

Schwämme machen Schule – Poriferen im Biologieunterricht

KATHRIN KIRSTE – UWE HOSSFELD – MICHAEL NICKEL

Der heutige praxisorientierte Biologieunterricht lebt in erster Linie auch von einer ›Biologie zum/des Anfassen(s)‹. Erweckten die Schwämme bisher vorwiegend nur ein wissenschaftliches oder ökonomisches Interesse, wird nach unseren Ausführungen deutlich, dass auch Schwämme »Schule machen können«. Tafelschwämme sind bis heute in jedem Klassenzimmer zu finden und Spongebob Schwammkopf begeistert seit Jahren im TV neben Kindern auch Erwachsene. Eine deutschlandweite Analyse von Lehrplänen und Lehrmaterialien für den Biologieunterricht zeigt, dass Schwämme bisher keine Schule machen. Die Integration in bestehende Stoffgebiete ist jedoch mit diesem hier vorgestellten Unterrichtsmodul vielfältig möglich, etwa in Unterrichtseinheiten wie Evolution, Zellbiologie und Ökologie. Die Keimung von Gemmulae als Schülerexperiment integriert dabei theoretisches wie auch praktisches Wissens über die Biologie der Schwämme, deren Entwicklung aus Dauerstadien und die Funktionsteilung von Zellen. Neben der umfassenden didaktischen Aufarbeitung des Experimentes und der Anleitung für Schüler und Lehrer wurden von uns ebenso zahlreiche Lehrmittel für den Unterricht wie Texte, Tafelbilder, Kopiervorlagen und eine Arbeitsanleitung zum Auskeimungsexperiment für Schüler und Lehrer entwickelt. Desweiteren konnte das Unterrichtsmodul an einer Regelschule bereits praktisch umgesetzt werden. Um diese Unterrichtsmittel für interessierte Lehrer verfügbar zu machen, wurde die Homepage ›Schwämme machen Schule‹ entwickelt (www.porifera.net/schule).

1 Hintergrund

Die Biologiedidaktik und der Biologieunterricht leben von einer beispielhaften und oftmals experimentell vertiefenden Themenwahl (STAECK, 1987; BAYRHUBER, et al. 1994; ESCHEN-

HAGEN et al., 1998; KLEESATTEL, 2006; KILLERMANN et al., 2008). Zwangsläufig sind einzelne Themen unterrepräsentiert, obwohl sie wissenschaftlich großes Interesse wecken. Ein solches Beispiel stellen die Schwämme (Porifera) dar. Das Ziel unserer Arbeit war es, ein Biologie- Unterrichtsmodul zu entwickeln,

das Schwämme im Stoffgebiet ›Vom Einzeller zum Vielzeller‹ unter Einbezug heimischer Süßwasserschwämme (Spongillidae) etabliert.

Rezent sind die Porifera (Schwämme) in allen aquatischen Lebensräumen zu finden, vom Seichtwasser der Meere, bis in die Tiefen von Ozeangraben. Außerhalb der Antarktis sind sie auch im Süßwasser aller Kontinente verbreitet (WESTHEIDE & RIEGER, 2004:98). Porifera sitzen auf festen Unterlagen wie Felsen, Steinen, Hafenanlagen oder Stahlträgern auf. Manchmal sind sie auch auf lebenden Organismen wie Wasserpflanzen, Krebspanzern und Muschelschalen zu finden (BRÜMMER et al., 2003:302).

Die Porifera können dünne Krusten bilden und in »schlauch-, becher- oder trichterförmiger Gestalt« beachtliche Größe annehmen, auch »baum-, geweih- und strauchförmige Formen« sind möglich (BRÜMMER et al., 2003:303). Im einfachsten Fall ist der Körper schlauchförmig (MUNK, 2002:1–19). Zwischen Standort und Habitus existiert eine direkte Beziehung. Auf Brandungsfelsen oder in lebhaft, fließenden Flüssen bilden Porifera flache Polster oder Krusten ohne in die Höhe zu wachsen. Im ruhigen Wasser dagegen bilden sie aufrecht stehende Äste oder Zweige bzw. haben eine trichter- oder lamellenförmige Gestalt (KAESTNER, 1993:269). Die Porifera vermehren sich sexuell durch verschiedenartige Larvenformen oder asexuell durch Knospung. Es kann ebenso zur Ausbildung von Dauerstadien kommen.

Derzeit befindet sich das System der Porifera im Umbruch. Über die genaue Artenzahl existieren nur Schätzungen. Informationen diesbezüglich lassen sich der ›World Porifera Database‹ entnehmen (VAN SOEST et al., 2008).

Im Grundplan sind die Porifera aus zwei Zellschichten aufgebaut. Die Oberfläche besteht aus einem Epithelverband von Pinacocyten. Im Inneren begrenzt das Choanoderm den Zentralraum oder Spongocoel. Zwischen diesen beiden (Pinacoderm, Choanoderm) liegt eine gelatinöse Bindegewebsschicht, Mesogloea oder Mesohyl genannt. Eigentliche Organe, Blutgefäße und auch ein Nervensystem fehlen. Die Stützfunktion des Schwammkörpers wird von »Skelettelementen aus Kalk- bzw. Kieselnadeln und/oder Sponginfasern« übernommen (BRÜMMER et al., 2003:302).

Das wichtigste funktionelle Element der Porifera ist der Filterapparat. Der Wasserstrom wird von den oben genannten Kragengeißelzellen erzeugt. Die Nahrungsaufnahme in Form kleiner Partikel erfolgt über Endocytose. Desweiteren versorgt der Wasserstrom den Schwammkörper mit Sauerstoff, entfernt anfallende Exkrete, Exkrememente und Fremdstoffe (KAESTNER, 1993:251). Je nach Baukonzept werden drei Grundtypen unterschieden: der Ascon- Typ (Abb. 1) ist die einfachste Form. Hier besteht der Schwammkörper aus einem dünnwandigen Schlauch mit distalem Osculum. Die Choanocyten kleiden lediglich den Zentralraum aus. Nur eine dünne Bindegewebsschicht befindet sich zwischen äußerem Pinacoderm und innerem Choanoderm. Hier befinden sich auch zahlreiche Skelettelemente. Aus statischen und hydrodynamischen Gründen bildet der Ascon- Typ Formen mit wenigen mm Durchmesser, die dünn, lang und schlauchförmig sind. Beim Sycon- Typ (Abb. 1) sind die Choanocyten in Form von Radiärkanälen in die Körperwand verlagert, welche hierdurch dick und robust erscheint. Vor allem durch massive Zellansammlungen in der Rinden- und Cortex- Schicht, wächst der Schwamm deutlich voluminöser. Porifera des Sycon- Typus werden 2 bis 4 cm, selten 10 cm hoch. Letztlich sind beim Leucon- Typus (Abb. 1) die Choanocyten in Form von Kragengeißelkammern in die Bindegewebsschicht eingesenkt. Die Ausströmöffnungen der Kragengeißelkammern erhalten dabei Anschluss an ein weit verzweigtes Kanalsystem. Hierdurch werden eine ausreichende Versorgung mit Wasser und Nährstoffen sowie die Entwässerung des Gewebes gewährleistet. Diese komplexe Bauweise lässt durch eine beträchtlich dimensionierte Körperwand ein enormes Höhenwachstum zu. Eine erhöhte Anzahl an Geißelkammern, welche dicht an dicht den verzweigten Kanälen ansitzen, ermöglichen eine ausreichende Filterfunktion (KAESTNER, 1993:253ff; STORCH & WELSCH, 2004: 38ff).

Eigentliche Organe bilden Porifera nicht aus. Sie besitzen auch kein spezielles Verdauungs- und Exkretionssystem. Phagocytose und Pinacocytose werden von Choanocyten und Amöbocyten übernommen (KAESTNER, 1993:261). Nahrungssubstanzen werden in Nahrungsvakuolen eingelagert, mitunter auch durch Exocytose auf umliegende Zellen übertragen. Die Verdauung läuft intrazellulär ab. Bisher umstritten ist, welche Zellen daran beteiligt sind. Neben Archaeocyten sind wahrscheinlich noch viele andere Zellen verdauungsfähig. Die Exkretion erfolgt durch Exocytose in die Kanäle (WESTHEIDE & RIEGER, 2004:103).

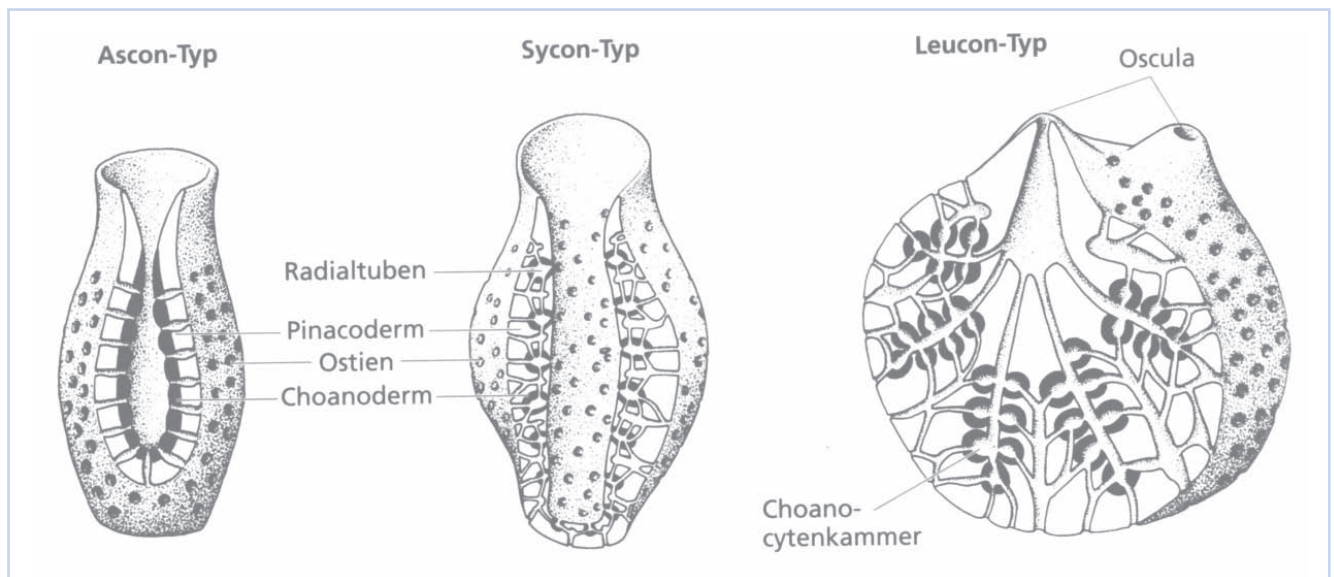


Abb. 1. Die 3 Grundtypen des Bauplans der Porifera (aus: MUNK, 2002:1–20)

Trotz fehlenden Nervensystems sind Porifera zu koordinierten Funktionsabläufen fähig. Eine extrazelluläre, humorale Koordination verläuft längs eines Konzentrationsgradienten. Dies tritt bei der Bildung der Gemmulae, der Ausbreitung des Zellmaterials während der Keimung aus den Gemmulae, bei der Gametogenese, der Wundheilung und Regeneration in Funktion. Stoffe wie Gemmulostatin, Theophyllin, Acetylcholin, Epinephrin, Catecholamin, Serotonin und ein Aggregationsstoff konnten nachgewiesen werden. Desweiteren können amoeboid bewegliche Zellen vorübergehend Zellkontakte knüpfen. Im adulten Tier nimmt die Zellzahl und Mobilität der amoeboid beweglichen Zellen zunehmend ab. Mikroskopische Bilder deuten darauf hin, dass die Möglichkeit einer Materialübertragung von Zelle zu Zelle möglich ist. Weitere koordinierte Funktionsabläufe stellen die Ausbildung von Zellsträngen dar. Durch diese Zellstränge tritt die gesamte Mesogloea mit dem Oskularrohr in Kontakt. Kontraktionswellen können so zu einem momentanen Verschluss eines Teilbereiches oder des gesamten Porensystems führen. Die Kontraktionswellen breiten sich in vier bis sechs Minuten über eine Strecke von wenigen Zentimetern aus (WEISSENFELS, 1989:29f.). Es fehlen ebenso Geschlechtsorgane, wobei sich die Geschlechtzellen wahrscheinlich aus den Amoebocyten ableiten. Aus heutiger Sicht ist die Spermato- und Oogenese von den Choanocyten ausgehend. Spermatoocyten und Oocyten reifen in einer Follikelhülle heran (KAESTNER, 1993:263).

2 Was macht die Schwämme so interessant?

Die Hälfte der 750 bis 800 neu entdeckten Naturstoffe liefern marine Schwämme (BRÜMMER et al., 2003:382). Porifera synthetisieren biologisch aktive Sekundärmetabolite der Substanzgruppen Alkaloide und Terpene. Ihr vielfältiges Wirkungsspektrum umfasst dabei u. a. die inhibierende Wirkung auf das Tumorstoffwachstum sowie entzündungshemmende, antivirale, fungizide und bakterizide Wirkungen. Die toxische Wirkung auf das Aids-Virus von Substanzen aus Porifera konnte in Zellversuchen bereits nachgewiesen werden (ebd.:383).

In den Focus der Wissenschaft sind die Porifera seit langem hinsichtlich einer Beantwortung von Fragen zum Zellverhalten bzw. zur Lösung entwicklungsphysiologischer Probleme gerückt. Als günstige Untersuchungsobjekte gewinnen sie zunehmend an Bedeutung.

Außerdem nehmen die Porifera eine wichtige Stellung im System der biologischen Grundwassereinigung ein, da sie schwebende Partikel aus dem Wasser filtern (ebd.:271). Ihre Filterkapazität reicht so weit, dass ein 1000 cm³ großer Schwamm fähig

ist, einen 10 Liter Eimer Wasser in zehn Sekunden zu filtrieren. In großer Populationsdichte infiltrieren Porifera alle Primärproduzenten und binden dieses organische Material langfristig. Der Energiehaushalt eines Ökosystems wird hierdurch nachhaltig beeinflusst (WESTHEIDE & RIEGER, 2004:103).

Desweiteren sind Porifera im Hinblick auf die Schwammfischerei von ökonomischer Bedeutung. Die Saugfähigkeit von Naturschwämmen konnte bisher noch von keinem synthetischen Produkt erreicht werden. Das elastische und saugfähige Skelett von Badeschwämmen ist bis heute ein Gebrauchsgegenstand von vielseitigem Nutzen. Bis etwa 1960 »wurden *Spongia officinalis* und *Hippospongia communis* im Mittelmeer östlich der Linie Sizilien- Cap Horn (Tunesien) bis hinauf zum Marmarameer regelmäßig gefischt« (KAESTNER, 1993:273). *Spongia officinalis* besteht fast ausschließlich aus Sponginfasern und findet Verwendung als Badeschwamm. Sie sind in der Lage das bis zu 25-fache ihres Gewichtes aufzunehmen (WESTHEIDE & RIEGER, 2004:119). Der Pferdeschwamm, *Hippospongia communis*, findet durch kratzige Sandkorneinlagerung hingegen industrielle Verwendung. Neben Griechenland, welches einen großen Anteil an der Schwammfischerei hat(te), fischte man zudem zwischen den japanischen Inseln und den Philippinen nach Porifera. 200 Handelsorte können unterschieden werden. Die Schwammgewinnung erfolgt entweder durch Tauchen mit Scaphandern oder Pressluftgeräten, Schleppnetzfisherei oder Fischen mit Stechzettel von der Oberfläche aus. Die gesammelten Porifera sterben außerhalb des Wassers ab. Durch Treten und Spülen wird der faulende Weichkörper entfernt. Anschließend werden sie auf Schnüre gereiht und getrocknet. Hauptabnehmer für Naturschwämme ist die Industrie – dort werden sie zum Schleifen, Lackieren oder Polieren benötigt. In der näheren Vergangenheit wurde die mediterrane, kommerzielle Schwammzucht von Serien starker Epidemien befallen, so dass die übrig gebliebenen, überfischten Schwammvorkommen noch weiter geschädigt wurden. Mediterrane Schwämme erreichen den höchsten Preis im Vergleich zu karibischen oder indopazifischen Schwämmen. Die feinsten aller mediterranen Schwämme wachsen in Libyen.

Nach der Analyse der dortigen Schwammpopulationsentwicklung wurde eine Handelssperre für Naturschwämme verhängt. Eine italienisch-libysche Kooperationsverbindung untersuchte die Entwicklung der Schwammfischerei in einer ungefähren Periode von 150 Jahren (Abb. 3). Nach einem niedrigen Ernteertrag in den Jahren 1860 bis 1879 überschritt die Schwammernte in den Jahren 1880 bis 1929 einen Durchschnitt von 40 Tonnen im Jahr. Der Spitzenrekord wurde in den Jahren 1920 bis 1929 mit über 70 Tonnen pro Jahr erreicht. Heute beschränkt sich die Schwammfischerei auf ein Gebiet im Osten Libyens. Weniger als 10 Tonnen pro Jahr werden geerntet. Tauchererkundungen entlang der Küste ergaben, dass nicht kommerziell nutzbare Schwämme, z. B. Schwämme der Familien *Ircinia* und *Sarcotragus*, in höheren Populationen auftreten als die kommerziell nutzbaren Schwämme der Familien *Spongia* und *Hippospongia*. Eine Annäherung an den umweltverträglichen Abbau dieser wertvollen Naturressource ist vorgesehen und wird derzeit noch diskutiert (MILANESE et al., 2007:90f.).

Da die Schwammfischerei zusammen mit den starken Epidemien die Populationszahlen im hohen Maße, teilweise bis zur Extinktion, reduzierte, sollen die stark überfischten, natürlichen Schwammvorkommen zukünftig durch kommerzielle Schwammzucht entlastet werden. Auf Cuba, den Philippinen und Mikronesien, wurde mit der kommerziellen Schwammzucht bereits begonnen. Schwämme sind in der Lage, gelöstes organisches Material, organische Partikel und Bakterien aus dem Wasser aufzunehmen. Freischwimmende Käfige

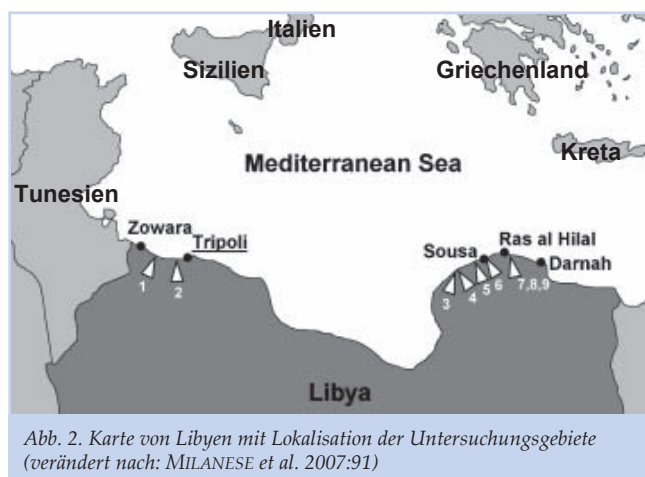


Abb. 2. Karte von Libyen mit Lokalisation der Untersuchungsgebiete (verändert nach: MILANESE et al. 2007:91)

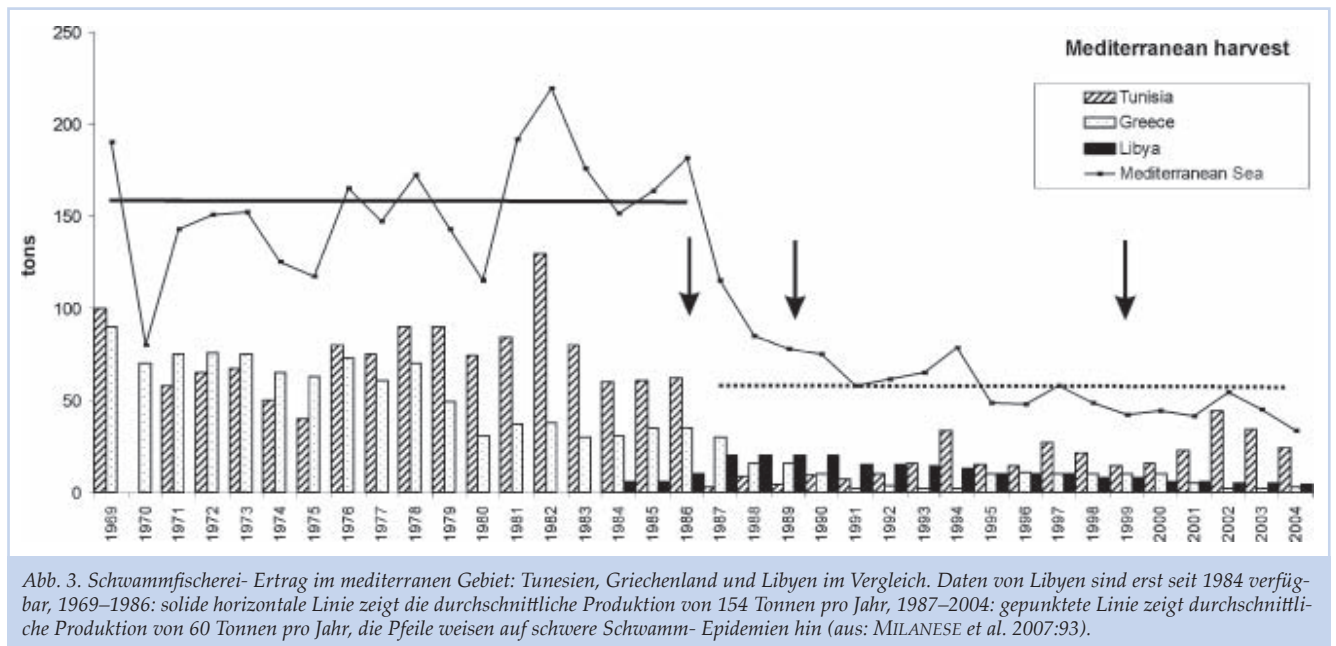


Abb. 3. Schwammfischerei-Ertrag im mediterranen Gebiet: Tunesien, Griechenland und Libyen im Vergleich. Daten von Libyen sind erst seit 1984 verfügbar, 1969–1986: solide horizontale Linie zeigt die durchschnittliche Produktion von 154 Tonnen pro Jahr, 1987–2004: gepunktete Linie zeigt durchschnittliche Produktion von 60 Tonnen pro Jahr, die Pfeile weisen auf schwere Schwamm-Epidemien hin (aus: MILANESE et al. 2007:93).

der Fischzucht entlassen große Mengen organisches Material in die Umgebung. Dieses kann als Futterquelle für intensive Schwammzucht genutzt werden. Ein solch integrierendes System könnte eine effektive Eutrophierungskontrolle, eine kommerzielle Schwammzucht und letztlich eine Reduzierung der Ernteerträge natürlicher Schwammpopulationen zur Folge haben (PRONZATO, 1999:485).

Das Vorkommen des Bohrschwammes erfreut die Menschen dagegen weniger. Durch ihn kommt es zu beträchtlichen ökonomischen Schäden bei der Austernernte, da ihre Schalen durch den Bohrschwamm befallen werden. Bohrschwämme sind auch als ökologischer Faktor in marinen Ökosystemen nicht zu unterschätzen. Sie sind die ersten Organismen, die das Substratinnere besiedeln. Innertropisch werden Korallenriffe und Kalksteinriffe maßgeblich durch sie geschwächt. Den Bohrschwämmen lässt sich allerdings auch etwas Positives abgewinnen. In der Erdgeschichte haben sie entscheidend bei der geomorphologischen Ausbildung der Erdoberfläche der gemäßigten Breiten mitgewirkt. Als Kalk- und Kreideschichtbildner könnten sie aus globaler Sicht als wichtigste Schwämme überhaupt angesehen werden (BRÜMMER et al., 2003:327).

3 Auskeimungsexperiment mit Gemmulae von Süßwasserschwämmen

Biologische Experimente werden meist dem induktiven Erkenntnisgewinn, d. h. der Generalisierung von Beobachtungen, zugeordnet. Da Unterrichtsexperimente meist als Demonstrationsversuch oder Schülerübung dienen, haben sie zudem einen hohen deduktiven Erkenntnisanteil (MOISL, 1988:7). Beim Auskeimungsversuch mit Gemmulae kann diese als reine Beobachtung, d. h. ohne Abwandlung der Rahmenbedingungen oder als Experiment mit kontrollierten, modifizierten Rahmenbedingungen ablaufen. Die Inkubation der Gemmulae kann z. B. bei verschiedenen Temperaturen, im Licht oder Dunkeln bzw. mit Wasser unterschiedlicher Wasserhärte erfolgen. Bei Schülerexperimenten sollte eine klare Vorhergehensweise gewahrt werden. Ausgehend von ihren Beobachtungen sollten die Schüler lernen, Versuchsergebnisse zeichnerisch darzustellen und in der Auswertung die faktischen Versuchsergebnisse anzuwenden (MOISL, 1988:7).

Der Auskeimungsversuch mit Gemmulae ist ein Beobachtungs- oder Entdeckungsexperiment, das sich als Langzeitexperiment über mehrere Tage und Wochen erstrecken kann. Für den Lehrer bedeutet dies, dass er die Schüler immer wieder auf das Thema Porifera hinlenken, neu motivieren muss. Der Auskeimungsversuch mit Gemmulae sollte stets ein Schülerversuch sein, d. h. von den Schülern selbst ausgeführt werden. Die eigenständige Ausgabe der Gemmulae in die Petrischalen sollte bei den Schülern ein Verantwortungsbewusstsein indizieren, welches den Lernerfolg im hohen Maße heben kann. Im Falle einer Zweiergruppenbildung gilt es, die anstehenden Arbeitsschritte zu ordnen, aufzuteilen und effektiv durchzuführen. Hierbei soll die Sozialkompetenz der Schüler gefördert werden, sich in einer Gruppe ein- und unterzuordnen. Im Falle eines demonstrativen Versuches sollte vom Lehrer die Möglichkeit zum eigenständigen Mikroskopieren jedes Schülers geschaffen werden. Die Auskeimung des Versuches kann sowohl qualitativ als auch quantitativ erfolgen. Bei letzterem ist die Keimrate zu bestimmen, indem die Gemmulae ausgezählt und das Auskeimen über einen längeren Zeitraum, in regelmäßigen Abständen, datiert wird. Eine regelmäßige Kontrolle des Auskeimungsstandes ist bei einer qualitativen Auswertung nicht notwendig. Hierbei kann der Versuch zu Beginn der Lerneinheit gestartet werden und die Auswertung am Ende durch eine mikroskopische Zeichnung mit schriftlicher Formulierung erfolgen, wobei sich beide Auswertungsarten nicht ausschließen.

Der Auskeimungsversuch mit Gemmulae eignet sich, um zu einer gezielten Beobachtung sachliche Bezüge herzustellen. Es gilt die verschiedenen Entwicklungsstadien theoretisch einzuordnen, zu benennen, zu vergleichen und Beobachtungen letztlich zu beschreiben. Aufbauend auf diesem Fundament sollte es den Schüler möglich sein, Hypothesen zu abweichenden Rahmenbedingungen des Experiments zu entwickeln. Auch, wenn die Auskeimungsrate nicht allzu hoch ist, sollte der Veränderungsprozess der Gemmulae gut erkennbar sein. Tierexperimente wecken meist eine größere Neugier bei Schülern als Pflanzenversuche.

Da Schwämme kein Nervensystem besitzen, fallen sie zudem nicht unter die bekannten Tierschutzbestimmungen und in Hinblick auf eine große Sympathie der Schüler mit der Trickfilmfigur Spongebob Schwammkopf sollte das Versuchsobjekt

keine Angst- oder Ekelreaktionen hervorrufen. Für die Versuchsdurchführung wird kein spezifisches Vorwissen abverlangt, lediglich instrumentale Fertigkeiten in Form von Pipetieren und Mikroskopieren sind für den Auskeimungsversuch von Nöten. Während die eigentliche Versuchszeit relativ kurz ist, kann die Beobachtungsdauer, je nach Temperatur, variieren. Dies sollte man bei der Planung der Stoffeinheiten beachten und bei Bedarf eine oder mehrere Auswertungsstunden innerhalb eines späteren Stoffgebietes einplanen.

3.1 Material

Im Folgenden wird der Materialbedarf für das Auskeimungsexperiment beschrieben. Zu Gunsten der Übersichtlichkeit gliedert sich der Materialbedarf zum einen für ein bis zwei Schüler und zum anderen für die ganze Klasse auf. Desweiteren werden Hinweise zur Beschaffung der jeweiligen Materialien gegeben. Spezielle Protokollbögen finden sich unter www.mnu.de.

3.1.1 Materialbedarf für 1–2 Schüler

- etwa 20–30 Gemmulae
- etwa 100 ml natürliches Mineralwasser ohne Kohlensäure (z. B.: Volvic)
- 2 Petrischalen mit Deckel aus optisch klarem Polystyrol (Abb. 4)
- 1 Pasteur- Pipetten aus Polyethylen (Abb. 5)
- 1 wasserfester Permanent- Marker
- 1 Binokular-Lupe und/oder Mikroskop mit schwacher Vergrößerung (15–100fach)

3.1.2 Materialbedarf für die ganze Klasse

- Aufbewahrungsbox mit Deckel (Abb. 6, 7)
- Glasscheibe oder Plexiglasplatte
- etwa 4 weitere Petrischalen zum Unterlegen der Glasscheibe oder Plexiglasplatte
- Thermometer

3.2 Versuchsdurchführung

Im Folgenden erfolgt eine detaillierte Versuchbeschreibung. Sie soll dem Lehrer zu Unterrichtsvorbereitung dienen.

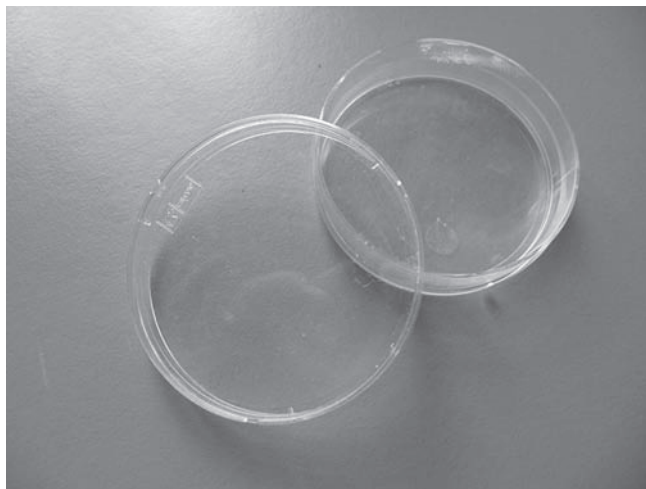


Abb. 4. Petrischale mit Deckel (eigenes Foto)

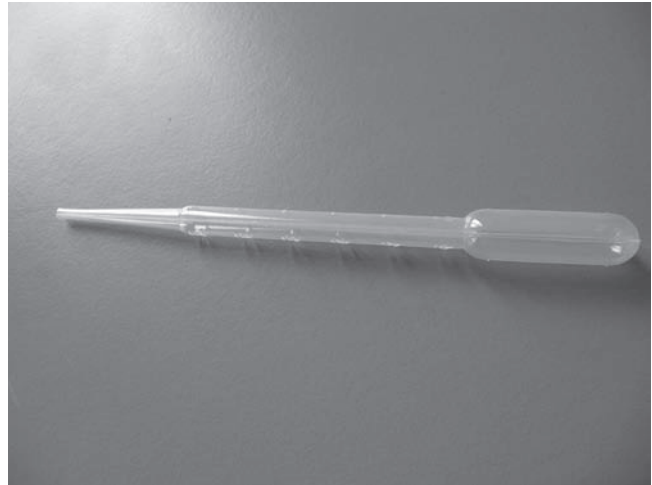


Abb. 5. Pasteur- Pipetten aus Polyethylen (eigenes Foto)



Abb. 6. Aufbewahrungsbox mit Deckel (eigenes Foto)

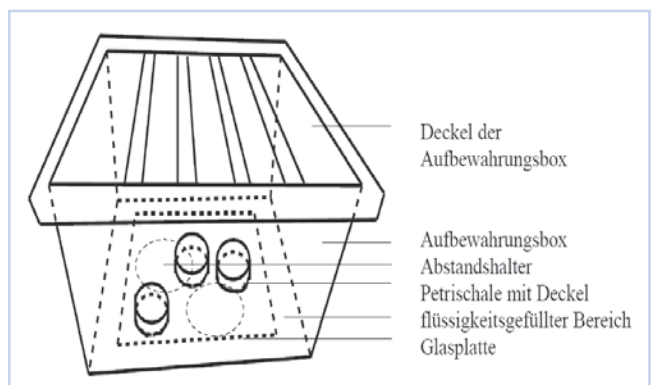


Abb. 7. Schemazeichnung Aufbewahrungsbox mit Deckel (eigene Darstellung)

3.2.1 Extrahieren der Gemmulae aus altem Schwammgewebe (nach selbstständiger Sammlung)

- Künstliche Überwinterung im Kühlschrank
- Spülen
- Schwammgewebe zerreißen
- Gemmulae durch Waschstraße pipettieren

3.2.2 Arbeitsanleitung zum Auskeimungsexperiment mit Gemmulae von Süßwasserschwämmen

Nr.	Beschreibung des Arbeitsschrittes	Skizze
1	beide Petrischalen zur Hälfte mit Mineralwasser auffüllen	
2	Pipette mit zusammengedrückten Ballon in das Mineralwasser führen und durch das Nachgeben des Drucks die Gemmulae aus dem Becherglas entnehmen	
3	Pipette ohne den Ballon zu drücken senkrecht halten und die Gemmulae zur Öffnung sinken lassen	
4	Gemmulae zusammen mit einem Tropfen Mineralwasser aus der Pipette in die Petrischale entlassen, dazu mäßigen Druck auf den Ballon ausüben	
5	Anzahl der Gemmulae in der Petrischale auszählen	
6	Deckel der Petrischale mit Gruppennummer, Probennummer, Datum und Anzahl der Gemmulae durch einen Permanent- Marker beschriften	
7	beide Petrischalen mit geschlossenem Deckel zur Inkubation in die Aufbewahrungsbox stellen	

3.2.3 Erwartungshorizont

Wie aus Abb. 8 deutlich wird, ist die Auskeimrate der gelben Gemmulae deutlich höher als die der grünen. Hier lag die Auskeimrate bei unserem Versuch bei 50 %. Vermutlich sind die gelben Gemmulae ausgereifter. Die grünen Gemmulae keimten hingegen nur in geringer Zahl aus. Daher eignen sich die gelben Gemmulae eher zur Umsetzung eines Auskeimungs-

versuches. Die geringe Auskeimrate gilt es mit einer hohen Gemmulaeanzahl zu kompensieren.

Bei etwa 20 bis 30 Gemmulae sollte wenigstens eine keimte Gemmula zu beobachten sein. Natürlich hängt auch der Keimzeitpunkt von der Inkubationstemperatur ab. Eine universell geltende Aussage über den Keimzeitpunkt bei Auskeimungsversuchen lässt sich nicht formulieren.

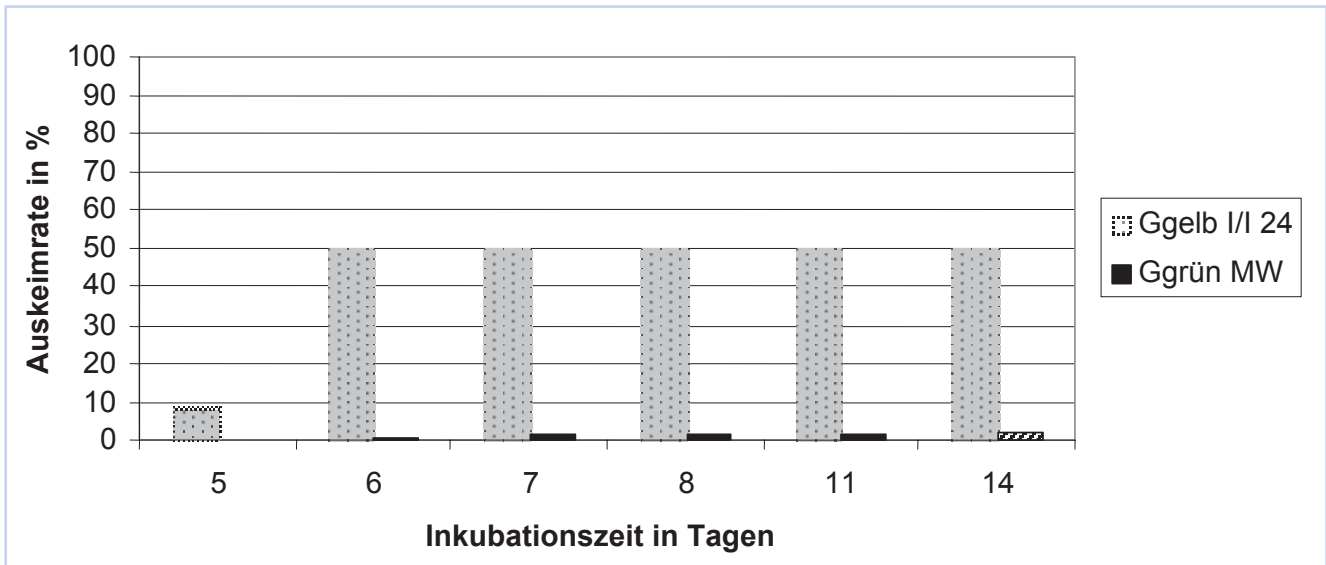


Abb. 8. Auskeimrate gelber und grüner Gemmulae im Vergleich

Der Auskeimungsbeginn der Gemmulae äußert sich oft zunächst mit der Aufwölbung der Mikropyle. Das nach außen tretende Jungschwammgewebe ist durch eine weiße, blasenförmige Struktur erkennbar (Abb. 9). Nach wenigen Tagen umwächst der Jungschwamm die Gemmula vollständig und bildet einen weiß-milchigen Hof. Die Gemmulaschale im Zusammenhang mit dem Jungschwamm ähnelt dem Aussehen eines Spiegeleis (Abb. 10, 11). Mit dem Erreichen dieses Entwicklungsstandes verlief der Auskeimungsversuch erfolgreich.

Literatur

BAYRHUBER, H.; K. ESCHENEHRG et al. (Hg.) (1994). *Interdisziplinäre Themenbereiche und Projekte im Biologieunterricht*. Kiel: IPN.

BRÜMMER, F., NICKEL, M., SIDRI, M. (2003). Porifera (Schwämme). In: R. HOFRICHTER (Hg.). *Das Mittelmeer*. Band II/1. Heidelberg: Spektrum, 302–381.

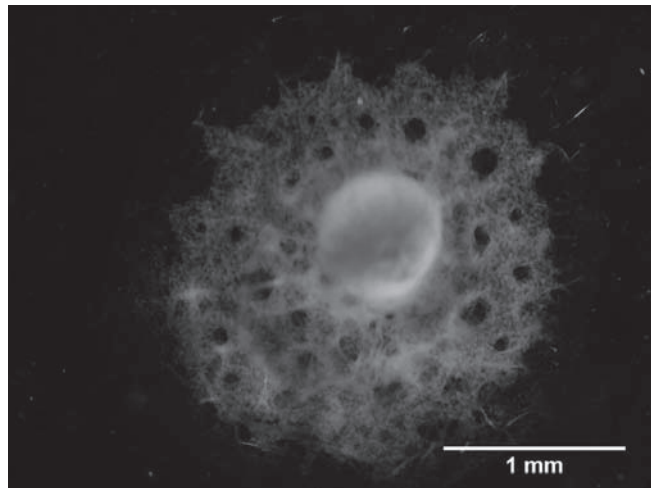


Abb. 10. Gemmula mit Jungschwamm (Draufsicht) (eigenes Foto)

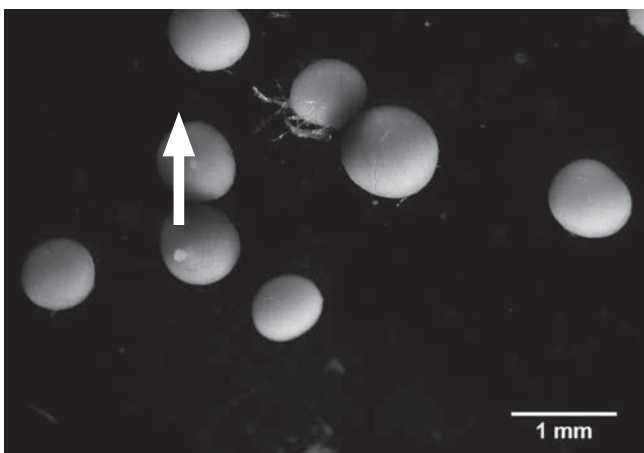


Abb. 9. Auskeimende Gemmulae mit Aufwölbung der Mikropyle (eigenes Foto)

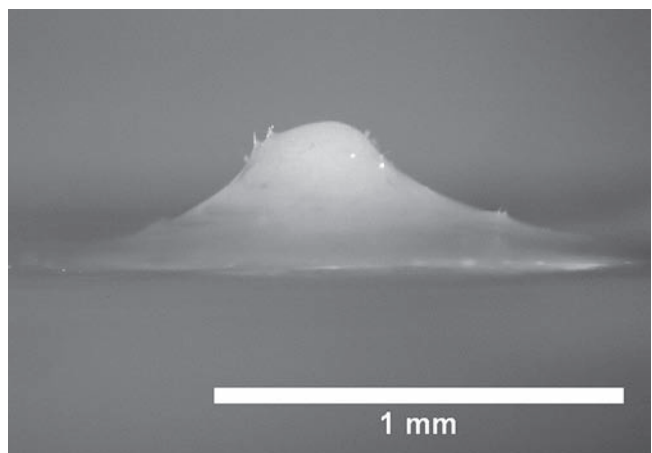


Abb. 11. Gemmula mit Jungschwamm (Seitenansicht)

- ESCHENHAGEN, D., KATTMANN, U. & RODI, D. (1998). *Fachdidaktik Biologie*. Köln: Aulis.
- KAESTNER, A. (1993). *Lehrbuch der speziellen Zoologie. Band I Wirbellose Tiere*. Jena: Gustav Fischer, 251–288.
- KILLERMANN, W., HIERING, P. & STAROSTA, B. (2008). *Biologieunterricht heute*. Donauwörth: Auer.
- KIRSTE, K. (2009). *Süßwasserschwämme als Unterrichtsmodul*. Wissenschaftliche Hausarbeit zur Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Regelschulen. Jena.
- KLEESATTEL, W. (Hg.) (2006). *Fundgrube Biologie*. Berlin: Cornelsen.
- MILANESE, M., SARÁ, A., MANCONI, R., ABDALLA, A. B. & PRONZATO, R. (2007). *Commercial sponge fishing in Libya: Historical records, present status and perspectives*. Genova, Sassari, Tripoly: Elsevier B.V., 90–96.
- MOISL, F. (1988). Experimente. *Unterricht Biologie*, 12, H. 132, 4–14.
- MUNK, K. (2002). *Grundstudium Biologie*. Heidelberg: Spektrum, 1–21.
- PRONZATO, R. (1999). *Sponge-fishing, disease and farming in Mediterranean Sea*. Genova: Wiley, 485–493.
- STAECK, L. (1987). *Zeitgemäßer Biologieunterricht. Eine Didaktik*. Stuttgart: Metzler.
- STORCH, V. & WELSCH, U. (2004). *Systematische Zoologie*. Berlin: Spektrum Akademischer Verlag, 38–48.
- VAN SOEST, R. W. M., BOURY-ESNAULT, N., HOOPER, J. N. A., RÜTZLER, K., DE VOOGD, N. J., ALVAREZ, B., HAJDU, E., PISERA, A. B., VACELET, J., MANCONI, R., SCHOENBERG, C., JANUSSEN, D., TABACHNICK, K. R., KLAUTAU, M. (2008): World Porifera database. <<http://www.marinespecies.org/porifera>> (Stand: 2008-11-25) (u. a. Zugriff am: 2009-03-18).
- WEISSENFELS, N. (1989). *Biologie und Mikroskopische Anatomie der Süßwasserschwämme (Spongillidae)*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1–95.
- WESTHEIDE, W., RIEGER, R. (2004). *Spezielle Zoologie. Teil 1: Einzeller und Wirbellose Tiere*. Heidelberg, Berlin: Spektrum, 98–119.
- KATHRIN KIRSTE, schuetz_kathrin@arcor.de; Prof. Dr. UWE HOSSFELD (korrespondierender Autor), uwe.hossfeld@uni-jena.de, Arbeitsgruppe Biologie-didaktik, Biologisch-Pharmazeutische Fakultät, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Am Steiger 3, Bienenhaus, 07743 Jena; PD Dr. MICHAEL NICKEL; m.nickel@uni-jena.de ■