

Das Weißnasen-Syndrom bei Fledermäusen

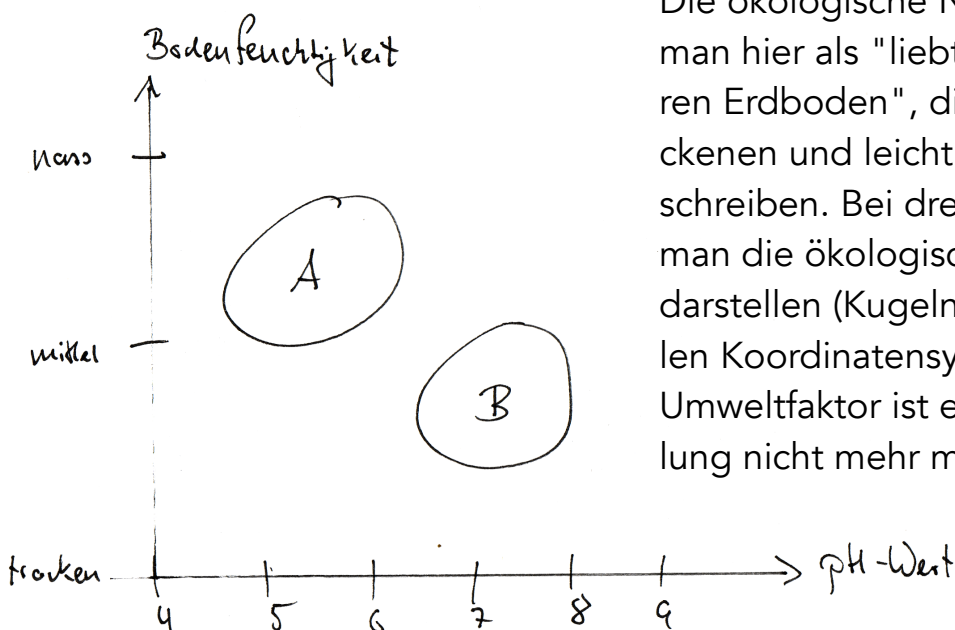
Eine kommentierte Musterlösung der Abituraufgabe von 2023
von Ulrich Helmich

Aufgabe 1

Nennen Sie eine Definition des Begriffs der ökologischen Nische und werten Sie Material A im Hinblick auf die ökologische Nische des Nördlichen Mausohrs aus. Beurteilen Sie, inwieweit das Nördliche Mausohr und die Große Braune Fledermaus im gemeinsamen Verbreitungsgebiet koexistieren können (Material A).

Lösungsvorschlag

Unter einer ökologischen Nische darf man sich auf keinen Fall etwas Räumliches vorstellen, also irgendeine Höhle in der Erde oder in einem Baum, sondern es handelt sich um ein abstraktes Konzept, das die Lebensbedingungen für eine Art beschreibt. Man könnte den Begriff als n-dimensionalen Raum der Umweltfaktoren definieren, in denen alle n Umweltfaktoren dem jeweiligen Präferenzbereich nahekommen. Wenn nur zwei Umweltfaktoren berücksichtigt werden, kann man die ökologische Nische als Kreis oder Oval in einem zweidimensionalen Koordinatensystem zeichnen, zum Beispiel so:



Die ökologische Nische der Art A könnte man hier als "liebt mittelfeuchten und sauren Erdboden", die der Art B als "liebt trockenen und leicht alkalischen Boden" beschreiben. Bei drei Umweltfaktor könnte man die ökologische Nische noch graphisch darstellen (Kugeln in einem dreidimensionalen Koordinatensystem), bei vier oder mehr Umweltfaktor ist eine anschauliche Darstellung nicht mehr möglich.

...Beurteilen Sie, inwieweit das Nördliche Mausohr und die Große Braune Fledermaus im gemeinsamen Verbreitungsgebiet koexistieren können (Material A).

Der Text bezieht sich auf zwei Fledermaus-Arten, das Nördliche Mausohr und die Große Braune Fledermaus. Die Aussagen des Textes müssen hier nicht alle wiederholt werden. Interessanter ist die Tabelle, mit diesen Daten kann man die ökologische Nische des Nördlichen Mausohrs charakterisieren. Als Umweltfaktoren werden berücksichtigt: Nahrung, Jagdgebiet, Sommerquartier und Winterquartier.

In allen vier Bereichen unterscheiden sich die beiden Fledermausarten in ihren Präferenzen. Bereits ein unterschiedlicher Umweltfaktor würde ausreichen, um die Arten in zwei verschiedene ökologische Nischen einzuordnen - hier unterscheiden sich sogar vier Umweltfaktoren. Daher können die beiden Fledermaus-Arten ohne Weiters in dem selben Gebiet koexistieren. Sie fressen unterschiedliche Nahrung (Schmetterlinge vs. Käfer), haben verschiedene Jagdgebiete (dichter Bewuchs vs. offenes Gelände), und auch die Sommer- und Winterquartiere unterscheiden sich, wie man in der Tabelle nachlesen kann.

Kommentar, Anmerkungen

In den offiziellen "Anforderungen" wird eine konkretere Beschreibung der unterschiedlichen ökologischen Nischen verlangt. Hier ein Zitat:

"Die beiden Arten jagen mit verschiedenen Ultraschallfrequenzen und stören sich daher nicht bei der Ortung der Beute. Das Nördliche Mausohr jagt vor allem Schmetterlinge im dichten Bewuchs, die Große Braune Fledermaus jagt auch über offenem Land und vor allem Käfer. Überschneidungen gibt es bei den weiteren Beuteinsekten und Jagdgebieten."

Sie sollten sich also nicht scheuen, Teile des vorgegebenen Materials direkt in Ihre Lösung zu übernehmen, nach Möglichkeit sollten Sie es jedoch umformulieren und mit eigenen Worten ausdrücken. Auch sollten Sie darauf achten, möglichst viele Fachbegriffe aus dem Unterricht in der Lösung unterzubringen. In den Anforderungen wird beispielsweise der Begriff **Konkurrenzausschlussprinzip** erwähnt. Dieses wichtige Prinzip sollte also mit in die Lösung eingebaut und vielleicht auch kurz erklärt werden.

Aufgabe 2

Erläutern Sie die Beziehung zwischen Fledermäusen und dem Pilz *Pseudogymnoascus destructans* (Material B). Vergleichen Sie die in Abbildung 1 A und 1 B dargestellten Daten und analysieren Sie die Daten im Hinblick auf die Todesursache pilzbefallener Fledermäuse in Nordamerika (Materialien A und B).

Kommentar, Anmerkungen

Auch hier sollten Sie ohne mit der Wimper zu zucken das vorgegebene Material mit eigenen Worten wiedergeben, zumindest für den ersten Teil der Aufgabe ("Erläutern Sie...").

Der Schimmelpilz *Pseudogymnoascus destructans* (im Folgenden mit PD abgekürzt) wurde erst vor 23 Jahren aus Europa nach Nordamerika eingeführt. Im Sommer ist der Pilz relativ harmlos, er leben an den Wänden von Höhlen. Fledermäuse halten sich im Sommer nicht in diesen Höhlen auf. Im Herbst und Winter dagegen ziehen sich die Fledermäuse zum Überwintern in diese Höhlen zurück, und dann befällt der Pilz die Fledermäuse. Diese erkranken an dem Befall, was zunächst zu Gewichtsverlusten und schließlich zum Tod führt. Der Pilz kann also durchaus als Parasit bezeichnet werden, er profitiert von den Nährstoffen in den Geweben des Wirtes, während der Wirt - die Fledermaus - nicht nur keinerlei Nutzen aus dieser synökologischen Beziehung zieht, sondern im Gegenteil stark geschädigt wird.

... Vergleichen Sie die in Abbildung 1 A und 1 B dargestellten Daten ...

Die Abbildung 1 zeigt den Verlauf der Körpertemperatur von zwei Individuen der Kleinen Braunen Fledermaus im Winter 2008/2009. Ein Individuum (A) war nicht von dem Pilz befallen, das andere Individuum (B) war von dem Parasiten infiziert.

Die Körpertemperatur von A nahm im Laufe der vier Monate (November bis Februar) geringfügig ab, von ca. 11 °C im November/Dezember auf ca. 7 bis 8 °C im Januar/Februar. Im März 2009, also zu Beginn des Frühlings, stieg die Körpertemperatur wieder leicht auf ca. 9 °C an. Gelegentlich (2 bis 3 mal im Monat) erwachten die Tiere aus ihrer Winterruhe, dann stieg die Körpertemperatur kurzfristig auf über 20 °C an.

Bei dem infizierten Tier B war die Körpertemperatur bereits im November/Dezember deutlich niedriger als bei Tier A, sie betrug nur ca. 7 bis 8 °C. Auch erwachte das Tier viel häufiger als das nicht infizierte Individuum - insgesamt acht mal im November/Dezember. Auch stieg die Körpertemperatur während der Wachphasen viel stärker an als beim nicht infizierten Tier, auf knapp 30 °C. Man könnte hier durchaus von einer Art Fieber sprechen.

Von Ende Dezember bis Anfang Januar fiel die Körpertemperatur dann stark ab, auf unter 5 °C. Am 10. oder 11. Januar schließlich verstarb das Tier.

...analysieren Sie die Daten im Hinblick auf die Todesursache pilzbefallener Fledermäuse in Nordamerika (Materialien A und B).

Wie bereits erwähnt erwachte das infizierte Tier B deutlich häufiger als Tier A, und die Körpertemperatur während der Wachphasen war auch wesentlich höher als bei Tier A. Auch beim Menschen führen Infektionen zu einer Erhöhung der Körpertemperatur, was dann als "Fieber" bezeichnet wird. Sinn dieses Fiebers ist es, eine "ungemütliche" Situation für die Erreger der Infektion zu erzeugen, so dass deren Vermehrung gehemmt wird. Das Immunsystem arbeitet dann auf Hochtouren, was sehr viele Ressourcen kostet und den Körper schädigt. Der ständige Verbrauch von Fettreserven durch den erhöhten Energieumsatz führt schließlich dazu, dass die befallenen Tiere verhungern. Im Januar können sie auch das Winterquartier noch nicht verlassen, um nach Nahrung zu suchen. Daher sterben die Tiere nach kurzer Zeit. Die Todesursache der Tiere ist also der einsetzende Hunger.

Aufgabe 3

Werten Sie **Abbildung 2** im Hinblick auf die **Temperaturtoleranz von *P. destructans* aus (Material C)**. Stellen Sie eine Hypothese zur Erklärung des unterschiedlichen Ausmaßes des Weißnasen-Syndroms beim Nördlichen Mausohr und bei der Großen Braunen Fledermaus auf (Materialien A bis C).

Die **Abbildung 2** zeigt eine typische Toleranzkurve. Auf der waagerechten Achse ist die Temperatur aufgetragen (0 bis 20 °C), auf der senkrechten Achse wird das Wachstum des Pilzes PD dargestellt, und zwar in Form der vom Pilz befallenen Fläche in cm².

Das Temperaturoptimum des Pilzes liegt bei ca. 13 °C, das Minimum bei 0 und das Maximum bei 19 °C. Die Toleranzkurve ist recht breit, also handelt es sich um einem eurythermen Organismus.

Vergleich mit den Erwartungen

In den "Anforderungen" wird noch erwartet, dass man auf die Versuchsbedingungen eingeht: Laborversuch, und dass man die Kurve noch etwas stärker quantitativ beschreibt: *"Bei 14 °C ist die bewachsene Fläche mit etwa 1,3 cm² am größten, hier liegt das Optimum der Toleranz von PD. bezüglich des Faktors Temperatur. Unterhalb von 0 °C und oberhalb von 20 °C findet kein Wachstum statt, hier liegen Minimum bzw. Maximum der Temperaturtoleranz von PD."*

... Stellen Sie eine Hypothese zur Erklärung des unterschiedlichen Ausmaßes des Weißnasen-Syndroms beim Nördlichen Mausohr und bei der Großen Braunen Fledermaus auf.

Hier müssen wir noch einmal die ökologischen Nischen der beiden Fledermaus-Arten vergleichen, vor allem was die Temperaturvorlieben angeht. Das Nördliche Mausohr bevorzugt Winterquartiere, in denen die Durchschnittstemperatur 7 °C beträgt, während die Große Braune Fledermaus niedrigere Temperaturen von ca. 2 °C bevorzugt.

Die Temperaturtoleranzkurve von PD (Abb. 2) zeigt, dass sich der Parasit bei 2 °C nur sehr schlecht ausbreitet (0,1 bis 0,2 cm² Fläche), während die Vermehrung bei 7 °C schon sehr viel ausgeprägter ist (ca. 1 cm² Fläche).

Das Weißnasen-Syndrom sollte daher bei der Großen Braunen Fledermaus deutlich ausgeprägter sein als beim Nördlichen Mausohr.

Im Text von Material B lesen wir jedoch genau das Gegenteil. Die kleine Braune Fledermaus ist viel weniger von dem Pilzbefall bedroht als das Nördliche Mausohr, das durch den Pilz schon fast zum Aussterben gebracht wurde.

Wie kann man diesen **Widerspruch** erklären?

Ausschlaggebend könnte die Größe des Nördlichen Mausohrs (Art A) sein. Es hat nur eine Masse von 5-8 g, während die Große Braune Fledermaus (Art B) 11 bis 23 g wiegt, also mehr als doppelt so schwer ist.

Die Art B kann also nicht nur mehr Energiereserven (Fett) speichern als die Art A, sondern sie hat auch im Verhältnis zum Körpervolumen eine geringere Körperoberfläche, verliert also nicht so viel Wärme (**BERGMANNsche Regel** für gleichwarme und nah verwandte Säugetiere und Vögel). Obwohl sich der Pilz in den von Art B bewohnten Höhlen besser ausbreiten kann, ist die Art B wegen ihrer Größe resistenter als die Art A.

Kommentar

In den "Anforderungen" wird noch erwartet, dass man hauptsächlich auf den **Energieaspekt** eingeht, so ähnlich wie in dieser Musterlösung hier. Es sind aber auch alternative Lösungen vorgeschlagen, die beispielsweise auf die Temperaturtoleranz des Pilzes eingehen. Dass hier ein Widerspruch vorliegt und von den Schüler(innen) erkannt werden soll, wird allerdings nicht erwähnt. Ich bin mir auch nicht sicher, dass den Autoren dieser Aufgabe dieser Widerspruch aufgefallen ist.

Aufgabe 4

Fassen Sie die in **Abbildung 3** dargestellten Daten zusammen und erläutern Sie die Beziehung zwischen europäischen Fledermäusen und *P. destructans* aus evolutionsbiologischer Sicht (Materialien A bis D). Nehmen Sie auf dieser Grundlage Stellung zu der Frage, ob das Weißnasen-Syndrom zum Aussterben des Nördlichen Mausohrs führen wird (Materialien A bis D).

Die Abbildung 3 zeigt den Zusammenhang zwischen der Intensität des Pilzbefalls (Häufigkeit der Läsionen) und der Häufigkeit des Erwachens während der Winterruhe der Fledermäuse. Allgemein kann man sehen, dass die Häufigkeit des Erwachens um so geringer wird, je stärker das Tier infiziert ist.

... erläutern Sie die Beziehung zwischen europäischen Fledermäusen und *P. destructans* aus evolutionsbiologischer Sicht (Materialien A bis D)...

Vorbemerkung

Mit "Erläuterung aus evolutionsbiologischer Sicht" ist jetzt keine Rekapitulation der Darwinschen Evolutionstheorie gemeint, sondern ein Eingehen auf mögliche Selektions-Vorteile und -Nachteile für die betroffenen Arten.

Die europäischen Fledermäuse leben schon sehr lange mit dem Pilz zusammen und haben sich quasi mit ihm arrangiert. Man könnte hier auch von einer Coevolution sprechen. Parasiten, die ihren Wirt umbringen, haben im Grunde keine Chance, sich zu verbreiten. Es ist im Interesse des Parasiten, den Wirt am Leben zu lassen, damit er den Parasiten weiter verbreiten kann. Auch kann sich der Pilz besser von dem Wirt ernähren, wenn dieser möglichst lange lebt. Die Pilz-Parasiten, die ihren Wirt länger leben lassen, haben so einen Selektionsvorteil gegenüber Pilzen, die ihren Wirt sofort umbringen.

Auch die Fledermäuse haben sich im Laufe dieser Coevolution an den Pilz angepasst. Diejenigen Individuen, die durch den Pilzbefall nicht häufiger erwachen, haben einen Selektionsvorteil gegenüber den Tieren, die oft aufwachen, weil sie von dem Pilz befallen sind. Sie schonen ihre Ressourcen und können länger in Höhlen überwintern, die von dem Pilz befallen sind.

...Nehmen Sie auf dieser Grundlage Stellung zu der Frage, ob das Weißnasen-Syndrom zum Aussterben des Nördlichen Mausohrs führen wird (Materialien A bis D).

Vorbemerkung

Hier könnte man durchaus mit der Darwinschen Evolutionstheorie argumentieren...

Nicht alle Individuen des Nördlichen Mausohrs sind gleich. Es gibt bestimmte ein paar wenige Exemplare, die nicht häufiger aufwachen, wenn sie mit diesem Pilz befallen sind. Solche Individuen haben einen Selektionsvorteil gegenüber den anderen Tieren. Wenn diese Toleranz genetisch bedingt ist, können diese resistenteren Tiere ihre Gene häufiger an die nächste Generation weitergeben als die empfindlicheren Tiere, ihre Fitness ist größer, resistente Tiere haben im Schnitt mehr Nachkommen als die empfindlichen Tiere, und daher setzt sich diese Eigenschaft im Laufe der Generationen immer stärker durch. Irgendwann, nach vielen hundert Generationen, sind die Tiere des Nördlichen Mausohrs genau so resistent gegen den Pilzbefall wie die Tiere der Großen Braunen Fledermaus. Diese Entwicklung könnte nur dann aufgehalten werden, wenn der Pilz "Gegenmaßnahmen" entwickelt, was aber nicht im Interesse des Pilzes ist, wie wir vorhin gesehen haben.

Schlussbemerkung

Beim Schreiben dieser Musterlösung habe ich nicht alle Punkte bedacht, die in den "Anforderungen" genannt werden, vor allem bestimmte Fachbegriffe (die Punkte bringen) habe ich nicht erwähnt - zumindest nicht in der ersten, noch nicht optimierten Fassung. So habe ich in der ersten Fassung der Lösungen noch nicht das Konkurrenzausschlussprinzip, die Bergmannsche Regel oder den Begriff Coevolution genannt. Solche Fachbegriffe sind aber wichtig, wenn man die volle Punktzahl erhalten möchte. Auch sollte man sich nicht scheuen, Abbildungen ausführlich zu beschreiben und auch ruhig ein paar Daten zu verbalisieren. Lieber zu viel schreiben als zu wenig, denn für "überflüssige" oder redundante Ausführungen gibt es keinen Punktabzug, wohl aber für fehlende Fakten oder Fachbegriffe.