae: Biology and ecology of non-biting midges. Chapman & Hall, London.

Brehm J, Meijering MPD (1990): Fließgewässerkunde. Einführung in die Limnologie der Quellen, Bäche und Flüsse. Quelle & Meyer, Wiesbaden, 2. Auflage, 295 Seiten.

Engelhardt, W (1989): Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? Pflanzen und Tiere unserer Gewässer. Franckh'sche Verlagshandlung Stuttgart.

Govinda S, Kutlow T, Bentivegna CS (2000) Identification of a putative ribosomal protein mRNA in *Chironomus riparius* and its response to cadmium, heat shock, and actinomycin D. Journal of Biochemical and Molecular Toxicology, 14(4), 195-203.

Gruner HE, Hannemann HJ, Hartwich G, Kilius R (2000): Urania Tierreich – Wirbellose Tiere. Urania Verlag Berlin.

Schönborn W (2003): Lehrbuch der Limnologie. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Science Publishers, Stuttgart, 588 Seiten.

Uhlmann D, Horn W (2001): Hydrobiologie der Binnengewässer. UTB – Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 528 Seiten.

3.1.3 Orientierungsreaktionen von Daphnien

Charakterisierung des Testorganismus

Daphnien (Wasserflöhe) sind Süßwasser-Crustaceen, die in Tümpeln, Seen und Flüssen stark verbreitet sind. Sie spielen eine wichtige Rolle als Fischnährtiere und machen kleinere Algen und Plankton für Fische nutzbar. Damit sind sie ein unverzichtbares Glied in der Nahrungskette von Süßwassersystemen. Die meiste Zeit des Jahres besteht die natürliche Population vorwiegend aus weiblichen Tieren. Diese können sich ungeschlechtlich mit Hilfe unbefruchteter Eier vermehren (Parthenogenese). Der Anteil männlicher Tiere wächst in Abhängigkeit von einer Abnahme der Temperatur. Gegen Jahresende pflanzen sich die Tiere geschlechtlich über befruchtete Eier (Winter- oder Dauereier) fort, die den Winter sowie Trockenperioden unbeschadet überdauern können.

Die Lebensdauer der Daphnien schwankt je nach vorherrschender Temperatur, bewegt sich im Mittel aber zwischen 30 und 50 Tagen. Die Geschlechtsreife wird nach 7 bis 10 Tagen erreicht. Die Eier werden im Brutraum geschlechtsreifer Weibchen abgelegt und bei der Häutung abgestoßen.

Die Wasserflöhe besitzen wie alle Krebse zwei Paar Antennen, wobei die größeren 2. Antennen der Fortbewegung dienen. Durch die Ruderbewegungen vollführt der Krebs hüpfende Bewegungen im Wasser. Im Experiment werden die Daphnien-Arten *D. pulex* und *D. magna* verwendet.

Testprinzip

Daphnien halten sich tagsüber im dunklen, kalten Tiefenwasser von Seen auf, um dem Fraß durch Fische zu entgehen (Haney & Hall, 1975; Harris & Manson, 1956). Dieses Phänomen gilt für viele Zooplankter (Oda & Hanazato, 2008, Zaret & Suffern, 1976). Als optisch orientierte Räuber jagen Fische bevorzugt in den oberflächennahen Wasserschichten, in denen ausreichende Sichtbedingungen herrschen. Die Zooplankter kommen erst nachts wieder ins Oberflächenwasser, um beispielsweise Algen zu fressen. Man spricht bei dieser gerichteten Bewegung von *Taxis*, wobei sich die Tiere von der Reizquelle wegbewegen (*negative Taxis*). Allerdings führt das Abtauchen in die Tiefe des Sees die Wasserflöhe nicht nur in nahrungsärmere Regionen, sondern die niedrigere Temperatur in den tieferen Wasserschichten hemmt die Entwicklung ihrer Eier im Brutraum, so dass die Reproduktionsrate sinkt.

Die tagesperiodische Vertikalwanderung wird nicht allein durch die relative Änderung der Lichtintensität gesteuert, sondern häufig auch durch von den Fischen

abgegebene chemische Signalstoffe, so genannte Kairomone. Die Reaktion auf Kairomone kann allerdings aufgrund der genetischen Variabilität unterschiedlich ausfallen, d.h. unter gleichen Bedingungen können Organismen entsprechend ihrem Genotyp unterschiedlich reagieren. Diese Unterschiede sind erblich und damit auch dem Selektionsdruck in der Evolution ausgesetzt. Ein Daphnien-Klon, dessen Individuen nie dem Fraßdruck durch Fische ausgesetzt waren, wird nicht in die Tiefe wandern. Ein anderer Klon, der aus einem See stammt, in dem er mit Raubfischen koexistierte, wird dagegen in die Tiefe ausweichen, wenn entsprechende Kairomone im Wasser vorhanden sind.

Benötigte Materialien

- Transparente Wassersäule von 2 m Höhe mit dimmbarer Beleuchtungseinheit
- Pro Durchgang je 15 ausgewachsene Individuen der Spezies *D. magna* und *D. pulex* aus einer Laborzucht
- Je 15 ausgewachsene Individuen der Spezies *D. pulex* aus dem Freiland (Botanischer Garten)
- Wasser aus Aquarium mit Elritzen (*Phoxinus phoxinus*)
- Stoppuhr
- Lichtmessgerät (Luxmeter)
- Schreibzeug

Durchführung

Die Wassertemperatur der mit Leitungswasser befüllten Wassersäule sollte bei 20°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) liegen. 15 Individuen der Art *Daphnia magna* aus einer Laborpopulation werden zunächst in die Säule, die sich in einem abgedunkelten Raum befindet, gegeben. Um eine Vertikalwanderung der Tiere erfassen zu können, wird von oben mit den Lichtstärken 200 und 2000 Lux beleuchtet (diese bitte neben der Säule mit dem Luxmeter messen) und nach 5 Minuten der Aufenthalt aller Daphnien protokolliert. Anschließend wird das Wasser abgelassen und die Daphnien werden aus dem Wasser mittels eines Siebes entfernt. Der gleiche Versuch wird mit *Daphnia pulex* aus der Zucht - ebenfalls bei 200 und 2000 Lux - durchgeführt. Schließlich werden jeweils 15 Individuen von *D. pulex* aus dem Freiland (Gewässer im Botanischen Garten) eingesetzt.

In einem weiteren Experiment werden ausschließlich Daphnien der Art *D. magna* verwendet. Nachdem je 15 Daphnien in die Säule gegeben wurden, werden zunächst 100 mL Hälterungswasser aus dem Becken mit Elritzen (ernähren sich u.a. von Daphnien) von oben vorsichtig auf die Säule gegeben. Um feststellen zu können, ob zusätzliche Reize die Migration auslösen bzw. verstärken, wird das Verhalten von *D. magna* bei 200 Lux in Gegenwart von (Elritzen-)Kairomonen über 5 Minuten

beobachtet. Sowohl die Experimente mit den Labortieren als auch diejenigen mit den Freilandtieren werden dreifach wiederholt.

Versuchsauswertung

Alle erhobenen Daten werden in tabellarischer Form zusammengefasst. Für jede Lichtintensität wird der mittlere Aufenthaltsort der Daphnien entsprechend folgender Formel berechnet:

$$I = \frac{(a \cdot n_1 + a \cdot n_2 + a \dots + a \cdot n_x)}{Z}$$

I = Mittlerer Aufenthaltsort

n = Entfernung von der Einsatzstelle

a = Anzahl der Tiere an Ort 0-200

Z = Zahl der eingesetzten Tiere

Fragen als Diskussionsgrundlage

- Zeigen beide Daphnienarten eine Vertikalwanderung, sobald die Beleuchtung eingeschaltet wird?
- Lassen sich Unterschiede bezüglich der Herkunft der Tiere (Laborzucht vs. Freiland) beobachten?
- Inwieweit ist die Vertikalwanderung von der Beleuchtungsintensität abhängig?
- Gibt es migrierende und nicht-migrierende Individuen?
- Bewirken Kairomone im Wasser ein Wanderverhalten auch bei den ansonsten nicht-migrierenden Tieren?

Literatur

Haney JF, Hall DJ (1975): Diel vertical migration and filter-feeding activities of *Daphnia*. Archiv für Hydrobiologie. 75(4), 413-441.

Harris JE, Manson P (1956): Vertical migration in eyeless *Daphnia*. Proceedings of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences. 145(919), 280-290.

Oda S, Hanazato T (2008): Diel vertical migration patterns in two populations of *Chaoborus flavicans* larvae (Diptera: Chaoboridae) in response to fish kairomones. Journal of Limnology, 67(2), 93-99.

Zaret TM and Suffern JS (1976): Vertikal migration in zooplankton as a predator avoidance mechanism. Limnology and Ozeanography, 21(6), 806-813.

3.2 Aspekte der angewandten Ökologie

3.2.1 Daphnien-Akuttoxizität (OECD-Richtlinie 202)

Daphnien werden sowohl in akuten als auch in chronischen Toxizitätstests verwendet, da sie gut verfügbar sind, sich problemlos an die Bedingungen im Labor anpassen, nur wenig Platz benötigen und empfindlich gegenüber Chemikalien und Verunreinigungen sind, die in der Umwelt vorkommen. Im akuten Toxizitätstest nach der OECD-Richtlinie 202 (OECD, 2004) werden die Daphnien über 48 Stunden exponiert. Als Endpunkte werden hierbei die Immobilisation der Tiere nach 24 sowie nach 48 Stunden bewertet. Der in der OECD- Richtlinie 211 (OECD, 1998) standardisierte chronische Toxizitätstest wird über 21 Tage durchgeführt, ist aber nicht Gegenstand dieses Praktikums.

Aus Zeitgründen wird im Praktikum die Exposition der Tiere gegenüber der Prüfsubstanz (*hier*: NaCl) im akuten Toxizitätstest auf drei Stunden beschränkt.

Testprinzip

In diesem Praktikum wird die **akute Wirkung** unterschiedlicher Konzentrationen von **Kochsalz (NaCl)** im Kurzzeittest untersucht. Für die Exposition werden juvenile Daphnien (< 24 h alt) verwendet.

Benötigte Materialien

- Leuchttisch zur Bonierung der Daphnien
- Feinwaage (z.B. Satorius TE 212)
- Magnetrührer (z.B. Heidolph MR Hei-Mix S)
- Analysekit WTW Multi 340i Set
- Laptop mit Officepaket und Auswertesoftware
- 44 Bechergläser (100 mL)
- Satz Glasvollpipetten (10, 25, 50 mL) Satz Glasvollpipetten (10, 25, 50 mL)
- Glaspipetten (1,5 mL)
- Pipettierhelfer
- NaCl (CAS 7647-14-5; Merck)
- Cetylalkohol
- Uhrgläser zur Abdeckung

Durchführung

Während der Expositionszeit über 3 h bei 20°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) und einem Hell-Dunkel-Rhythmus von 16:8 h wird bei den Daphnien kein Wasserwechsel durchgeführt. Außerdem werden sie weder gefüttert noch belüftet.

Als Testgefäße dienen 100 ml Bechergläser (\varnothing : 5,2 cm), die während der Versuchszeit mit passenden Uhrglasschalen (\varnothing : 6,0 cm) abgedeckt werden. Für die Herstellung von verschiedenen Testkonzentrationen wird eine Stammlösung (15 g/L) mit ISO-Medium (1 L entionisiertes Wasser wird mit 11,76 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 4,93 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 2,59 g NaHCO_3 sowie 0,23 g KCl versetzt) hergestellt, welche anschließend in einer Konzentrationsreihe um den Faktor 1,2 verdünnt wird. Somit ergeben sich für NaCl folgende zehn Testkonzentrationen: 15; 12,5; 10,4; 8,68; 7,23; 6,03; 5,02; 4,19; 3,49 und 2,91 g/L. Die Bechergläser werden mit je 50 mL der entsprechend konzentrierten NaCl-Lösung befüllt. Pro Konzentration werden je vier Replikate mit jeweils fünf Individuen angesetzt (für die Kontrolle werden ebenfalls vier Replikate verwendet. Nach 3 h wird die Anzahl der immobilisierten Wasserflöhe bestimmt. Außerdem wird mit Hilfe des WTW-Multimessgerätes die Sauerstoffkonzentration in den Kontrollansätzen am Versuchsende bestimmt.

Der Test ist valide, wenn in der Kontrolle nicht mehr als 10% der Daphnien immobilisiert sind und die Sauerstoffkonzentration in der Kontrolle und den Behandlungen mindestens 3 mg/L beträgt.

Versuchsauswertung

Nach 3 h werden die Daphnien in jedem Gefäß gezählt und die Tiere notiert, die sich nicht mehr bewegen. Als immobil gelten jene Tiere, die nach Berührung oder Erschütterung keine Regung mehr zeigen. Hierfür werden die Gläser auf einen Leuchttisch gestellt, um die Daphnien genauer beobachten zu können. Alle 20 Tiere pro Behandlung werden zusammengefasst und der prozentuale Anteil an unbeweglichen beziehungsweise toten Tieren ermittelt. Aus diesen Werten erfolgt eine statistische Auswertung mit GraphPad Prism[®]. Die Daten werden mit Hilfe des Fisher's Exact-Test ausgewertet und die *No Observed Effect Concentration* (NOEC) und die *Lowest Observed Effect Concentration* (LOEC) an Hand der Graphen bestimmt. Zusätzlich wird mit dem Statistikprogramm KOK-456T2 (Kusk, 2003) die Konzentration ermittelt, bei der 50 % Effekt (*hier*: Mortalität) auftritt (EC₅₀-Wert). Darüber hinaus wird das Konfidenzintervall, das als Maß für die Güte der Anpassung herangezogen wird, angegeben.

Fragen als Diskussionsgrundlage

- Wie beurteilen Sie die Aussagekraft eines derartigen Akuttests mit einer Versuchsdauer von 3 h?
- Die genetische Variabilität ist bei den meisten Daphnienkulturen, die für Tests eingesetzt werden, extrem niedrig, da die Weibchen unter optimalen Bedingungen gehalten werden und sich dabei ausschließlich über Parthenogenese fortpflanzen. Was kann dies für die Tests bedeuten?
- Würden Sie höhere, niedrigere oder vergleichbare EC₅₀ erwarten, wenn ältere Daphnien für den Versuch eingesetzt werden?

Literatur

Kusk O (2003): KOK-456T2 - Program Manual For Statistical Data Treatment Of Toxicity Test Results. Lungby, Denmark.

Mount DR, Gulley DD, Hockett J, Garrison TD, Evans JM (1997): Statistical models to predict the toxicity of major ions to *Ceriodaphnia dubia*, *Daphnia magna* and *Pimephales promelas* (fathead minnows). *Environmental Toxicology and Chemistry* 16(10), 2009-2019.

OECD (1998): *Daphnia magna* Reproduction Test. OECD Guidelines for Testing Chemicals. Guideline 211, Paris.

OECD (2004): *Daphnia sp.* – Acute Immobilisation Test. OECD Guidelines for Testing Chemicals. Guideline 202, Paris.

3.3 Wechselseitige Beziehungen zwischen Organismen

3.3.1 Räuber-Beute-Verhältnis

Charakterisierung der Testorganismen

Der Mexicokärpfling oder Höhlenmolly *Poecilia mexicana* (Abb. 11) gehört innerhalb der Osteichthyes zur Familie der Lebendgebährenden Zahnkarpfen (Poeciliidae). Die Art ist von Mexiko bis Guatemala weit verbreitet und bevorzugt Temperaturen zwischen 22-28 °C und pH-Werte zwischen 7 und 8. Die Art erreicht eine Größe bis zu 12 cm. Die Nahrung besteht zur Hauptsache aus Kleinkrebsen, Fluginsekten und Würmern.



Abbildung 11: *Poecilia mexicana* (Foto: Ingo Seidel)

Der rote Bachröhrenwurm *Tubifex tubifex* (Annelida, Oligochaeta, Tubificidae) wird als Beutetier in diesem Versuch eingesetzt. Er kann bis zu 8 cm lang werden und lebt kopfüber im Benthos in selbstgebauten Wohnröhren, in die er sich bei Gefahr schnell zurückziehen kann. Er ernährt sich von Algen, Plankton und anderen organischen Zersetzungsprodukten, die mit Frischwasser in seine Röhre gelangen. Wie die roten Mückenlarven besitzt auch *Tubifex* ein rotfarbenes Hämoglobin, was ihm ermöglicht, unter Sauerstoffarmut zu existieren. Alternativ kann als Nahrung auch *Lumbriculus variegatus* (Abb. 12) eingesetzt werden. Der Oligochaet gehört ebenfalls zum Stamm der Annelida und wird dort der Familie Lumbriculidae zugeordnet. Er kommt vor allem in Süßgewässern Nordamerikas und Europas vor. Sein Körper besteht aus bis zu 200 Segmenten. Er wird bis zu 8 cm lang und erreicht einen Durchmesser von ca. 1,5 mm (Füller et al., 1993). *L. variegatus* bevorzugt sandige Sedimente in einer Wassertiefe zwischen 2 und 60 m, wobei der anteriore Teil des Wurms meist im Sediment vergraben ist, während der posteriore Teil in das Wasser ragt und damit dem respiratorischen Austausch dient (Phipps et al., 1993). Als sogenannter Sedimentfresser besteht die Nahrung von *L. variegatus* vornehmlich

aus im Sediment befindlichem pflanzlichem und tierischem Detritus sowie aus daran anhaftenden Algen und Bakterien. Sie nehmen das Sediment aus einigen Zentimetern Tiefe auf, verwerten die organische Substanz, scheiden ihre Fäces an der Sedimentoberfläche aus und schichten das Sediment auf diese Weise um. Dieser Vorgang wird als Bioturbation bezeichnet (Lampert & Sommer, 1999).

Adulte Würmer sind Zwitter und neben der sexuellen Reproduktion durch Ablage von Kokons auch zur asexuellen Vermehrung durch Querteilung (Morphallaxis) fähig (Drewes & Foutner, 1990). Hierbei trennen sich anteriorer und posteriorer Teil voneinander und werden anschließend jeweils komplett regeneriert. Dieser Prozess dauert 14 - 16 Tage (Phipps et al., 1993). Bei Hälterung im Labor vermehrt sich *L. variegatus* ausschließlich durch Morphallaxis (Drewes & Brinkhurst, 1990).



Abbildung 12: *Lumbricus variegatus*

Testprinzip

In diesem Versuch soll die ökonomische Ausnutzung von Gemeinschaftsressourcen in Abhängigkeit von der räumlichen Struktur untersucht werden. Das beschriebene Experiment geht auf einen Versuch der Abteilung Evolutionsbiologie am Max-Planck-Institut in Plön zurück (MPG, 2000). Der Hintergrund ist, dass gemeinschaftlich genutzte Ressourcen wie der Fischbestand der Weltmeere in der Regel übernutzt werden: Zurückhaltung kommt allen (ein wenig) zugute, Übernutzung bringt allein dem Übernutzer einen (großen) Vorteil. Wenn in geschlossenen Gemeinschaften aber immer wieder dieselben Konkurrenten in ähnlichen Konkurrenzsituationen aufeinandertreffen, könnte eine Form von Reziprozität zu Kooperation führen. Tiere, die normalerweise Ressourcen gemeinschaftlich ausnutzen, könnten Regeln entwickelt haben, dies ökonomisch und kooperativ zu tun. Kleinere Fischschwärme sind über längere Zeit stabil und, im Gegensatz zu früheren Annahmen, keine anonymen Gesellschaften. Solche Schwärme beispielsweise suchen Nahrungsstellen nacheinander ab und beuten sie jeweils gemeinschaftlich aus.

Nahrungsstellen sind selten homogen. Sie bestehen meist aus Zonen unterschiedlicher Nahrungsdichte. Da die Beutefangrate jedes Fisches mit der Beutedichte steigt, lassen sich Regeln ableiten, wie ein Schwarm eine gefundene Nahrungsstelle, die z.B. aus zwei Zonen unterschiedlicher Beutedichte besteht, ökonomisch ausnutzen sollte: Alle Fische sollten zuerst in der Zone mit der höheren Beutedichte jagen bis deren Dichte auf das Niveau der anderen Zone heruntergefressen ist, dann sollte sich der Schwarm halbieren und jeder Halbschwarm in einer der beiden Zonen fressen (Abb.13).

Auf diese Weise könnte jede Nahrungsstelle in minimaler Zeit ausgenutzt werden. Jedes Schwarmmitglied würde davon profitieren. Dies setzt voraus, dass alle zu jeder Zeit perfekt über die aktuellen Beutedichten in beiden Zonen informiert sind. Ein Konflikt entsteht dadurch, dass diejenigen, die solche Information sammeln, weniger zum Fressen kommen. Wenn man annimmt, dass die Fische die Beute innerhalb einer Zone sehr ungleichmäßig dezimieren, ist die Information über die aktuelle mittlere Beutedichte durch kurzzeitiges Messen schwer zu bekommen.

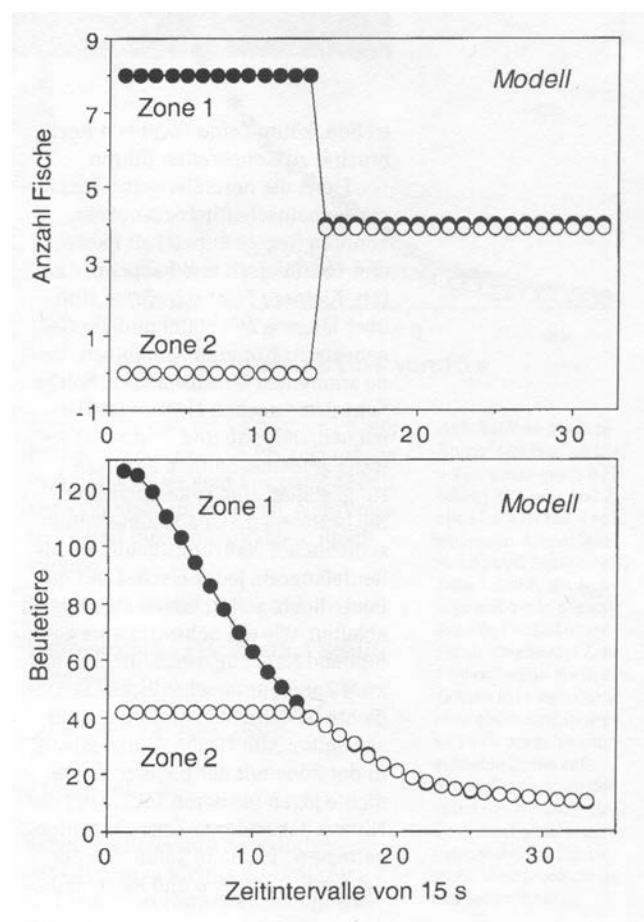


Abbildung 13: Modell, wie acht Fische gemeinschaftlich zwei Zonen unterschiedlicher Beutetiere optimal nutzen sollten.

Benötigte Materialien

- Kleinaquarien mit divergierender Strukturvielfalt
- Tischstoppuhren
- Kleingeräte (Käscher, Pipetten, Siebe, etc.)
- Mexicokärpfling (*Poecilia mexicana*)
- Bachröhrenwürmer (*Tubifex tubifex*), alternativ *Lumbriculus variegatus*
- 24-well-Mikrotiterplatten

Durchführung

Junge *Poecilia mexicana* suchen den größten Teil des Jahres in Schwärmen nach Nahrung. Man kann ihr soziales Fressverhalten im Labor untersuchen, indem man sie in Schwärmen von z.B. je 8 gleich großen Fischen an künstlichen Nahrungsstellen kontrolliert fressen lässt. Eine Nahrungsstelle hat zwei Zonen unterschiedlicher Beutedichte. Die Zonen bestehen aus je 48 Plexiglaszylindern, von denen alle (Zone 1) bzw. ein Drittel (Zone 2) je einen Wurm enthalten. Der Schwarm wird zwischen den Zonen aus einer Startbox entlassen. Über 10 Minuten wird in Intervallen von je 15 Sekunden die Zahl der Fische, die sich in der jeweiligen Zone aufhalten und die Anzahl an Beutetiere protokolliert. Dieser Versuch wird viermal wiederholt.

Versuchsauswertung

Die mittlere Anzahl von Fischen (aus 4 Versuchen mit je 8 Fischen), die sich während 10 min in Zone 1 und 2 aufhalten, wird kumulativ dargestellt. In einer weiteren Abbildung wird die mittlere Anzahl an Beutetiere in Zone 1 und 2, die während jedem Intervall festgestellt wurde, verdeutlicht.

Fragen als Diskussionsgrundlage

- Wann ist die optimale Verteilung erreicht?
- Teilt sich der Schwarm gleichmäßig auf die beiden Zonen auf und reduziert er die Beute in beiden synchron?
- Haben die Tiere Regeln entwickelt, nach denen sie das Problem der Übernutzung einer Ressource lösen können?

Literatur

Drewes CD & Brinkhurst RO (1990): Giant fibers and rapid escape reflexes in newly hatched aquatic oligochaetes, *Lumbriculus variegatus* (Family Lumbriculidae). Invert. Reprod. Develop. 17, 91-95

Drewes CD & Fournier CR (1990): Morphallaxis in an aquatic oligochaete, *Lumbriculus variegatus*: reorganisation of escape reflexes in regenerating body fragments. Develop. Biol. 138, 94-103

Füller H, Grubner HE, Hartwich G, Kiliar R, Moritz M (2000): Urania Tierreich – Wirbellose Tiere 2. Urania-Verlag, Berlin

Lampert W & Sommer U (1999): Limnoökologie 2. Aufl. Georg Thieme-Verlag, Stuttgart.

MPG (2000): Jahrbuch 2000. Generalverwaltung der Max-Planck-Gesellschaft München. Vandenhoeck & Ruprecht Verlag Göttingen, 883 Seiten.

3.4 Makroökologie

3.4.1 Einfluss des Klimawandels auf Artverbreitungen

Allgemeines

Die Makroökologie beschäftigt sich mit Mustern der biologischen Vielfalt auf großer geografischer Skala. Beispiele für klassische und aktuelle Themen der Disziplin sind die Abnahme des Artenreichtums von den tropischen hin zu nördlichen bzw. südlichen Breiten (Breitengradient), der Einfluss der abiotischen Umweltbedingungen auf geografische Muster des Artenreichtums oder die Veränderungen von Artverbreitungen und Artengemeinschaften aufgrund des derzeitigen und prognostizierten anthropogenen Klimawandels.

Die klimatischen Bedingungen gehören zu den wichtigsten Einflussfaktoren für das Vorkommen von Tier- und Pflanzenarten. Die derzeit zu beobachtenden und für die nächsten Jahrzehnte vorhergesagten Veränderungen des Klimas (Abb. 14) werden somit aller Voraussicht nach auch für Flora und Fauna erhebliche Auswirkungen haben.

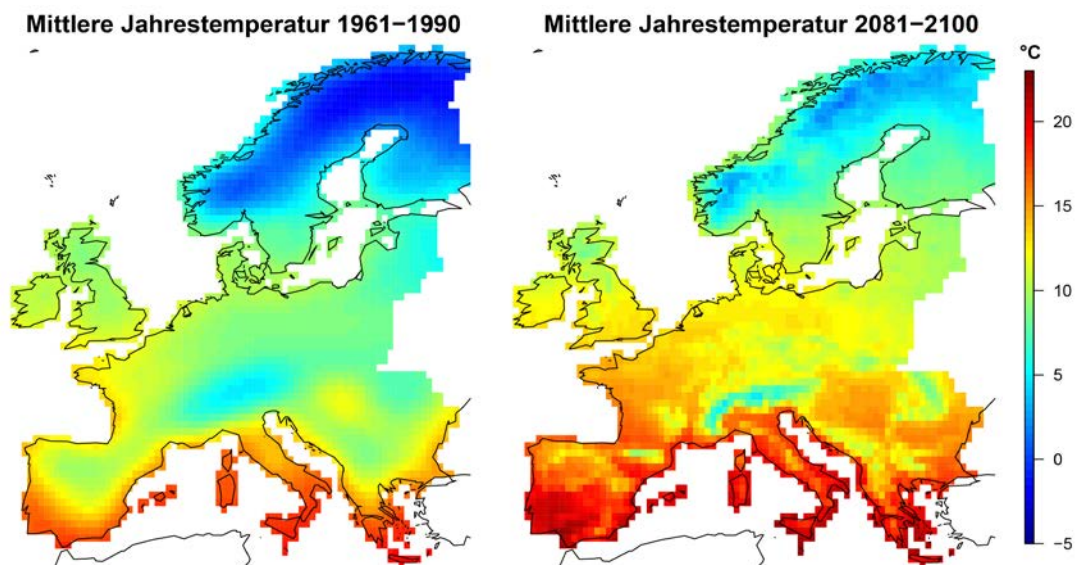


Abbildung 14: Vergleich der mittleren Jahrestemperatur aktuell (gemittelt 1961-1990) und für den Zeitraum 2081-2100 (NIES miroc3_2 hires general circulation model, A1B greenhouse gas emission scenario; Daten aus Tabor & Williams 2010).

Versuchsprinzip

Um die zukünftigen Verbreitungen von Arten bei sich veränderndem Klima vorherzusagen, verwendet man die Methode der Artverbreitungs-Modellierung

(species distribution modelling, auch bekannt als ecological niche modelling, bioclimatic envelope modelling oder habitat suitability modelling; Guisan & Thuiller 2005). Hierzu werden zunächst Daten zum Vorkommen der jeweiligen Art mit ihren klimatischen Präferenzen (z.B. Temperatur- oder Niederschlagsdaten innerhalb des Verbreitungsgebiets) verknüpft, um dann mit zukünftigen Klimaszenarien und anhand eines Modellierungsalgorithmus die potentielle zukünftige Verbreitung zu berechnen.

Im Versuch werden Artverbreitungsmodelle zweier europäischer Vogelarten (Abb. 15) berechnet, um deren potentielle zukünftige Verbreitung in Abhängigkeit von Klimaszenarien für den Zeitraum der Jahre 2081-2100 vorherzusagen.

Charakterisierung der Versuchsorganismen

Der **Kranich** (*Grus grus*, L.) ist einer der größten Vögel Europas und gehört zur Familie der Kraniche (Gruidae), welche gemeinsam z.B. mit den Rallen zur Ordnung der Kranichvögel (Gruiformes) zählen. Er ist ein Brutvogel Eurasiens von Nord- und Mitteleuropa bis nach Sibirien. Brutbiotope des Kranichs sind Feuchtgebiete, in Mitteleuropa vor allem Bruchwälder, Moore, Feuchtwiesen und Seggenriede (Bezzel 1985). Kraniche sind Zugvögel, die nord- und mitteleuropäischen Populationen überwintern zum größten Teil im Mittelmeerraum, insbesondere auf der iberischen Halbinsel.



Abbildung 15: Kranich (*Grus grus*) und Bienenfresser (*Merops apiaster*). Fotos: M. Szczepanek, W. Fiebig.

Die Verbreitung des farbenprächtigen **Bienenfressers** (*Merops apiaster*, L., Familie Meropidae), der zu den Rackenvögeln (Coraciiformes) zählt, reicht vom nördlichen Afrika über Süd- und Südmitteleuropa bis nach Südwest-Asien. Er besiedelt wärmebegünstigte, abwechslungsreich strukturierte Lebensräume und benötigt zur Brut sandige oder lehmige Steilwände, in die er Nisthöhlen von etwa 1,5 m Länge

gräbt. Als Langstreckenzieher überwintert der Bienenfresser in Afrika südlich der Sahara.

Benötigte Materialien

- PC
- Klimadaten (Temperatur- und Niederschlagsvariablen für aktuelle Bedingungen und Zukunftsszenarien)
- Artverbreitungsdaten für Kranich und Bienenfresser
- USB-Stick

Versuchsdurchführung

Zur Berechnung der Artverbreitungsmodelle für Kranich und Bienenfresser dient im Versuch die Software MAXENT (Version 3.3.3e, Phillips et al. 2006, Phillips & Dudik 2008). Diese berechnet anhand eines mathematisch-statistischen Algorithmus zunächst die Assoziation der aktuellen Artverbreitungs- und Klimadaten (Modellkalibrierung) und auf dieser Grundlage die Vorkommenswahrscheinlichkeit im geografischen Raum für die Gegenwart. Anhand des für die Gegenwart kalibrierten Modells ist die Software in der Lage, mit Hilfe von Klimaszenarien die zukünftige Vorkommenswahrscheinlichkeit der Art vorherzusagen (Modellprojektion). Neben MAXENT existieren zahlreiche weitere Algorithmen und Computerprogramme zur Artverbreitungsmodellierung; MAXENT zeichnet sich jedoch durch die leichte Handhabbarkeit sowie die hohe Leistungsfähigkeit und Ergebnisqualität aus (Elith et al. 2006).

Als Datenmaterial dienen Informationen zur europäischen Brutverbreitung der beiden Vogelarten (nach Hagemeyer & Blair 1997) sowie Daten aus den globalen Klimadatenbanken des Weltklimarats IPCC (Tabor & Williams et al. 2010). Die Klimadaten umfassen verschiedene Klimavariablen, z.B. zum jährlichen und saisonalen Niederschlag und zur mittleren Jahresdurchschnittstemperatur sowie zur jährlichen Maximal- und Minimaltemperatur. Mit den im Versuch zur Verfügung gestellten Art- und Klimadaten werden Karten der aktuellen und zukünftigen Vorkommenswahrscheinlichkeit von Kranich und Bienenfresser in Europa erstellt, welche im Anschluss interpretiert werden. Insbesondere soll auf Grundlage der erstellten Karten die zukünftige Bestandsentwicklung der beiden Arten in Europa diskutiert werden. Ferner sollen die Chancen und potentiellen Risiken der Methode der Artverbreitungsmodellierung erörtert werden.

Fragen als Diskussionsgrundlage

- Wie verändern sich die geographischen Muster der Vorkommenswahrscheinlichkeit von Kranich und Bienenfresser bei sich veränderndem Klima in Europa?
- Welche Auswirkungen wird der Klimawandel voraussichtlich auf das Vorkommen der beiden Arten in Deutschland haben; gibt es Unterschiede zwischen den beiden modellierten Arten?
- Welche möglichen Unsicherheitsfaktoren sollten bei der Vorhersage zukünftiger Artverbreitungen bedacht werden?

Literatur

Bezzel E (1985): Kompendium der Vögel Mitteleuropas, Bd. I, Nichtsingvögel. Aula-Verlag, Wiesbaden.

Elith J, Graham, CH et al. (2006): Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29(2): 129-151.

Guisan A, Thuiller W (2005): Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8(9): 993-1009.

Hagemeijer WJM, Blair MJ (Hrsg.) (1997): The EBCC atlas of European breeding birds: their distribution and abundance. T & A D Poyser, London.

Phillips SJ, Anderson RP & Schapire RE (2006): Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190(3-4): 231-259.

Phillips SJ, Dudik M (2008): Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31(2): 161-175.

Tabor K & Williams JW (2010): Globally downscaled climate projections for assessing the conservation impacts of climate change. *Ecological Applications* 20(2): 554-565.

Allgemeine Hinweise zum Praktikum Spezialisierung II – Ökologie

Notwendige Ausrüstung

Bitte bringen Sie Folgendes zu jedem Kurstag mit:

Schreibzeug, Lineal, Taschenrechner, Protokollpapier (DIN A4), Millimeterpapier (DIN A4), eventuell Laborkittel, USB-Stick.

Anwesenheitspflicht

Alle Studierenden müssen alle 6 Kurse durchführen und auch am letzten Kurstag zur Besprechung der Ergebnisse anwesend sein. Sollte man an einer Teilnahme verhindert sein (Entschuldigung ist erforderlich), muss der Stoff des fehlenden Kurses nachgearbeitet werden.

Vorbereitung auf den jeweiligen Kurstag

Am Kursbeginn diskutieren die Arbeitsgruppen mit den Versuchsleitern das vorgesehene Programm. Dies macht es erforderlich, dass die Teilnehmer die Kursanleitungen und die dort angegebenen Fragen und Stichworte vor jedem Kurstag durcharbeiten. Die Vorbereitung kann zu Beginn der Versuche vom jeweiligen Kursleiter überprüft werden. Bei Nichtbestehen erfolgt eine Nachkontrolle am kommenden Kurstag. Es sind max. zwei Wiederholungen möglich, sonst gilt der Kurs als endgültig nicht bestanden.

Anfertigen eines Protokolls

Bis zum **16.08.2013** müssen alle **Protokolle** fertig bearbeitet und von den jeweiligen Betreuern **akzeptiert** sein. Nach diesem Termin werden keine Protokolle mehr angenommen.

Sicherheit im Labor

Im Praktikum Ökologie sind alle Betriebsanweisungen sowie mündliche Anweisungen der Versuchsbetreuer zu Ihrem eigenen Schutz gewissenhaft zu beachten.

Das Essen, Trinken und Rauchen ist in den Praktikumsräumen nicht gestattet.

Abfälle müssen in den dafür vorgesehenen Behältnissen entsorgt werden (Einzelheiten dazu werden vom jeweiligen Kursbetreuer bekannt gegeben).

Zeitplan – Spezialisierungsmodul Ökologie der Tiere (22.07.-30.07.2013)

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Montag	Dienstag
Gruppe	Morgens jeweils zwei englischsprachige Vorträge (9:00-10:30)						Präsentation der Ergebnisse (alle)
A	III	IV	V	VI	I	II	
B	II	III	IV	V	VI	I	
C	I	II	III	IV	V	VI	
D	VI	I	II	III	IV	V	
E	V	VI	I	II	III	IV	
F	IV	V	VI	I	II	III	

	Versuch	Betreuer
(I)	Licht- & Temperaturpräferendum	Oehlmann
(II)	Anpassung an hydraulischen Stress (vormittags im Labor, nachmittags im Freiland)	Haase
(III)	Orientierung von Daphnien	Zimmermann-Timm
(IV)	Akutttest <i>Daphnia</i> und NaCl	Oetken
(V)	Makroökologie (Klimawandel und Artverbreitungen)	Hof
(VI)	Räuber-Beute-Verhältnis	Plath