

Was sind eigentlich Stachelhäuter?

Stachelhäuter sind stark differenzierte Tiere, die Sonderbildungen aufweisen, die im gesamten Tierreich einzigartig sind. Hierzu zählen neben dem pentamer radiären Körperbau auch das Endoskelett, ineinander verschachtelte Coelomräume, das Ambulakralgefäßsystem, der Besitz von Pedicellarien und von mutablem Bindegewebe, das die Eigenschaft zur extremen Versteifung und Erschlaffung besitzt. Mit diesem mutable Gewebe können Stachelhäuter über lange Zeitspannen hinweg in bestimmte Körperhaltungen verharren, ohne Muskelkraft und damit viel Energie aufwenden zu müssen. Das mutable Gewebe ist damit einzigartig im Tierreich und erfüllt Aufgaben, die eigentlich einer Muskulatur zukämen: Es hilft die Körperform zu stabilisieren und einfache Bewegungen auszuführen. Heute ist man der Ansicht, dass mutable Gewebe die Entwicklung der Echinodermaten-Konstruktion ermöglicht und beschleunigt haben.

Fast alle Stachelhäuter leben im Meer. Nur sehr wenige Arten tolerieren brackige Gewässer als Lebensraum. Ihre Verbreitung reicht von den Polargebieten bis in die warmen Regionen gemäßigter, tropischer und subtropischer Meere. Hier kommen sie von der Spritzwasserzone bis in die Tiefsee vor und zählen wohl zu den bekanntesten und häufigsten Meerestieren entlang der Küsten unserer Weltmeere. In den meisten Meeresgebieten bilden sie auch den größten Anteil der makrobenthischen Biomasse. Man kennt Winzlinge unter den Stachelhäutern, die nur wenige Millimeter groß werden (*Rhabdomolgus ruber*, eine kleine Seewalze der Nordsee von nur 5 mm Größe, die im Sandlückensystem lebt), aber auch Riesen, wie Seewalzen der Gattungen *Holothuria* (*Holothuria thomasi* aus der Karibik), *Polyplectana* (*Polyplectana kefersteini* aus dem Indopazifik) und *Synapta* (*Synapta maculata* aus dem Roten Meer und dem Indopazifik), die ausgestreckt 200 cm bis 250 cm groß werden können. Aber auch einige Seesterne der Gattung *Solaster* können entlang der Küste Kanadas einen Durchmesser von über 100 cm erreichen.

Über die stammesgeschichtliche Entwicklung der Stachelhäuter ist relativ wenig bekannt. Es sind nur wenige Fossilfunde vorhanden. Die ältesten Versteinerungen stammen aus dem Kambrium, einer Zeitepoche vor etwa 540 Millionen von Jahren.

Die etwas mehr als 6300 rezenten Stachelhäuter, die heute in allen Meeren auf unserer Erde leben, besitzen ein weitgehend einheitliches Konstruktionsprinzip, wobei die Zahl 5 beim Körperbau der Tiere eine maßgebliche Rolle spielt. Und das sowohl bei den 5 Armen der Seesterne und Schlangensterne, den 5 Zähnen des Kauapparates der Seeigel, als auch bei den 5 Reihen der Ambulakralfüßchen bei den Seewalzen. Die Zahl 5 setzt sich auch bei der Anordnung der inneren Organe und des Nervensystems fort.

Die wenigen Fossilfunde haben dennoch gezeigt, dass sich die Tiere von festsitzenden, bilateral symmetrischen Ahnen ableiten lassen. ROMER (1959) geht dabei von einem primitiven und sessilen Nahrungsstrudler aus. Rezenten Tiere sind auch heute noch als Bindeglieder dieser Entwicklung vorhanden. Als Beispiel gelten dafür die Seelilien, die zeitlebens auf einem Stiel sitzend, fest mit dem Substrat verankert sind und auch die Haarsterne, die während eines Teiles ihrer frühen Entwicklung, im so genannten Seelilienstadium (Pentacrinoidstadium), über einen Stiel mit dem Untergrund verbunden bleiben. Erst wenn sie alle Arme und Cirren ausgebildet haben, lösen sie sich von ihrem Stiel ab und führen danach ein hemisessiles und überwiegend auf dem Boden lebendes (benthisches) Dasein. Aber auch die Larven von einigen Seesternen saugen sich während der Zeit ihrer Metamorphose (Gestaltungswandlung) mit Hilfe eines Haftorgans am Untergrund fest, was deutlich darauf hinweist, dass sie sich von sessilen Vorfahren ableiten.

Die Haut (Epidermis) der Stachelhäuter besteht aus 3 Schichten. Die äußere Schicht ist sehr dünn, besteht nur aus einer Zellschicht und überzieht die gesamte Körperoberfläche der Tiere. Eingeschlossen sind dabei Höcker, Stacheln und andere Fortsätze des Körpers. In ihr sind Drüsen und Sinneszellen, wie Mechanorezeptoren und Pigmentzellen, eingelagert. Die Drüsen produzieren Schleim und Klebsekrete, die auch Giftstoffe enthalten können, während die Pigmentzellen für die Färbung der Tiere verantwortlich sind. Sie enthalten eine Farbstoffmischung aus Melaninen, roten Carotinoiden und Carotinproteinen, die blau, grün oder violett sein können. Die 2. Schicht ist wesentlich dicker und besteht aus Bindegewebe. In ihr befindet sich das Skelettsystem, das aus Kalzit, einer besonderen Form von Kalk, besteht und das von Skelettbildungszellen (Sklerocyten) im Bindegewebe abgeschieden wird. Damit ist das Skelett der Stachelhäuter ein inneres, also ein Endoskelett. Es kann aus einzelnen in der Haut liegenden Kalkplatten bestehen, die gegeneinander verschoben werden können (Haarsterne, Schlangensterne, Seesterne, Seewalzen) oder die Kalkplatten fest miteinander verbunden sein und starre Panzer bilden, wie bei den meisten Seeigeln. Alle Skelettelemente, auch Ossikeln genannt, sind durch Bindegewebsfasern und Muskeln miteinander verbunden. Man bezeichnet es als mutables Gewebe. Dieses kann sich auf eine neuronale Reizung hin versteifen oder erschlaffen und damit Formveränderungen des Körpers herbeiführen.

Das Skelett hat in erster Linie die Aufgabe, den Körper zu schützen, zu formen und in den Dienst der Bewegung zu stellen. Die systematische Einordnung der Stachelhäuter in Ordnungen und Familien erfolgt nach der Anordnung und der Form dieser Skelettelemente. Auch die Füßchen und die Greif- und Kauwerkzeuge sind Kriterien für eine systematische Zuordnung der Tiere. Die 3. Schicht bedeckt alle inneren Organe und kleidet die Leibeshöhle aus. Auch sie besteht nur aus einer einzigen Zellschicht.

Was aber die Stachelhäuter deutlich von allen anderen Tieren im Tierreich unterscheidet, ist ihr wohl einmaliges und hervorragendes Merkmal, das Wasser- oder Ambulakralgefäßsys-

tem, das ein eigenständiges und flüssigkeitsgefülltes System darstellt. Es besteht aus einem Kanalsystem im Inneren des Körpers der Stachelhäuter, welches mit einer speziellen, proteinhaltigen Coelomflüssigkeit gefüllt ist. Diese entspricht bis auf den Zusatz von Aminosäuren, Peptiden und Fetten weitgehend dem Meerwasser. In ihr befinden sich aber auch amöboid bewegliche Zellen (Coelomocyten), die der Exkretion und der Regeneration verlustig gegangener Körperteile dienen. Das Ambulakralgefäßsystem beginnt mit einer Siebplatte, genannt Madreporenplatte, die mit dem Außenwasser in Verbindung steht und sich bei den Seeigeln und Seesternen auf der Körperoberfläche, bei den Schlangensterne auf der Unterseite und bei den Seewalzen innerhalb der Tiere befindet. Den Seelinien und den Haarsternen fehlt eine Madreporenplatte. Die Madreporenplatte steht mit einem kurzen Kanal (genannt Steinkanal) in Verbindung, der in einen Ringkanal um den Schlund mündet. Daran angeschlossen sind 5 Radiärkanäle, von denen paarige Seitenzweige zu den Ambulakralfüßchen (Podia) führen. Verbunden sind diese Füßchen, die oft mit kleinen Saugnäpfen ausgestattet sind, mit Ampullen (Ampullae), über die der Wasserdruck und damit die Bewegung der Podien koordiniert werden. Die Füßchen können in alle Richtungen bewegt, ausgestreckt und eingezogen werden und dienen in erster Linie der Fortbewegung und der Nahrungsaufnahme. An ihren dünnen Wandungen findet auch der Gasaustausch statt. Im Prinzip befähigt das Ambulakralsystem, das ja ein raffiniertes hydropneumatisches Pumpwerk darstellt, die Stachelhäuter dazu, alles das zu vollbringen, wozu zum Beispiel die Stacheln alleine nicht in der Lage wären, es zu leisten: Eine sinnvolle Zusammenarbeit von Stacheln und Füßchen bei der Lokomotion, die Umgebung zur Orientierung abzutasten und, wie schon erwähnt, Sauerstoff aufzunehmen, also zu atmen. Zudem sind die Saugfüßchen in der Lage, schwere Lasten zu heben und zu transportieren und Fremdkörper vom Meeresboden zu liften und diese zur Tarnung auf ihre Schale zu platzieren. Diese können dann wochen- und monatelang ohne viel Energieverlust angesaugt zur Tarnung und Schutz auf der Schale der Tiere verbleiben. Gleichzeitig schützt die Bedeckung vor zu großer Lichtintensität und gaukelt dem Fressfeind ein totes Objekt vor.

An das Ambulakralgefäßsystem schließt sich das Coelomgefäßsystem (Perihaemalsystem) und das Blutgefäßsystem (Haemalsystem) an. Beide Systeme dienen dem Transport von Sauerstoff und körpereigenen Stoffen. Ein Herz haben Stachelhäuter noch nicht entwickelt. Neben den Saugfüßchen, den Stacheln, Warzen und Höckern sind alle Seeigel und die meisten Seesterne mit schlauchförmigen Organen ausgestattet, die Pedicellarien genannt werden. Es handelt sich dabei um umgewandelte Stacheln. Sie bestehen aus einem dünnen, weichen, schlauchförmigen und in der Länge veränderlichen Stiel und tragen mikroskopisch kleine Greifzangen an der Spitze. Bei Gefahr werden die Stiele stark verlängert, so dass sie die Stacheln überragen. Bei den Seesternen haben die Pedicellarien 2 Greifzangenbacken, die, wenn sie geöffnet und geschlossen werden, wie eine Pinzette funktionieren. Die Pedicellarien der Seeigel besitzen 3 Zangenbacken. Alle Greifzangen werden mit Hilfe von Muskeln bewegt, sie sind innerviert und reagieren schnell auf Berührungsreize. Ihre Aufgabe ist es,

die Körperoberfläche zu reinigen, Sedimentauftrag und Aufwuchs zu beseitigen und gegen Eindringliche, Parasiten und Fressfeinde zu verteidigen. Bei einigen Seeigeln kommen mit Gift gefüllte Greifzangen vor. Entsprechend ihrer unterschiedlichen Aufgaben unterscheidet man 4 verschiedene Formentypen, die in noch weiteren Variationen vorkommen können. So lassen sich dreifingrige (Tridactylen) von dreiblättrigen (Trifolien) und schlangenförmige (Ophiocephaliden) von kugelförmigen (Globiferen) Pedicellarien unterscheiden. Sie sind als Beiß-, Klapp-, Putz- und Giftzangen ausgebildet. Ihre Anzahl und ihre Verteilung auf der Körperoberfläche der Tiere kann unterschiedlich sein. Trotz der bekannten morphologischen Gegebenheiten sind die Funktionen und die Wirkungsweisen dieser schlauchförmigen Organe mit den Greifzangen noch lange nicht geklärt. Was man heute jedoch weiß ist, dass sie Gift in die Wunden ihrer Angreifer pressen und diese betäuben oder töten. Bei dem injizierten Gift handelt es sich um Holothurin, das auch bei den Seewalzen zur Feindabwehr eingesetzt wird. Es hat eine Blut zersetzende Wirkung.

Die Anordnung eines diffusen Nervensystems folgt der fünfstrahligen Radiärsymmetrie. Es sind ursprünglich 3 verschiedene Nervensysteme vorhanden, die sich auf verschiedenen Ebenen entwickeln. So unterscheidet man ein orales, ein aborales und ein ektodermales Nervensystem voneinander. Jedes dieser Nervensysteme erfüllt bestimmte Aufgaben und sie verzweigen sich alle wie das Wassergefäßsystem und folgen ihrer Anordnung. Manche stehen miteinander in Verbindung, funktionieren aber auch unabhängig voneinander. Die Haut trägt zahlreiche Sinneszellen, die auf Licht, Temperatur, Berührung, Strömung und auf chemische Reize reagieren. Typische Sinnesorgane sind bei den Stachelhäutern sehr selten. Eine zentral nervöse Schaltstelle in Form eines Gehirns ist noch nicht entwickelt.

Das Blutgefäßsystem ist bei allen Stachelhäutern entwickelt, doch wird es hier als Blutlakunensystem bezeichnet. Bei den Seeigeln und den Seewalzen ist es besonders gut entwickelt. 18 verschiedene Typen von Blutzellen wurden bisher beschrieben, die Pigmente bilden, Sauerstoff transportieren und Exkrete entfernen.

Die Sauerstoffaufnahme und die Kohlendioxydabgabe erfolgt an allen dünnen Hautstellen. So bei den zahlreichen Ambulakralfüßchen, den Papillen, den Papulae und Bursen und über die Wasserlungen bei den Seewalzen.

Stachelhäuter sind für ihr ausgeprägtes Regenerationsvermögen bekannt. Sie besitzen die erstaunliche Fähigkeit, verlostig gegangene Körperteile und auch innere Organe relativ schnell zu ersetzen. So sind besonders die Seesterne in der Lage, beschädigte oder fehlende Arme neu zu bilden und selbst an einem losgelösten Arm kann sich ein kompletter Seestern neu entwickeln. Aber auch innere Organe, wie die Cuvierschen Schläuche bei den Seewalzen, werden regeneriert, wenn sie zur Feindabwehr ausgestoßen wurden. Das enorme Regenerationsvermögen der Stachelhäuter ist eine Reaktion auf die vielfältigen Attacken, denen sie ausgesetzt sind und in gewisser Weise auch eine Form der ungeschlechtlichen Vermehrung (Fissiparie), wenn sich aus Körperteilen ganze Organismen entwickeln. Es ist bekannt, dass

sich einige Schlangensterne über lange Zeiträume ausschließlich fissipar vermehren.

Verglichen mit anderen Tieren sind Stachelhäuter in ihrer Fortbewegung sehr eigenwillig geblieben. So kann man bei ihnen zwar unterscheiden, was oben und was unten ist, nicht jedoch was vorne und was hinten ist. Da ein Kopf mit einem Mund einerseits und ein After andererseits stets sichere Anhaltspunkte für die Orientierung der Hauptachse eines Körpers sind, ist es oft sehr schwierig, bei den Stachelhäutern zu einer eindeutigen Aussage zu kommen. Sie besitzen nämlich keinen ausgeprägten Kopf und auch kein ausgeprägtes Hinterende. Nur die Seewalzen bilden eine Ausnahme. Ihr Körper ist zylindrisch gestreckt und verläuft parallel zum Untergrund, so dass man bei ihnen deutlich ein Vorderende von einem Hinterende unterscheiden kann.

Die Bewegungsfähigkeit ist bei den Stachelhäutern sehr unterschiedlich ausgeprägt. Die meisten von ihnen können sich nur langsam mit Hilfe ihrer Saugfüßchen fortbewegen und auch die Stacheln stehen im Dienst der Lokomotion. So bei den Seesternen und den Seeigeln. Nur durch eine sinnvolle Zusammenarbeit von Saugfüßchen und Stacheln sind Stachelhäuter in der Lage, in alle Richtungen gezielt zu wandern. Auch senkrechte Strukturen, wie Glasscheiben in einem Aquarium, werden unter den Einsatz ihrer Saugnäpfe an den Füßchen erklommen. Einige Seewalzen der Gattungen *Synapta* und *Synaptula* verankern sich mit klebrigen Tentakeln, ziehen sich so vorwärts und bewegen sich mit Hilfe peristaltischer Krümbewegungen fort, wobei sie beachtliche Geschwindigkeiten erreichen. Einige Tiefsee-Seewalzen können mit Hilfe eines breiten und lappigen „Halskragens“ über kurze Strecken schwimmen und nur ganz wenige Arten leben pelagisch im offenen Wasser (Pelagiothuria). Haarsterne, soweit sie Cirren besitzen, bewegen sich auf diesen Greiforganen fort, setzen aber auch einige ihrer zahlreichen Arme ein, um kurze Distanzen schwimmend zu überbrücken. Am schnellsten bewegen sich Schlangensterne. Ihre Arme können in ihrem Bewegungsablauf so schnell sein, dass man meint, die Tiere springen über den Boden. Sehr viele Stachelhäuter graben im Boden und bewegen sich somit grabend fort. Dabei setzen sie sowohl ihre Arme und Stacheln, als auch ihre Pedicellarien und Ambulakralfüßchen ein. Einige Seeigel bohren sich mit Hilfe ihrer Stacheln und Zähne in Fels- und Kalkgestein, um sich so einen bleibenden Standort zu sichern.

Stachelhäuter sind vielfach an bestimmte Umweltbedingungen angepasst und kommen daher in der Regel regional begrenzt vor. So leben viele Arten nur in tropischen und subtropischen Meeren und andere kommen nur im eiskalten Wasser der Arktis und Antarktis vor. Einige von ihnen sind an Kelpwälder gebunden.

In den tropischen Meeren leben fast alle Stachelhäuter an oder in der Nähe von Korallenriffen, wobei einige von ihnen entweder nur an den Riffen im Roten Meer, im Indischen Ozean oder im gesamten Indopazifik vorkommen, wobei es natürlich auch Arten gibt, die ihr Ver-

breitungsgebiet vom Roten Meer bis in den West- und Ostpazifik ausgedehnt haben. Nur wenige Arten kommen in allen tropischen und subtropischen Meeren vor (circumpazikal).

Stachelhäuter leben in unseren Weltmeeren auf verschiedenen Hartsubstraten, verstecken sich unter Steinen, Korallen, in Spalten und Ritzen, besiedeln Hafenanlagen, kommen unter schattigen Überhängen und in Höhlen vor und bewohnen verschiedene mobile Böden vom flachen Wasser bis in die Tiefsee. Zu den mobilen Böden rechnet man Fein- und Grobsande, Schlamm, Schlick, Korallenbruch und das „Coralligene“. Viele Stachelhäuter leben in Seegraswiesen und auf mit Algen bestandenen Arealen des Flachwassers und kommen auch in Mangroven vor. Nur ganz wenige von ihnen leben pelagisch und driften im offenen Meer (*Pelagothuria*). Verschiedene Stachelhäuter leben aber auch als Mitesser (Kommensalen) auf einigen ihrer Verwandten und auf anderen Meerestieren. Sie bieten letztlich mit ihrer Körperoberfläche auch anderen Tieren ein Siedlungssubstrat, Versteckmöglichkeiten und ein Fresssubstrat.

Die Faktoren, die dazu führen, dass sich Stachelhäuter in ihrem Lebensraum optimal adaptieren und fortpflanzen können, sind vielseitig. Zum einen bedingen biotische Faktoren (Nahrung, Fressfeinde, Fortpflanzungsverhalten und Larvalentwicklung, Parasiten, Konkurrenz, Symbiosen, Räuber-Beute-Verhalten) eine Adaptation, zum anderen sind es abiotische Parameter (Licht, Temperatur, Strömung, Salzgehalt, Geologie des Untergrundes), die eine Anpassung an ihr Biotop bedingen. In der Regel sind es sowohl die biotischen als auch die abiotischen Parameter, die einen Einfluss auf den Standort und damit auf den Lebensraum der Stachelhäuter nehmen.

Die Nahrung und ihre Beschaffung ist für das Überleben einer jeden Tierart im gesamten Tierreich ein außerordentlich wichtiges Kriterium. Sie erfordert Biotop bedingt und angepasst an die Art der Nahrung morphologische Anpassungen des Organismus an die Nahrungsaufnahme, ihrer Verdauung und der Resteabgabe.

Stachelhäuter sind entweder Räuber, Algenfresser, Suspensionsfresser, Detritusvertilger, Sedimentfresser oder Allesfresser und haben so für die Nahrungsaufnahme verschiedene Strategien entwickelt.

Besonders die regulären **Seeigel** (Regularia) sind Algen- und Kleinpartikelfresser, die ihre Nahrung mit Hilfe von Zähnen vom Untergrund abschaben und in ein gut entwickeltes Verdauungssystem aufarbeiten. Ihr Kauapparat ist ein außerordentlich interessant gebautes Instrument und nur in dieser Tierklasse bei den Stachelhäutern zu finden. Er dient der Nahrungsaufnahme und dem Abschaben von Algen und kleinen benthischen Wirbellosen vom Untergrund. Fünf scharfe und nach innen gebogene Zähne, die sich stetig erneuern, stehen in der Mundöffnung. Sie werden durch ein sehr kompliziertes Zusammenspiel von

bügel förmigen Kalkspangen und verschiedenen Muskeltypen bewegt. Seinem Aussehen nach nennt man das gesamte Gebilde die „Laterne des Aristoteles“, eine Bezeichnung, die von dem römischen Schriftsteller Plinius stammen soll. Erwähnt wird, dass der griechische Naturphilosoph Aristoteles (384-322 v.Chr.) diesen komplizierten Kau- und Kieferapparat der Seeigel beschrieben haben soll.

Die irregulären **Seeigel** (Irregularia) besitzen keine „Laterne des Aristoteles“ mehr, da sie keine Algen vom Untergrund abschaben, sondern in weichen Sedimenten graben und sich von organischen Resten (Detritus) ernähren. Das Graben in den Untergrund erfordert abgeflachte, fast scheibenförmige Formentypen, die dem Sediment wenig Widerstand bei der Fortbewegung entgegensetzen. So sind irreguläre Seeigel in der Regel stark abgeflacht, mehr oder weniger rund bis elliptisch im Habitus oder oval in der Form. Diese Formentypen finden wir innerhalb der Unterklasse der Irregularia bei der Ordnung der Clypeasteroidea, den Sanddollars und der Ordnung der Spatangoida, den Herzseeigeln.

Seesterne verdauen ihre Nahrung weitgehend außerhalb des Körpers (extragastrisch, extracorporal), indem sie ihren Magen ausstülpen und über die Beute legen. Ein Beispiel dafür ist die Dornenkrone, *Acanthaster planci*, die sich von Korallenpolypen ernährt und in einer Gemeinschaft mit vielen ihrer Artgenossen in kurzer Zeit ganze Riffe leer fressen und zerstören kann. Dann werden Enzyme ausgeschieden, die die Beute zersetzen. Die Seesterne brauchen die so chemisch aufgearbeitete (mazerierte) Beute nur noch aufzusaugen. Große Seesterne sind überwiegend Räuber, die ihre Beute bis in den tiefen Untergrund verfolgen, aufspüren und sie fressen. Kannibalismus kommt bei den Seesternen häufig vor.

Seewalzen sind Sediment-, Detritus- oder Suspensionsfresser. Sie schaufeln Sediment in sich hinein und verdauen die organischen Anteile des Sandlückensystems. Einige tasten den Untergrund mit Hilfe ihrer unterschiedlich geformter Mundtentakeln nach organischen Sinkstoffen ab und andere halten ihre reich verzweigten Mundtentakeln in die Strömung des Wassers, um Plankton und Detritus für ihre Ernährung zu fangen. Die Seewalzen, die in Sedimenten graben und die, die sich tagsüber unter Steinen, Korallen, in Spalten, Ritzen und Höhlen verstecken, besitzen eine sehr weiche und flexible Haut. Sie sind in der Nacht nur sehr wenigen Feindangriffen ausgesetzt, so dass der Schutz durch eine dicke und sich bei Berührung versteifende Haut entfällt. Auch die Ausbildung von Höckern, Hautpapillen, Stacheln und anderen Hautstrukturen, die der Körperprotektion dienen, ist nicht so ausgeprägt, wie wir das bei den tagaktiven Seewalzen kennen, die sich nicht vor ihren Feinden verbergen können. Sie besitzen eine derbe und mit vielerlei Hautstrukturen besetzte Körperoberfläche, die sie schützt und potentiellen Fressfeinden ein Ergreifen und Fressen erschwert.

Haarsterne und einige **Schlangensterne** sind Filtrierer. Sie filtern mit ihren reich verzweigten Armen, die sie wie einen Fangkorb, Fächer oder Netz formieren, Mikroplankton und

organische Sinkstoffe aus der Strömung. Die Fangtechnik der nachaktiven Gorgonenhäupter sei in diesem Zusammenhang besonders erwähnt, die ihre tausendfach verzweigten Arme zu einem riesigen Filterkorb formieren, um nächtliches Plankton aus der Strömung des Wassers zu fischen.

Das Regenerationsvermögen der Stachelhäuter macht es möglich, dass sie unterschiedliche Verteidigungsstrategien entwickelt haben. So kommt es häufig zur Selbstverstümmelung (Autotomie) der Arme, wenn Fressfeinde diese packen. Ein Seestern, ein Schlangensterne oder ein Haarsterne überlässt dem Fressfeind die attackierte Extremität, um den Rest des Körpers in Sicherheit zu bringen. Auch die klebrigen Cuvierschen Schläuche, die zur Feindabwehr ausgestoßen werden und damit verloren sind, werden rasch regeneriert. Besonders die Stacheln haben nicht nur eine rein mechanische Abwehrfunktion. Sie können mit Giftblasen ausgestattet sein und Neurotoxine übertragen, wie beim Rotmeer- Feuerseeigel (*Asthenosoma marisrubri*) und dem Stecknadelkopf- Seeigel (*Asthenosoma varium*). Auch die Pedicellarien, die mit speziellen Giftblasen in Verbindung stehen, dienen der Feindabwehr. So bei dem Giftzangen- Seeigel (*Toxopneustes pileolus*) und dem Pfaffenhut- Seeigel (*Triopneustes gratilla*). Auch Seesterne, Haar- und Schlangensterne verteidigen sich mit Giften, die in der Haut angereichert sind. Bei den Seewalzen ist es das Gift Holothurin, das in der Haut, im Darm und in den Wasserlungen angereichert ist und für die Feindabwehr eingesetzt wird. Das Holothurin ist eines der wohl stärksten Naturgifte, wie wir aus dem Tierreich kennen. Die Art, die Zusammensetzung und die Wirkungsweise dieser Gifte beschreibt MEBS (1989) in seinem Werk ausführlich.

Zu den Feinden von Stachelhäutern gehört auch eine große Anzahl von Fischen wie der Seewolf, Steinfische, Bodenhaie und verschiedene Drückerrische. Auch Krebse und Schnecken gehören dazu. Im Bereich des Flachwassers und des Spülsaumes sind es Seevögel, Seeottern und Polarfüchse, die sich für sie interessieren und ihnen nachstellen. Auch der Mensch ist nicht unbeteiligt und dezimiert sie, wo er nur kann.

Stachelhäuter sind überwiegend getrennt geschlechtlich. Man kennt aber auch bei einigen Schlangenternen und Seewalzen Hermaphroditen, die ihr Leben als Männchen beginnen und als Weibchen beenden. Die Gonaden sind einfach und in Fünzfahl vorhanden und in den Interradien des Körpers der Tiere untergebracht. Eine Kopulation findet bei den Stachelhäutern nicht statt. Häufig bilden sich Laichgemeinschaften, sog. Aggregationen, wo sich eine große Anzahl Individuen der gleichen Art versammeln, um zur Zeit der Fortpflanzung gemeinsam ihre Eizellen und Spermien in das Meerwasser zu entlassen. Die Eizellen sind in der Regel klein und dotterarm und werden von den Gameten der männlichen Tiere befruchtet. Die Larven der einzelnen Tierklassen haben wegen ihrer unterschiedlichen Form auch verschiedene Namen erhalten: **Echinopluteus** bei den Seeigeln, **Ophiopluteus** bei den Schlangenternen, **Bipinnaria** bei den Seesternen, **Doliolaria** bei den Haarsternen

und **Auricularia** bei den Seewalzen. Alle Larven leben zuerst planktisch, bevor sie sich nach einer sehr komplizierten und über mehrere Larvenstadien verlaufende Gestaltsumwandlung (Metamorphose) zu Boden sinken lassen und zu einer überwiegend bodenständigen (benthischen) Lebensweise übergehen. Sie sind dann ihrem Aussehen nach eine Minikopie ihrer Eltern. Arten, die Brutpflege betreiben, besitzen dotterreiche Eizellen und eine abgewandelte Entwicklung. Bei ihnen entfällt ein freies Larvenstadium. Es sind überwiegend Stachelhäuter kalter Meere, die eine Brutpflege betreiben.

Eine asexuelle Vermehrung kommt besonders häufig bei den Seesternen nach Verletzungen vor. Aber auch durch eine spontane Querteilung des Rumpfes (distale Schizogonie) oder durch das Abschnüren eines Armes (brachiale Schizogonie) entwickeln sich neue Individuen. Letztere führt zu einem so genannten „Kometen-Stadium“!

Der Tierstamm der Stachelhäuter, der so viele Formentypen in sich vereinigt, kann nur verstanden werden, wenn man die Embryonalentwicklung der Tiere betrachtet, in der weitgehend alles das nachvollzogen wird, was in der stammesgeschichtlichen Entwicklung in groben Zügen abgelaufen ist. Und da zeigt es sich, dass im Gegensatz zu den erwachsenen Tieren, die Larven der Stachelhäuter zweiseitig symmetrisch (bilateralsymmetrisch) gebaut sind, was zumindest beweist, dass die fünfstrahlige radiäre (pentaradiale) Symmetrie, die für die erwachsenen Tiere des Stammes so charakteristisch ist, sekundär erworben wurde. Sie tritt erst während der Gestaltsumwandlung (Metamorphose) auf, wenn sich die Larven der jungen Stachelhäuter entwickeln.

Die fünfstrahlige Radiärsymmetrie tritt bei einigen Klassen des Stammes nur verwischt auf. So bei den Seeigeln und Seewalzen. Sie ist jedoch umso deutlicher bei den Schlangensterne, den Seesternen und den Haarsternen ausgeprägt. Betrachtet man die Anordnung der inneren Organe und das Nervensystem in den einzelnen Tierklassen, dann wird sehr deutlich, dass die fünfstrahlige Radiärsymmetrie auch hier wiederholt wird.

Parasitismus und Kommensalismus sind bei den Stachelhäutern weit verbreitet. Es sind vor allem Ektoparasiten und Kommensalen, die bei einer Oberflächenuntersuchung der Tiere besonders auffallen. Und da ist die Palette an Pflanzen und Tieren weit gefächert.

Bei den **Seeigeln** sind es verschiedene Wimpertierchen (Ciliata), Strudelwürmer (Turbellaria), Muscheln (Bivalvia) und Schnecken (Gastropoda), Krebse (Crustacea) und Meeresborstenwürmer (Polychaeta), die auf ihnen leben, mitfressen und schmarotzen. Die großen Stacheln der Seeigel sind häufig von Algen, Moostierchen (Bryozoa), Schwämmen (Porifera) und von anderen Wirbellosen besetzt.

Haarsterne haben eine besonders große Anzahl an Tieren, die auf ihnen endo- und ektoparasitisch leben. Als Endoparasiten kommen vor allem Geißeltierchen (Dinofagellata) und

Strudelwürmer in Betracht, während als Ektoparasiten Schwämme (Porifera), Hydroiden (Hydrozoa), Meeresborstenwürmer (Polychaeta), Schnecken (Gastropoda), Krebse (Crustacea), Moostierchen (Bryozoa), Manteltiere (Tunicata) und auch Fische (Pisces) bekannt sind. Die Vielzahl ihrer Arme lädt andere Tiere geradezu dazu ein, hier ein verstecktes und gut behütetes Dasein zu führen. Bei den **Seesternen** und bei den **Schlangensteinen** sind es Wimpertierchen, Krebse, Meeresborstenwürmer und Schnecken, die als Parasiten in Betracht kommen. Bei den **Seewalzen** befinden sich an den Darmkiemen besonders zahlreiche Wimpertierchen. Als Ektoparasiten und Kommensalen sind verschiedene Borstenwürmer, Strudelwürmer, Schnecken, Muscheln und Krabben bekannt. Auch ein Fisch (*Fierasfer sp.*) ist dabei, der im Enddarm großer *Stichopus*-Seewalzen lebt.

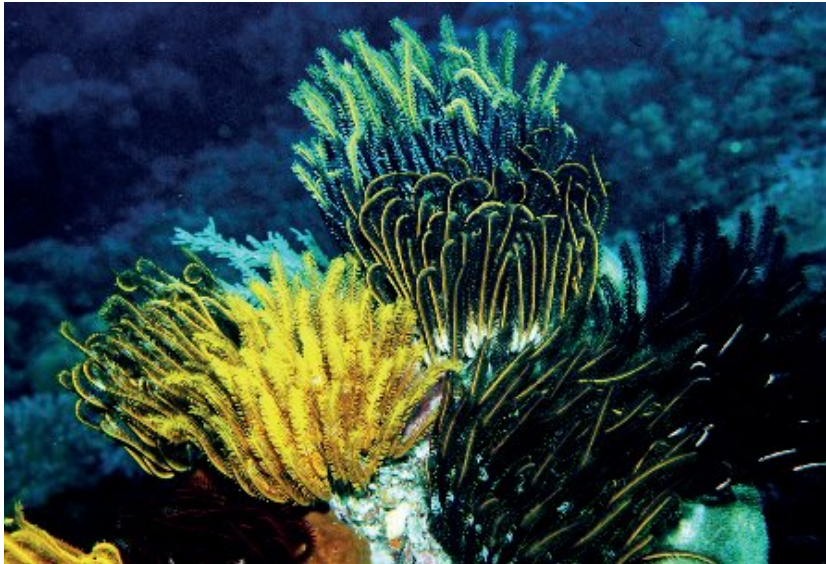
Inwieweit Parasiten und Kommensalen der Stachelhäuter in der Evolution dazu beigetragen haben, dass morphologische Anpassungen an sie notwendig wurden und auch stattgefunden haben, ist zumindest aus der uns zur Verfügung stehenden Literatur nicht ersichtlich und bekannt.

Konkurrenz ist ein von Darwin geprägter Begriff für einen wichtigen Faktor im Prozess der natürlichen Auslese. Und hier bezieht die Konkurrenz sich stets auf den Lebensraum und im Besonderen auf die Nahrung. Eine echte Konkurrenz tritt immer dann auf, wenn Tiere untereinander direkt um ein vorhandenes Nahrungsangebot kämpfen müssen. Von einer intraspezifischen Konkurrenz spricht man immer dann, wenn der Kampf um Nahrung und Raum zwischen den Individuen einer Art auftritt. Er ist bei den räuberisch lebenden Arten weit verbreitet und bestimmt im Wettbewerb innerhalb einer Population auch die Anzahl der Individuen. Im Gegensatz dazu bedeutet eine interspezifische Konkurrenz den Lebenskampf zwischen verschiedenen Arten, die ähnlich Ansprüche an einen Lebensraum und an die darin enthaltene Nahrung haben und ist ein wichtiger Faktor bei der Verbreitung. Dabei ist der Kampf zwischen Arten, die ähnliche ökologische Ansprüche haben heftig, am stärksten jedoch stets zwischen den Individuen der gleichen Art. Dieser Kampf bestimmt auch die Verbreitung der Arten.

Die wirtschaftliche Bedeutung der Stachelhäuter für die menschliche Ernährung ist nicht zu unterschätzen. Jährlich werden weltweit über 50 000 Tonnen Anlandungen registriert. Den größten Anteil haben dabei die Seeigel, deren Gonaden gegessen werden. Ein etwas kleinerer Anteil entfällt auf die Seewalzen, die getrocknet als „Trepang“ oder „beché-de-mer“ in Südostasien auf den Markt kommen. Mittlerweile sind an fast allen tropischen Korallenriffen organisierte Trepang-Sammler unterwegs, die bei Niedrigwasser zu Fuß oder ausgerüstet mit Tauchgeräten, alle essbaren Seewalzen aufsammeln, trocknen und auf den Markt verkaufen. So nachhaltig dezimiert findet man heute kaum noch Seewalzen an tropischen Korallenriffen. Seesterne, Haarsterne und Schlangensterne, die fast nur aus Skelettsubstanz bestehen, sind zwar unbedeutend für die menschliche Ernährung, doch als Biomasse sind sie

Kreislauf der Natur außerordentlich wichtig.

Systematisch wird der Stamm der Stachelhäuter in 2 Unterstämme geteilt: den gestielten *Pelmatozoa* und den frei lebenden *Eleutherozoa*. Zu den *Pelmatozoa* gehören mehrere Seelilien- Arten der Tiefsee und die sekundär frei lebenden Haarsterne (*Crinoidea*). Zu den *Eleutherozoa* zählen die Seesterne (*Asteroidea*), die Seeigel (*Echinoidea*), die Schlangensterne (*Ophiuroidea*) und die Seewalzen (*Holothuroidea*). In jüngster Zeit wurde eine weitere Klasse identifiziert, die als Seegänseblümchen (*Concentricycloidea*) bekannt wurde. Man hat sie erst 1986 in der Tiefsee vor Neuseeland entdeckt. Die Klasse Seegänseblümchen umfasst nur eine einzige Gattung (*Xylopax*) mit 2 Arten. Eine Art kommt in der Karibik, die andere im Pazifik vor. Da die systematische Einordnung der Seegänseblümchen in den Stamm der Echinodermata noch nicht vollständig geklärt ist, soll sie hier jedoch nur erwähnt werden.



Comasteridae, Indonesien, Molukken



Comasteridae, Indonesien, Salaysar



Comasteridae, Papua Neuguinea, Milne Bay