

### 3.14 Einfluss von Umwelt- und Klimaveränderungen auf die Entwicklung von Quallen (Scyphozoa) der Nordsee

GERHARD JARMS & SABINE HOLST

*Effects of environmental and climate changes on the development of North Sea jellyfish: Reports on mass occurrences of jellyfish have increased worldwide in the last decades. Jellyfish blooms have strong effects on marine ecosystems, tourism and industries. Jellyfish predators have a high regulating impact on the populations of other zooplankton organisms, including fish eggs and small fishes, when they occur in masses. The large gelatinous animals often clog fishing nets and cooling systems of ships and coastal industries and stinging jellyfish at the beaches have negative effects on tourism. Recent climate change and anthropogenic activities lead to changing environments in our seas, e.g. increasing underwater constructions (port installations, offshore platforms) and changing temperature, salinity and currents. These environmental changes have negative effects on many marine animals, however, jellyfish are highly adaptable to changing conditions and thus benefit from the situation. It is therefore suggested that jellyfish blooms will continue to increase in future.*

In den letzten Jahren gab es weltweit zunehmend Meldungen über Massenauftritte von großen Quallen, auch Medusen genannt. Abgesehen von den subjektiven Eindrücken der Beobachter an den Küsten, scheinen auch objektiv, durch wissenschaftliches Monitoring belegt, in verschiedenen Meeresgebieten der Welt sogenannte »Quallenblüten« (engl.: jellyfish blooms) vermehrt aufzutreten (Abb. 3.14-1). Stets sind die Medien auf der Suche nach einfachen, dem Leser, Zuhörer oder Zuschauer eingängigen Erklärungen. Unter anderem ist immer wieder zu hören, dass der vom Menschen verursachte Klimawandel schuld an diesen vermehrt auftretenden Quallenmassen sei. Die Ursachen für dieses ökologische Phänomen sind jedoch sehr komplex und im Folgenden soll ein Überblick über einige dieser Ursachen gegeben werden. In diesem Artikel bezieht sich der Begriff »Quallen« nur auf die großen, auffälligen Scheibenquallen (Scyphozoa), viele der Betrachtungen treffen aber auch auf die viel kleineren und weitaus artenreicheren, jedoch unauffälligen Quallen der Hydrozoa zu.

#### Auswirkungen von Quallen auf Ökosysteme und Wirtschaft

In der Tat haben Berichte über Quallenblüten in den letzten Jahrzehnten zugenommen (RICHARDSON et al. 2009). Der negative Einfluss von Massenauftritten auf marine Ökosysteme und Wirtschaft ist offensichtlich. Sowohl die Fischerei als auch die Industrie und der Badetourismus an den Küsten werden negativ beeinflusst. Medusen sind carnivor, sie fressen also tierisches Plankton inklusive Fischlarven und kleinere Fische und sind damit Räuber und Nahrungskonkurrenten einiger vom Menschen genutzten Fischarten. Außerdem verstopfen die gelatinösen Körper der nesselnden Tiere die Netze der Fischer, schädigen Aquakulturen, und bringen Kühlwassersysteme von Schiffen und Industrieanlagen an den Küsten – auch Kraftwerke – zum Erliegen. Für badende Touristen sind selbst Arten mit geringer Nesselstärke unangenehm, da keiner gern durch diese glitschigen Massen schwimmt. Aber viele Arten an unseren Küsten, vor allem die Feuerqualle, erzeugen durch

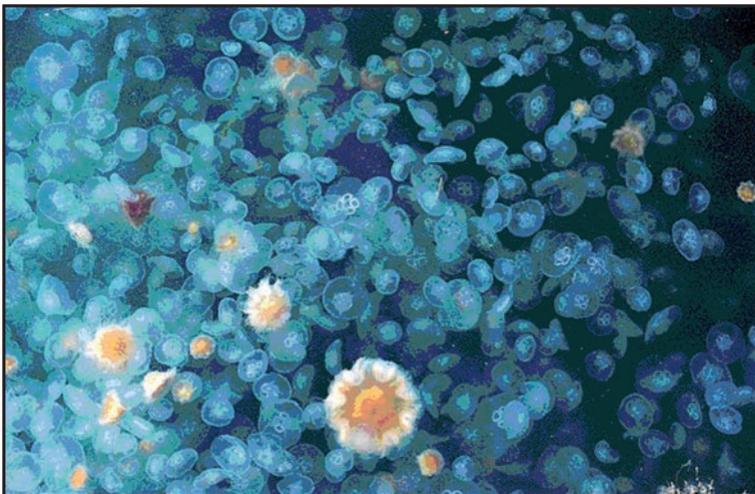


Abb. 3.14-1: Massenauftritt von *Aurelia aurita* und *Cyanea capillata* vor Kristineberg, Schweden.

ihr Nesselgift unangenehm brennende Hautirritationen (RAUPP et al. 1996, WIEBRING et al. 2010). Noch weitaus gefährlicher ist das Schwimmen in anderen Regionen der Welt wie etwa Nordaustralien. Dort gibt es Würfelquallen (Sea Wasps, Marine Stingers, Box Jellies) mit tödlichem Gift (FENNER 1991, PURCELL et al. 2007).

### Lebenszyklus der Quallen

Um die Massenentwicklung zu verstehen, muss man zunächst den gesamten Lebenszyklus der Quallen betrachten (Abb. 3.14-2). Die augenfälligen, großen Medusen sind nur eine Erscheinungsform dieser Tiere. Sie bilden die Generation, die sich geschlechtlich vermehrt. Die Medusen entwickeln und transportieren, die männlichen und weiblichen Geschlechtsprodukte. Nach der Befruchtung der Eier innerhalb des Weibchens oder im freien Wasser, entwickeln sich kleine bewimperte Larven (Planulae). Bei vielen Arten findet die Larvenentwicklung innerhalb der weiblichen Medusen statt, bei einigen Arten in speziellen Bruttaschen (HOLST & JARMS 2007), wodurch die Larven mit den Medusen weit verbreitet werden können. Anschließend durchleben die Planularlarven eine planktische Phase, in der sie frei im Wasser umherschweben. Dabei bewegen sie sich in Spiralen durch das Wasser zunächst zum Boden und steigen von dort aus wieder auf. Stoßen sie dabei

an Algen oder festes Substrat setzen sie sich fest und wachsen zu kleinen (3–10 mm) Polypen heran. Auf diese Weise werden die unterschiedlichsten Hartsubstrate im Meer besiedelt (HOLST & JARMS 2007). Auf Schlick oder auch bewegten Sandböden können sich diese festsitzenden Stadien dagegen nicht halten. Der Polypenkörper ist in der Regel nicht von einer Skelettröhre geschützt, sodass er bei Sedimentumwälzungen durch Strömungen sehr leicht zerrieben wird (mit Ausnahme der Coronatae). Die Polypen können sich ihrerseits ungeschlechtlich auf die unterschiedlichsten Arten vermehren (ADLER & JARMS 2009). So können innerhalb kürzester Zeit große Bestände von Polypen rasenartig das Substrat überziehen. Sind die Polypen ausgewachsen und ausreichend ernährt, so beginnen sie ihr oberes Ende zu einer, meist aber zu mehreren Medusenanlagen umzuwandeln. Dieser Vorgang, Strobilation genannt, führt also meistens zu einer weiteren Vermehrung der Individuen. Die sich ablösenden sternförmigen Stadien mit acht Armen und 1–5 mm Durchmesser heißen Ephyren (Einzahl: Ephyra). Sie sind quasi die Baby-medusen, die auf ungeschlechtlichem Weg, durch Abschnürungen der Polypen entstehen. Sie wachsen bei geeigneten Bedingungen zu großen, geschlechtsreifen Medusen heran. Diese regelmäßige Abfolge von festsitzender, ungeschlechtlicher Polypengeneration und freischwimmender, geschlechtlicher Medusengenerati-

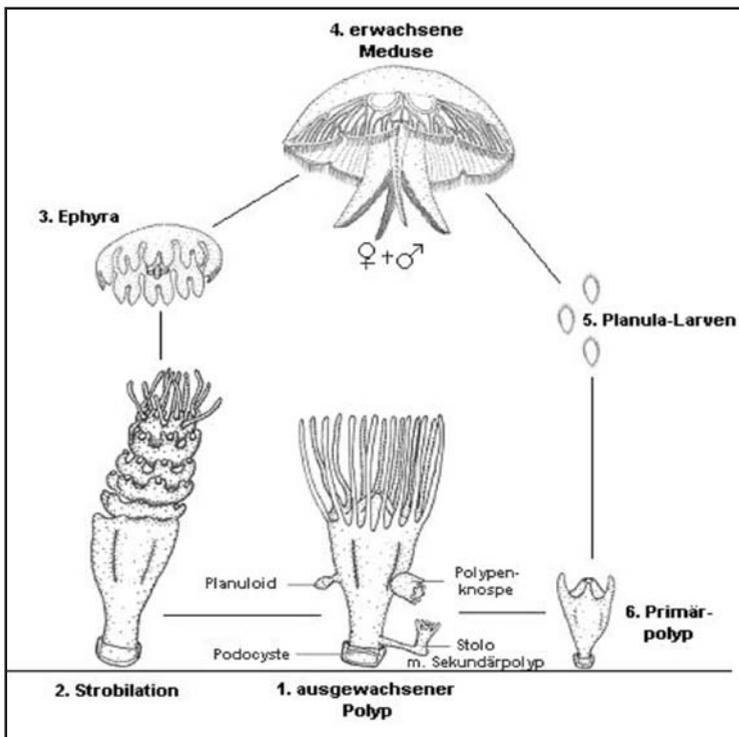


Abb. 3.14-2: Schematische Darstellung des generalisierten Lebenszyklus von Scyphozoa (Zeichnung von Ilka Straehler-Pohl).

on nennt man Metagenese. Erstaunlich ist, dass bei nur etwa einem Viertel aller metagenetischen Quallenarten der Scyphozoa sowohl der Polyp als auch die Meduse, also der gesamte Lebenszyklus beschrieben worden ist (HOLST et al. 2007, JARMS 2010). Die Lebensräume der Polypen sind bisher nur wenig bekannt und Untersuchungen der Polypenreproduktion und Ökologie finden deshalb häufig im Labor statt (ADLER & JARMS 2009, HOLST & JARMS 2010).

Alle Stadien im Lebenszyklus der Quallen unterliegen den verschiedenen Einflüssen des jeweiligen Ökosystems. Zum Einen haben die abiotischen Faktoren wie Salzgehalt und Temperatur des Wassers, Strömungen und verfügbares Siedlungssubstrat, großen Einfluss auf die Entwicklung, zum Anderen sind auch biotische Faktoren entscheidend, hier kommt es hauptsächlich auf die verfügbare Nahrung, Konkurrenz und den Feinddruck an.

## Der Einfluss verschiedener Umweltfaktoren auf die Quallenentwicklung

### Salinität

Der Einfluss des Salzgehaltes auf die Populationen der verschiedenen Arten ist unterschiedlich. Während die Ohrenqualle (*Aurelia aurita*) in der Ostsee bis in den Bottnischen Meerbusen mit Salzgehalten teilweise unter 6 PSU vordringt, hat die Feuerqualle (*Cyanea capillata*) höhere Ansprüche an den Salzgehalt und dringt nicht so weit in die nördliche Ostsee vor. Es gibt aber auch Arten, die höhere Salzgehalte des Mittelmeeres oder in tropischen Lagunen vertragen. Für genauere Aussagen müssen die einzelnen Arten – sowohl Polypen als auch Medusen – jeweils gesondert untersucht werden. Untersuchungen an Polypen verschiedener Nordseequalen haben ergeben, dass diese generell sehr tolerant ge-

genüber niedrigen Salzgehalten bis zu 12 PSU sind und bei diesen Salzgehalten noch junge Medusen bilden können (HOLST & JARMS 2010). Polypen sind also sehr unempfindlich gegenüber Salzgehaltsschwankungen und können sich gut daran anpassen. Durch Klimaveränderungen ist in vielen Ökosystemen mit steigenden Salzgehalten durch zunehmende Verdunstung oder aber mit Aussüßungen durch zunehmende Regenfälle oder stärkere Süßwasserzuflüsse zu rechnen (IPCC 2007). Während empfindlichere Tierarten durch solche Umweltveränderungen absterben, werden sie von den Polypen vermutlich weitgehend toleriert.

### Siedlungssubstrate

Die Verfügbarkeit von geeignetem Siedlungsgrund ist ein Regulativ für die festsitzende (sessile) Polypengeneration. Sandige Küstenstreifen dazu noch ohne Pflanzenbewuchs wie Algen oder Seegrass bieten nur begrenztes Substrat, was zudem auch noch durch Wachstum und Vergehen der Pflanzen einer ständigen Veränderung unterworfen ist. Stabile Polypenpopulationen können sich natürlicherweise fast nur an felsigen Küsten oder Flachwasserzonen mit biogenem Hartsubstrat (Korallenriffe, Muschelbänke etc.) entwickeln. Laborversuche haben jedoch gezeigt, dass nicht nur natürliche Untergründe, sondern auch künstliche Materialien, vor allem Kunststoff (Polyethylen), von den Polypen der Scyphozoa besiedelt, häufig sogar bevorzugt werden (Abb. 3.14-3, HOLST & JARMS 2007). An vielen Küsten, und neuerdings auch vermehrt küstentfern (offshore), entstehen durch Menschenhand sehr viele Bauwerke, von Segelboothäfen über Kaianlagen in Seehäfen und Leitdämmen bis zu Seezeichen, Ölplattformen und Windparks. All diese vom Menschen erbauten Anlagen, sowie ins Meer eingebrachter Kunststoffmüll, bilden ein riesiges Potential and Siedlungs-

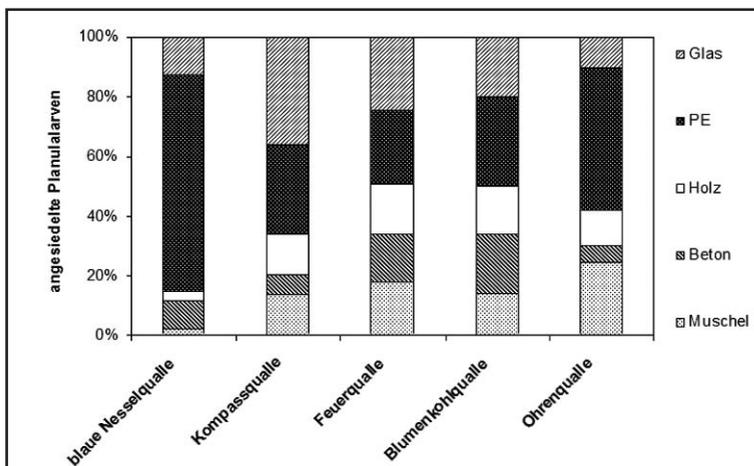


Abb. 3.14-3: Prozentuale Verteilung der Ansiedlungen von Planularlarven (Nordsee-Quallenarten) an verschiedenen Substraten, die in Wahlversuchen angeboten wurden (PE = Polyethylen).

möglichkeiten für siedelnde Organismen, wie Polypen. Damit sind der Ausbreitung der Polypen praktisch keine strukturellen Grenzen mehr gesetzt und es können auch bisher »polypenfreie« Gebiete besiedelt werden, die dann zu neuen Ursprungsorten für die Erzeugung von Medusen werden. Die Offshore-Anlagen können dabei als Verbreitungssprungbretter dienen. Während früher küstenferne Gebiete aufgrund mangelnder Siedlungssubstrate nicht besiedelt werden konnten, finden Planularlarven heute Ansiedlungsmöglichkeiten in Form von riesigen Plattformen, wenn sie mit den larventragenden Quallen in küstenferne Gebiete gelangen. Die aus den Larven entstehende Polypengeneration wird wiederum neue Quallen erzeugen, die ganz andere Küsten erreichen können, als die vorherige Medusengeneration. Dies könnte neben der Einschleppung von Medusen in Ballasttanks und Polypen an Schiffsrümpfen ein Grund für die zunehmende Neueinwanderung einiger Scyphozoa in verschiedene Ökosysteme sein (HOLST & JARMS 2007).

### Temperatur

Wie bei vielen marinen Organismen ist die Temperatur ein sehr wichtiger Faktor für die Entwicklung und Verbreitung der Nordseemedusen. Aktuelle klimatische Veränderungen führen in vielen Meeresgebieten, wie Nord- und Ostsee, zu steigenden Wassertemperaturen (IPCC 2007, HELCOM 2007, WILTSHIRE et al. 2010). Diese bewirken ein schnelleres Wachstum der Medusen und höhere Reproduktionsraten. Außerdem führen höhere Temperaturen zu einer gesteigerten Produktion von Ephyren während der Strobilation und zu einem schnelleren Ablauf dieses Prozesses (HOLST, submitted). Die Strobilationsdauer ist länger, je mehr Ephyren in der Strobilationskette gebildet werden, und je niedriger die Temperatur ist (Abb. 3.14-4). Bei höheren Wassertemperaturen können in kürzerer Zeit von einem Polypen mehr Ephyren erzeugt werden und steigende Wassertemperaturen haben somit eine höhere Medusenproduktion zufolge. Außerdem steht zu erwarten, dass sich Arten mit südlicherem Vorkommen wie die blaue

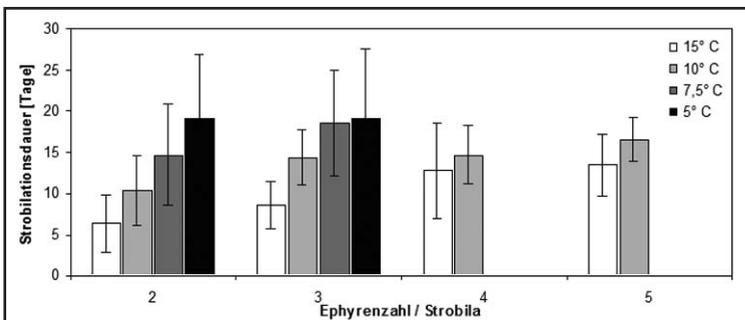
Nesselqualle (*Cyanea lamarckii*), die Kompassqualle (*Chrysaora hysoscella*), und die Blumenkohlqualle (*Rhizostoma octopus*) immer mehr in den nördlichen Atlantik und in die nördliche Nordsee hinein verbreiten werden, von wo aus sie auch häufiger als bisher in die Ostsee eindringen könnten (HOLST submitted).

### Strömung

Mit klimatischen Veränderungen ändern sich auch die Strömungsverhältnisse in den Meeren. Die Quallen gehören trotz ihrer Größe zu den Zooplanktonorganismen, denn sie sind (mit Ausnahme einiger Wurzelmundquallen) nicht in der Lage sich aktiv gegen die Strömung fortzubewegen, sondern werden passiv von ihr verdriftet. Deshalb spielt die Strömung für das Auftreten der Quallen eine wesentliche Rolle (LYNAM et al. 2010). Erinnerung sei dabei an das plötzliche Massenaufreten der sonst hauptsächlich im Mittelmeer und in der Biscaya vorkommenden Leuchtqualle (*Pelagia noctiluca*) in Irischen Aquakulturen und die massiven Schäden, die es verursacht hat (DOYLE et al. 2008). In der Nordsee tritt diese stark nesselnde Qualle bisher nur sporadisch, bei bestimmten Strömungsbedingungen auf, die sie vom Nordatlantik in die Nordsee hinein verdriften. Es ist aber denkbar, dass sich die Verbreitung dieser wärmeliebenden Quallenart infolge steigender Wassertemperaturen aufgrund klimatischer Veränderungen in nördlichere Gebiete verschiebt und sie dadurch häufiger oder schlimmstenfalls ständiger Gast in der Nordsee werden könnte.

### Die Rolle der Quallen im Nahrungsnetz

Wie oben erläutert haben anthropogene Einflüsse und Klimaveränderungen einen positiven Effekt auf die Vermehrung von Polypenpopulationen und die Entstehung von jungen Quallen. Würden sich alle diese Jungquallen zu erwachsenen Medusen entwickeln, wäre das küstennahe Meer nur noch eine gelatinöse Brühe. Doch es gibt, wie bei vielen Zooplanktonorganismen, Regulative, die nur einen geringen Teil mas-



**Abb.3.14-4:** Strobilationsdauer bei Polypen der Art *Cyanea lamarckii* in Abhängigkeit von der Temperatur und Anzahl der Ephyren, die in der Strobila gebildet wurden (nach HOLST 2008).

senhaft produzierter Nachkommen heranwachsen und zur Fortpflanzung kommen lassen. Entscheidend für die Entwicklung der Nachkommen sind Nahrungsverfügbarkeit, Konkurrenz und Fraßdruck.

Medusen und Polypen sind räuberische Fleischfresser, die ihre Beute erst mit Hilfe ihrer gifthaltigen Nesselzellen lähmen und dann fressen. Allenfalls einige subtropische oder tropische Arten ergänzen ihren Nahrungsbedarf durch die Stoffwechselprodukte von eingelagerten Symbionten. Dies sind meist photoautotrophe Dinoflagellaten aus dem Artenkomplex der Gattung *Symbiodinium*. Quallen haben in der Regel ein weites Nahrungsspektrum, je nach Art und Entwicklungsstadium fressen sie Zooplankton, Garnelen oder sogar Fische (MILLS 1995). Treten Quallen in Massen auf, dominieren sie häufig die Biomasse des Ökosystems und haben großen regulierenden Einfluss auf andere Planktonorganismen (SÖTJE et al. 2007). Wurzelmundquallen sind mikrophag, anstelle einer einzigen Mundöffnung besitzen sie unzählige kleine Mundporen und ernähren sich dementsprechend von kleinsten Organismen. Die Ephyren und Jungmedusen fressen ebenfalls kleinstes Zooplankton, wobei einige wahre Spezialisten sind. So wachsen beispielweise *Cyanea capillata* oder *Sanderia malayensis* nur heran, wenn sie anderes, gelatinöses Plankton (Ephyren, Medusen, Siphonophoren, Rippenquallen oder auch Salpen) zur Verfügung haben. Das Nahrungsspektrum der Polypen ist weitgehend unbekannt, es wird aber angenommen, dass die zum Teil großflächig angesiedelten Polypen starken räuberischen Einfluss auf diverse planktische Larven haben.

Im Gegensatz zu vielen Fischarten sind die meisten Quallenarten nicht auf ein ganz spezielles Nahrungsangebot in verschiedenen Entwicklungsstadien angewiesen – ein weiterer Vorteil für die Quallen, der sie sehr anpassungsfähig an klimatisch bedingte, veränderte Nahrungsbedingungen in den Lebensräumen macht. Es ist bekannt, dass der Eintrag von Nährstoffen durch die Landwirtschaft ins Meer (Eutrophierung) (s. Kap. 3.7: Brockmann) zur steigenden Entwicklung von Algen und algenfressendem Zooplankton führt, was wieder-

um die Nahrungsgrundlage für alle Zooplanktonkonsumenten, wie den Quallen und Fischen, verbessert. Die übermäßige Entnahme von Fischen aus dem System führt jedoch dazu, dass für die Quallen mehr Nahrung übrig bleibt, sodass die Kombination von Eutrophierung und Überfischung als entscheidende Ursache für zunehmende Massenaufreten von Quallen angesehen wird (PURCELL et al. 2007). Ausgewachsene Quallen haben relativ wenige Fressfeinde. Dazu gehören Meeresschildkröten, einige Fischarten und Seevögel und die großen Bartenwale (ARAI 2005). Zooplanktonfressende Fische tragen sicherlich erheblich zur Minimierung verschiedener Entwicklungsstadien der Quallen wie Planularlarven, Ephyren und Jungmedusen bei, sodass die Überfischung auch hier einen Vorteil für die Quallen darstellt.

### Schlussbetrachtung

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich die durch menschliche Aktivitäten hervorgerufenen Veränderungen der Meeresumwelt positiv auf die Populationen der Quallen auswirken (Tab. 3.14-1). Quallen und ihre Entwicklungsstadien sind sehr anpassungsfähig, sodass Umwelt- und Klimaveränderungen, die sich auf viele Meeresorganismen sehr negativ auswirken, von Quallen vergleichsweise gut toleriert werden. Bei fortschreitendem Klimawandel und der weiteren Übernutzung der Meere muss deshalb mit einem vermehrten Auftreten der Medusen gerechnet werden. Es steht zu befürchten, dass auch in Nord- und Ostsee die Medusenzahlen in Zukunft zunehmen und zu ökologischen und ökonomischen Problemen führen werden.

### Literatur

- ADLER L. & JARMS G. (2009): New insights into reproductive traits of scyphozoans: special methods of propagation in *Sanderia malayensis* Goette, 1886 (Pelagiidae, Semaestomeae) enable establishing in a new classification of asexual reproduction in the class Scyphozoa. *Marine Biology* 156, 1411-1420.
- ARAI M. N. (2005): Predation on pelagic coelenterates: a review. *J Mar Biol Ass UK* 85, 523-536.

**Tab. 3.14-1:** Auswirkungen anthropogener Einflüsse auf die Quallenentwicklung.

<p><b>Anthropogener Einfluss</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauwerke an den Küsten</li> <li>• Bauwerke offshore</li> <li>• Intensive Landwirtschaft, Nährstoffeintrag</li> <li>• Intensive Fischereiwirtschaft</li> <li>• Anthropogen bewirkte Klimaveränderungen (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Methan)</li> </ul>	<p><b>Folge für Quallenentwicklung</b></p> <p>Vermehrte Siedlungsflächen der Polypen Sprungbretter der Verbreitung Verbesserte Nahrungsbedingungen durch vermehrtes Zooplankton Weniger Nahrungskonkurrenz und Fraßdruck Vermehrtes Wachstum und Reproduktion von Quallen und Polypen durch Temperaturerhöhung</p>
---	--

- DOYLE T. K., DE HAAS H., COTTON D., DORSCHER B., CUMMINS V., HOUGHTON D. R., DAVENPORT J. & HAYS G. C. (2008): Widespread occurrence of the jellyfish *Pelagia noctiluca* in Irish coastal and shelf waters. *Journal of Plankton Research* 30, 963-968.
- FENNER P. J. (1991): Cubozoan jellyfish envenomation syndromes and their medical treatment in northern Australia. *Hydrobiologia* 216/217, 637-640.
- HELCOM (2007): Climate Change in the Baltic Sea Area – HELCOM Thematic Assessment in 2007. *Baltic Sea Environment Proceedings* 111, 1-49.
- HOLST S. (2012): Effects of climate warming on strobilation and ephyra production of scyphozoan North Sea jellyfish. *Hydrobiologia* 690, 127-140.
- HOLST S. (2008): Grundlagen der Populationsentwicklung verschiedener Scyphozoa (Cnidaria) der Deutschen Bucht. Dissertation im Fachbereich Biologie der Universität Hamburg. 154 pp.
- HOLST S. & JARMS G. (2007): Substrate choice and settlement preferences of planula larvae of five Scyphozoa (Cnidaria) from German Bight, North Sea. *Marine Biology* 151, 863-871.
- HOLST S. & JARMS G. (2010): Effects of low salinity on settlement and strobilation of Scyphozoa (Cnidaria): is the lion's mane *Cyanea capillata* (L.) able to reproduce in the brackish Baltic Sea? *Hydrobiologia* 645, 53-68.
- HOLST S., SÖTJE I., TIEMANN H. & JARMS G. (2007): Life cycle of the rhizostome jellyfish *Rhizostoma octopus* (L.) (Scyphozoa, Rhizostomae), with studies on cnidocysts and statoliths. *Marine Biology* 151, 1695-1710.
- IPCC (2007): Summary for policymakers. *Climate Change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, edited by S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor & H. L. Miller, Cambridge: Cambridge University Press.
- JARMS G. (2010): The early life history of Scyphozoa with emphasis on Coronatae a review with a list of described life cycles. *Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Hamburg* 45, 17-31.
- LYNAM C. P., ATTRILL, M. J. & SKOGEN, M. D. (2010): Climatic and oceanic influences on the abundance of gelatinous zooplankton in the North Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 90, 1153-1159.
- MILLS C. E. (1995): Medusae, siphonophores, and ctenophores as planktivorous predators in changing global ecosystems. *ICES J mar Sci* 52, 575-581.
- PURCELL J. E., UYE S. & LO W.-T. (2007): Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review. *Marine Ecology Progress Series* 350, 153-174.
- RAUPP U., MILDE P., GOERZ G., PLEWIG G., BURNETT J. & HEEGER T. (1996): Fallstudie einer Qualenverletzung. *Hautarzt* 47, 47-52.
- RICHARDSON A. J., BAKUN A., HAYS G. C. & GIBBONS M. J. (2009): The jellyfish joyride: causes, consequences and management responses to a more gelatinous future. *Trends in Ecology and Evolution* 24, 312-322.
- SÖTJE I., TIEMANN H. & BÅMSTEDT U. (2007): Trophic ecology and the related functional morphology of the deepwater medusa *Periphylla periphylla* (Scyphozoa, Coronata). *Marine Biology* 150, 329-343.
- WILTSHIRE K. H., KRABERG A., BARTSCH I., BOERSMA M., FRANKE H.-D., FREUD J., GEBÜHR C., GERDTS G., STOCKMANN K. & WICHELS A. (2010): Helgoland Roads, North Sea: 45 Years of Change. *Estuaries and Coasts* 33, 295-310.
- WIEBRING A., HELMHOLZ H., LASSEN S., PRANGE A. & JARMS G. (2010): Separation and analysis of different types of nematocysts from *Cyanea capillata* (L.) medusae. *Hydrobiologia* 645, 203-212.

Dr. Gerhard Jarms

Universität Hamburg

Biozentrum Grindel und Zoologisches Museum

Martin-Luther-King Platz 3 - 20146 Hamburg

gerhard.jarms@zoologie.uni-hamburg.de

Dr. Sabine Holst

Senckenberg am Meer, Abt. Meeresforschung

German Center for Marine Biodiversity Research,

c/o Biozentrum Grindel und Zoologisches Museum,

Martin-Luther-King Platz 3 - 20146 Hamburg

sabine.holst@senckenberg.de