

NWA – Tag 2007:
„Stoffwechsel und Energieumwandlungsprozesse“

Thema:

Das versiegelte Aquarium

Das versiegelte Aquarium wird als Ökosystem beschrieben und es wird durch die Veranschaulichung von Stoffkreisläufen und anhand von Versuchen gezeigt, dass Pflanzen und Tiere sich innerhalb ihres Ökosystems gegenseitig bedingen.

Erarbeitet von:

Braunsteffer Anja, Dolpp Sandra, Grab Sabrina

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen	2
1.1	Ökologie eines Gewässers	2
1.2	Geschichtliches / Ursprungsversuch	5
1.3	Das versiegelte Aquarium	6
2	Bildungsplanbezug	7
3	Versuche	8
3.1	Pflanzen produzieren Sauerstoff	8
3.2	Beim Atmen entsteht Kohlenstoffdioxid.....	9
3.3	Das versiegelte Aquarium – eine Langzeitbeobachtung	10
4	Eignung für den Unterricht – praktische Erfahrungen	12
	Literaturverzeichnis	13

1 Grundlagen

1.1 Ökologie eines Gewässers

Grundbegriffe der Ökologie

Ökologie

„Ökologie ist die Wissenschaft von den Wechselbeziehungen zwischen Organismen und ihrer Umwelt.“ Der Begriff ‚Ökologie‘ wird vom griechischen ‚oikos‘ für ‚Haus‘ und ‚logos‘ für ‚Lehre‘ abgeleitet. (CAMPBELL 2000, 1157)

E. Haeckel definierte 1866 den Begriff Ökologie als „die gesamte Wissenschaft von den Beziehungen des Organismus zur umgebenden Außenwelt, wohin wir im weiteren Sinne alle Existenzbedingungen rechnen können.“

Ein zeitgenössischer Ökologe, Larcher, definierte Ökologie 1976 folgendermaßen:

„Ökologie ist die Wissenschaft von den Wechselbeziehungen und Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Lebewesen und ihrer Umwelt, vom Stoffhaushalt und den Energieflüssen, die das Leben auf der Erde möglich machen und von den Anpassungen der Organismen an die Lebensbedingungen.“ (zit. n. KALUSCHE 1999, 6)

Kurzdefinition: **Ökologie = Lehre von den Ökosystemen**

Ökosystem, Biotop, Biozönose

Das **Ökosystem** ist die grundlegende Funktionseinheit in der Ökologie. Unter einem Ökosystem versteht man ein räumlich abgegrenztes Gebiet mit seinen Bewohnern, in dem die Organismen untereinander und zu ihrer Umwelt in engen Wechselbeziehungen stehen und damit eine funktionelle Einheit bilden. Ökosysteme können unterschiedlich groß sein. See, Waldgebiet, Moor, Fluss oder Meer sind Beispiele für verschiedene Ökosysteme. Natürlich bildet das Ökosystem keine abgeschlossene Einheit, sondern steht auch mit benachbarten Ökosystemen in Verbindung. Die Gesamtheit aller Ökosysteme bildet die **Biosphäre**. Sie ist der belebte Raum unserer Erde.

„Die Gesamtheit aller artenverschiedenen Individuen, die in einem geographisch abgrenzbaren Raum leben, nennt man Lebensgemeinschaft oder **Biozönose**. Der räumlich abgrenzbare Lebensbereich der Biozönose heißt **Biotop**.“ (MIRAM; SCHARF 1997, 120) Biotop und Biozönose bilden zusammen das Ökosystem. „Alle im Biotop lebenden Angehörigen einer Art bilden eine Fortpflanzungsgemeinschaft, eine **Population**. Artgenossen, Beutetiere, Fressfeinde, aber auch die Pflanzenwelt der Biozönose“ wirken als **biotische Faktoren** auf das Individuum ein. Zusätzlich nehmen **abiotische Faktoren** wie Temperatur, Licht, Wasser, Windverhältnisse, Nährstoffe, Oberflächengestalt und Bodenbeschaffenheit des Lebensraumes Einfluss auf das Individuum. (MIRAM; SCHARF 1997, 120)

Ökologische Nische

Durch die vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten biotischer und abiotischer Faktoren in einem Ökosystem ergeben sich **ökologische Planstellen** mit ganz individuellen Lebensbedingungen. Unter einer ökologischen Planstelle versteht man sozusagen ein Existenzangebot des

Ökosystems an eine bestimmte Organismenart, die eben diese Lebensbedingungen optimal nutzen kann. „Besetzt eine Organismenart eine solche Planstelle, bildet sie eine entsprechende **ökologische Nische** aus.“ (MIRAM; SCHARF 1997, 142) Durch die ‚Einnischung‘ entzieht sich diese Organismenart der interspezifischen Konkurrenz. Generell gilt, dass eine Planstelle in einem Ökosystem jeweils nur durch eine Organismenart besetzt sein kann.

Der Begriff ‚ökologische Nische‘ hat keine räumliche Bedeutung. Er beschreibt ein System von Wechselbeziehungen zwischen einer Organismenart und deren belebter und unbelebter Umwelt.

Je mehr ökologische Planstellen besetzt sind, desto artenreicher ist das Ökosystem. In verschiedenen Ökosystemen gibt es oft Planstellen mit nahezu identischen Lebensbedingungen. Es ergibt sich daher eine Äquivalenz der ökologischen Planstellen, welche jedoch oft von unterschiedlichen Arten besetzt werden. So ist zum Beispiel die Planstelle für den Kojoten in Nordamerika äquivalent zu der des Beutelwolves in Australien oder des Geparden in Afrika. (MIRAM; SCHARF 1997, 142)

Nahrungsbeziehungen im Ökosystem: Trophiestruktur

„Jedes Ökosystem hat eine **Trophiestruktur** - die Struktur der Nahrungsbeziehungen -, die für den Weg des Energieflusses und die Form der chemischen Kreisläufe in diesem System von entscheidender Bedeutung ist.“ (CAMPBELL 2000, 1247)

Die Energiequelle der meisten Ökosysteme ist das Sonnenlicht. Autotrophe Organismen stehen am Anfang jeder **Nahrungskette** und bilden damit die erste Trophiestufe. Sie werden auch als **Primärproduzenten (Erzeuger)** bezeichnet. Höhere Pflanzen, Algen und Blaualgen wandeln durch Photosynthese das Sonnenlicht in chemische Energie um und bauen organische Substanz auf, von der sich alle anderen Organismen der Lebensgemeinschaft ernähren.

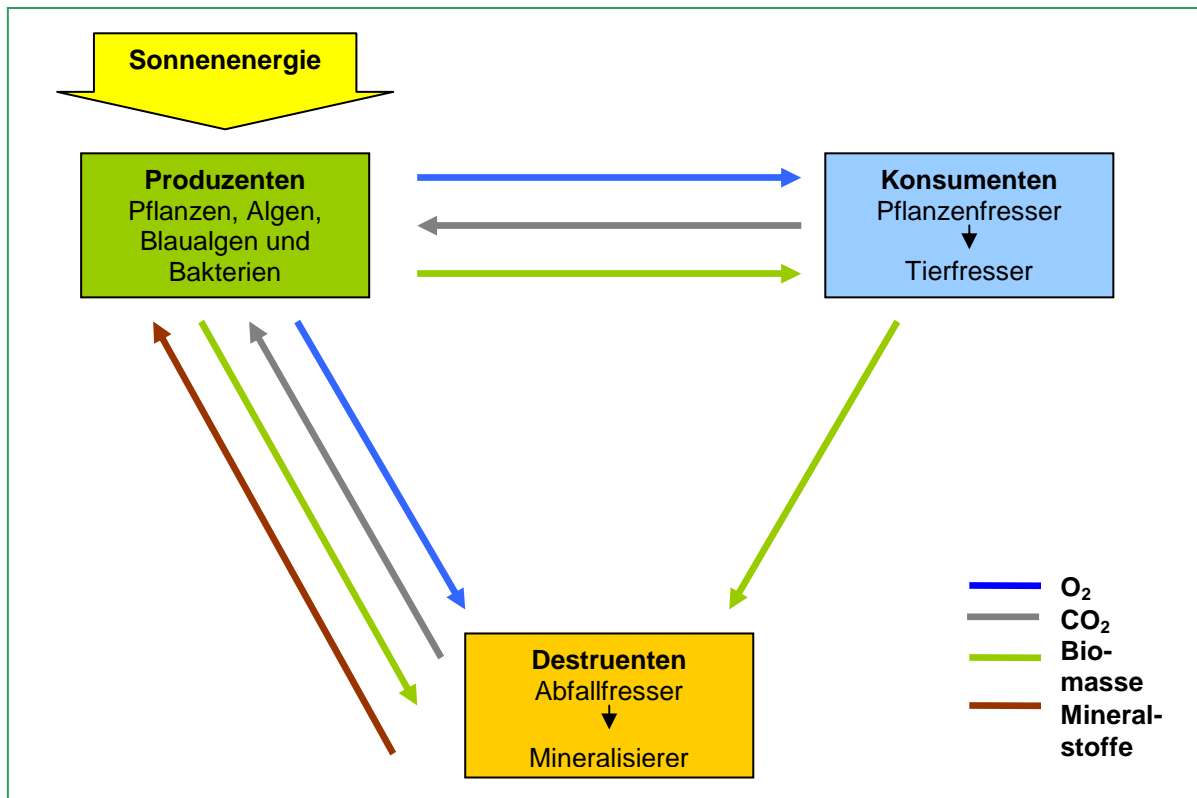
Organismen, welche sich nicht autotroph ernähren können, werden als **Konsumenten (Verbraucher)** bezeichnet. Pflanzenfresser (Herbivore) sind Primärkonsumenten und bilden die zweite Trophiestufe. Die nächste Trophiestufe bilden dann Sekundärkonsumenten, also Fleischfresser (Carnivore), die sich von Pflanzenfressern ernähren. Tertiärkonsumenten sind Carnivore, die sich wiederum von anderen Carnivoren ernähren.

Verschiedene Pflanzen- und Tierarten, welche einander als Nahrung dienen, lassen sich in einer **Nahrungskette** darstellen.

Da die meisten Tiere ihre Nahrung aus verschiedenen Nahrungsquellen beziehen, sind solche Nahrungsketten meist nur Ausschnitte aus verzweigten **Nahrungsnetzen**.

Destruenten (Zersetzer) tragen zum Abbau organischer Substanz in einem Ökosystem bei. Sie ernähren sich von Detritus, das heißt von totem organischem Material wie Aas, Kot oder abgestorbenen Pflanzenteilen. Destruenten sind zum einen **Abfallfresser** (Saprovore), welche selbst auch noch organisches Material ausscheiden und zum anderen **Mineralisierer**, vor allem Bakterien und Pilze, welche organisches Material in anorganische Substanz zersetzen.

Die Destruenten führen somit dem Boden wieder Nährstoffe zu, welche die Primärproduzenten zum Aufbau von Biomasse benötigen. Chemische Stoffe, wie zum Beispiel Kohlenstoff oder Stickstoff befinden sich somit in einem ständigen Kreislauf, der Stoffstrom im Ökosystem ist geschlossen.



Trophische Beziehungen zwischen den Organismen

1.2 Geschichtliches / Ursprungsversuch

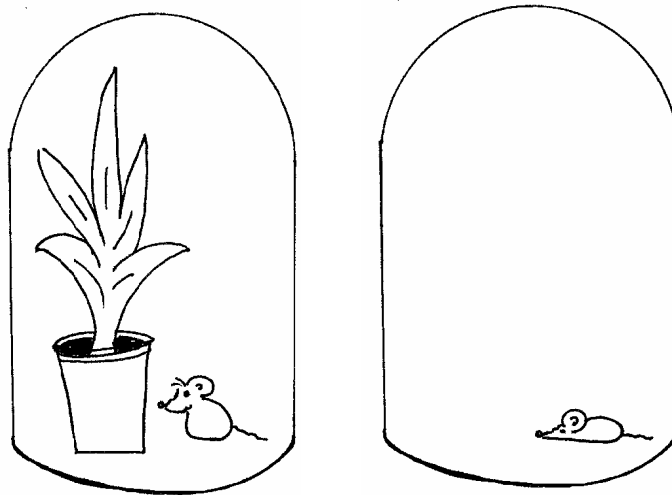
Joseph Priestley (1733 – 1804), ein englischer Geistlicher, untersuchte das Gas, das bei der alkoholischen Gärung entsteht. Er leitete es in Trinkwasser und erfand so das sprudelnde Mineralwasser. Außerdem entdeckte er das Gas, das wenig später von dem Franzosen Lavoisier als Sauerstoff benannt wurde.

Priestley fand heraus, dass Mäuse Luft „verbrauchen“ und Pflanzen der Luft ihre Frische zurückgeben. (CORNELSEN REDAKTIONSGESELLSCHAFT, 120)

„Ich habe mich gänzlich davon überzeugt, daß Luft, die durch Atmung in höchstem Grad schädlich geworden ist, durch Minzezweige, die darin wachsen, wiederhergestellt wird.

Sie erinnern sich vielleicht noch an den gedeihlichen Zustand, in welchem Sie eine meiner Pflanzen sahen. Am Samstag, nachdem Sie gegangen waren, brachte ich eine Maus in den Luftraum, in dem die Pflanze wuchs. Das war sieben Tage, nachdem diese hier hinein gebracht worden war. Die Maus hielt es hier ohne das geringste Anzeichen von Unbehagen fünf Minuten aus und war ausgesprochen stark und lebhaft, als sie herausgeholt wurde.

Dagegen starb eine Maus, die nicht einmal zwei Sekunden in einem anderen Teil der ursprünglichen Luftmenge verbracht hatte, welcher an derselben Stelle gestanden war, aber ohne Pflanzen darin. Auch diejenige Maus, welcher es in der wiederhergestellten Luft so wohl ergangen war, konnte nur mit knapper Not wiederbelebt werden, nachdem sie für weniger als eine Sekunde in der anderen Luft gewesen war ...“ *Aus einem Brief Joseph Priestleys vom 1. Juli 1772 an Benjamin Franklin* (Zit. n. CORNELSEN REDAKTIONSGESELLSCHAFT, 120)

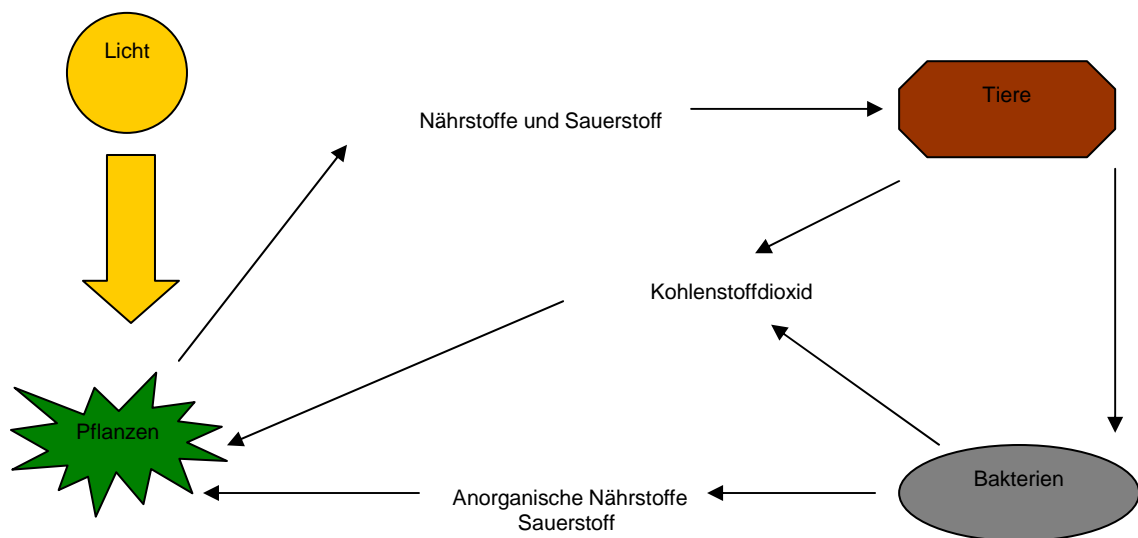


1.3 Das versiegelte Aquarium

Das versiegelte Aquarium ist ein spezielles Aquarium, dessen Bewohner, Tiere und Pflanzen, in einem abgeschlossenen Glasbehälter eingeschlossen sind. Dabei ist es durchaus möglich, dass dieses einfache, künstliche Ökosystem ohne Eingriffe von außen über mehrere Jahre existieren und überleben kann. Energie wird nur in Form von Tageslicht und Wärme hinzugeführt. Diese beiden Faktoren sind notwendige Bedingungen zum Funktionieren eines Ökosystems, da Pflanzen ohne diese keine Fotosynthese betreiben könnten. (GESCHENKENEWS 2007)

Das versiegelte Aquarium als künstliches Ökosystem ahmt in seiner Funktionsweise natürliche Ökosysteme nach. Die Basis ist bei beiden ein in sich geschlossener Stoffkreislauf. Die Bewohner des Aquariums kann man in folgende drei Gruppen einteilen:

- **Produzenten:** Die Pflanzen benötigen Kohlenstoffdioxid aus dem Wasser und bilden bei der Fotosynthese, die allerdings nur durch Lichtenergie funktionieren kann, Sauerstoff und Nährstoffe. Die Nährstoffe nutzen sie zum großen Teil selbst und der Sauerstoff wird ins Wasser abgegeben.
- **Konsumenten:** Die Tiere im Aquarium verbrauchen den von den Pflanzen produzierten Sauerstoff bei der Atmung. Dabei bilden sie aber Kohlenstoffdioxid und atmen diesen ins Wasser aus, welcher ja, wie schon gesagt, für die Pflanzen zur Fotosynthese unverzichtbar ist. Außerdem ernähren sich die Tiere von den Pflanzen im Aquarium.
- **Destruenten:** Dies sind meist Bakterien oder Kleinstlebewesen, die ebenfalls den Sauerstoff der Pflanzen benötigen um Abfallstoffe und tote Organismen in Nährstoffe und Kohlenstoffdioxid umzuwandeln, welche beide wiederum die Pflanzen nutzen.



Anhand eines versiegelten Aquariums kann gezeigt werden, dass Pflanzen und Tiere und auch Kleinstlebewesen wie Bakterien aufeinander angewiesen sind. Denn wenn eine Komponente im Kreislauf fehlen würde oder nicht entsprechend funktioniert, wäre der Stoffkreislauf nicht mehr geschlossen und es würde zu einem Ungleichgewicht innerhalb des Ökosystems und zu seinem Zerfall kommen. Dies würde dann kein Lebewesen darin überleben. Es müssen also in jeglichem Ökosystem Pflanzen und Tiere vorhanden sein, damit ein Ökosystem im Gleichgewicht bleiben und bestehen kann. (GESCHENKENEWS 2007)

2 Bildungsplanbezug

Das versiegelte Aquarium ist zwar nicht explizit im Bildungsplan erwähnt, kann aber als Kompetenzerwerb durch das Erschließen von Phänomenen, Begriffen und Strukturen verstanden werden.

Eine vom Bildungsplan eingeforderte Kompetenz, die sich Schülerinnen und Schüler mit Hilfe des versiegelten Aquarium und ergänzenden Versuchen aneignen können ist „die Prinzipien des Lebendigen verstehen“, d.h. sie können zwischen belebter und unbelebter Natur unterscheiden und sind in der Lage Stoffwechsel- und Energieumwandlungsprozesse (Fotosynthese und Zellatmung) mithilfe chemischer und physikalischer Experimente zu erfassen, zu beschreiben und mit Summenformeln darzustellen. Außerdem sollen die Schülerinnen und Schüler gemäß dem Bildungsplan in der Lage sein ökologisch verantwortlich zu handeln. Hierzu sollen die Schülerinnen und Schüler Wechselbeziehungen in der Natur wahrnehmen und deuten können sowie zyklische Prozesse in einem System erkennen.

Am Beispiel des versiegelten Aquariums erkennen die Schülerinnen und Schüler die Wechselbeziehung zwischen Wasserpflanzen und Schnecken. Sie wissen, dass die Pflanzen, den für die Atmung der Schnecken notwendigen Sauerstoff produzieren und deren Nahrungsgrundlage bilden. Dementsprechend erkennen sie, dass zur Sicherung der Atmung und Ernährung der Schnecken ausreichend Pflanzen eingesetzt werden müssen. Die Schülerinnen und Schüler sollen in der Lage sein, den Vorgang der Fotosynthese und der Zellatmung in Form einer Wortgleichung beschreiben und daraus einen einfachen Stoffkreislauf entwickeln zu können. Aus diesem gelingt es ihnen abzuleiten, dass die Menge der Pflanzen und Schnecken in einem ausgewogenen Verhältnis einzusetzen sind, um zu verhindern, dass eine Sauerstoff- aber auch eine Kohlenstoffdioxidunterversorgung eintritt.

Außerdem sollen die Schülerinnen und Schüler in der Lage sein, die Begriffe Stoff, Reaktion und Element richtig zu verwenden und mit Summenformeln, chemischen Gleichungen und Strukturformeln umgehen können. Auf das versiegelte Aquarium übertragen bedeutet das, dass die Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, den im System vorliegenden Stoffkreislauf mit Hilfe chemischer Summenformeln zu beschreiben.

Sie erkennen ebenso die Sonneneinstrahlung bzw. die Helligkeit als abiotischen, begrenzenden Faktor und sind in der Lage, die Problematik einer minimierten Fotosyntheserate auf zu geringe Sonneneinstrahlung zurück zu führen – ebenso wie die eines zusätzlichen Treibhauseffektes bei zu starker Sonneneinstrahlung und der damit verbundenen geringeren Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser.

(MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT BADEN- WÜRTTEMBERG 2004, 97 - 101)

3 Versuche

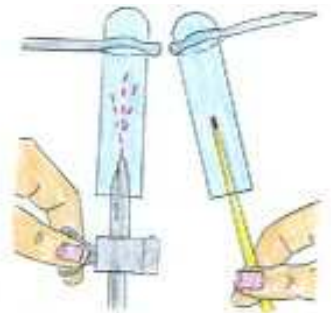
3.1 Pflanzen produzieren Sauerstoff

Material:

Becherglas, Glastrichter mit Hahn, Wasserpest, Reagenzgläser, Reagenzglasklemmen, Glimmspan

Versuchsbeschreibung:

- fülle ein 1000 ml Becherglas mit Wasser
- gib einige Zweige Wasserpest in das Becherglas
- stülpe einen Glastrichter mit Hahn über die Pflanze, der Hahn soll verschlossen sein
- stelle die Apparatur nun eine Tage ans Fenster
- lasse das Gas, das sich unter dem Trichter angesammelt hat in ein Reagenzglas strömen
- führe die Glimmspanprobe durch, um zu beweisen, dass es sich bei dem Gas um Sauerstoff handelt



Beobachtung:

Der glimmende Span entzündet sich unter dem Reagenzglas wieder.

Folgerung:

Bei dem Gas handelt es sich um Sauerstoff, die Pflanze produziert folglich Sauerstoff.

Alternativversuch

Material:

Zwei Glasflaschen, Wasserpest, Indigokarmin, Natriumhydrogensulfit, Korken, Pipette

Versuchsbeschreibung:

- fülle eine durchsichtige Flasche mit Leitungswasser (Temperatur ca. 20 °C)
- gib Indigokarmin hinzu und färbe das Wasser blau
- gib einen Zweig Wasserpest hinzu
- entfärbe das Wasser mit Hilfe von Natriumhydrogensulfit (verwende möglichst wenig)
- verschließe die Flasche luftdicht
- stelle die Flasche ans Licht
- beobachte was an den Blatträndern geschieht



Beobachtung:

An den Blatträndern bilden sich mit Gas gefüllte Blasen. Das Wasser in der Flasche färbt sich allmählich wieder blau.

Folgerung:

Hieraus kann man schließen, dass die Gasblasen mit Sauerstoff gefüllt sind und die Pflanze folglich Sauerstoff produziert.

3.2 Beim Atmen entsteht Kohlenstoffdioxid

Material:

Gaswaschflasche, Gummischlauch, Kalkwasser

Versuchsbeschreibung:

Baue den Versuch entsprechend der Abbildung auf und puste vorsichtig in den Gummischlauch. (Achte beim Aufbau darauf, dass du den Gummischlauch am richtigen Glasrohr befestigst.)

Beobachtung:

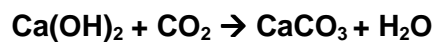
Das Kalkwasser wird trüb.

Folgerung:

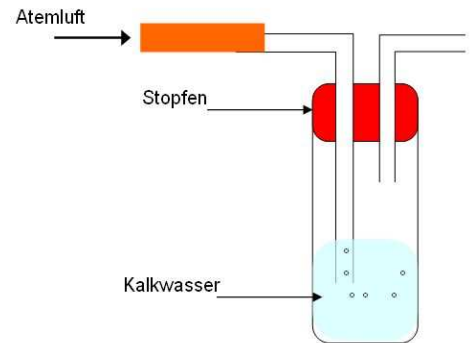
Die Luft enthält CO_2 , denn CO_2 wird durch die Trübung von Kalkwasser nachgewiesen.

Erklärung:

Kalkwasser ist die wässrige alkalische Lösung von Calciumhydroxid (Konz. 1,65 g/l). Calciumhydroxid ist ein schlecht wasserlösliches weißes Pulver, das Haut und Schleimhäute reizt. Unter Einleitung von Kohlenstoffdioxid fällt wasserunlöslicher Kalk aus, es entsteht die weiße Trübung.



Calciumhydroxid (Löschkalk) + Kohlenstoffdioxid → Calciumcarbonat (Kalkstein) + Wasser



3.3 Das versiegelte Aquarium – eine Langzeitbeobachtung

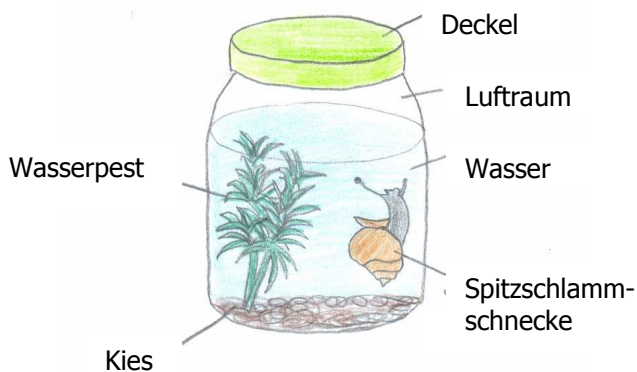
Material:

Gurken- oder Marmeladenglas mit Deckel, Wasser, Wasserpest, Spitzschlammschnecke, Kies

Versuchsbeschreibung:

Ein Gurken- oder Marmeladenglas wird bis zu ungefähr dreiviertel mit

Wasser aus einem Weiher oder Tümpel gefüllt. Dazu werden einige Zweige Wasserpest und eine Spitzschlammschnecke hinein gegeben. Anschließend wird das Glas luftdicht verschlossen und an einen hellen Ort gestellt. Das versiegelte Aquarium kann jetzt über mehrere Wochen beobachtet werden. Wichtig dabei ist die zugeführte Menge an Licht- und Wärmeenergie zu beachten. Empfohlen werden in der Literatur meist 6 bis 12 Stunden Licht am Tag und eine Temperatur von 15 bis 30°C.



Beobachtung:

Das versiegelte Aquarium kann ohne Einflüsse von außen (außer Licht und Wärme) bestehen bleiben. Sowohl die Wasserpest als auch die Spitzschlammschnecke überleben und gedeihen.

Folgerung:

Um zu folgendem Ergebnis zu kommen, muss man die Versuche zur Fotosynthese und zur Atmung kennen:

Die Wasserpest betreibt Fotosynthese und bildet während diesen Vorgangs Sauerstoff und Nährstoffe. Die Nährstoffe produziert die Pflanze in erster Linie für sich selbst. Die

Schnecke braucht den Sauerstoff zur Atmung und für die ganzen Stoffwechselvorgänge in ihrem Körper. Atmet also die Schnecke, verbraucht sie Sauerstoff und gibt dafür aber Kohlenstoffdioxid ab, welcher wiederum für die Pflanze, also die Wasserpest, lebensnotwendig ist. Nur, wenn Kohlenstoffdioxid vorhanden ist, kann die Pflanze Fotosynthese betreiben.



Außerdem ernährt sich die Schnecke von den Blättern der Wasserpest und nutzt so auch die von ihr gebildeten Nährstoffe. Ein weiterer wichtiger Faktor sind aber auch noch die im Wasser vorhandenen Bakterien, die als Destruenten, also als Zersetzer, wirken. Denn diese zersetzen Abfallstoffe und tote Organismen und bilden dabei Nährstoffe und auch Kohlenstoffdioxid, den wiederum die Wasserpest zur Fotosynthese benötigt. Ohne die Bakterien wäre der Kreislauf also nicht geschlossen. Deshalb ist es wichtig, dass man abgestandenes Wasser oder Weiher- bzw. Tümpelwasser für den Versuch benutzt.



4 Eignung für den Unterricht – praktische Erfahrungen

Für den Einsatz im Unterricht ist das versiegelte Aquarium unserer Meinung nach nicht geeignet. Unsere eigenen Versuchsansätze zeigten, dass es sehr schwierig ist, das ökologische Gleichgewicht im Aquarium herzustellen. Wir haben festgestellt, dass es schnell zu Sauerstoff- oder Nahrungsmangel im Aquarium kommt. Deshalb mussten wir die Aquarien dann wieder öffnen, da die Schnecken sonst verhungert oder erstickt wären. Außerdem ist es in der Schule nicht vertretbar, dass die Schnecken „gequält“ werden und fast sterben.

Leider gibt es in der Literatur keine genauen Angaben darüber, wie das Verhältnis zwischen Schnecken und Wasserpest sein muss. Dennoch wird dieser Versuch in den Bildungsstandards als Aufgabenbeispiel vorgestellt (siehe KULTUSMINISTERKONFERENZ).

Unserer Meinung nach reichen die Versuche „Pflanzen produzieren Sauerstoff“ und „Beim Atmen entsteht Kohlenstoffdioxid“ aus, um zu zeigen, dass Pflanzen und Tiere aufeinander angewiesen sind. Das versiegelte Aquarium kann dennoch als Beispiel angeführt werden und erklärt werden, dass es theoretisch funktioniert. Die praktische Durchführung eignet sich aber für den Unterricht nicht.

Dass Pflanzen und Tiere aufeinander angewiesen sind, kann man auch anhand größerer Ökosysteme zeigen.

Literaturverzeichnis

- BOHLE, H. W. (1995): Spezielle Ökologie – Limnische Systeme. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg.
- CAMPBELL, N. A. (2000): Biologie. Spektrum Akademischer Verlag. 2. Auflage. Heidelberg, Berlin, Oxford.
- CORNELSEN REDAKTIONSGESELLSCHAFT (1994): Biologie 3, Realschule, Baden-Württemberg. Cornelsen Verlag. 1. Auflage. Berlin.
- GESCHENKENNEWS (2007): Ecosphere - lebende Miniaturwelt. <http://www.ecosphere.ch/ecosphere/faq.php> (02.04.2007).
- KALUSCHE, D. (1999): Ökologie – ein Lernbuch. Quelle und Meyer Verlag. 3. Auflage. Wiesbaden.
- KULTUSMINISTERKONFERENZ (2004) : Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. http://www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/standards_biologie_30.08.04.pdf (02.04.2007).
- MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT BADEN- WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (2004): Kultus und Unterricht, Bildungsplan für die Realschule.
- MIRAM, W.; SCHARF, K. (1997): Biologie heute SII. Schroedel Schulbuchverlag. 9. Auflage. Hannover.

Schulbücher, in welchen etwas zum Thema steht

- BÄURLE, W. u.a. (2004): Prisma NWA 1. Baden – Württemberg. Ernst Klett Verlag. 1. Auflage. Stuttgart. S. 162 – 163.
- BECK, J. u.a. (2002): umwelt: biologie 9/10. Baden – Württemberg. Ernst Klett Verlag. 2. Auflage. Stuttgart. S. 97 – 99.
- BERGAU, M. u.a. (2006): Prisma NWA Biologie 4'5. Baden – Württemberg. Ernst Klett Verlag. 1. Auflage. Stuttgart. S. 223, S. 231 – 232, S. 238 – 239.
- CIEPLIK, D. u.a. (Hrsg.) (2004): Erlebnis Naturwissenschaft 1. Baden – Württemberg. Bildungshaus Schulbuchverlage. 1. Auflage. Braunschweig. S. 302 – 306.
- CORNELSEN REDAKTIONSGESELLSCHAFT (1994): Biologie 3, Realschule, Baden-Württemberg. Cornelsen Verlag. 1. Auflage. Berlin. S. 116 – S. 120.
- SPÖRHASE-EICHMANN, U. (Hrsg.) (2006): Interaktiv Biologie 1. Realschule Baden – Württemberg. Cornelsen Verlag. 1. Auflage. Berlin. S. 118 – 121.