

# Protokoll Porifera/Cnidaria

Till Biskup

Matrikelnummer: 155567

12. November 1999

## Aufgaben

1. Beschreiben Sie Fortpflanzungszyklen bei Cnidaria (Metagenese, ontogenetische und phylogenetische Aspekte)!
2. Nennen sie die wesentlichen Zelltypen bei Schwämmen und Nesseltieren!
3. Erläutern Sie die chemischen und geographischen Vorgänge bei der Korallenriffbildung!

## 1 Fortpflanzungszyklen bei Cnidaria

### 1.1 allgemeine Darstellung

Allgemein treten bei Cnidaria zwei Generationsformen auf: Der Polyp und die Meduse. Eine Ausnahme machen hier nur die Anthozoen, die kein Medusenstadium besitzen. Bei ihnen pflanzt sich der Polyp nach der ungeschlechtlichen Vermehrungsphase geschlechtlich fort [2]. Bei Hydrozoa und Scyphozoa kommt es zu einem regelmäßigen Wechsel zwischen beiden Formen. Die Polypen bilden Medusen und durch geschlechtliche Fortpflanzung der Medusen entstehen wieder Polypen. Diese Form des **Generationswechsels** wird auch als Metagenese bezeichnet.

**Metagenese** [μετά, zwischen; γένεσις, Entstehung, Hervorbringen], *Metagenesis*, eine Form des Generationswechsels, die nur bei einigen Gruppen von Metazoen vorkommt: Eine bisexuelle Generation wechselt mit einer oder mehreren Generationen ab, die ungeschlechtlich ("vegetativ") vielzellige (polycytogene) Fortpflanzungskörper bilden. [1]

Die meisten Cnidaria sind getrenntgeschlechtlich, einige Vertreter können jedoch ihr Geschlecht wechseln [5]. Echte Zwitter sind bei Hydrozoa (*Eleutheria dichotoma*) und Scyphozoa (*Stephanoscyphus eumedusoides*, *Chrysaora hysoscella*) selten, häufiger dagegen bei Anthozoa (hier wahrscheinlich alle Ceriantharia, viele Actiniaria). Den Regelfall stellt die zweigeschlechtliche Fortpflanzung mit äußerer oder innerer (Gastrovaskularsystem) Befruchtung dar, Parthenogenese kommt zum Beispiel bei *Margelopsis haeckeli*, *Thecoscyphus zibrowii*, *Cereus pedunculatus* und *Actinia equina* vor. Die meisten Cnidaria sind zudem ovipar<sup>1</sup>, Brutpflege ist weit verbreitet.

**ungeschlechtliche Fortpflanzung** Nach [5] kann man drei Arten der asexuellen Vermehrung, auch als vegetative Vermehrung [5] bezeichnet, unterscheiden:

1. Bildung von Medusen an Polypen bei metagenetischen Cnidaria
2. mehrere Modi der Bildung neuer Polypen an bzw. aus Polypen
3. seltene Entstehung von Medusen an bzw. aus Medusen

**Bildung von Medusen an bzw. aus Polypen** Die Bildung der Medusen kann in mehreren Varianten erfolgen [4]. Die **Strobilation**, also eine Querteilung des Polypen, finden wir bei Scyphozoa, **Knospung** bei Hydrozoa und schließlich bei Cubozoa eine Metamorphose des ganzen Polypen.

---

<sup>1</sup>[lat. oviparus, Eier legend], Ablage von Eiern vor der Befruchtung oder in einem frühen Entwicklungsstadium des Embryos. [1]

**Bildung neuer Polypen aus Polypen** Nach [5] lassen sich auch hier wiederum mehrere Formen, vier an der Zahl, unterscheiden, die wie folgt charakterisiert sind: Die **Knospung**, die bei den Polypen aller Cnidaria-Taxa verbreitet ist, die **Laceration**, also die Abschnürung kleinster Teile von der Fußscheibe die dann zu neuen Polypen regenerieren, die **Podocystenbildung**, die Entstehung einer cuticulären Kapsel, die zunächst mit undifferenzierten Zellen gefüllt ist und an der Basis von Scyphopolypen entsteht. Nachdem der Polyp fortgekrochen ist, schlüpft ein planulaähnliches Gebilde (Planuloid), das zu einem neuen Polypen metamorphosiert. Als letzter Typ sei die **Frustulation** genannt, die bei Hydropolypen auftritt. Die Frustel ist ein spezieller Typ eines Planuloids. Sie entwickelt sich am Scapus, kriecht umher und metamorphosiert schließlich zum Polypen. **Kolonien** Kolonien, auch Tierstöcke genannt, entstehen dadurch, daß die Verbindung zwischen den Polypen bei der Knospungen bestehen bleibt.

**direkte Entstehung von Medusen an Medusen** Die direkte Entstehung von Medusen an Medusen, also eine vegetative Vermehrung derselben, ist nur von Hydromedusen bekannt und erfolgt durch Knospung [5].

**geschlechtliche Fortpflanzung** Beim Prototyp der geschlechtlichen Fortpflanzung entwickeln sich die Eier (meist durch totale Furchung) zu einer bewimperten Blastula und diese zur Planularlarve weiter. Die Planula schließlich setzt sich mit ihrem Vorderpol fest und durchläuft die Metamorphose zum Polypen. Bei einigen Cnidaria kommt es abweichend von diesem Schema zur direkten Polypenentwicklung ohne Larvenstadium. Die Geschlechtsprodukte werden in der Regel ins freie Wasser abgegeben [2], wo auch Besamung, Befruchtung und die erste Entwicklung stattfindet. Die Freisetzung der reifen Keimzellen erfolgt bei Scypho-, Cubo-, Anthozoa durch Platzen der Epithelwand. Die Gonite gelangen in den Gastralraum und werden durch Mund ausgestoßen. Bei Hydrozoa dagegen gelangen sie durch das Platzen der epidermalen Deckschicht direkt nach außen.

Als Regulative, die die Chance des Zusammentreffens der Ei- und Samenzellen erhöhen, dienen nach [2] einerseits die Schwarmbildung vieler Medusen, andererseits die Aggregationen solitärer Anthozoa, die zeitgleich die Geschlechtsreife erreichen.

**Generationswechsel (Metagenese)** Polyp und Meduse bilden bei Hydrozoa und Scyphozoa die aufeinanderfolgenden Glieder eines Generationswechsels. Die Medusen entstehen ungeschlechtlich (s. o.) an Polypen und entwickeln als geschlechtliche Generation Gonaden. Die Befruchtung der Gonite erfolgt, wie schon angesprochen, meist im freien Wasser, aus dem befruchteten Ei entwickelt sich eine Planula-Larve, die sich festsetzt und zum neuen Polypen auswächst.

Bei vielen Formen sind die Medusen keine freischwimmenden Stadien mehr [4], sondern sessile, stark reduzierte Medusoide (Gonophoren). Noch weiter reduziert ist die geschlechtliche Generation bei *Hydra*: Hier bestehen die Medusoide nur noch aus Gonaden. Damit repräsentiert der Polyp die geschlechtliche *und* die ungeschlechtliche Generation.

## 1.2 Beispiele

***Aurelia aurita* (Scyphozoa)** [5][3] Die Ohrenqualle *Aurelia aurita* bildet einen **Scyphistoma-Polyp**, der sich durch Knospung ganzjährig vermehren kann, mehrere Jahre alt wird und in Nord- und Ostsee bei niedrigen Temperaturen Ephyren (durch Strobilation) erzeugt. Die **Stobilation** erfolgt vor allem von Ende Dezember bis Ende März und Ende April bis Ende Mai. Sie beginnt apikal (an der Spitze) und setzt sich zur Basis fort. Nach der erfolgten Strobilation entsteht aus dem basalen Restkörper ein neuer Polyp mit langen Tentakeln. Die **Ephyra**, eine flache Scheibe mit acht ansehnliche zungenförmige Lappen (*Stammlappen*, Randlappen), entwickelt sich zur **Meduse** weiter, die einen gleichmäßigeren Körperumriß als die Ephyra aufweist. Bei geschlechtsreifen Tieren fallen die Gonaden durch ihre Färbung auf. Die **Eier** werden durch den Magen entlassen und dort befruchtet, allerdings nicht ins freie Wasser entlassen, sondern durchlaufen ihre Embryonalentwicklung bis zur Planula in zusammengefalteten Mundarmen der Meduse in einer Sekrethülle. Die **Planula** ist von Juli bis Oktober in Nord- und Ostsee im Plankton zu finden. Ihre Länge beträgt etwa 0.25 mm.

**Cubozoa** [5] Die Cubozoa sind getrenntgeschlechtlich, ihre Befruchtung findet entweder außerhalb des Körpers (*Chironex*, *Chiropsalmus*) oder im Gastrovaskularsystem (*Tripedalia*, *Charybdea*) statt. Adulte Cubopolypen pflanzen sich ungeschlechtlich durch Knospung fort. Die Knospe schnürt sich ab und wird nach einer Periode des Umherkriechens sessil. Die Embryonalentwicklung der Cubozoa ist nach [5] nur lückenhaft bekannt. Die Planulae, birnenförmige und stark bewimperte Larven, metamorphosieren nach einigen Tagen zu Polypen. Die Besonderheit der Cubozoa stellt die vollständige Umwandlung des adulten Cubopolypen in die Meduse dar. Das bedeutet, daß hier die Medusenentstehung nicht durch asexuelle Fortpflanzung erfolgt.

### 1.3 phylogenetische Aspekte

Die zentrale Rolle in der phylogenetischen Systematisierung der Cnidaria spielt das Polypenstadium. Insbesondere die Frage, ob das Polypen- oder Medusenstadium als ursprünglich zu betrachten sei, hat lange Zeit für Diskussion gesorgt. Nach [2] erzeugt der Polyp unmittelbar die Meduse, nicht anders herum. Weitere Indizien, die ebenfalls für eine phylogenetische Vorzeitigkeit des Polypen vor der Meduse sprechen, sind (ebenfalls nach [2]) zum einen, daß es bei den Anthozoa keine Medusenform gibt, hier also der Polyp die primäre Lebensform darstellt, zum anderen, daß bei Cubozoa die Meduse durch direkte Metamorphose aus dem Polypen hervorgeht, also tatsächlich ein umgewandelter Polyp ist. Dieses Faktum stellt, zumindest wenn man es gemäß HAECKELS biogenetischer Grundregel auslegt, daß die Organismen (vereinfacht gesprochen) in ihrer Ontogenese die Phylogenese wiederholen, einen relativ starken Hinweis auf die Ursprünglichkeit des Polypen dar.

Allgemein gilt, daß das Geschlecht der Meduse im Erzeugerpolypen determiniert ist, der Polyp also nicht ungeschlechtlich s. str. ist, sondern genetisch fixiert ein latentes Geschlecht besitzt.

Zu einem sehr interessanten und unter den Metazoa einzigartigen Vorgang kommt es bei den Cnidaria: Die Polypengeneration ist praktisch unsterblich, während die Lebensdauer der Meduse auf wenige Monate beschränkt bleibt. Die Ursache hierfür dürfte in den *interstitiellen Zellen* (I-Zellen, s. u.) der Polypen liegen, die als Stammzellen multipotent und für die ausgeprägten Regenerationsleistungen der Coelenteraten verantwortlich sind [4]. In ihrer Potenz und Funktion erinnern sie an die Meristeme der Pflanzen.

Die Entwicklung der Medusen wird in [2] als Evolutionsschritt gesehen, der die Nachteile der sessilen Lebensweise ausglich. Evolutionistisch problematisch und dort auch erkannt, allerdings nicht diskutiert, ist die Tatsache, daß die Medusenbildung bei den drei metagenetischen Gruppen dreimal unabhängig voneinander entstanden sein muß, da sie auf völlig verschiedene Arten abläuft.

## 2 Zelltypen bei Schwämmen und Nesseltieren

**Literatur:** [4]

### 2.1 Porifera (Schwämme)

Bei den Porifera sind die meisten Zelltypen noch amöboid beweglich. Insgesamt können nach [4] sechs Typen unterschieden werden. Die **Archaeocyten** dienen als Ausgangspunkt aller anderen Zelltypen, das heißt, daß alle anderen Zellen letztendlich differenzierte Archaeocyten sind. Die **Amoebocyten** sind phagocytotisch tätig, von den **Skeroocyten** werden die Skelettnadeln (*Sklerite*) sezerniert. Des weiteren bilden sie zusammen mit den Collencyten eine Art Mesenchymgerüst. Die **Collencyten** sind sternförmig verzweigt und möglicherweise kontraktile [4], die **Pinacocyten** begrenzen das Mesenchym nach außen (im Pinacoderm) und kleiden die inneren Kanalwandungen aus. Als spezialisiertester somatischer Zelltyp sind schließlich die **Choanocyten** (*Kragengeißelzellen*) anzusprechen, die die Wandungen der Kanäle und besonders dicht die Geißelkammern besetzen.

### 2.2 Cnidaria (Nesseltiere)

Bei den Cnidaria sind durch den teilweise recht engen Zusammenschluß mehrerer Zelltypen bereits Ansätze von Gewebsbildung zu beobachten. Die Zellen sind im Vergleich zu den Porifera weitaus mehr differenziert, was sich auch in der Zahl der Zelltypen niederschlägt, wie bei *Hydra* mit circa zwanzig Typen.

**Epithelmuskelzellen** Als häufigster Typ finden sich bei den Cnidaria Epithelmuskelzellen. Deren flacher basaler Zellfortsatz enthält Myofibrillen, die für die Kontraktionsfähigkeit des Epithels verantwortlich gemacht werden. Des weiteren können Zellen diesen Typs Skelette (in der Ektodermis) sezernieren und in der Entodermis mittels Flagellenschlag Flüssigkeitsstrom erzeugen. Letztere Differenzierungsform der Epidermismuskelzellen wird auch als **Verdauungszellen** (*“Nährmuskelzellen”*) angesprochen. sie nehmen Nahrungspartikel endocytotisch auf. Als weitere Differenzierung seien die **Drüsenzellen** (*Zymogenzellen*) in der Entodermis genannt, die Verdauungsenzyme in den Gastralraum sezernieren.

**interstitielle Zellen (I-Zellen)** Diese als Stammzellen anzusprechenden kleinen, in der Ekto- und Entodermis an der Basis der Epithelzellen vorkommenden Zellen bilden durch Differenzierung Nerven- und Sinneszellen, Nessel- und Drüsenzellen sowie Gameten. Sie sind also multipotent und zeichnen für die ausgeprägte Regenerationsleistungen der Coelenteraten verantwortlich.

**Nervenzellen** Als uni-, bi- oder multipolare Neuronen treten Nervenzellen an der Basis von Ekto- und Entodermis auf und stellen Kontakte mit Sinnes- und Epithelmuskelzellen her. Bei Polypen finden wir ein einheitliches **diffuses Nervennetz**, bei Medusen teilweise **getrennte Nervennetze** die anatomisch und funktionell verschieden differenziert sein können.

**Sinneszellen** Ähnlich wie bei den Nervenzellen ist auch bei den Sinneszellen eine Trennung zwischen Polypen und Meduse sinnvoll. Erstere besitzen vereinzelt zwischen Epithelmuskelzellen Mechano-, Photo- oder Chemorezeptoren, bei letzteren können die Sinneszellen zu einfachen Sinnesorganen zusammentreten. Als Beispiele wären hier einfache Augen, Stratocysten und komplexe Rhopalien zu nennen. Die **Rhopalien** liegen zwischen den Randlappen und bestehen aus einer Stratocyste, einem Flach- und einem Becherauge sowie einer chemorezeptorischen Sinnesgrube.

**Nesselzellen** Die für die ganze Gruppe namengebenden und sicherlich allseits bekannten Nesselzellen, oft auch als *Nematocyten* oder *Cnidocyten* bezeichnet, bilden die höchstspezialisierten Zellorganellen tierischer Zellen: die Nesselkapseln (*Nematocysten*, *Cniden*). In [4] wird zwischen drei Typen dieser Nematocyten und -cysten unterschieden: Die **Stilettkapseln**, auch *Durchschlagskapseln*, *Penetranten*, *Stenothelen*, durchschlagen den Cuticularpanzer kleiner Arthropoden und sezernieren mit einem Stilet- und Nesselschlauch (giftsezernierender Tubulus) ihr “Nesselgift”, oftmals das Zentralnervensystem angreifende Alkaloide, in das Opfer. Bei **Wickelkapseln** (*Volventen*, *Desmonemen*) wickelt sich der bettfederartig spiralisierte, ausgeschleuderte Tubulus um die Borsten von Beutetieren und dient somit dem Festhalten derselben. Die **Klebkapseln** schließlich, auch *Glutinanten* oder *Isorhizen* genannt, besitzen einen klebrigen Tubulus und übernehmen vorübergehende Befestigungsaufgaben bei der Lokomotion. Sie enthalten wie auch die Wickelkapseln kein Giftsekret.

### 3 chemische und geographische Vorgänge bei der Korallenriffbildung

Literatur [5]

#### 3.1 chemische Grundlagen

Korallenriffe bestehen aus Kalk, der ursprünglich das Skelett einzelner Korallen darstellte. Durch die Aggregation sehr vieler Einzelindividuen zu sogenannten Korallenstöcken und das stete Weiterwachsen auf den Skeletten abgestorbener Individuen entstehen nach und nach die bekannten, beträchtliche Ausmaße erreichenden Riffe.

Die Korallen beziehen den von ihnen benötigten Kalk aus dem Meerwasser, wo er gelöst in Form von Calciumhydrogencarbonat  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  vorliegt und sich mit Calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) und Kohlensäure ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) im Gleichgewicht befindet:



Dieses Gleichgewicht wird nun in Richtung einer Ausfällung des Calciumcarbonates beeinflusst, indem die Kohlensäure durch Carboanhydroxylase, ein Enzym, das die Polypen ständig sekretieren, gespalten wird.



Das dabei außerdem entstehende  $\text{CO}_2$  wird von den in Symbiose mit den Polypen lebenden Zooxanthellen assimiliert. Der Kalk fällt aus und bildet als Aragonit-Kristall [2] das grundlegende Bauelement der Skelette.

### 3.2 geographische Grundlagen

**Rifftypen** Grundlegend lassen sich mit [5] vier Rifftypen differenzieren. Das **Saumriff** entsteht und verläuft parallel zu und nahe an Küsten. Ein **BARRIERERIFF** liegt dagegen weitab vom Festland. Es entsteht durch Absinken des Festlandes und infolge dessen einem Anstieg des Wasserspiegels, was die Korallen durch Wachstum kompensieren, da sie nur in den lichten Zonen des Wassers in den oberen mehreren zehn Metern Wassertiefe leben können. Ähnliche Vorgänge bei der Entstehung liegen auch dem **ATOLL** zugrunde: Es entsteht durch Absinken von Vulkaninseln, die ursprünglich von Saumriffen umgeben waren. Im Endzustand umgeben diese Riffe ringförmig die zentrale Lagune. Der letzte Typ ist das **Plattformriff**, wie es typischerweise inmitten der Ozeane anzutreffen ist. Es ist teilweise weit entfernt vom Festland und entsteht, wenn der Meeresgrund in Form einer "Plattform" soweit zur Meeresoberfläche ragt, daß die ökologischen Voraussetzungen des Korallenwachstums (s. u.) erfüllt sind.

**Faktoren für Entstehung und Wachstum tropischer Riffe** Nach [5] lassen sich drei wesentliche Faktoren für die Entstehung und das Wachstum tropischer Riffe angeben: Relativ **hohe Temperaturen**, durchschnittlich mindestens  $20^\circ\text{C}$  auch im Winter, beschränken die Vorkommen der Korallenriffe meist auf die Ostseiten der Kontinente, wo warme Meeresströmungen vorherrschen. Wie schon angesprochen, brauchen Korallen für ihr Wachstum **Licht**. Insbesondere ist dies notwendig für die symbiontisch lebenden photoautotrophen Zooxanthellen (Dinoflagellata, *Symbiodinium microadriaticum* [5]), die wie oben angesprochen die Kalkbildung unterstützen und außerdem verschiedene Assimilate an die Epithelien abgeben. Als begrenzende Faktoren wirken in diesem Zusammenhang Planktonreichtum, trübes Wasser, Aussüßung und hohe Sedimentation in der Nähe von Flußmündungen. Ein letzter wichtiger Faktor ist ein **ausreichendes  $\text{O}_2$ - und Nahrungsangebot**. Günstige Bedingungen finden sich diesbezüglich also in Richtung des offenen Meeres, weshalb die Riffe auch dorthin wachsen. Das hat zur Folge, daß der Korallengürtel in Küstennähe zu einem Riffdach wird. Besonders üppiges Wachstum finden wir an der meist steil abfallenden dem Meer zugewandten Riffkante, zur Küste hin stirbt das Riffdach dagegen durch  $\text{O}_2$ -Mangel und erhöhte Sedimentaufwirbelung durch die Brandung und somit Eintrübung des Wassers ab.

## Literatur

- [1] HERDER VERLAG (Hg.): *Lexikon der Biologie* (Herder und Spektrum Akad. Verl., 1983-92 und 1994/95).
- [2] KAESTNER, A.: *Lehrbuch der speziellen Zoologie* (Gustav Fischer, 1996), 5. Aufl. Bd. 1: Wirbellose Tiere.
- [3] STORCH, V. und WELSCH, U.: *Kükenenthal Zoologisches Praktikum* (Gustav Fischer, 1996), 22. Aufl.
- [4] WEHNER, R. und GEHRING, W.: *Zoologie* (Thieme, 1995), 23. Aufl.
- [5] WESTHEIDE, W. und RIEGER, R. (Hg.): *Spezielle Zoologie Teil 1: Einzeller und Wirbellose* (Gustav Fischer, 1996).