

Die überwiegende Anzahl aller bekannten Schwammmarten leben in unseren Weltmeeren. Schätzungen gehend davon aus, dass es über 7000 Arten sein könnten.

Ihre Gestalt und ihre Größe sind von ihrem Standort, ihrer Ernährung und von den vielen Umweltbedingungen abhängig, die in ihrem Lebensraum und speziell an ihrem Standort vorherrschen. Man kennt Winzlinge unter ihnen, die nur wenige Millimeter groß werden, aber auch Riesen, die eine stattliche Größe von über 300 cm erreichen.

Besonders an tropischen Korallenriffen sind Schwämme verbreitet und begegnen uns in einer erstaunlichen Vielfalt an Arten, Formen und Farben.

Schwämme sind nach Ansicht der Wissenschaft der erste Versuch der Evolution, einen aus vielen Zellen zusammengesetzten Organismus zu schaffen. Und wie erfolgreich dieser Versuch war, zeigt der paläontologische Nachweis, dass Schwämme seit vielen Millionen von Jahren auf unserer Erde existieren und in dieser Zeit nur unwesentlich ihren Bauplan verändert haben. Damit sind Schwämme einer der erfolgreichsten Tierstämme auf unserem Planeten. Wie man weiß, besitzen Schwämme keinen Magen, kein Herz, kein Gehirn, keine Muskulatur und keine Fortbewegungs- und Lichtsinnesorgane. Dennoch sind sie in der Lage, auf Strömungsreize zu reagieren, die Abgabe ihrer Geschlechtsprodukte mit den Mondzyklen zu synchronisieren und Berührungsreize wahrzunehmen.

Was aber Schwämme gerade für uns Menschen so interessant und wichtig macht ist die Tatsache, dass sie in der Lage sind, Abwehrmechanismen zu entwickeln, um sich gegen aggressive Nachbarn zu wehren und gegen Angreifer und Fressfeinde zu schützen.

Es sind vor allem Milliarden von Bakterien, die im weitverzweigten Kanalsystem von Schwämmen leben, die fast die Hälfte der Biomasse eines Schwammes ausmachen. Sie produzieren chemische und bioaktive Abwehrstoffe, die für uns Menschen von großem Interesse sind. Und sie erweisen sich als eine unerschöpfliche Fundgrube für neuartige Wirkstoffe, die aus ihnen gewonnen werden können.

Diese Wirkstoffe besitzen nützliche und therapeutische Eigenschaften und sind damit wichtige Kandidaten für die Arzneimittelherstellung in der Zukunft. Da sie antiviral und antibakteriell sind und so auch wirken, können sie bei der Wundheilung helfen und eröffnen der Medizin die Möglichkeit, das Wachstum von Krebszellen zu verhindern.

Ein gutes Beispiel dafür liefert der pazifische Schwamm *Theonella swinhonis*. In diesem Schwamm produzieren eine Vielfalt von Mikroorganismen bioaktive Wirkstoffe, die als On-namide bekannt sind, und die sich für eine Anti-Tumor-Aktivität eignen und als solche auch eingesetzt werden können.

Freiberger Forscher arbeiten zurzeit mit Hochdruck an einem Mittel gegen das neuartige Coronavirus. Eine Schwammmart des Mittelmeeres, *Aplysina aerophoba*, produziert Substanzen, die den Eintritt von Viren in Zellen hemmen oder verhindern können. Denn immer dann, wenn der Schwamm verletzt wird, produziert er Abwehrstoffe, die das Eindringen von Fremdkörpern in den Schwamm verhindert.

Nach Schätzungen der Welt- Gesundheits- Behörde (WHO) werden bis zum Jahr 2050 bis zu 10 Millionen Menschen an resistenten Keimen erkranken und wohl auch sterben. Neue Wirkstoffe aus Schwämmen zu synthetisieren wäre eine der Möglichkeiten, die sich anbietet, um eine derartige Infektionswelle durch resistente Keime zu verhindern. Und so ist das Potential, das Schwämme der chemischen Industrie bieten, noch lange nicht ausgeschöpft. Sicher ist, dass sich Schwämme im Meer auch weiterhin als eine unerschöpfliche Quelle für neuartige Wirkstoffe anbieten.

Doch in den letzten Jahrzehnten hat sich der Zustand der Korallenriffe durch die Verschmutzung der Meere weltweit nachteilig verändert und damit auch der Zustand der Schwämme. Gerade Schwämme, die als Staubsauger der Meere bekannt sind, können eine genaue Auskunft über die Belastung des sie umgebenden Meerwassers mit Mikropartikeln geben. Das haben Forscher der Universität München herausgefunden, die Untersuchungen an Schwämmen in einem Korallenriff in Indonesien durchführten. Sie konnten nachweisen, dass Schwämme mit einer Vielzahl von Mikropartikeln angereichert waren, wie die von Styropor, Baumwolle, mit verschiedenen Farbpigmenten und von Sonnencreme. Insgesamt wurden bei 91 Proben 612 solcher Partikel nachgewiesen, die sich in dem weit verzweigten Kanalsystem der Schwämme angereichert haben. Es ist zu erwarten, dass sich auch in den kommenden Jahrzehnten der Zustand der Korallenriffe und damit auch der Zustand der Schwämme soweit verschlechtern und das gesamte System Korallenriff durch die Verschmutzung der Meere so beschädigt wird, um letztendlich von diesem Planeten zu verschwinden. Damit geht verloren, was für die Menschheit auch in der Zukunft immer wichtiger wird: Das Potential chemischer Substanzen zur Bekämpfung von Krankheiten und Seuchen, die aus marinen Schwämmen gewonnen werden!

Ein Hinweis in eigener Sache:

Wir haben die in den Bildern gezeigten Schwämme in diesem Buch nicht gesondert beschrieben, da fast jede Schwammart in verschiedenen Wuchsformen und Farben vorkommt. Das liegt in den unterschiedlichen biotischen und abiotischen Faktoren begründet, die am Standort eines jeden Schwammes vorherrschen. Erwähnt seien die Wassertiefe, der Wasserdruck, der Siedlungsgrund, die Strömung des Wassers, die Exposition zum einfallenden Sonnenlicht, die Temperatur des Wassers und die Ernährung. Diese und noch weitere Faktoren beeinflussen das Leben von Schwämmen in unseren Weltmeeren und sind wichtige Voraussetzungen für das Wachstum mariner Schwämme am Meeresgrund.

„Schwämme spielen eine wichtige Rolle in vielen marinen Habitaten, doch bis jetzt weiß man sehr wenig über ihre Vielgestaltigkeit, Biologie und Ökologie im Zusammenleben mit anderen Tiergruppen“ (HOOPER, 2000).

Diese Aussage ist außerordentlich zutreffend und auch bezeichnend dafür, dass man tatsächlich noch sehr wenig über Schwämme weiß. In der populärwissenschaftlichen Literatur, die für Laien auf diesem Gebiet verständlicher erscheint als die Fachliteratur mit ihren vielen lateinischen Ausdrücken, sind Informationen über diese Tiere nur spärlich zu finden. Und so lautet die Frage: Was sind die Gründe dafür, dass man dieser erdgeschichtlich sehr alten und für die Entstehung des Lebens auf unserem Planeten so wichtigen Tierklasse bisher so wenig Beachtung geschenkt hat? Schließlich ist bei den Schwämmen in der erdgeschichtlichen Entwicklung der Natur der erste Versuch gelungen, einen vielzelligen Organismus zu konstruieren. Und das bereits schon vor vielen hundert Millionen von Jahren. Und so lautet die Antwort: Schwämme sind, bis auf den Badeschwamm des Mittelmeeres, ohne ökonomischen Wert. Sie sind als Handelsware ungeeignet und als Nahrungsmittel nicht brauchbar, denn man kann sie nicht essen. Und damit sind sie für die Ernährung der Weltbevölkerung nicht nutzbar. Lediglich für die chemische und pharmazeutische Industrie sind sie von besonderem Interesse, denn aus Schwämmen lassen sich viele Stoffe isolieren, die helfen, Krankheiten zu heilen.

Die chemische Industrie hat bereits seit Jahrzehnten weltweit begonnen, aus Schwämmen zahlreiche biochemische Substanzen zu isolieren, nachdem man erkannt hatte, dass sie einer der reichhaltigsten Produzenten von Naturstoffen im Meer sind. Aus keiner anderen Tiergruppe hat man bisher so viele bioaktive Substanzen gewinnen können, wie gerade aus den Schwämmen. So hat man herausgefunden, dass die Bakterien in den Schwämmen antibakterielle, antivirale, cytologische, fungizide und antiinflammatorische (entzündungshemmende) Stoffe produzieren, die sie als chemische Abwehrsubstanzen und zur Abschreckung von Fressfeinden im Verlaufe ihrer Evolution entwickelt haben und die sie überwiegend passiv zur Abwehr von Feinden und Konkurrenten im Kampf um Nahrung und Raum einsetzen. So wurden Antibiotika in Schwämmen entdeckt und Stoffe, die nachweislich das Wachstum bestimmter Tumore hemmen. Auch Hormone konnte man nachweisen und isolieren, die im Organismus höher entwickelter Tiere und im Menschen auf chemischem Wege Nachrichten vermitteln und Wachstum und Stoffwechsel beeinflussen. Und es scheint, dass Schwämme, die ja kein Nervensystem besitzen, sich offensichtlich besonders hormonhaltiger Substanzen für Regulations- und Kommunikationsprozesse bedienen. Auch Insulin haben Schwammforscher der Universität Mainz in einem Schwamm gefunden, dessen Bausteine zu über 80 % mit denen des menschlichen Insulins übereinstimmen. Schwämme haben damit bereits viele Millionen Jahre, bevor der Mensch auf dieser Erde existierte, Insulin produziert.

Zurzeit werden weltweit in den Laboratorien die chemischen Inhalts- und Abwehrstoffe von Schwämmen intensiv auf ihre Verwendbarkeit im Kampf gegen Aids, Malaria und weitere Einsatzmöglichkeiten gegen Krankheiten der verschiedensten Art geprüft. Es ist daher anzunehmen, dass Schwämme sowohl in naher als auch ferner Zukunft weiterhin für Chemi-

ker, Pharmakologen und für Immunologen noch so manche Überraschung zu bieten haben. Auch die Glasschwämme sind in den Fokus der Wissenschaft gerückt, denn ihre besondere Fähigkeit, in der Tiefsee bei niedrigen Temperaturen und sehr hohem Druck Glas in Form von Kiesel säurenadeln zu bilden, wird in der Materialforschung und in der Nanotechnologie dazu genutzt, Produkte zu entwickeln, die bis heute von Zahnfüllungen und Knochenimplantaten bis hin zu Lichtleitern und Schiffslacken reicht.

Es ist also an der Zeit, diese bisher so wenig beachteten Tiergruppe einem breiten Publikum vorzustellen, um zu zeigen, wie schön, interessant, vielgestaltig und wichtig Schwämme auch für uns Menschen sind.

Beim Betrachten eines Schwammes in seiner natürlichen Umgebung wird der biologisch unkundige Betrachter mit großer Wahrscheinlichkeit nicht auf den Gedanken kommen, dass diese starren Gebilde, die er unter Wasser sieht, Tiere sein könnten. Diese in ihrer Vielgestaltigkeit reglosen Organismen, die keine Spur von Leben erkennen lassen, haben schon im 19. Jahrhundert die Zoologen dazu verleitet, sie den Pflanzen zuzuordnen. Und es ist in der Tat auch sehr schwierig, Schwämme rein makroskopisch im Tierreich einzuordnen, fehlt ihnen doch in erster Linie die Fähigkeit einer sichtbar aktiven Eigenbewegung, die nach unserer Auffassung zu dem Begriff „Tier“ einfach dazu gehört. Dennoch sind Schwämme durchaus keine statischen Gebilde, wie man annehmen könnte, denn sie sind in einem gewissen Umfang schon in der Lage, geringe Bewegungen durchzuführen. Bis auf die **Kragengeißelzellen** können alle Zelltypen eines Schwammes ihre Lage durch amöbenartige Bewegungen verändern. Man hat nachweisen können, dass sich auch die Zellen der Außenhaut (**Pinakocyten**), die sich auf der Schwammoberfläche befinden, mit einer Geschwindigkeit von 4 mm am Tag fortbewegen können. In dieser gestreckten Zeitlupe sind diese langsame Bewegungen für das menschliche Auge einfach nicht wahrnehmbar. Auch die **Mesohylzellen** sind in der Lage, Skelettpartikel innerhalb eines Schwammkörpers dorthin zu transportieren, wo ein Zuwachs erfolgen soll. Sie können so Kanalsysteme umbauen, um auf Umweltreize zu reagieren. So verändern auch große Schwämme kontinuierlich, zwar sehr langsam, doch stetig, ihre Gestalt. Zudem hat man nachgewiesen, dass Schwämme durchaus in der Lage sind, die eingestrudelte Wassermenge zu regulieren, indem sie den Durchmesser der Einströmöffnungen (**Ostien**) verkleinern oder vergrößern. Wird der Durchmesser der Ostien verkleinert, nimmt auch die eingestrudelte Wassermenge ab. Schwämme der Gattung *Placospongia* zum Beispiel, die plattenähnliche Oberflächenstrukturen besitzen, sind durchaus in der Lage, auf Berührungsreize zu reagieren, in dem sie ihre lang gestreckten Spaltöffnungen verkleinern oder sogar schließen. Einige Schwämme der Gattung *Tethya*, die im Verborgenen unter Steinen, Korallen oder in dunklen Nischen leben, können sich mit Hilfe ihrer zahlreichen und fadenförmigen Schwammprojektionen langsam fortbewegen, kleine Spalten überwinden und sich so neue Standorte erschließen. Diese wenigen Beispiele zeigen, dass Schwämme durchaus in der Lage sind, sich den Verhältnissen ihrer Umgebung anzupassen, auf Reize

reagieren und sich, wenn auch nur in einem geringen Umfang, fortbewegen können, um sich in ihrer gesamten Struktur neuen Bedingungen anzupassen.

Nach jahrelangen wissenschaftlichen Untersuchungen steht heute unverrückbar fest, dass Schwämme einen hochspezialisierten und doch primitiven Tierstamm an der Basis der vielzelligen Tiere (Metazoa) bilden. Sie sind die entwicklungsgeschichtlich wohl ältesten vielzelligen Organismen im Tierreich, die sich bereits im Kambrium vor 600 - 700 Millionen von Jahren entwickelt haben und, wenn man so will, der erste Versuch der Natur gewesen ist, einen vielzelligen Organismus zu konstruieren. Dieser Versuch ist so erfolgreich ausgefallen, dass der Bauplan der Schwämme bis in die heutige Zeit nicht oder nur unwesentlich verändert wurde. So effektiv ist er!

Wie man heute aus Versteinerungen weiß, haben Schwämme in der Zeit des Erdaltertums mit Hilfe ihrer massiven Kalksklette riesige Schwammriffe gebildet, die zumindest in ihrer Ausdehnung den heutigen Korallenriffen entsprechen. Noch in der heutigen Zeit betätigen sich einige Schwammarten als Riffbildner.

Bis jetzt sind mehr als 7000 Schwammarten beschrieben worden und es ist anzunehmen, dass noch viele Arten hinzukommen werden, wenn man beginnt, unterseeische Höhlen, die Tiefsee, die Arktis und Antarktis intensiv zu erforschen. Wissenschaftler nehmen an, dass an nähernd 15000 Schwammarten in unseren Weltmeeren und im Süßwasser der Seen, Flüsse und Bäche existieren.

Schwämme sind festsitzende, filtrierende und in ihrer Grundform becherförmige Lebewesen. Nur während ihres Larvenstadiums sind sie frei beweglich und driften im Plankton. Sie bilden keine Sinnesorgane aus, entwickeln kein Nervensystem, es fehlen echte Gewebe, Atmungs- und Exkretionsorgane und sie besitzen statt einer Muskulatur nur kontraktile Zellen. Außerdem fehlt ihnen auch ein Blutgefäßsystem. Die Masse ihres Körpers (**Mesohyl**) besteht aus einer Grundsubstanz, in die frei bewegliche Zellen eingebettet sind. Man kann bei Ihnen 10 verschiedene Zelltypen unterscheiden, die im Schwamm unterschiedliche Aufgaben erfüllen. Da ihre Differenzierung reversibel ist, vermutet man, dass es sich bei den meisten Zelltypen um verschiedene funktionelle Zustände vielleicht nur einer einzigen Zellart handelt. Hinsichtlich ihres Stoffwechsels, ihrer Osmoregulation und ihrer Ernährung ist jede der 10 verschiedenen Zelltypen nahezu autark.

Der wohl wichtigste Zelltyp in einem Schwamm sind die **Archaeocyten**, die Urzellen. Sie sind relativ unspezialisiert und in der Lage, alle anderen Zelltypen zu bilden. Die **Amöbocyten** nehmen kleine Nahrungspartikel auf, die sie umfließen und verarbeiten, um sie dann an andere Orte, wo sie benötigt werden, im Schwammkörper zu transportieren. **Collencyten** stehen über feine und kontraktile Fortsätze miteinander in Verbindung und übernehmen in einem geringen Umfang Gerüstfunktion. Ihre Fähigkeit sich zu kontrahieren und zu ent-

spannen ermöglicht es den Schwämmen auf Außenreize zu reagieren.

Eine epitheliale Deckschicht (Außenhaut, Pinacoderm), die von den **Pinacocyten** gebildet wird, überzieht den Schwamm von außen und kleidet auch die ihn durchziehenden Kanäle aus. Es handelt sich dabei um eine Lage polygonaler Zellen, die von zahlreichen verschließbaren Poren (Ostien) durchbrochen wird. Durch sie hindurch wird das Wasser in den Schwamm eingestrudelt.

Der innere Hohlraum eines Schwamms wird von einer Gastrodermis, auch als Choanoderm oder Gastrallager bezeichnet, ausgekleidet, das von einer Vielzahl von **Choanocyten** (Krägengeißelzellen) gebildet wird. Ihre Zellen tragen lange und schwingende Geißeln, um deren Basis sich ein kragenartig angeordneter Ring von Mikrovilli befindet.

Der oft recht umfangreiche Schwammkörper besitzt ein Skelett aus einzelnen Nadeln, die den Tieren Form, Struktur, Festigkeit und Stütze bieten. Sie sind in der Regel nur wenige Millimeter groß und werden von einer bis mehreren Skelettbildnern ausgeschieden. In der Tiefsee gibt es jedoch Schwämme, deren Nadeln (Spiculae) wesentlich größer sein können (bis zu 3 m bei dem Schwamm *Monographis chuni*), an deren Bildung auch Tausende **Skleroblasten** beteiligt sind. 70 % des Trockengewichtes eines Schwamms besteht in der Regel aus diesen Skelettelementen. Diese Nadeln (Spiculae) werden von besonderen Skelettbildnern, den **Skleroblasten**, auch **Spiculocyten** genannt, gebildet und ausgeschieden und können aus Kalk oder aus Kieselsäure bestehen. Hornschwämme dagegen besitzen eine organische Gerüstsubstanz aus Spongin. Doch auch in dieser Klasse gibt es viele Schwämme, die zusätzlich Stützelemente aus Kieselsäure synthetisieren.

Über 85 % aller bekannten Schwammarten gehören zu den Gemeinen Schwämmen (Demospongidae). Die systematische Einordnung der Schwämme erfolgt anhand der Form der Skelettnadeln, die arttypisch sind. Die Formenvielfalt dieser Skelettnadeln ist außerordentlich groß. Man kennt einachsige, dreistrahlige, vierstrahlige, sechsstrahlige, sternförmige und vielgestaltige Skelettnadeln, die aufgrund ihrer Artspezifität in den überwiegenden Fällen die einzige sichere Möglichkeit der Artbestimmung sind. Die artspezifische Variabilität von Form und Farbe in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Umweltfaktoren, macht es auch den Systematikern nicht leicht, Schwämme anhand von Fotos zu bestimmen, mögen diese auch an Schärfe und Brillanz nicht zu überbieten sein. Denn eine einzige Art kann im Flachwasser anders wachsen und aussehen als die, die im tiefen oder stark bewegten Wasser vorkommt.

Italienische Forscher haben herausgefunden, dass die Kieselsäurenadeln bei einigen Schwämmen noch eine weitere Funktion besitzen und zwar als optische Leiter, ähnlich den Glasfasern. Sie vermuten, dass sie Licht in das Schwamminnere leiten, um so die photosynthetische Leistung symbiotischer Algen zu erhöhen. Im antarktischen Ross-Meer hatten sie den Schwamm *Rosella racovizae* aus 120 m Meerestiefe gefischt und festgestellt, dass die fast 10 cm langen Silikatspiculae mit einem organischen Material ummantelt waren. Ver-

bindet man das kreuzförmige Ende der Kieselsäurenadeln mit einem Laserlicht, so ergaben die Messungen, dass bei einem Krümmungswinkel von 90° noch 65 % des eintretenden Lichtes 35 mm von der Spitze entfernt austrat. Bei 65 mm waren es noch 10 %. In welchem Umfang diese „Lichtleiter“ tatsächlich die Symbiose der Algen begünstigen, bleibt noch zu untersuchen. Es ist durchaus möglich, dass das so generierte, bessere Lichtangebot in großen Meerestiefen, wo nur noch ein Rest des Lichtes von dem, was auf die Wasseroberfläche einstrahlt, vorhanden ist, den Schwämmen hilft, zu überleben.

Schwämme kommen auch im Süßwasser vor, wo sie in Flüssen, Bächen und Seen gelegentlich zu finden sind. Ihre Artenzahl ist jedoch im Verhältnis zu den Schwämmen, die im Meer leben, sehr gering. Annähernd 150 Süßwasserarten sind bis jetzt bekannt.

Die Außenhaut eines Schwammes ist von zahlreichen Poren (**Ostien**) durchsetzt, die mit dem reich verzweigten und dreidimensional angeordneten Kanalsystem in Verbindung stehen. Dieses mündet in zentral gelegene Gastralräume und endet in einer großen Ausströmöffnung (**Osculum**). Die Poren können durch sog. **Porocyten** geöffnet und geschlossen werden. Bei den Schwämmen unterscheidet man drei verschiedene Organisationstypen: Ascon-, Sycon- und Leucon-Typ. Der einfachste ist der **Ascon-Typ**. Hier kleiden die Kragengeißelzellen nur den zentral gelegenen Gastralraum aus. Arten, die diesem Typ angehören, werden nur wenige Millimeter groß. Beim **Sycon-Typ** ist die Anzahl der Kragengeißelzellen stark vermehrt, da die Oberfläche durch becherförmige Erweiterungen, den sog. Radialtuben, vergrößert wird. Der Innenraum der Schwämme ist stets frei von Kragengeißelzellen. Sycon-Arten werden maximal wenige Zentimeter groß. Die größeren Schwämme gehören alle zum **Leucon-Typ**, bei dem sich die Kragengeißelzellen in zahlreichen Geißelkammern befinden, die dreidimensional in mehreren Ebenen im Schwammkörper angeordnet und miteinander verbunden sind. Zum Leucon-Typ gehört die Mehrzahl aller Schwämme.

Schwämme sind Strudler, die das Wasser durch ihre Poren hindurch in ein umfangreiches Kanalsystem einstrudeln. Die Antriebsmotoren dieser gerichteten Wasserbewegung sind die vielen Millionen Geißeln der Kragengeißelzellen, auch **Choanocyten** genannt, die damit zum Lebensstrom eines jeden Schwammes werden. Aus diesem Grund sind Schwämme auch nichts anderes als strukturierte Filterapparate, die aktiv Wasser durch ihr dreidimensionales Kanalsystem pumpen und dabei Nährstoffe und Sauerstoff aus dem Wasser filtern. Mit dem eingestrudelten Wasser gelangen Nahrungspartikel und der im Wasser gelöste Sauerstoff in den Schwamm. Die Nahrungspartikel bleiben am klebrigen Plasmakragen der Geißelzellen hängen und werden von den Zellen aufgenommen. Der eigentliche Nahrungstransport erfolgt dann in der Regel durch frei bewegliche Zellen, den **Amoebocyten**. Das Wasser, das den Schwamm entweder nur durch eine Öffnung oder durch mehrere Ausströmöffnungen verlässt, ist weitgehend von organischen Stoffen befreit.

Um sich vor Fressfeinden zu schützen, bilden Schwämme keine wirksamen morphologischen

Schutzmechanismen aus, abgesehen von den Schwamnnadeln (Spiculae), die jedoch nicht immer vorhanden sind. Obwohl die Biosynthese der Schwammtoxine in den wohl meisten Fällen durch die Schwämme selbst erfolgt, konnten in einigen Fällen bei der Untersuchung an verschiedenen Schwämmen gezeigt werden, dass symbiotische Mikroorganismen, speziell Dinoflagellaten und Cyanobakterien an ihrer Synthese beteiligt sind. Viele Schwämme leben demzufolge überwiegend jedoch in einer Symbiose mit phototrophen, blaugrünen Algen, den Cyanobakterien. Die Schwämme nutzen innerhalb dieser Zweckgemeinschaft die Produkte der Photosynthese der Algen, überwiegend Kohlehydrate, für ihre Ernährung. Einige Schwämme decken mit Hilfe der Algen ihren Nahrungsbedarf fast vollständig ab. Im Verlaufe der Evolution ihres Zusammenlebens haben Schwämme so einen phantastischen Mechanismus entwickelt, der die Algen regelrecht zwingt, 80 % ihrer Photosyntheseprodukte direkt an sie abzugeben. Damit sind sie gut versorgt und in gewisser Weise weitgehend unabhängig vom Nahrungsangebot driftender Planktonorganismen im Meer. Der Fang von Planktonorganismen über den Filtermechanismus der Schwämme gilt dann eigentlich nur als Nahrungsergänzung, um den Bedarf an Mineralien und Vitaminen für den Symbiosepartner, die Algen, zur Verfügung zu stellen. Durch die Produktion giftiger bioaktiver Substanzen sind Schwämme in der Lage, viele Tiere daran zu hindern, sie zu fressen. Zu ihnen gehören viele Polychaeten, Schnecken, Stachelhäuter und letztlich auch Fische. Gerade die Vielfalt der bisher gefundenen Schwammtoxine ist ein deutlicher Hinweis dafür, dass sich Schwämme diese Fähigkeit im Verlaufe der Evolution erworben haben, ausgelöst durch die Vielzahl der Fressfeinde und die Konkurrenz um Nahrung und um Lebensraum.

Um viel Sonnenlicht einzufangen, das für die Photosyntheseleistung der Bakterien unbedingt erforderlich ist, wachsen Schwämme im tiefen Wasser in flachen Formen. Ihre gesamte Oberfläche wird damit als Lichtfalle eingesetzt, denn die blaugrünen Algen sind durchaus in der Lage, noch bei wenig Licht in der Tiefe Photosynthese zu betreiben.

1995 war die Entdeckung carnivor er Schwämme in Höhlen des Mittelmeeres schon eine kleine Sensation. Schwämme der Gattung *Asbesopluma* ernähren sich nicht mehr als Strudler, sondern sie fangen passiv kleine Krebse. Diese bleiben an kleinen Häkchen auf der Schwamtoberfläche hängen und können sich, einmal dort aufgespießt, aus dieser Umlammerung nicht mehr befreien. Die Beute wird umschlungen und nach nur wenigen Tagen ist ein kleines Krebschen vom Schwamm vollständig verdaut.

Ausgerüstet mit einem gut funktionierenden Filtermechanismus tragen Schwämme unaufförliech auch dazu bei, das Wasser der Meere zu reinigen. Ihre Filterleistung ist erstaunlich, wenn man bedenkt, dass ein kleiner Schwamm von nur 10 cm im Durchmesser innerhalb von 24 Stunden über 100 Liter Wasser durch seinen kleinen Körper pumpt. Die für den Schwamm unverdaulichen Stoffe und die Stoffwechselabprodukte werden mit dem Atemwasser nach außen abgeführt. Da das eingestrudelte Wasser gleichzeitig der Sauerstoffversorgung der Schwämme dient, sind besondere Atmungsorgane, wie wir sie von anderen vielzelligen Tiergruppen kennen, nicht erforderlich.

Schwämme vermehren sich sowohl geschlechtlich als auch ungeschlechtlich. Sie reagieren

bei ihrer Fortpflanzung auf Mondphasen, wie viele andere Meerestiere auch, um die Abgabe von Ei- und Samenzellen zu synchronisieren. Dann beginnen Schwämme zu „rauchen“, so nennt man den Ausstoß ihrer Gameten in das freie Wasser. Ihre Geschlechtsprodukte werden nicht von besonderen Organen, sondern verstreut im Schwamm gebildet. Die meisten Schwämme sind Hermaphroditen. Bei ihnen werden im Schwammkörper sowohl weibliche, als auch männliche Gameten gebildet, wobei die Eizellen von den Archaeocyten und die Spermien von den Choanocyten gebildet werden. Die Gameten reifen zu verschiedenen Zeiten heran, so dass eine Selbstbefruchtung ausgeschlossen wird. Werden beide Gameten in das freie Wasser abgegeben, dann findet auch hier die Befruchtung und die Larvenbildung statt. Werden aber nur die männlichen Spermatozoen in das Außenmedium Meerwasser abgegeben, dann gelangen diese mit dem eingestrudelten Wasser zu den frei beweglichen Eizellen eines anderen Schwamms und befruchten diese. Es entwickeln sich frei bewegliche Larven, die dann aus der Ausströmöffnung herausgespült werden.

Die einfach gebauten und in ihrer Gestalt kugelförmigen Larven sind in der Lage, mit Hilfe von Geißeln zu schwimmen. Mit deren Hilfe und mit der Unterstützung der Wasserbewegung werden sie zu neuen Standorten verdrifft, lassen sich zu Boden sinken, heften sich am Untergrund fest und bilden so einen neuen Schwamm. Damit wird die sexuelle Fortpflanzung zu einem wichtigen Faktor für die Areal- und Artverbreitung festsitzender Schwämme. Nach dem Festheften der Larven auf ein geeignetes Substrat verlagern sich die Geißel tragenden Zellen der Außenschicht in das Innere des sich neu bildenden Schwamms. Sie entwickeln sich dort zu den Kragengeißelzellen der Gastrodermis. Die Zellen der ursprünglichen Innen- schicht der Larven werden dann zur Außenschicht, zum Pinakoderm des neuen Schwamms. Die ungeschlechtliche Vermehrung erfolgt durch Sprossung und Knospenbildung. Sie findet fast ausschließlich bei den Süßwasserschwämmen statt. Oft lösen sich die Knospen vom Mutterschwamm nicht ab, bilden Stolonen ähnliche Ausläufer, so dass die Jungschwämme sich in der Nähe des Mutterschwamms ansiedeln, teilweise miteinander verwachsen und so einen kolonieähnlichen Verband bilden. Süßwasserschwämme und einige Meerwasserschwämme können sich darüber hinaus noch durch besondere beschalte und trockenresistente Überdauerungsformen (Gemmulae) vermehren, die stets dann in einer großen Anzahl produziert werden, wenn ungünstige ökologische Bedingungen (Trockenperioden, Dauer- kälte) das Leben des Mutterschwamms bedrohen. Auch Fragmentierung als eine weitere Form der asexuellen Fortpflanzung ist bei den Schwämmen bekannt. Dabei werden Jungschwämmen abgeschnürt, die sich später zu kompletten Schwämmen entwickeln. Man ist geneigt anzunehmen, dass eine Fragmentierung bei Schwämmen eine besondere ökologische Strategie darstellt.

Die Gestalt der Schwämme wird zu einem erheblichen Teil von ihrer Umgebung bestimmt. Sie wachsen, wie Unterlage, Raum und Nachbarschaft zu anderen Tieren es zulassen. Dennoch zeigen verschiedene Schwämme bestimmte Wuchsformen, die uns ein Erkennen erleichtern. Es hat den Anschein, als könnten Schwämme ihren Bauplan dazu nutzen, fast jede

geometrische Form und in diesem Zusammenhang auch jede Farbe anzunehmen. So überziehen sie im stark bewegten Wasser ihre Unterlagen krusten-, rinden- oder polsterförmig, während sie sich im tiefen Wasser zu freien Formen von Kugeln, Bechern, Geweihen, Trauben und, um das einfallende Restlicht aufzufangen, zu umfangreichen Platten entwickeln.

Viele Schwämme des Flachwassers sind in der Regel farbig und gelegentlich besonders bunt gefärbt. Das liegt an den Endosymbionten, die Pigmente produzieren. Rote, grüne, blaue, gelbe und orangefarbene Schwämme kommen vor und das sind noch nicht alle Farben, in denen sie uns unter Wasser begegnen. Im tiefen Wasser dagegen sind sie unscheinbar gefärbt. Meist grau, graugelb und schmutzigbraun. Ob diese Farben eine biologische Bedeutung haben, möglicherweise zur Abschreckung von Fressfeinden, ist bis heute noch nicht bekannt. Vielleicht erbringen gezielt angesetzte Experimente in der nahen Zukunft eine Klärung.

Schwämme besitzen ein großes Regenerationsvermögen. Kleine, abgetrennte Schwammteile regenerieren zu einem neuen Schwamm. Selbst wenn verschiedene Schwammarten zerkleinert, zerrieben und vermischt durch ein Sieb gedrückt werden, formieren sie sich zu neuen, kompletten Schwämmen. Das dürfte wohl einer der erstaunlichsten Vorgänge in der Natur sein!

Viele Schwammarten sind Kosmopoliten, die in allen Meeren vorkommen. Auch in dunklen, von vielen Meerestieren gemiedenen Grotten, Höhlen und Unterhöhlungen finden Schwämme reichliche Entfaltung. Zahlreiche Krebse nutzen sie als Tarnung, indem sie sich einen Schwamm auf ihren Rücken packen und damit herumspazieren. Der lücken- und porenausreiche Schwammkörper bietet vielen Bakterien und kleinen wirbellosen Tieren Schutz, Versteck und Nahrungszufuhr. Besonders kleine Krebse, Würmer, Haar- und Schlangensterne, Schnecken, Wurmschnecken, Muscheln und Milben leben häufig in großer Individuendichte im Kanalsystem von Schwämmen und partizipieren von der enormen Filterleistung dieser Organismen. Dabei haben sich etliche Partnerschaften entwickelt, die von beiderseitigem Nutzen sind. So putzen Schlangensterne in der Nacht die Poren der Schwämme frei, die besonders in suspensionsreichen Gewässern leicht verstopfen. Aber auch Seewalzen der Gattungen *Synapta*, *Synaptula* und *Opheodesoma* reinigen die Außenhaut der Schwämme und ernähren sich vom aufgelagerten, organischen Material.

Die Schwammoberflächen vieler Schwammarten sind selten oder nie von anderen Tieren bewachsen. Ein Aufwuchs von sog. Epibionten wäre auch ein großes Hindernis für die Wasserströmung, die den Schwamm durchfließt. Möglicherweise sind es chemische Stoffe, die das Festsetzen von epibiotischen Larven auf der Außenhaut von Schwämmen verhindern. Dennoch haben es besonders vor allem Seescheiden, Hydroiden, Moostierchen, Krustenanemonen und Röhrenkorallen geschafft, sich hier festzusetzen, um so von der enormen Filterleistung der Schwämme profitieren.

Schwämme sind die Kraftwerke in einem Korallenriff. Ohne ihre Anwesenheit könnten viele Tiere in einem Korallenriff überhaupt nicht existieren. Sie filtrieren ständig das Meerwasser und verhindern so, dass wichtige und wertvolle Nährstoffe im Ozean verschwinden, denn mit

ihren eigenen Ausscheidungen setzen sie diese gefilterten und konzentrierten Nährstoffe wieder frei, die jetzt für viele Riffbewohner nutzbar werden. Entfernt man nämlich in einem Experiment alle Schwämme in einem Riffabschnitt, dann sterben innerhalb von nur 6 Monaten etwa 40 % aller Riffkorallen. Das bedeutet letztlich, dass ohne die enorme Filterleistung der Schwämme viele Riffbewohner, die von Korallen abhängig sind, auch nicht überleben können.

Ein Grund für die große Artenvielfalt von Schwämmen an tropischen Korallenriffen liegt sicherlich darin begründet, dass sie nur wenige Feinde haben. Speziell Raumkonkurrenten wie Algen und Krustenanemonen verhindern oft eine räumliche Ausdehnung. Auch einige Schnecken, Nacktschnecken, frei lebende Borstenwürmer, Krebse, Fische und Schildkröten haben Schwämme auf ihren Speiseplan gesetzt.

Einige Schwammarten richten große volkswirtschaftliche Schäden an. Das gilt besonders für Bohrschwämme der Gattung *Cliona*, die dazu beitragen, Deiche und Hafenanlagen zu zerstören, Schiffskörper zu durchbohren und Austernkulturen zum Absterben zu bringen.

Schwämme werden in drei Klassen eingeteilt: In Kalkschwämmen (Calcarea), Glasschwämme (Hexactinillidae) und in Gemeine Schwämme, auch Hornkieselschwämme genannt (Demospongiae), die 85 % aller rezenten Arten ausmachen.

Danksagung:

Da das Sammeln von Meerestieren an Korallenriffen weltweit verboten ist, war es uns aus diesem Grund nicht möglich von den Schwämmen, die wir fotografiert haben, Proben zu nehmen, um diese dann mit den beigefügten Fotografien den Wissenschaftlern zur Bestimmung der Arten zur Verfügung zu stellen.

Eine Bestimmung von Schwämmen nur anhand von Fotografien ist nicht nur problematisch, sondern in den meisten Fällen sogar unmöglich, es sei denn, die Forscher, die an Schwämmen arbeiten, sind selbst ausgebildete Taucher und kennen sich mit dieser Tierklasse bestens aus.

Seit vielen Jahrzehnten hilft uns Prof. Dr. Rob van Soest, vormals tätig an der Universität in Amsterdam, bei der Bestimmung unseres Bildmaterials. Heute forscht Prof. Dr. Rob van Soest als Emeritus an der Universität in Leiden (Niederlande). Auch Prof. Dr. John Hooper von der Universität in Brisbane (Australien) war für uns in der Vergangenheit eine große Hilfe bei der Bestimmung einiger Schwammarten, die wir in Form von Fotos seinem Museum zugeschickt hatten. In neuerer Zeit hat und Frau Prof. Dr. J.N. de Voogd von der Universität Leiden (Niederlande) bei der Bestimmung einiger Schwammarten geholfen. Allen diesen Wissenschaftler sind wir zu großem Dank verpflichtet, ohne deren Kenntnis der Schwammfauna des Indopazifiks es nicht möglich gewesen wäre, diese Publikation zu veröffentlichen.