

Die Flussperlmuschel

Eine vom Aussterben bedrohte Tierart als Unterrichtsgegenstand vor dem Hintergrund der Umweltbildung

Pia Briest, Anna-Lena Maak, Norbert Grotjohann

Universität Bielefeld, Fakultät für Biologie, Biologiedidaktik (Botanik/Zellbiologie),

Universitätsstraße 25, 33615 Bielefeld, norbert.grotjohann@uni-bielefeld.de

Für die Vermittlung umweltbewusster Einstellungen eignet sich die Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*) als Unterrichtsgegenstand, welche bereits als ausgestorben oder verschollen gilt. Der Grund ihres Gefährdungstatus ist die ökologische Krise. Der im Zuge der Umweltverschmutzung entstehende saure Regen, verändert den Lebensraum der empfindlichen Flussperlmuschel und macht ihr Überleben unmöglich. Anhand eines Schulversuchs kann diese Problematik veranschaulicht und erfahrbar gemacht werden.

Stichwörter: Flussperlmuschel, *Margaritifera margaritifera*, Umweltschutz, Umweltbildung, Saurer Regen, bionomische Strategie, R - K - Strategie

1 Einleitung

Die ökologische Krise beschreibt die Umweltverschmutzung, die durch den Menschen verursacht wird. Der Klimawandel und der saure Regen stellen dabei lediglich zwei Folgen dieser Krise dar. Durch die Einbringung von Schadstoffen in die Umwelt wird das menschliche und tierische Leben gefährdet, lebende Ressourcen geschädigt und ökologische Schäden ausgelöst. Da der Mensch Verursacher der Umweltverschmutzung ist, kann diese nur durch einen Bewusstseinswandel verhindert werden. Direkte Begegnungen mit der Natur in der Kindheit können einen positiven Einfluss auf das Umwelthandeln von Erwachsenen haben und zu einem verantwortungsvollen Umgang mit der Umwelt anregen. Daher können Naturerfahrungen in der Schule einen wesentlichen Beitrag zur Entstehung umweltbewusster Einstellungen leisten und zu einer wirksamen Umweltbildung beitragen. Durch die Umweltbildung werden Einsichten in die komplexen Zusammenhänge des Umweltgefüges vermittelt, wodurch diese zur Ausbildung eines Umweltbewusstseins beiträgt.

Im vorliegenden Beitrag wird die beschriebene Problematik am Beispiel der Flussperlmuschel aufgezeigt. Neben Lebensweise, Aufbau und Fortpflanzung (Abschnitt 2) werden insbesondere ... (Abschnitt 3). In Bezug auf (Abschnitt 4) wird ein Schulversuch inkl. Arbeitsmaterial vorgestellt und erläutert (Abschnitt 5 und Arbeitsmaterial).

2 Die Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*)

Die Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*) gehört zu der Familie der Flussperlmuscheln (*Margaritiferidae*). Flussperlmuscheln kommen in sauberen, kalkarmen, kühlen Bächen und kleinen Flüssen vor. Dort leben sie in großen Verbänden und bilden dichte Muschelbänke aus. Sie bevorzugen einen mit Kies vermischten Untergrund, in dem sie sich mit dem Fuß vergraben können. Die Flussperlmuscheln stecken in Schräglage im Untergrund und richten ihre Atemöffnung gegen die Strömung. Das von der Muschel eingestrudelte Wasser wird filtriert und die enthaltenen Schwebstoffe werden verwertet (Zeitler, 1990, S. 20). Die Flussperlmuscheln ernähren sich von Mikroorganismen und Algen und können bis zu 130 Jahre alt werden (Hutchinson, 1979, zit. nach Bauer, 1989, S. 73).

2.1 Aufbau der Muschel

Die äußere Körperhülle der Flussperlmuschel besteht aus zwei symmetrischen Schalen (siehe Abbildung 1). Sie ist von nierenförmiger Gestalt, sehr dickwandig und schwer. Die Schale besteht aus drei unterschiedlichen Schichten. Die Oberschicht besteht aus einem glanzlosen Periostracum, das die Muschel vor Korrosionen schützt und ihr ihre Färbung gibt. Junge Muscheln sind dunkelbraun bis rostbraun. Ältere Exemplare haben eine schwarze, matte Färbung. Die Mittelschicht



Abbildung 1: Die äußere Körperhülle der Flussperlmuschel.
Foto Grotjohann

besteht aus Kalk und wird auch Ostracum genannt. Im Inneren der Schale befindet sich das Hypoostacum, eine bläulich-weiße Perlmuttertschicht. Eine Muschel ist zwischen 10 - 14 cm lang, 5 -



Abbildung 2: Der Wirbel der Flussperlmuscheln. Foto Grotjohann

6 cm hoch und kann zwischen 3 - 4 cm dick werden. Die Schalenhälften werden von einem Schlossband zusammengehalten. Dieses ist sehr elastisch und wird auch als Ligament bezeichnet. Neben dem Ligament befindet sich der Wirbel (siehe Abbildung 2). Er ist der älteste und am deutlichsten gewölbte Teil und wird auch Embryonalschale genannt, da die Muschel aus diesem Teil gewachsen ist. Der Wirbel ist bei der Flussperlmuschel sehr flach und

meist sehr stark korrodiert. Die obere Schalenhälfte besitzt zahnförmige Leisten, die ineinandergreifen, sodass sich die Schalenhälften nicht verschieben können. Aufgrund ihrer Funktionsweise wird diese Struktur als Schloss bezeichnet. Direkt neben dem Wirbel befinden sich die starken Hauptzähne und am äußeren Schalenrand die Seitenzähne. Die Flussperlmuschel besitzt jedoch nur drei stumpf-kegelige Hauptzähne. Da sich die Anzahl der Haupt- und Seitenzähne bei jeder Muschelart unterscheidet, eignet sich dieses Merkmal zur Artbestimmung (Zeitler, 1990, S. 10f., 22).

2.2 Fortpflanzung

Die Fortpflanzung der Flussperlmuscheln findet im Spätsommer in den Monaten Juni bis August statt. Die weiblichen Flussperlmuscheln werden ab einem Alter von etwa fünfzehn Jahren geschlechtsreif. Zwei Drittel von ihnen nehmen an der Fortpflanzung teil. Der Fortpflanzungszyklus der Flussperlmuschel besteht aus vielen aufeinanderfolgenden Schritten. Bei einer ausreichend großen Population findet eine Befruchtung durch Fremdspermien statt. In diesem Fall bilden die männlichen Muscheln Spermien aus, die sie ins Wasser abgeben. Diese werden von den weiblichen Muscheln mit Hilfe des Atemwassers eingestrudelt. Die Eier, die aus dem Eierstock in die Kiemen wandern, werden nun befruchtet. Dieser Schritt findet im Juni statt. Aus den befruchteten Eiern entstehen nach vier bis sechs Wochen kleine Muschellarven, die Glochidien genannt werden. Die Glochidien werden im August von der weiblichen Muschel in das Wasser abgegeben. Nur wenn sie von einer Bachforelle eingeatmet werden, können sie sich weiterentwickeln: Sie setzen sich an den Kiemen des Fisches fest, werden eingekapselt und ernähren sich parasitär. Schon kurz nach der Festsetzung an den Kiemen wird die weitere Entwicklung der Glochidien durch eine Entwicklungspause von sechs Monaten unterbrochen. In dieser Zeit überwintern die Glochidien im Wirtsfisch und setzen ihre Ausdifferenzierung im April bis Mai fort. Nur junge Bachforellen kommen als Wirt in Frage, da eine einmal infizierte Bachforelle aufgrund einer Immunreaktion resistent gegen die Glochidien wird. Die Umwandlung zur Jungmuschel dauert ungefähr acht Wochen. Nach Beendigung der parasitären Phase werden die Jungmuscheln in den Bachgrund abgeworfen und verbringen dort ihre ersten Lebensjahre. Sie graben sich in den Bachgrund ein und erscheinen erst nach etwa fünf Jahren wieder an der Oberfläche des Bachgrundes. Über die Entwicklung der im Bachgrund lebenden Jungtiere ist wenig bekannt. Die Jungmuscheln sollen sich in einer Tiefe von bis zu 50 cm unter der Substratoberfläche aufhalten und dort heranwachsen (Baer, 1995, S. 46f.).

Bei einer sehr geringen Populationsdichte wandeln sich die weiblichen Flussperlmuscheln in Zwitter um (Bauer, 1987, zit. nach Bauer, 1989, S. 73). Sie bilden dann ein männliches Gonadengewebe aus, das eine Selbstbefruchtung ermöglicht. Dieser Vorgang ist von der Dichte der Muscheln flussaufwärts abhängig. Befinden sich dort sehr wenige Muscheln, befruchtet die weibliche Muschel ihre Eier selbst. Ist das Vorkommen flussaufwärts groß, wird kein männliches Gonadengewebe ausgebildet. Demnach sind weibliche Muscheln offenbar in der Lage,

Informationen über die Populationsgröße flussaufwärts zu erhalten (Bauer, 1989, S. 73). Um im Allgemeinen die Anpassungsfähigkeit von Organismen an die von der Umwelt hervorgerufenen Probleme zu diskutieren, thematisiert der folgende Abschnitt die bionomischen Strategien.

3 Bionomische Strategien

Der Begriff „bionomische Strategie“ wird im Englischen mit der Bezeichnung „life history strategy“ beschrieben und steht für den ökologischen Anpassungswert. Dieser Wert setzt sich aus vielen Komponenten der Lebensgeschichte einer Organismenart zusammen. Bestandteile der Lebensgeschichte sind unter anderem Wachstumsperioden, Lebenserwartung, Körpergröße und Fertilität. Die individuelle Zusammenstellung der einzelnen Komponenten stellt den optimalen Kompromiss dar, um durch die Umwelt gegebene Probleme zu lösen. Diese Zusammenstellung ist jedoch nicht unbegrenzt möglich, da sie durch den Bauplan und den Stoffwechsel der Organismenart beschränkt wird. Um die Entwicklung der einzelnen Strategien zu verstehen, müssen alle Selektionsmechanismen beleuchtet werden, die zur charakteristischen Formung der unterschiedlichen Komponenten führen. Ein geläufiges Konzept zu dieser Thematik ist das der „r-K-Strategie“ (Bauer, 1989, S. 69).

3.1 K-Strategen

Die K-Selektion bezieht sich auf Merkmale, die von der Individuendichte abhängig sind und wird daher auch als dichteabhängige Selektion bezeichnet. Sie wirkt in Populationen, deren Individuendichte nahe der Umweltkapazität K liegt. Dies führt bei Arten, die in zeitstabilen Lebensräumen leben, zu einer großen Konkurrenz unter den Individuen. Alle Individuen konkurrieren um dasselbe Nahrungsangebot, das somit einen der wichtigsten Selektionsfaktoren darstellt. K-Strategen nutzen die knappen Nahrungsressourcen sehr effektiv und entgehen so dieser Konkurrenz. Sie können als Spezialisten beschrieben werden, die eine sehr starke Anpassung an ihren Lebensraum zeigen. Neben diesem Merkmal besitzen K-Strategen eine hohe Lebenserwartung, eine geringe Fertilität und konkurrenzkräftige Nachkommen. Da die Individuendichte der K-Strategen relativ konstant ist, ist die Reproduktion unterhalb einer kritischen Dichte nicht mehr möglich. Dies und der hohe Grad der Spezialisierung machen die K-Strategen sehr empfindlich gegenüber Veränderungen in der Umwelt (Campbell & Reece, 2009, S. 1589ff.; Bauer, 1989, S. 69).

3.2 r-Strategen

Die r-Selektion wirkt auf Merkmale, die einen möglichst großen Reproduktionserfolg in einer Umwelt mit niedriger Individuendichte begünstigen. Sie wird daher auch als dichteunabhängige Selektion bezeichnet. Das R steht für die Pro-Kopf-Wachstumsrate, die innerhalb der R-Selektion maximiert wird. R-Strategen leben oft in kurzlebigen Habitaten, in denen das Nahrungsangebot innerhalb von Raum und Zeit stark schwankt. Daher steht jedem Individuum während einer niedrigen Individuendichte ein großes Nahrungsangebot zur Verfügung. Durch ihre hohe Fertilität auch bei niedriger Individuendichte, ihr schnelles Wachstum und die Produktion kleiner Nachkommen ist es bei den r-Strategen möglich, dass die niedrige Individuendichte rasch steigt. Da kaum Regelmechanismen für die Individuendichte existieren, unterliegt diese großen Schwankungen. Durch eine zusätzlich hohe Mortalitätsrate und eine hohe Fertilität zeichnen sich r-Strategen durch eine schnelle Generationsfolge und Anpassungsfähigkeit aus (Campbell & Reece, 2009, S. 1589ff.; Bauer, 1989, S. 69).

3.3 Bionomische Strategien der Flussperlmuschel

Aus der Überlebenskurve (siehe Abbildung 3), die die Anzahl der lebenden Individuen der Flussperlmuschel in den einzelnen Entwicklungsstadien zeigt, ist abzulesen, dass der Mortalitätsfaktor während des glochidialen Stadiums, der parasitären und postparasitären Phase sehr hoch ist. Da die Überlebensrate der Nachkommen nicht gesteigert werden kann (Bauer, 1989, S. 72) und die Fertilität der adulten Muscheln dichteunabhängig ist (Bauer, 1988, zit. nach Bauer, 1989, S. 72), kann sich die Anzahl der überlebenden Nachkommen nur durch zunehmende Fertilität und damit steigende Anzahl der Glochidien erhöhen. Die hohe Fertilität ist charakteristisch für R-Strategen. Diese belastet den Energiehaushalt der adulten Muschel und führt laut „r-K-Konzept“ zu einer geringen Lebensdauer. Bei der Flussperlmuschel ist jedoch die Belastung durch den energetischen Aufwand für die Reproduktion gering. Eine solch hohe Produktion von Nachkommen aufgrund einer hohen Lebenserwartung und einer erhöhten Fertilität stellt eine Kombination vieler spezieller Anpassungen dar (Bauer, 1989, S. 72).

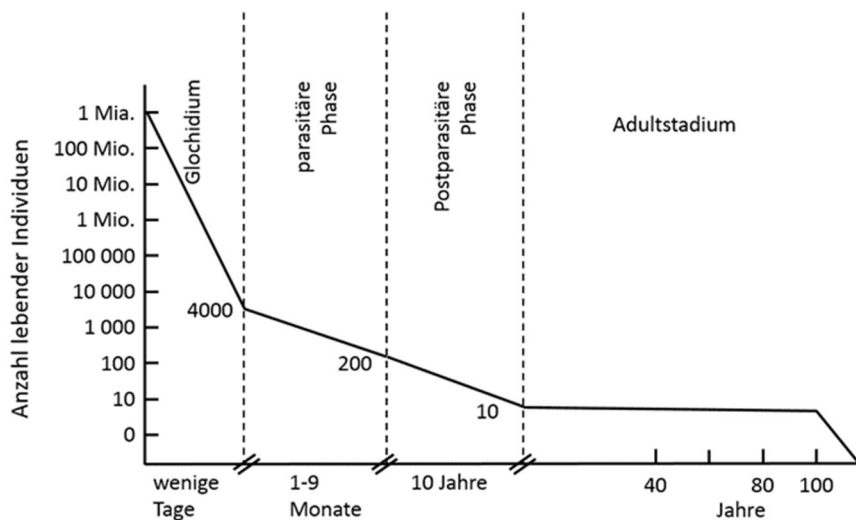


Abbildung 3: Überlebenskurve der verschiedenen Entwicklungsstadien der Flussperlmuschel (nach Bauer, 1989, S. 70)

3.3.1 Selektion auf möglichst viele Fortpflanzungsperioden (Merkmal eines K-Strategen)

Dass die Flussperlmuscheln ihre maximale Lebenserwartung von 130 Jahren erreichen und sehr viele Fortpflanzungsperioden durchlaufen können, ist aufgrund einiger Angepasstheiten und Spezialisierungen möglich. Zwei solcher Angepasstheiten stellen die niedrige Stoffwechselrate und die effektive Ressourcennutzung dar. Sie haben zur Folge, dass sehr viele adulte Muscheln eine hohe Lebenserwartung erreichen. Flussperlmuscheln werden mit ca. 15 Jahren geschlechtsreif und bleiben dies bis zu ihrem Tod. Sie durchlaufen also keine Senilitätsphase und können sich bis zu 110 Jahre reproduzieren. Aufgrund ihres niedrigen Stoffwechsels können die Muscheln zusätzlich nährstoffarme Habitate besiedeln. So gibt es keine starke Konkurrenz durch andere Muscheln. Eine morphologische Angepasstheit, die es der Flussperlmuschel ermöglicht, ein hohes Alter zu erreichen, ist die widerstandsfähige Schale. Sie schützt die Flussperlmuschel vor Fressfeinden und mechanischen Einflüssen. Die Schale der Flussperlmuschel ist sehr dick und von einer Schicht aus Periostracum umgeben. Eine Verletzung des äußeren Periostracums bedeutet eine Auflösung der darunter liegenden Kalkschichten. Dieses Protein wird in unregelmäßigen Abständen eingelagert und wirkt als Korrosionsschutz. Somit ist die Muschel in den kalkarmen Gewässern geschützt und kann ihre hohe Lebenserwartung erreichen. Eine weitere Angepasstheit findet sich auf physiologischer Ebene. Bei einem Großteil der Mollusken nimmt die Fertilität mit steigendem Alter zu. Dies ist bei Flussperlmuscheln nicht der Fall. Nach Beendigung der Geschlechtsreife wächst die Flussperlmuschel noch enorm. Jedoch ist kein starker Zusammenhang zwischen Alter und Fertilität erkennbar. Es besteht während der Geschlechtsreife eine starke Schwankung der Fertilität. Die Glochidienproduktion der einzelnen Weibchen ist unterschiedlich hoch. Den Flussperlmuscheln ist es möglich, die Glochidienproduktion an die Menge der aufgenommenen Nahrung anzugleichen.

Nur Weibchen, die mehr Energie speichern können als sie selbst benötigen, sind in der Lage sich fortzupflanzen. Je mehr Energie gespeichert wird, desto mehr Glochidien können produziert werden. Die physiologische Verfassung einer Flussperlmuschel bestimmt also die Höhe der Glochidienproduktion. Dies ist der Grund dafür, dass trotz Glochidienproduktion ausreichend Energie für das Wachstum und den Betriebsstoffwechsel vorhanden ist (Bauer, 1989, S. 72f.).

3.3.2 Selektion auf eine möglichst hohe Glochidienproduktion (Merkmal eines r-Strategen)

Die Erhöhung der Glochidienproduktion ist eine weitere Strategie für eine hohe Nachkommenproduktion. Die Energie wird aus den zusätzlich gespeicherten Energiereserven gewonnen. Da diese Reserven limitiert sind, können diese entweder in viele kleine oder wenig große Nachkommen investiert werden (Bauer, 1989, S. 73). Die Flussperlmuschel bildet sehr kleine Glochidien aus. Daher ist sie in der Lage 4,2 Millionen Glochidien pro Fortpflanzungsperiode zu bilden und auszustoßen (Bauer, 1987, zit. nach Bauer, 1989, S. 73). Eine weitere Anpassung der Flussperlmuschel, die die Glochidienproduktion maximiert, besteht in der speziellen Fortpflanzungsmöglichkeit, die in Abschnitt 2.2 beschrieben wurde.

Die bionomischen Strategien der Flussperlmuschel stellen also eine Kombination aus vielen Extremen dar. Jedoch können diese Strategien nur unter bestimmten Bedingungen funktionieren. Zu warmes und nährstoffreiches Wasser würde ein schnelleres Wachstum und eine kürzere Lebensdauer bedeuten. Durch die kürzere Lebensdauer käme es zu weniger Fortpflanzungsperioden. Außerdem käme es in nährstoffreichem Wasser zu einer größeren Vielfalt an Fischen, die die Bachforelle verdrängen würden. So würde die Überlebensrate der wirtsspezifischen Glochidien sinken, die Populationsgröße der Flussperlmuschel könnte nicht aufrecht erhalten werden (Bauer, 1989, S. 74).

3.3.3 Einung von Merkmalen beider Strategien

Aus den Ausführungen wird deutlich, dass die Flussperlmuschel Vorteile der K- wie auch r-Strategen eint. Es stellt sich daher heraus, dass das „r-K-Konzept“ nicht immer zutrifft und eine Einordnung der bionomischen Strategie der Flussperlmuschel in das „r-K-Konzept“ nicht möglich ist. Sie weist Charakteristika beider Strategien auf. Ein Merkmal, das die Flussperlmuschel zu einem r-Strategen macht, sind die fehlenden Regelmechanismen in Bezug auf ihre Populationsgröße. Sie treten höchstens nach der Überschreitung der K-Grenze auf. Unterhalb dieser Grenze ist die Wachstumsrate einer Flussperlmuschelpopulation dichteunabhängig. Zusätzlich ist die hohe und in weiten Bereichen dichteunabhängige Fertilität der Flussperlmuschel ein Merkmal eines r-Strategen. Auch die Produktion von kleinen Nachkommen kann als Eigenschaft eines r-Strategen gewertet werden. Ein typisches Merkmal eines K-Strategen ist dagegen die effiziente Ressourcennutzung. Die Flussperlmuschel ist in der Lage, ihre Reproduktionskosten an die

Nahrungsaufnahme anzupassen. Ihre hohe Lebenserwartung von maximal 130 Jahren und die Empfindlichkeit gegenüber Umweltveränderungen stellen ebenfalls Charakteristika eines K-Strategen dar. Die Flussperlmuschel ist nur in kühlen und nährstoffarmen Bächen heimisch und kann somit als stenotoper Organismus bezeichnet werden. Zusätzlich ist die Flussperlmuschel in der Lage, eine stabile Populationsdichte aufrechtzuerhalten. Dies ist ebenso ein Merkmal eines K-Strategen (ebd., S. 74f.).

4 Schutz und Erhalt der Flussperlmuschel

Die Flussperlmuschel war im Jahr 1995 in ihrem gesamten Verbreitungsgebiet stark gefährdet. Daher wurde sie zu den geschützten und vom Aussterben bedrohten Tierarten erklärt. Zu diesem Zeitpunkt existierten nur noch kleine, wenige und isolierte Bestände, bei denen jedoch ein anhaltender extremer Rückgang zu beobachten war. Ein völliges Aussterben dieser Art würde eine bedeutende Lücke in den regionalen Faunen bedeuten (Baer, 1995, S. 3). In der „Roten Liste“ der



Abbildung 4: Korrosionsschäden Foto
Grotjohann

Muscheln in Nordrhein-Westfalen aus dem Jahr 2009 gilt die Flussperlmuschel bereits als ausgestorben oder verschollen.

Ein wichtiges Kriterium für den Bestand der Flussperlmuschel ist die Qualität des Wassers. Flussperlmuscheln leben in sauberen, kalkarmen, kühlen Bächen und kleinen Flüssen. Viele verschiedene Faktoren beeinflussen die Wasserqualität und verschlechtern diese. Ein Faktor, der zur Versauerung des Wassers führen kann, ist ein ungünstiger Uferbewuchs. Ufer, an denen ausschließlich Nadelbäume stehen, beeinflussen die Wasserqualität negativ. Sie beschatten die Bäche ganzjährig und verändern damit die Wassertemperatur. Zusätzlich tragen sie zur Versauerung des Wassers bei, indem ihre Nadeln ins Wasser fallen und dort zersetzt werden

(Krebs & Miseré, 2006, S. 28). Der saure Regen ist ein weiterer Umstand, der zur Versauerung des Wassers führen kann. Der niedrige pH-Wert führt besonders im Bereich der embryonalen Schalenteile zu Korrosionen (siehe. Abb. 4), die von dem Weichtier nicht mehr repariert werden können.

5 Einbettung in den Unterricht

Das Thema „Die Flussperlmuschel – Eine vom Aussterben bedrohte Tierart“ eignet sich aus verschiedenen Gründen zur Vermittlung einer wirksamen Umweltbildung. Bei Betrachtung des aktuellen Kernlehrplans für die Realschulen des Landes Nordrhein-Westfalen für das Fach Biologie zeigt sich, dass sich das Thema in die Inhaltsfelder „Tiere und Pflanzen in Lebensräumen“ und „Ökosysteme und ihre Veränderungen“ einbinden lässt. Zusätzlich erfüllt das Thema Kriterien der didaktischen Elemente und des methodischen Elements „Erforschen-Entdecken“, die die Vermittlung einer wirksamen Umweltbildung fundieren. Darüber hinaus erfüllt die Flussperlmuschel Komponenten einer Naturerfahrung, die einen wesentlichen Beitrag zu der Vermittlung einer wirksamen Umweltbildung leistet. Die Flussperlmuschel als Unterrichtsgegenstand leitet zu einem umweltverträglichen Handeln an. Sie vermittelt ein Naturverständnis, in dem das nachhaltige Handeln und der Umweltschutz im Mittelpunkt stehen.

5.1 Ein Versuch zum Thema „Versauerung der Gewässer“

Der Versuch zum Thema „Versauerung der Gewässer“ soll den Schülerinnen und Schülern verdeutlichen, dass ein zu hoher Säuregehalt des Wassers, der durch anthropogene Einflüsse entsteht, negative Auswirkungen auf die Muschelschalen hat. Durch den Versuch sollen die Schüler*innen erkennen, dass sie Verantwortung gegenüber der Umwelt tragen. Zusätzlich soll der Versuch Umweltbewusstsein vermitteln und die Schülerinnen und Schüler zu einem nachhaltigen Handeln anregen. Bei dem Versuch sollen die Schüler*innen Muschelschalen in einem Mörser mit Hilfe eines Stößels zerkleinern und die Bruchstücke in einen Erlenmeyerkolben geben, der zuvor mit einer Lösung aus 50 ml Wasser und zwei Teelöffeln Zitronensäure gefüllt wurde. Der Erlenmeyerkolben wird anschließend mit einem Gummistopfen und dem passenden Gäraufsatz verschlossen. Anschließend sollen die Schüler*innen das Kalkwasser bis zur Markierung in den Gärkolben füllen, die Reaktion im Erlenmeyerkolben beobachten und diese auf dem Arbeitsblatt notieren. Im Anschluss sollen die Schüler*innen den Versuchsaufbau ca. 10 Minuten stehen lassen, das Kalkwasser im Gärkolben beobachten und ihre Beobachtungen auf dem Arbeitsblatt niederschreiben. Abschließend sollen die Schüler*innen Vermutungen zu den Auswirkungen eines zu hohen Säuregehalts des Wassers auf das Leben der Muscheln aufstellen und Handlungsmöglichkeiten benennen, die die Versauerung des Wassers verhindern können.

Bei dem Versuch zum Thema „Versauerung der Gewässer“ handelt es sich um ein qualitatives Kurzexperiment. Die Schülerinnen und Schüler werden zu durchführenden Personen und nehmen aktiv an den Handlungen teil. Sie nehmen kleine Schritte des Versuches vor und beobachten den Aufbau des Versuchs, der mit Hilfe einfacher Gerätschaften erfolgen kann und von der Lehrkraft festgelegt wird.

5.2 Unterrichtliche Voraussetzungen und Kompetenzen

Damit der Einsatz des Arbeitsblattes, die Umsetzung des Versuchs und die Vermittlung der Inhalte gelingen können, müssen zuvor wesentliche Begriffe und Abläufe aus der Ökologie thematisiert werden.

Das Arbeitsblatt zum Thema „Versauerung der Gewässer“ beinhaltet alle wichtigen Informationen, die zur Durchführung des Versuchs und dessen Auswertung relevant sind. Um den Versuch innerhalb eines größeren Kontextes nutzen zu können, bedarf es jedoch der zusätzlichen Klärung des Begriffs pH-Wert, der Thematisierung des Ökosystems „Fließgewässer“, des Kohlenstoffkreislaufes und grober Kenntnisse über den Vorgang von Verbrennungen. In jedem Fall bedarf es grundlegender Erfahrungen und Kenntnisse zur Durchführung von Versuchen. Dazu gehört das Wissen zum sicheren und richtigen Umgang mit den Chemikalien und den Arbeitsgeräten. Eine zuvor durchgeführte Sicherheitsbelehrung ist ebenfalls wichtig, um die Sicherheit der Schüler*innen zu gewährleisten. Die Durchführung des Versuchs und die Bearbeitung des dazu gehörigen Arbeitsblattes fördern folgende Kompetenzen auf unterschiedlichen Niveaustufen: Die Schüler*innen können einen kurzen Text mit biologischen Inhalten sinnentnehmend lesen und sinnvoll zusammenfassen, indem sie die in 8. auszufüllende Lücke mit Hilfe des Textes richtig ergänzen. Außerdem können sie Beobachtungen in Bezug auf eine Fragestellung schriftlich festhalten, indem sie den Versuch schrittweise durchführen und ihre Beobachtungen in 6. und 7. notieren. Die Schülerinnen und Schüler können aus den Beobachtungen Schlussfolgerungen ableiten und Ergebnisse verallgemeinern, indem sie in 9. die Ergebnisse in eigenen Worten auf das Beispiel „Muschel“ anwenden. Durch die genauen Anweisungen 1. - 5. lernen die Schüler*innen Untersuchungsmaterialien nach Vorgaben zusammenzustellen und unter Beachtung von Sicherheits- und Umweltaspekten zu nutzen. In 10. können die Schüler*innen auf der Grundlage vorgegebener Informationen Handlungsmöglichkeiten benennen, bei gegensätzlichen Ansichten Sachverhalte nach vorgegebenen Kriterien und vorliegenden Fakten beurteilen und Wertvorstellungen, Regeln und Vorschriften in biologischen Zusammenhängen hinterfragen und begründen.

5.3 Zum Einsatz des Arbeitsblattes

Der Einsatz des Arbeitsblattes kann sehr vielseitig gestaltet werden. Die Durchführung des Versuchs und die Bearbeitung des dazu gehörigen Arbeitsblattes eignen sich hervorragend für eine Partner- oder Gruppenarbeit und können innerhalb zweier Schulstunden (90 Minuten) realisiert werden. Der Versuch kann sowohl als Einstieg als auch als Abschluss einer Unterrichtsreihe zum Thema „Versauerung der Gewässer“ genutzt werden. Da alle relevanten Informationen auf dem Arbeitsblatt zu finden sind, ist kein besonderes Vorwissen nötig, um den Versuch erfolgreich durchführen zu können. Die Frage nach den eigenen Handlungsmöglichkeiten in 10. regt zur intensiven Auseinandersetzung an und schafft Raum für erste Diskussionen. Die Nutzung des Arbeitsblattes als Themenabschluss ist ebenfalls möglich. Bereits erlerntes Wissen

kann durch die Lernform „Lernen durch Handeln“ veranschaulicht und gefestigt werden. Egal welcher Zeitpunkt für den Einsatz des Arbeitsblattes gewählt wird, durch die ausführlich beschriebenen Schritte können die Schüler*innen selbstständig arbeiten und eine direkte Begegnung mit der Natur erleben. Die Reaktion zwischen Säure und dem Calciumcarbonat, vor dem Hintergrund des Einflusses durch den Menschen, verdeutlicht die Abhängigkeit von Mensch und Umwelt. Eine solche Begegnung kann einen wichtigen Beitrag zur Wertschätzung und Erhaltung der biologischen Vielfalt leisten und die Schüler*innen für einen verantwortungsvollen Umgang mit der Natur sensibilisieren.

Literaturverzeichnis

Baer, O. (1995). Die Flussperlmuschel. *Margaritifera margaritifera* (L.): Ökologie, umweltbedingte Reaktionen und Schutzproblematik einer vom Aussterben bedrohten Tierart. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Bauer, G. (1989). Die binomische Strategie der Flussperlmuschel. In Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin (Hrsg.) Biologie in unserer Zeit. 19. Jhg. Nr. 3, (S. 69-75). Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft.

Campbell, N. A. & Reece, J. B. (2009). Biologie. München: Pearson.

Krebs, B. & Miseré, S. (2006). LIFE-Natur-Projekt „Lebendige Bäche in der Eifel“ – Ein Zwischenbericht. In Natur- und Umweltschutz-Akademie des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). Schutz und Erhalt der Flussperlmuschel in Nordrhein-Westfalen. Ausgaben 08/2006, (S. 24-35).

Zeitler, K.-H. (1990). Muscheln, Schnecken, Krebse. Hamburg, Berlin: Verlag Paul Parey

Ein Versuch zum Thema „Versauerung der Gewässer“

Die Muscheln gehören zu den Weichtieren. Sie leben in unterschiedlich geformten Schalen, die sie vor äußeren Wettereinflüssen und Fressfeinden schützen. Diese Schalen bestehen zu einem großen Teil aus Kalk (Calciumcarbonat). Dies ist eine chemische Verbindung aus Calcium, Kohlenstoff und Sauerstoff.

Durch die Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas gelangt immer mehr Kohlenstoffdioxid (CO₂) in die Atmosphäre. Dieses Kohlenstoffdioxid reichert sich im Wasser an und verändert dessen pH-Wert. Das bedeutet, dass das Wasser immer saurer wird. Welche Folgen dies für die Muscheln hat, soll in diesem Versuch verdeutlicht werden.

Der Versuch

Materialien: Schutzbrille, Muschelschalen, Mörser und Stößel, Trichter, Erlenmeyerkolben (100 ml), Gummistopfen, Gärkolben, Becherglas mit Kalkwasser, Wasser, Zitronensäure

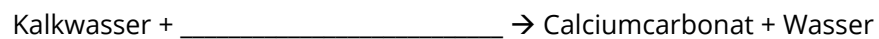
1. Vor Beginn des Versuchs, setzt sich jeder Versuchsteilnehmer eine Schutzbrille auf!
2. Legt nun drei Muschelschalen in den Mörser und zerkleinert sie mit Hilfe des Stößels. Die Muschelschalen sollen zu Apfelnkern-großen Teilen zerkleinert werden.
3. Füllt 50 ml Wasser in den Erlenmeyerkolben. Gebt zwei Teelöffel Zitronensäure mit Hilfe des Trichters hinzu und schwenkt den Erlenmeyerkolben so lange, bis sich die Säure aufgelöst hat.
4. Füllt die zerkleinerten Muschelschalen mit Hilfe des Trichters in den Erlenmeyerkolben und verschließt diesen vorsichtig mit dem Gummistopfen.
5. Steckt den Gäraufsatz in das Loch im Gummistopfen. Füllt das Kalkwasser bis zur Markierung in den Gärkolben.
6. Was könnte ihr im Erlenmeyerkolben beobachten?

7. Lasst den Versuchsaufbau ein paar Minuten stehen und beobachtet das Kalkwasser im Gärkolben. Was könnt ihr beobachten?

Das Gas, das sich im Erlenmeyerkolben ansammelt und durch den Gärkolben strömt, lässt das Kalkwasser trüb werden, und es bildet sich ein weißer Niederschlag.

Die Kalkwasserprobe ist ein Nachweis für Kohlenstoffdioxid. Es reagiert mit dem Kalkwasser zu Calciumcarbonat (Kalk) und fällt aus.

8. Ergänze:



Die Muschelschale verändert sich also unter dem Einfluss der Zitronensäure. Das Calciumcarbonat der Schale wird zu Kohlenstoffdioxid und Calciumcitrat aufgespalten.

9. Was passiert mit den Muschelschalen, wenn der Säuregehalt des Wassers zu hoch ist und wie wirkt sich dies auf das Leben der Muscheln aus?

10. Was kannst du dazu beitragen, dass die Versauerung des Wassers verhindert wird?
