

Untersuchungen der Coelenterata der Deutschen Bucht in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen

Von der Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg zur Erlangung des Grades und Titels eines

Doktors der Naturwissenschaften rer. nat.

angenommene Dissertation

von Herrn Alexander Stollenz

geboren am 20.09.1967 in Hannover

Gutachter: apl. Prof. Dr. rer. nat. Gerd Liebezeit

Weitere Gutachter: Prof. Dr. rer. nat. Hans Dahms

Tag der Disputation: 4.12.2015

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Problemstellung	1
1.2. Stand des Wissens	2
1.3. Fragestellung	4
1.3.1. Bedingungen für die Populationsentwicklung von Scyphomedusen	4
1.3.2. Populationsentwicklung von <i>Mnemiopsis leidyi</i>	4
1.3.3. Ausbreitungswege von <i>Mnemiopsis leidyi</i>	5
1.3.4. Populationsentwicklung weiterer Arten	5
2. Untersuchungsgebiet	6
2.1. Standort Borkum in der Emsmündung	6
2.2. Standort Jadebusen vor Wilhelmshaven	7
3. Beschreibung der untersuchten Arten	10
3.1. Scyphozoa	11
3.1.1. <i>Cyanea capillata</i>	18
3.1.2. <i>Cyanea lamarcki</i>	20
3.1.3. <i>Chrysaora hysoscella</i>	20
3.1.4. <i>Aurelia aurita</i>	21
3.1.5. <i>Rhizostoma octopus</i>	22
3.2. Tentaculata	23
3.2.1. <i>Mnemiopsis leidyi</i>	26
3.2.2. <i>Pleurobrachia pileus</i>	27
3.2. Atentaculata	28
3.2.1. <i>Beroe gracilis</i>	29
3.3. Hydrozoa	30
3.3.1. <i>Aequorea aequorea</i>	33
3.3.2. <i>Cosmetira pilosella</i>	33
3.3.3. <i>Bougainvillia superciliaris</i>	34
4. Material und Methoden	35
4.1. Felduntersuchungen	35
4.1.1. Ausrüstung	35
4.1.2. Untersuchungsmethode	37
4.1.2.1. Fangfahrten	37

4.1.2.2. Strandbegehungen	38
4.1.2.3. Gelatinöses Frühjahrsplankton im Nassauhafen	39
4.1.2.4. Unterwassererkundungen	39
4.2. Laboruntersuchungen	39
4.2.1. Ausrüstung	40
4.2.1. Untersuchungsmethode	41
4.2.1.1. Auswertung der Ctenophora-Proben	41
4.2.1.2. Aufzucht von Scyphozoa von der Ephyra bis zum Subadultstadium	42
4.2.1.3. Bestimmung der Arten	45
4.3. Auswertungsmethoden	45
5. Ergebnisse	46
5.1. Felduntersuchungen der Scyphozoa	46
5.1.1. Standortbezogener und interannueller Vergleich	46
5.1.2. Strandbegehung	58
5.1.3. Verhältnis Schirmdurchmesser–Abundanz	60
5.1.4. Abiotische Faktoren	66
5.1.4.1. Wassertemperatur	66
5.1.4.2. Salinität	67
5.1.4.3. Sauerstoff	68
5.1.4.4. Wellenhöhe	69
5.1.4.5. Windstärke	71
5.1.4.6. Windrichtung	73
5.1.4.7. Sichttiefe	74
5.1.4.8. Bewölkungsgrad	76
5.1.5. Unterwassererkundungen	76
5.2. Laboruntersuchungen der Scyphozoa	77
5.3. Felduntersuchungen der Ctenophora	83
5.3.1. Erstes Auftreten von <i>Mnemiopsis leidyi</i> 2006–2007	83
5.3.2. Abundanz	84
5.3.3. Biomasse	86
5.3.4. Gelatinöses Zooplankton 2011	89
5.3.5. Gelatinöses Frühjahrsplankton im Nassauhafen	90
5.3.6. Abiotische Faktoren	91
5.3.6.1. Wassertemperatur	91

5.3.6.2. Wellenhöhe	92
5.3.6.3. Sichttiefe	93
5.3.6.4. Windstärke	94
5.3.6.5. Windrichtung	95
5.3.6.6. Bewölkungsgrad	96
6. Diskussion	97
6.1. Diskussion der Ergebnisse zu den Scyphozoa	97
6.1.1. Standortbezogener und interannueller Vergleich	97
6.1.2. Vergleich Fangfahrten und Strandbegehungen	100
6.1.3. Abiotische Faktoren Scyphozoa	101
6.1.3.1. Wassertemperatur	101
6.1.3.2. Salinität	102
6.1.3.3. Sauerstoffgehalt	102
6.1.3.4. Wellenhöhe	103
6.1.3.5. Windstärke	103
6.1.3.6. Windrichtung	103
6.1.3.7. Sichttiefe	104
6.1.3.8.. Bewölkungsgrad	105
6.2. Laboruntersuchungen zu den Scyphozoa	105
6.3. Diskussion der Ergebnisse zu <i>Mnemiopsis leidyi</i>	107
6.3.1. Jahresvergleich Abundanz	107
6.3.2. Abiotische Faktoren	108
6.3.3. Ausbreitung	109
6.3.4. Überwinterung	111
6.3.5. Früheres Auftreten von <i>Mnemiopsis leidyi</i>	113
6.3.6. Massenhaftes Auftreten 2014 und mögliche Auswirkung auf das Ökosystem	114
6.3.7. Gelatinöses Zooplankton	116
6.3.8. Ausblick	118
7. Zusammenfassung und Abstract	119
8. Literaturverzeichnis	125
9. Abbildungsverzeichnis	133
10. Tabellenverzeichnis	137
11. Danksagung	138
12. Anhang	139

1. Einleitung

Das in der Nordsee vorkommende gelatinöse Zooplankton besteht in erster Linie aus Medusen, *vulgo* Quallen, der Scyphozoa (Schirmquallen) und Hydrozoa sowie aus den Vertretern der Ctenophora. In dieser Arbeit sollen die fünf in der Nordsee vorkommenden Scyphozoa (*Aurelia aurita*, *Chrysaora hysoscella*, *Cyanea capillata*, *Cyanea lamarcki* und *Rhizostoma octopus*) sowie eine invasive Art der Ctenophora (Rippenquallen) - *Mnemiopsis leidyi* - in ihrer Populationsentwicklung und deren Abhängigkeit von abiotischen Faktoren im Niedersächsischen Wattenmeer untersucht werden.

1.1. Problemstellung

Das Auftreten großer Medusenschwärme in zahlreichen Meeren der Welt, auch in der Nord- und Ostsee, hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen (Mills 2001). So haben im norwegischen Lurefjord Medusen bereits die Fischfauna verdrängt und das dortige Ökosystem erheblich gestört (Youngbluth & Båmstedt 2001). Auch in der Nordsee treten Massenansammlungen von Medusen auf, die z.B. das empfindliche Ökosystem des Wattenmeeres schädigen könnten. Als mögliche Faktoren, welche zur Verstärkung des Wachstums der Medusenpopulationen führen könnten, sind zum einen die Zunahme an künstlichen Hartsubstraten wie Bühnen und Windkraftanlagen im Meer zu nennen, welche den Polypen bessere Möglichkeiten zur Anhaftung bieten. Zum anderen könnten vermehrte Nährstoffeinträge eine Rolle spielen, so dass es durch eine dadurch ausgelöste vermehrte Planktonproduktion zu einem erhöhten Nahrungsangebot für Medusen kommen könnte (Legovic 1987, Purcell 2005). Die Ursachen dieser Entwicklung sind aber größtenteils unklar, so dass hier noch ein erheblicher Forschungsbedarf besteht.

Massenhaftes Auftreten von Medusen führt zu einem Rückgang der Fischbestände, weil Medusen sich unter anderem von Fischeiern, -larven und Jungfischen ernähren, sowie zu einer Reduktion des von Fischen konsumierten Zooplanktons beitragen (Purcell et al. 1999). Dieser Effekt kann zu einer erheblichen Störung des Nahrungsnetzes und dadurch möglicherweise zu einer Verschiebung des ökologischen Gleichgewichtes, wobei die Medusen sich weiter ausbreiten (Mills 1995), auch im Niedersächsischen Wattenmeer führen. Da die Küstenländer Deutschlands generell strukturschwach sind und der Tourismus in den Küstenzonen die Haupteinnahmequelle darstellt, hat eine Beeinträchtigung der Badequalität in der Nordsee durch das zunehmende Massenauftreten von Quallen erhebliche Auswirkungen auf die ökonomische Leistungsfähigkeit dieser Region (Russell 1970, Nordkurier 1997, Umweltbundesamt 2009).

Darüber hinaus kann das Massenaufreten von Medusen als ein möglicher Indikator für die globale Erwärmung der Weltmeere gesehen werden (Purcell 2005), die ebenso mit der Eutrophierung in Zusammenhang stehen (Arai 2001). Das massenhafte Auftreten von Quallen in norwegischen Fjorden (Fossa 1992, Jarms et al. 2002, Sørnes et al. 2007) und im Schwarzen Meer (Shiganova et al. 2001) könnte erst der Anfang einer weltweiten Entwicklung sein und bei fortschreitenden globalen Umweltveränderungen der Ozeane Ausmaße annehmen, welche die Ökosysteme der Weltmeere ernsthaft gefährden könnte.

Im Jahre 2006 wurde die zur Ordnung der Lobata gehörende Ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in der Nordsee entdeckt (Faasse & Bayha 2006). *M. leidyi* war im Schwarzen Meer zur dominierenden Art geworden (Sorokin 2001) und hatte dort offensichtlich große ökologische Schäden angerichtet. So kam es im Jahre 1989 während der Massenentwicklung von *M. leidyi* zu einem massiven Rückgang der im Schwarzen Meer vorkommenden Sardelle *Engraulis encrasicolus ponticus* und anderer Fischarten (Shiganova et al. 2001). Eine ähnliche Schädigung ist möglicherweise für die nordeuropäischen Gewässer ebenfalls zu erwarten (Faasse and Bayha 2006). Wegen der hohen Vermehrungsrate und der großen Salinitätstoleranz ist eine Untersuchung zur Ausbreitung in der Nordsee von großer ökologischer Bedeutung.

1.2. Stand des Wissens

Für das Wattenmeer liegen nur wenige Daten zum Vorkommen von Medusen vor. Heiber (1988) untersuchte 1982 das Auftreten von Scyphozoen am Hohen Knechtsand, ohne jedoch Massenvorkommen beobachten zu können. Vorberg (2000) beschreibt im Rahmen des Fisch-Monitorings im Wattenmeer große Vorkommen von Scyphomedusen in den Jahren 1995 bis 1998, welche in diesen Jahren über 90 Prozent der Gesamtfänge ausmachten, 1999 jedoch auf 54 Prozent zurückgingen. Van Der Ver und Oorthuysen (1985) bestimmten Abundanz und Biomasse der Ohrenqualle *Aurelia aurita* im Niederländischen Wattenmeer und fanden maximal 210 Ind. 10^3 m^3 im Mai 1981 und 490 Ind. 10^3 m^3 im Mai 1982 sowie einer Biomasse von bis zu 12.5 g C 10^3 m^{-3} im Mai 1981 und 17.5 g C 10^3 m^{-3} im Mai 1982.

Im Strandbereich berichtet Vanhaelen (2001) von großen Mengen angespülter Medusen am Strand von Koksijde (Niederlande). De Blauwe (2005) untersuchte von 1999-2003 das Vorkommen von Medusen bei Zeebrugge und fand dort die Arten *Aurelia aurelia*, *Chrysaora hysoscella*, *Cyanea lamarcki* und *Rhizostoma octopus*.

Für die Nordsee beschreibt Greve (1994) das Auftreten einer Siphonophoren-Art (*Muggiaea atlantica*) in der Deutschen Bucht, wo sie normalerweise nicht oder nur selten vorkommt. Es wurden in den Gewässern westlich von Helgoland bis zu 500 Individuen pro Kubikmeter Wasser nachgewiesen. Hay, Hislop und Shanks (1988) beschrieben die sommerliche Verbreitung von Scyphomedusen in der Nordsee sowie ihre geschätzte Biomasse und ihre besondere Bedeutung als Fressfeind für dorschartige Fische anhand von Beifängen aus den Jahren 1971-1985 (mit Ausnahme von 1984). Die Autoren beziehen sich weniger auf den Bereich der Deutschen Bucht, sondern eher auf die nördliche und westliche Nordsee, beschreiben allerdings die Verbreitung von einigen Scyphozoenarten im Allgemeinen.

Barz und Hirche (2007) beschrieben die Verbreitung und das Auftreten von *A. aurita* in der südlichen Nordsee. Lynam et al. (2010) untersuchte klimatische und ozeanische Einflüsse auf die Abundanz von *A. aurita* und *Cyanea sp.* in der Nordsee und fanden eine Beziehung zum North Atlantic Oscillation Index (NAOI). Holst (2012) führte eine Untersuchung über die Morphologie und Entwicklung benthischer und pelagischer Lebensphasen der Scyphozoa durch. Dabei untersuchte sie den Effekt der Klimaerwärmung auf Strobilation und Ephyrenproduktion der in der Nordsee vorkommenden Scyphozoa. Es konnte gezeigt werden, dass die Strobilation temperaturabhängig ist. Im Skagerrak untersuchten Hosia et al. (2014) *Aurelia aurita* und *Cyanea spp.* und fanden für *A. aurita* einen negativen und für *Cyanea spp.* keinen Trend bezüglich ihrer Abundanz.

Für die Ostsee wurden Untersuchungen zum Auftreten von Medusen entlang der deutschen Ostseeküste durchgeführt (Baumann & Schernewski 2012) Bastian et al. (2011) untersuchten die räumliche und zeitliche Verteilung der beiden ebenfalls in der Nordsee vorkommenden Arten *A. aurita* und *C. capillata* in der Irischen See und fanden Aggregationen sowohl in Küstennähe als auch im Offshorebereich. Graham et al. (2001) deuten an, dass Massenansammlungen gelatinösen Zooplanktons zum Teil auf physikalische Prozesse zurückgehen.

Die Ctenophore *Mnemiopsis leidyi* kommt normalerweise an der Atlantikküste von Nord- und Südamerika vor (c.f. Purcell et al. 2001) 1982 wird sie erstmals vom Schwarzen Meer berichtet (Pereladov 1983). *M. leidyi* wurde dort im Jahre 1988 zu einer dominierenden Art (Sorokin 2001). Vom Schwarzen Meer breitete sich die Art in das Azowsche Meer, in das Kaspische Meer und in das Mittelmeer aus (Shiganova et al. 2001). *M. leidyi* wurde im August 2005 im dänischen Nissumfjord gefunden (Tendal et al. 2007). Im November 2005 wurde die Art im Oslofjord gefunden (Oliveira 2007). Im August 2006 wurde die Art von der

niederländischen Küste berichtet (Faasse and Bayha 2006). Im Oktober 2006 tauchte die Art in der Ostsee auf (Javidpour et al. 2006), wo sie offensichtlich die Eier des Ostseedorsches (*Gadus morhua*) frisst (Haslob et al. 2007). Die Art ist offensichtlich in der Lage, in der Ostsee zu überwintern (Viitasalo et al. 2008). Im August und September 2007 wurden große Abundanzen im dänischen Limfjord gefangen (Riisgard 2007). Javidpour et al. (2009) beschrieb die saisonalen Veränderungen und die Populationsdynamik der Art ein Jahr nach der Entdeckung in der Kieler Bucht. Selander et al. (2009) beschrieb eine Parasitierung von *M. leidy* durch die Larven der Anemone *Edwardsiella* sp. im Nordostatlantik.

Die Ausbreitungswege und der Ursprung dieser Art wurden untersucht. So wurden zwei unterschiedliche Ausbreitungswege der Invasion des eurasischen Kontinentes beschrieben. Der eine Weg führt vom Golf von Mexiko in das Schwarze Meer, der andere vom nördlichen natürlichen Verbreitungsgebiet (Narragansett-Bay an der amerikanischen Ostküste) in die Ostsee., verursacht durch Transport im Ballastwasser., welche eine Invasion von den Häfen ausgehend möglich erscheinen lässt (Ghabooli et al. 2011, Lehmann & Javidpour 2010).

Kellnreitner et al. (2012) untersuchten die Nahrungsbeziehungen zwischen *M. leidy* und juvenilen Heringen (*Clupea harengus*) im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer und fanden eine Übereinstimmung der Ernährungsgewohnheiten, wobei die intraspezifische Nahrungskonkurrenz der Heringe größer war als jene zu *M. leidy*.

Collingridge et al. (2014) untersuchten die Eignung der Nordsee als Überlebens- und Reproduktionsgebiet für *M. leidy* und fanden heraus, dass südliche Küstenregionen der Nordsee sowie Skagerak und Kattegat hierfür besonders geeignet sind.

1.3. Fragestellung

Allgemein soll die vorliegende Arbeit zur Erweiterung des Kenntnisstandes über das Vorkommen und die Populationsentwicklung wichtiger Arten des gelatinösen Zooplanktons in der Nordsee beitragen.

Die für diese Arbeit durchgeführten Untersuchungen sollen Erkenntnisse zu den möglichen Ursachen des massiven Auftretens von Scyphozoa und Ctenophora im Niedersächsischen Wattenmeer liefern. Dabei sollen Feldversuche zeigen welche unterschiedlichen abiotischen Faktoren für die Verbreitung und Populationsentwicklung verantwortlich sein könnten sowie Laborversuche die Bedeutung dieser Faktoren bestätigen. Konkret soll dabei drei Fragestellungen nachgegangen werden:

- welche Bedingungen für die Populationsentwicklung von Scyphomedusen und die der Ctenophora *Mnemiopsis leidy*. in Frage kommen könnten,

- unter welchen Bedingungen sich die invasive Art *Mnemiopsis leidyi* in der Nordsee vermehrt
- Es soll ein Beitrag zur Ausbreitung dieser Art in der Nordsee geleistet werden.

1.3.1. Bedingungen für die Populationsentwicklung von Scyphomedusen

Es wird untersucht, ob die an den Probenstandorten auftretenden Abundanzen von abiotischen Faktoren abhängig sind. Da das Massenaufreten von Medusen einen möglichen Indikator für die Erwärmung der Meere darstellt (Mills 2001), werden Wachstumsexperimente in Abhängigkeit von unterschiedlichen Temperaturen sowie eine Analyse der Wassertemperatur in den Felderhebungen durchgeführt, um einen Beitrag zur Aufklärung eines möglichen kausalen Zusammenhanges zu leisten. Darüber hinaus wird der Frage nachgegangen, ob weitergehende abiotische Faktoren wie Salinität, Sauerstoffgehalt, Wellenhöhe, Trübung (Sichttiefe), Bewölkung, Windstärke und – richtung einen Einfluss auf das Auftreten der Medusen haben.

1.3.2. Populationsentwicklung von *Mnemiopsis leidyi*

Es wird der Frage nachgegangen, unter welchen Umweltbedingungen sich die invasive Art *Mnemiopsis leidyi* in der südlichen Nordsee vermehrt. Es wird untersucht, ob die Art unter den Umweltbedingungen im Niedersächsischen Wattenmeer ähnlich hohe Abundanzen wie in der Ostsee oder im Schwarzen Meer ausbildet, was zu einer Gefährdung der Fischbestände und zu anderen Ökosystemveränderungen führen könnte.

Ferner wird untersucht, ob *M. leidyi* in der Lage ist, die Wintersaison in der Nordsee zu überstehen.

1.3.3. Ausbreitungswege von *Mnemiopsis leidyi*

Es wird ein Beitrag zu der Frage geliefert, in welche Richtung die Ausbreitung der Art in Nord- und Ostsee erfolgt. Es besteht die Möglichkeit, dass der Ausbreitungsweg von *M. leidyi* nicht von der Ostsee in die Nordsee führte, sondern den umgekehrten Weg nahm. Anhand eigener Beobachtungen und der Literatur wird diese Frage diskutiert.

1.3.4. Populationsentwicklung weiterer Arten

Es werden Untersuchungen zur Populationsentwicklung von Medusen der Hydrozoa und zweier weiterer Vertreter der Ctenophora (*Beroe gracilis*, *Pleurobrachia pileus*) durchgeführt, um eine mögliche Abhängigkeit von der Wassertemperatur aufzuzeigen

2. Untersuchungsgebiet

Die Medusen wurden an zwei unterschiedlichen Standorten beprobt. Probenstandorte waren die Westerems vor der Insel Borkum und der Jadebusen im Bereich von Wilhelmshaven(Abb.1)..

2.1. Standort Borkum in der Emsmündung

Die Insel Borkum zeichnet sich durch ihre hochseenahe Lage aus und befindet sich noch im Einflussbereich der Emsmündung. Die Ems teilt sich südlich der Insel in zwei Arme auf, welche westlich und östlich an der Insel vorbeifließen und deshalb Westerems und Osterems genannt werden. Im Osten befinden sich die Nachbarinseln, Lütje Hörn, Memmert und Juist, im Westen Rottumeroog und Rottumerplaat.

Das Beprobungsgebiet vor Borkum (Abb.2) befand sich bei $53^{\circ} 33' 10''$ N und $06^{\circ} 41' 39''$ E in Höhe der Fischerbalje am Ende des Leitdammes im Südwesten der Insel. Sie liegt rund einen Kilometer vom Strand entfernt. Die Stelle wurde gewählt, weil sie im Strömungsbereich der Westerems liegt und mit einem großen Eintrag von Makrozooplankton bei Flut zu rechnen ist. Es wurde auf eine ausreichende Wassertiefe geachtet, um einen eventuellen Eintrag von Benthos oder Bodensedimenten in das Netz zu vermeiden. Die größte Wassertiefe im Fahrwasserbereich des Probengebietes liegt bei mehr als 20 m (www.bsh.de). Das Untersuchungsgebiet für die Fangfahrten liegt am Rande des Fahrwassers, so dass ein gefahrloses Probennehmen ohne das Risiko eines Aufgrundlaufens oder einer nahen Begegnung mit anderen Wasserfahrzeugen möglich war. Das Probengebiet ist frei von Sandbänken, so dass die Strömung ungehindert fließen kann. Der mittlere Tidenhub vor Borkum beträgt 2,19 m (<http://nordwestreisemagazin.de/ebbeflut.htm>).

Der Probenstandort für die zusätzlich zur Fangfahrt durchgeführte Strandbegehung befand sich im Eulitoralbereich des Weststrandes (Abb.3). Hier wurde zwischen Buhne Nr. 24 ($53^{\circ} 34' 42''$ N, $6^{\circ} 39' 50''$ E) und Buhne Nr. 18 ($53^{\circ} 35' 06''$ N, $6^{\circ} 39' 24''$ E) ein 1000 m langer Strandabschnitt gewählt. Der Strandabschnitt unterliegt dem Einflussbereich der Gezeiten durch die Westerems und wurde deshalb ausgewählt, weil er in der Nähe des seewärtigen Beprobungsgebietes liegt und somit einen Vergleich zwischen Wasserbeprobung und Medusenzählung an Land ermöglicht. Die Breite des Strandes liegt dort je nach Tide zwischen ca. 50 und 300 m. Am landwärtigen Ende wird er durch eine aus Beton bestehende Strandmauer begrenzt.

An diesem Strandabschnitt, welcher von 4 Buhnen unterteilt wird, befindet sich eine große Menge an angespülter Fauna und Flora in mehreren Spülsäumen. So befindet sich entlang

dieser Zone eine sehr große Anzahl von Schalen von *Bivalvia*. Vornehmlich sind *Cerastoderma edule* und *Spisula subtruncata* zu finden. Diese bilden an einigen Stellen eine mehr als 10 cm dicke Schicht. Quallen wurden meistens nur im unteren Bereich des Strandabschnittes gefunden.

2.2. Standort Jadebusen vor Wilhelmshaven

Als Probenstandort im Jadebusen wurde die Tonne V2 in der Jademündung ausgewählt (Abb.4). Sie befindet sich bei $53^{\circ}31'18''\text{N}$ und $8^{\circ}10'48''\text{E}$ und ist ca. 900 m vom Westufer entfernt. Hier befindet sich das Mündungsgebiet der Jade, in welchem ein starker Tidenstrom herrscht. Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Fahrwasser. Die größten Tiefen im Beprobungsgebiet liegen bei ca. 12 m (www.bsh.de).

Auch hier wurde darauf geachtet, zur Vermeidung des Eintrags von Benthos oder Sedimenten über einer ausreichenden Wassertiefe zu beprobieren. Der mittlere Tidenhub für Wilhelmshaven beträgt 3,68 m (<http://nordwestreisemagazin.de/ebbeflut.htm>).

Als Standort für die Beprobung des Frühjahrsplanktons wurde der Nassauhafen gewählt (Abb.4). Die Probennahme wurde am Ponton rechts der Nassaubrücke bei $53^{\circ}30'54''\text{N}$ und $8^{\circ}08'58''\text{E}$ durchgeführt. Dieser Standort war günstig zu erreichen und leicht zu beprobieren. Trotz der wenig exponierten Lage wurden vor der Probennahme bei Testbeprobungen und visuellen Beobachtungen regelmäßig Ctenophora und Hydrozoa – Medusen registriert.

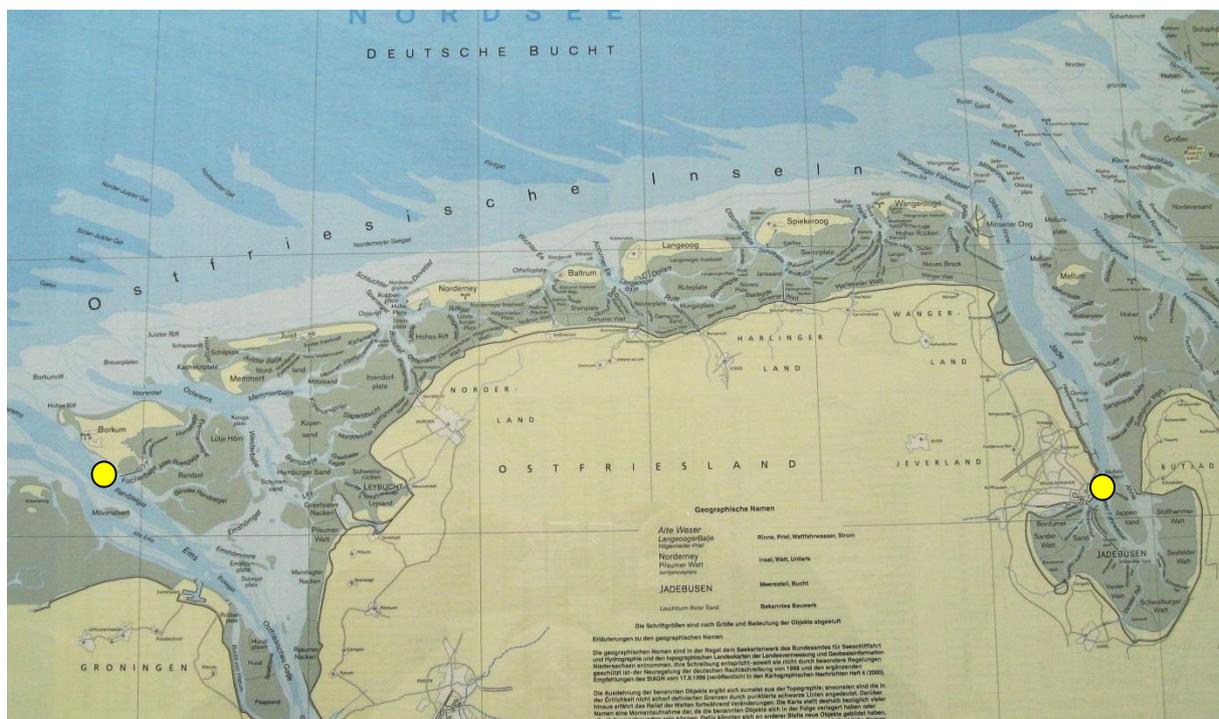


Abb.1. Probenstandorte der Untersuchungen (Westerems vor Borkum, Jadebusen vor Wilhelmshaven) (Quelle www.bsh.de, Foto A. Stollenz)

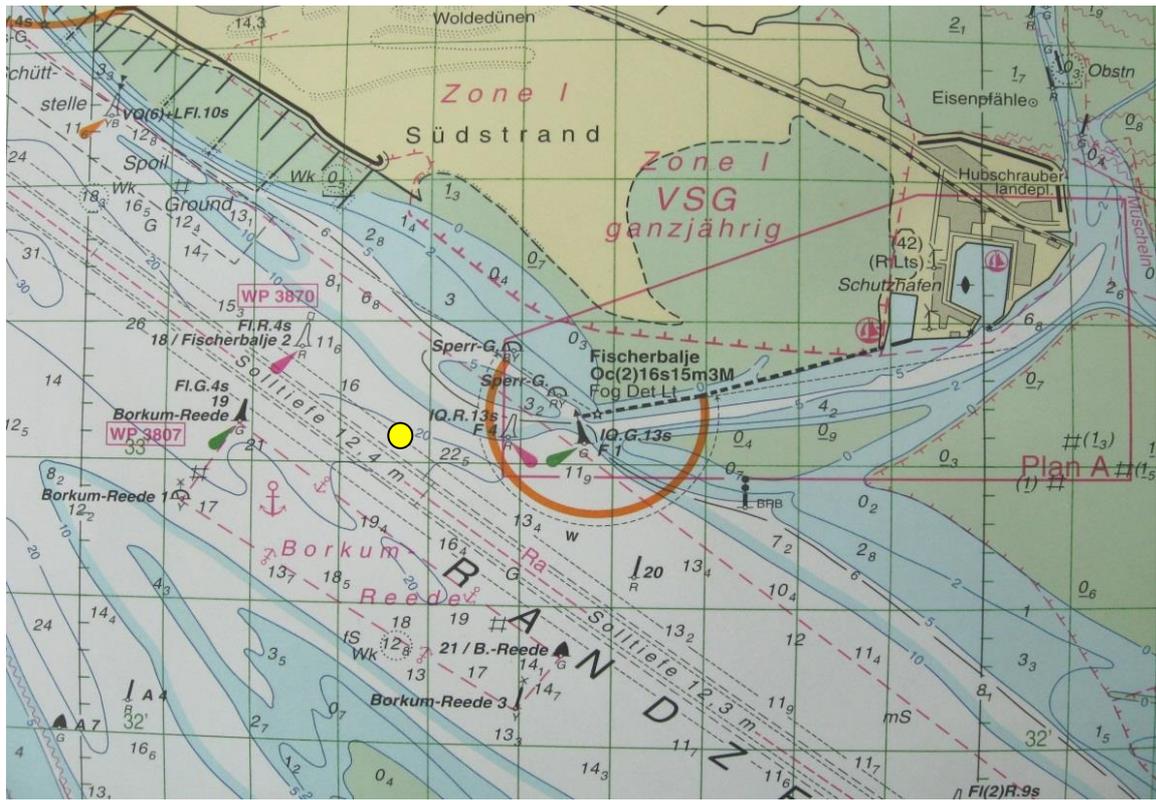


Abb.2. Probenstandort der Fangfahrten vor Borkum
 (Quelle www.bsh.de, Foto A. Stollenz)

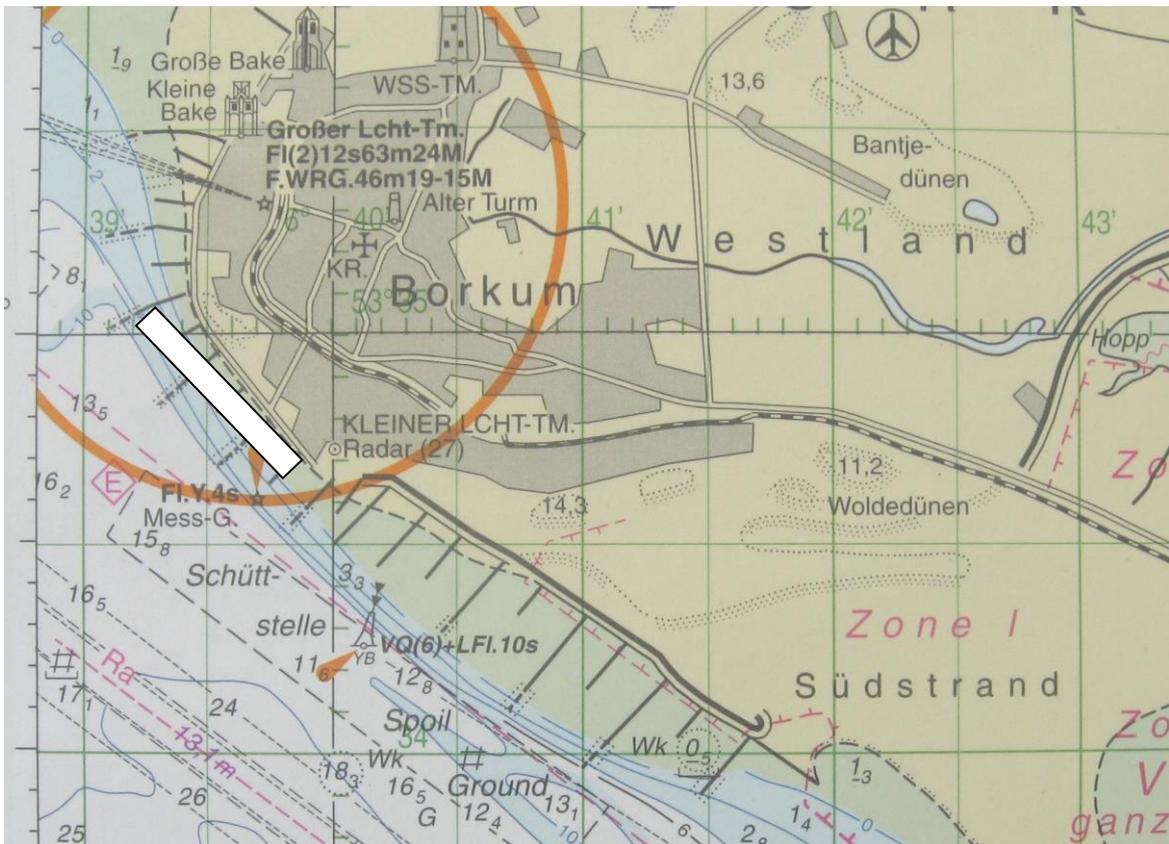


Abb.3.. Probenstandort für die Strandbegehung vor Borkum
 (Quelle www.bsh.de, Foto A. Stollenz)

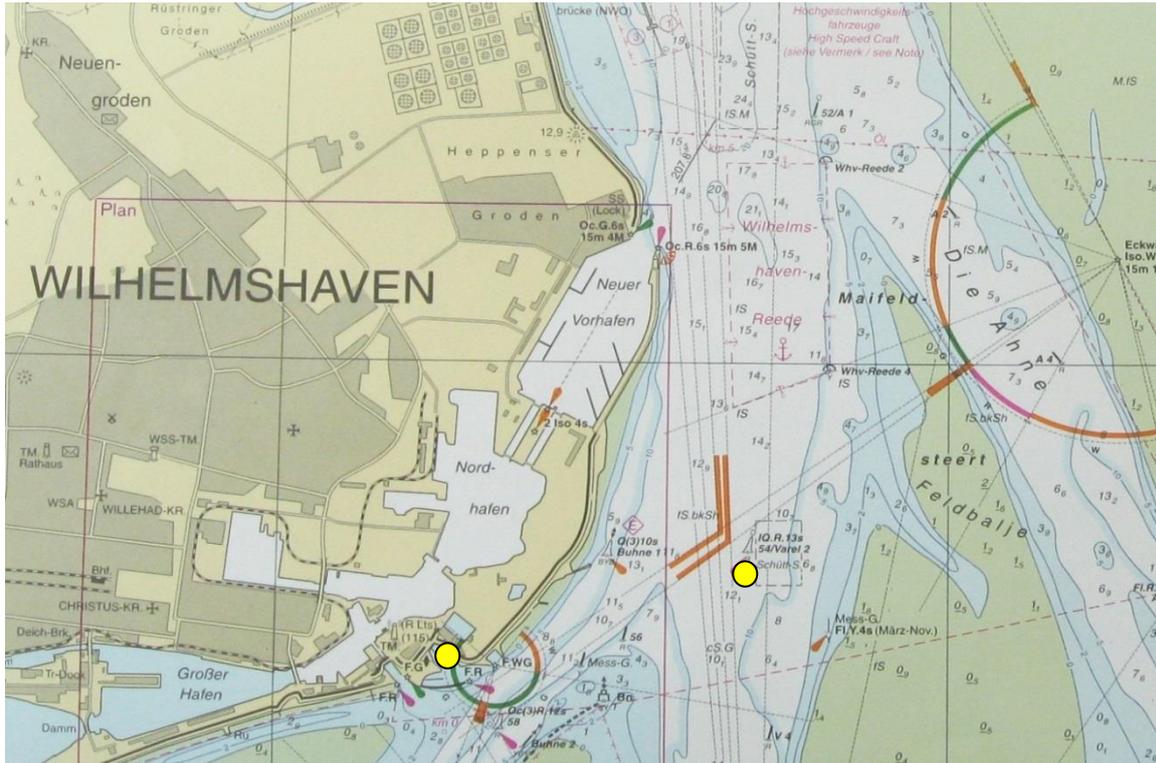


Abb.4. Probenstandort für die Fangfahrten im Jadebusen und den Standort Nassauhafen
(Quelle www.bsh.de, Foto A. Stollenz)

3. Beschreibung der untersuchten Arten

Im Folgenden sind die untersuchten Arten in ihrer Stellung in der Systematik aufgeführt.

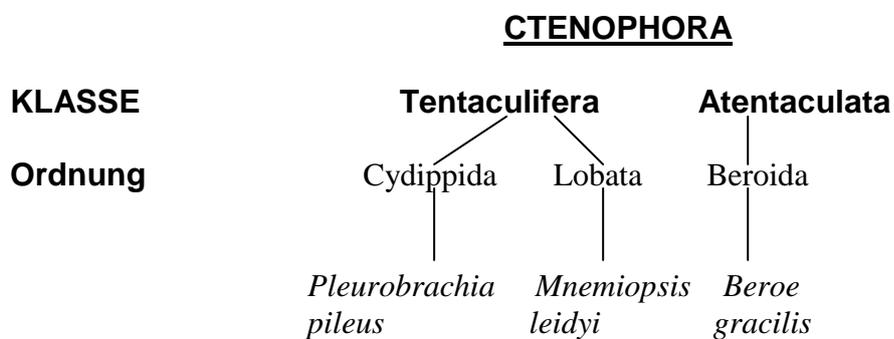
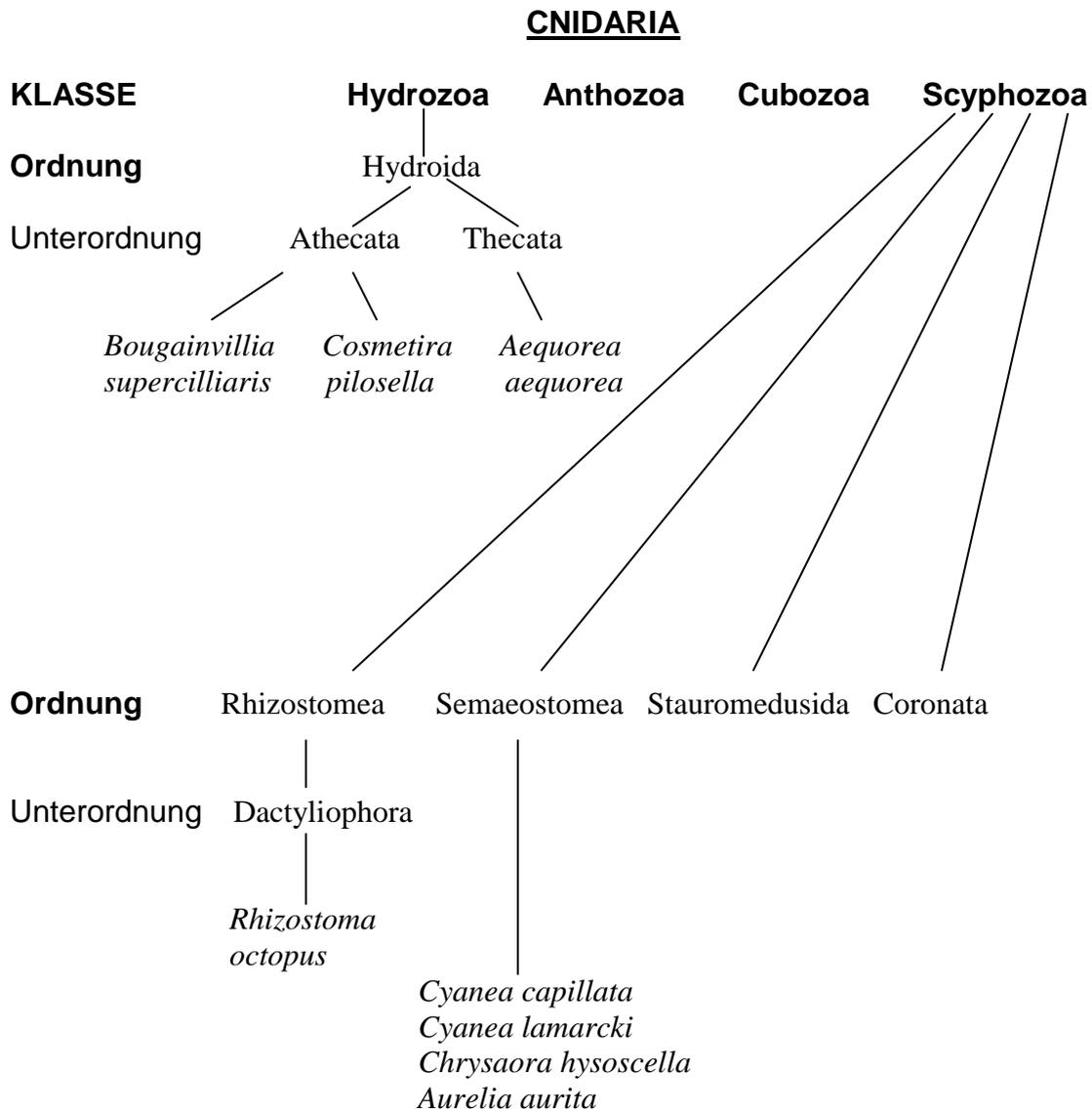


Abb. 5. Systematik der untersuchten Arten. Nach Werner (1993).

Die in dieser Arbeit untersuchten Arten gehören zu den Stämmen Cnidaria und Ctenophora. Die Cnidaria werden in die Klassen Hydrozoa, Anthozoa, Cubozoa und Scyphozoa unterteilt. Gegenstand der Untersuchungen waren Vertreter der Scyphozoa und der Hydrozoa. Zu den Ordnungen der Scyphozoa gehören die Ordnungen Rhizostomea, Semaestomea, Stauromedusida und Coronata. In der vorliegenden Arbeit wurden die in der Nordsee vorkommenden Vertreter der Rhizostomea (*Rhizostoma octopus*) und der Semaestomea (*Cyanea capillata*, *Cyanea lamarcki*, *Chrysaora hysoscella*, *Aurelia aurita*) untersucht.

Zu den Ordnungen der Hydrozoa gehören die Hydroida, Trachylida und Siphonophora. Untersucht wurden Vertreter zweier Unterordnungen der Hydroida, die zu den Athecata gehörenden Arten *Cosmetira pilosella* und *Bougainvillia superciliaris* sowie die zu den Thecata zählende Art *Aequorea aequorea*.

Die Ctenophora werden in die Klassen Tentaculifera und Atentaculata eingeteilt. Untersucht wurden Arten von zwei Ordnungen der Tentaculifera, den Cydippida (*Pleurobrachia pileus*) und den Lobata (*Mnemiopsis leidyi*) sowie eine Art der einzigen Ordnung der Atentaculata, den Beroida (*Beroe gracilis*).

3.1. Scyphozoa

Die zum Stamm der Cnidaria zählende Klasse der Scyphozoa bestehen wie die übrigen Klassen des Stammes aus einem sackförmigen Körper, welcher aus einer äußeren epidermalen Zellschicht, einer inneren Gastrodermis und einer dazwischen liegenden Mesoglea besteht und den gastrovaskulären Raum mit einer einzelnen Öffnung, der Mundöffnung, bildet (Arai 1997).

Dieser gastrovaskuläre Raum wird in interradiale Septen und perradiale Gastralaschen aufgeteilt. Bei der Meduse wird der einheitlichen Gastralraum zu einem Zentralmagen mit Gastralaschen oder Radialkanälen, welche mit dem am Schirmrand befindlichen Ringkanal verbunden sind. An der Randzone des Magens befinden sich von der exumbrellaren zur subumbrellaren Magenwand verlaufende vertikale Lappenspangen, welche bei einigen Familien mit dem Schirmrand verwachsen sind und die entsprechenden Gastralaschen entstehen lassen (Abb. 6). Bei den Semaestomae und Rhizostomea dienen die Verwachsungsflächen, welche zum Rand zunehmen, der Stabilisierung des Schirmes; ebenso erfolgt so eine größere Verzweigung des peripheren Kanalsystems. (Werner 1993).

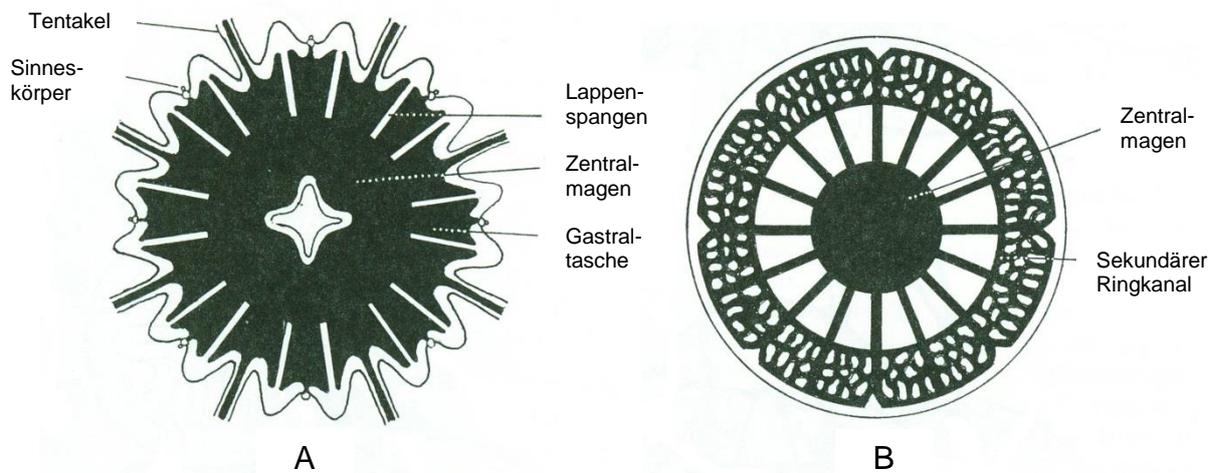


Abb. 6. Gastralraum der Scyphomeduse. A: Semaestomea, B: Rhizostomea. Nach Russell (1970), verändert.

Die Mundöffnung befindet sich auf der unteren Seite am Ende eines Mundrohres von viereckiger Form, wobei sich die Ecken der Mundöffnung zu Mundarmen erweitern können. (Hayward and Ryland 2011) Die Medusengeneration besitzt Schweresinnesorgane und lichtempfindliche Ocellen, welche sich in Gruben zwischen den Randlappen befinden (Werner 1993). Am Rande des Schirmes befinden sich üblicherweise Rhopalien mit darin eingeschlossenen Statolithen. Ein Velum existiert nicht (Hayward and Ryland 2011).

Der Schirm der Meduse besitzt eine als Exumbrella bezeichnete konvexe Außenseite sowie eine als Subumbrella bezeichnete Unterseite. Kennzeichnendes Merkmal der Subumbrella sind vier sich zwischen Mundrohrbasis und Schirmrand befindliche Subgenitalhöhlen (Abb. 7). Die über den Subgenitalhöhlen im Magenentoderm liegenden Gonaden treten vierfach auf (Werner 1993).

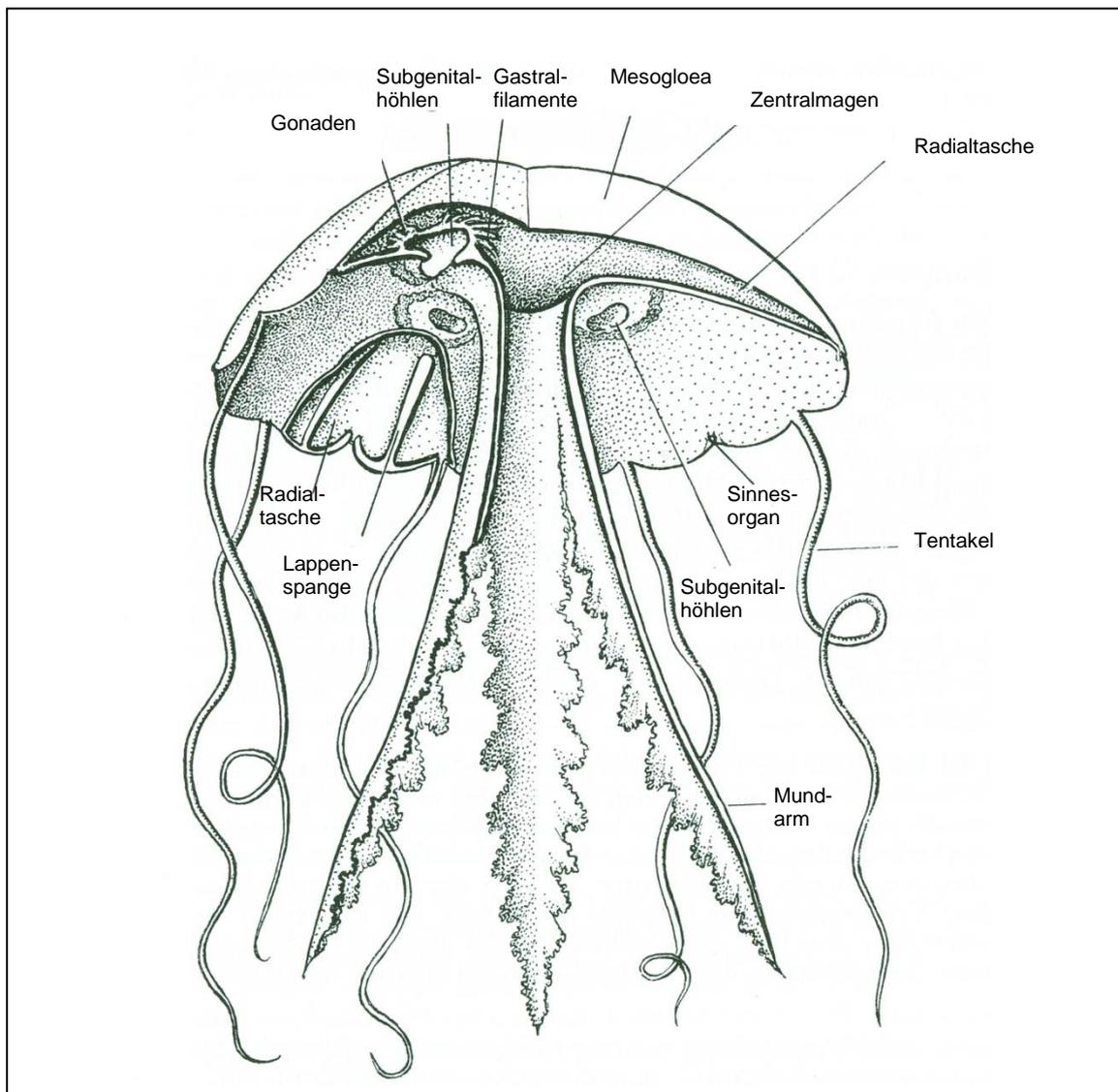


Abb. 7. Schemazeichnung einer Meduse. Nach Delage & Hérouard (1909), in Werner (1993), verändert

Die Nematocyten enthalten die Nematocyste und gelten als hochdifferenziert (Abb. 8). Es bestehen zahlreiche Kapselformen. Diese können als Haft- und Wickelkapsel, aber auch als Injektoren dienen. Bei den Scyphozoa kommen die zu den Haplonemen gehörenden atrichen und holotrichen Isorhizen sowie die zu den Heteronemen gehörenden heterotrichen microbasischen Eurytelen vor (Abb. 9). Sie gehören zur Oberkategorie der Stomocniden, dessen Kennzeichen eine terminale Öffnung des sich im Inneren der Nematocyste befindlichen Nesselschlauches darstellt. Dieser Schlauch befindet sich in einem aufgerollten und verkürzten Zustand, an seiner Oberfläche befinden sich meistens feine Dornen (nicht bei den atrichen Isorhizen), welche am häufigsten in Dreierreihen rechtsgewunden um den Schlauch angeordnet sind. An der Basis des Schlauches sind die Dornen bei den heterotrichen microbasischen Eurytelen verstärkt und vergrößert. Bei den Stenotelten sitzen am Schaft drei besonders große Dornen, die Stilette. An ihrem distalen Ende ist die Nesselkapsel mit einem

Operculum verschlossen. An der Oberfläche der Nesselzelle befindet sich das Cnidocil, welches als Auslöser dient. Während das Cnidocil aus einer Geißel hervorgegangen ist, stellen die sie umgebenden Stereocilien einfache Zellfortsätze dar. Durch einen mechanischen Reiz des Cnidocils entlädt sich die Kapsel, welche unter einem hohen Druck (140 atü) steht, innerhalb von 0.004 sec. und der Nesselschlauch stülpt sich nach außen. Er dringt in die Beute ein, dabei verhaken sich die Dornen im Gewebe des Beutetieres. Die Entladung der Nesselzellen ist von übergeordneter nervöser Steuerung, so dass die Entladung beispielsweise bei Kontrahierung der Tentakel geringer ist (Werner 1993).

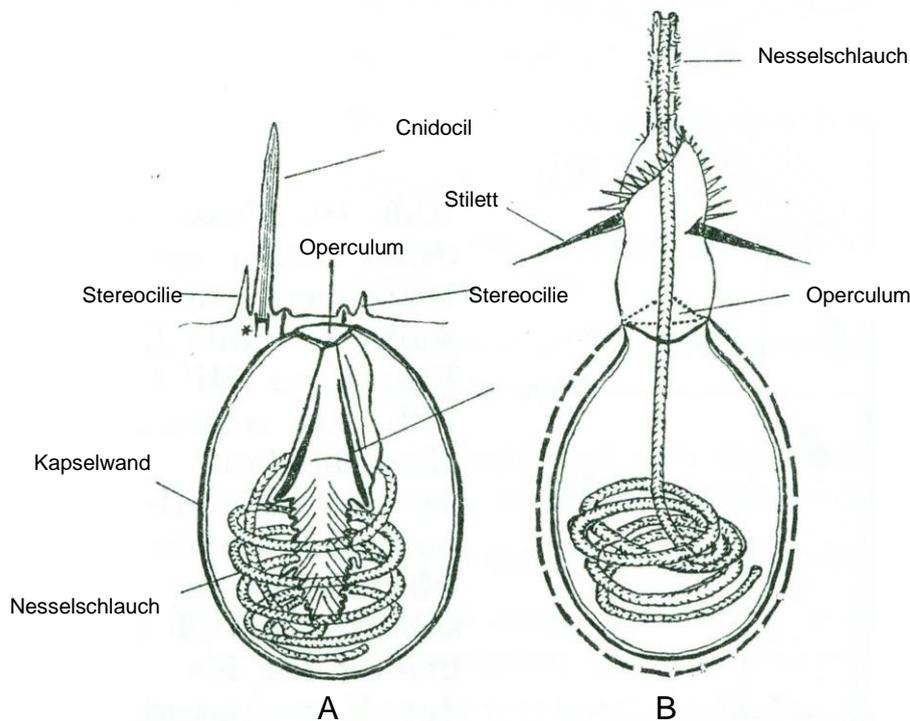


Abb. 8. Schemazeichnung einer Nesselkapsel. A: Ruhezustand, B: entladener Zustand. Nach Westfall (1970), in Werner (1993), verändert.

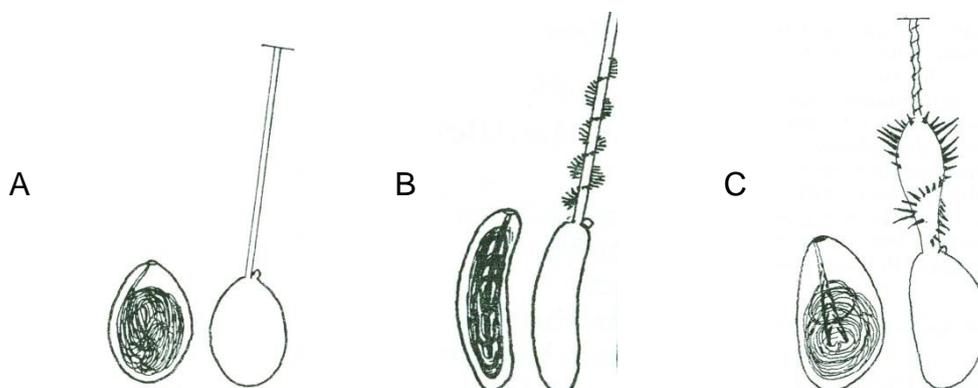


Abb. 9. A: atriche Isorhize, B: holotriche Isorhize, C: heterotriche microbasische Eurytele. Aus Werner (1993)

Das Gift der Scyphozoa besteht aus hochmolekularen Proteinen und ist von neurotoxischer Wirkung (Werner 1993).

Das Gift von *Cyanea capillata* besteht aus zahlreichen Proteinen unterschiedlicher Größe (6 – 200 kDa), wobei einige von ihnen dieselbe Länge wie bei den Cubozoa aufweisen. Größere Medusen von *C. capillata* besitzen mehr und mitunter stärkere Toxine als kleinere Artgenossen (Helmholtz et al. 2010). Hierbei wird die Bildung von Aktionspotentialen durch Depolarisierung von Natriumionen an der Zellmembran einer Nervenzelle vom Neurotoxin blockiert. Durch Anlagerung der Toxine an den Kanälen der Nervenzelle, durch welche normalerweise die Natriumionen wandern, werden diese an der Depolarisierung gehindert. Aufgrund dessen kommt es zu einer Lähmung der Muskulatur. Zooplankton wird sofort gelähmt und darauf getötet. Die Wirkung beim Menschen reicht bei den Scyphozoen bis zu Fieber und Hautnekrosen (Werner 1993).

Die Muskulatur der Scyphozoa besteht beim Polypen aus vier Längsmuskelsträngen, welche aus Myocyten bestehen und sich innerhalb der Mesogloea der Gastralsepten befinden. Bei der Meduse bestehen die Muskeln aus Epithelmuskelzellen. Diese bilden bei der Meduse glatt- und quergestreifte Muskulatur, welche als Radialmuskel bzw. als Ringmuskel angeordnet sind. Die Medusen bewegen sich nach dem Rückstoßprinzip fort, wobei die Schirmkontraktion durch die quergestreifte Muskulatur der Subumbrella bewirkt wird (Werner 1993).

Das Nervensystem der Scyphozoen bestehen aus den gleichen Nervenzellen wie jene der höheren Lebewesen. Es besteht aus den Randnerven, dem motorischen Nervennetz und dem diffusen Nervennetz. Die Randnerven bestimmen den Rhythmus der Schirmkontraktion, das motorische Nervennetz steuert die für Schwimmbewegungen zuständige Muskulatur und das diffuse Nervennetz leitet Informationen an die Randnerven weiter (Passano, I.M, 1982, in: Arai 1997).

Die beiden Nervennetze befinden sich im subumbrellaren Bereich der Meduse. Das aus multipolaren Nervenzellen bestehende diffuse Netz ist für die Reizleitung der Randlappen, Tentakeln sowie des Mundrohres zuständig. Das motorische Nervennetz ist entlang des Ringmuskels und der Radialmuskulatur konzentriert. Es enthält bipolare Ganglienzellen und ist mit den Ganglien der Randnerven und den Randsinnesorganen verbunden. Die Kontraktion des Schirms beginnt bei einem Randsinnesorgan und breitet sich dann über den gesamten Schirm aus. Es erfolgt hierbei eine Koordination der Impulserregungen in den Randsinnesorganen, welche zu einer gesamtheitlichen Schirmkontraktion führt.

Die beiden Nervennetze stehen durch Ganglien miteinander in Verbindung. Dadurch ist ein Netz in der Lage, das andere zu hemmen, sodass es z.B. bei der Nahrungsaufnahme, an

welchem das diffuse Netz beteiligt ist, zu keiner Kontraktion des Schirmes kommt (Werner 1993).

Die meisten Scyphozoa sind getrenntgeschlechtlich, doch gibt es auch hier Ausnahmen wie bei der zwittrigen Meduse *Chrysaora hysoscella*. Nach Ausstoß der Keimzellen aus den Gonaden entwickelt sich durch Befruchtung im freien Wasser zunächst die Planularlarve. Bei einigen Vertretern der Ordnung Semaestomea findet eine Einlagerung der befruchteten Eier in den sich in den Mundarmen befindlichen Bruttaschen statt, von wo aus die Entwicklung bis zur Planularlarve erfolgt. Bei *Chrysaora hysoscella* werden die Eier bereits in den Gonaden besamt und durchlaufen dort ihre Entwicklung bis zur Planula. Danach werden sie ausgestoßen.

Die Planularlarve heftet sich nach der Freiwasserphase an ein Substrat an und bildet sich zum Scyphopolypen aus. Der orale Pol formt sich zum Mundfeld. Im zentralen Bereich entsteht das Manubrium und es bilden sich Tentakel sowie die interradialen Septen.

Die meisten Scyphopolypen sind zur ungeschlechtlichen Vermehrung durch Knospung fähig. Die Erzeugung erfolgt aus der Körperwand oder aus stolonartigen Gebilden an der Basis des Polypen. Die Sekundärpolypen trennen sich ab und heften sich in der Nähe an das Substrat an, so dass es zu gehäuften Ansammlungen von Polypen einer Art kommen kann. Bei den Rhizostoma erfolgt die ungeschlechtliche Vermehrung durch Bildung und Ablösung schwimmfähiger Planuloide, die sich nach kurzer Zeit an ein Substrat heften (Werner 1993).

Die Bildung der Medusen erfolgt durch die Strobilation, wobei sich der Polyp stark streckt und eine Querteilung in scheibenförmige Medusenanlagen erfolgt. Der Gastralraum entwickelt sich in äußerer Richtung, am Scheibenrand entwickeln sich Randlappen und Sinnesorgane. Die Verbindung zur nächsten, oberen Scheibe entwickelt sich zum Mundrohr. Die entstehenden, noch mit dem Polypenkörper verbundenen Ephyren können sich durch die Bildung der Ring- und Radialmuskulatur bereits bewegen und pulsierende Schwimmbewegungen ausführen. Die Entwicklung erfolgt nicht zeitgleich, sondern sukzessiv, wobei sich am oberen Teil des zur Strobila umgewandelten Polypen bereits fast fertig entwickelte Ephyren befinden, während am unteren Ende nur erst die Anlagen zu erkennen sind. Die Ephyren lösen sich schließlich ab, während sich der verbliebene basale Restkörper wieder zum vollständigen Polypen entwickelt (Abb. 10). Die Bildung der Rhizostoma erfolgt meist durch monodiske Strobilation, so dass der Polyp nur eine einzige Ephyra bildet. Die Auslösung der Strobilation wurde bei *Aurelia* experimentell als temperaturabhängig nachgewiesen, wobei der Scyphopolyp bei Temperaturen unter 8–9 °C und dem Vorhandensein von Jodionen die Strobilation einleitet.

Die Ordnung der Pelagiidae besitzt aufgrund ihres rein pelagischen Lebenszyklusses keine Polypengeneration. Bei dieser Ordnung entwickeln sich die Planularlarven direkt zu jungen Medusen. Auch eine unterdrückte Medusengeneration existiert. Bei der Ordnung Coronata wurde dabei eine Reduktion der Medusenbildung beobachtet, welche sich auf das Freisetzen von Planularlarven beschränkt (Werner 1993).

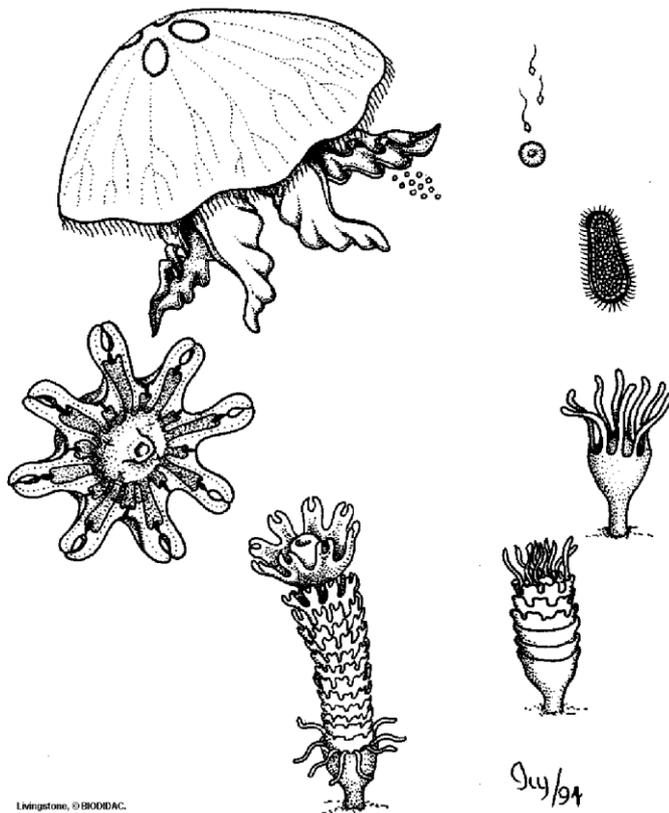


Abb. 10. Entwicklungszyklus der Scyphozoa
http://biodidac.bio.uottawa.ca/thumbnails/filedet.htm?File_name=SCYP001B&File_type=cdr

Die Scyphozoa kommen in allen Meeren und in unterschiedlichen Tiefen vor. Während die Polypen der Coronata in bis zu 7000 m Tiefe vorkommen, beschränken sich die Polypen der Semaestomea und Rhizostoma auf das Litoral. Ihre Medusen bevorzugen das Epipelagial in Küstennähe, während die Pelagiidae eher im küstenfernen Bereich der Hochsee leben. Die Medusen der Coronata kommen in bis zu 3000 m Tiefe vor (Werner 1993).

Einige Medusen führen horizontale und vertikale Wanderungen durch. Vertikale 24-stündige Wanderungen sind teilweise abhängig vom Licht und können wenige Meter bis mehrere hundert Meter umfassen. Bei einigen Arten ist die Wanderung auch entwicklungsabhängig. Im Winter treten Ephyren in tieferen Wasserschichten auf, weil an der Oberfläche ein geringes Nahrungsangebot vorhanden ist und hoher Wellengang herrscht. Im Frühjahr

kommen sie dann wieder in geringeren Tiefen vor. Die Medusen kommen dann in Schwärmen erheblichen Ausmaßes vor (Arai 1997).

Die in der Nordsee vorkommenden Spezies der Klasse Scyphozoa gliedern sich in die drei Ordnungen Semaestomeae, Rhizostomeae und Stauromedusae, wobei die beiden erstgenannten Ordnungen pelagische Stadien aufweisen (Hayward & Ryland 2011). Untersucht wurden nur Spezies der pelagischen Ordnungen Semaestomeae und Rhizostomeae, weil nur diese im Untersuchungsgebiet vorkommen.

Bei den Semaestomea ist die Meduse von scheibenförmiger Gestalt mit vier in der Subumbrella sich befindlichen Subgenitalhöhlen. Die Gonaden befinden sich in vierfacher Anzahl im Magenentoderm, wobei sie bei einigen Arten in gefalteter Form aus den Subgenitalhöhlen treten und frei im Wasser hängen. Das Mundrohr wird durch vier faltige Mundarme verlängert (Werner 1993).

Der Rand ist lappenförmig unterteilt, wobei zwischen den Lappen Randsinnesorgane mit Rhopalien sitzen (Arai 1997). Am Schirmrand befinden sich zahlreiche Tentakel, es existiert kein Ringkanal (Hayward & Ryland 2011). Allen Ordnungen gemeinsam ist ihre tetradiale Symmetrie, welche eine Differenzierung des Körpers in vier Quadranten darstellt (Werner 1993).

Die Rhizostomea besitzen einen häufig gewölbten Schirm und zeichnen sich durch ein ausgeprägtes, mit acht adradialen Mundarmen versehenes Mundrohr aus. Diese Mundrohre liegen unterhalb eines Ringes aus acht Epauletten und sind in einen oberen Teil mit dreiteiliger Mundkrause und in einen unteren Teil mit glatten Endkolben unterteilt. Kennzeichnend für die Ordnung sind die verwachsenen Mundlippen ohne zentrale Mundöffnung. Vielmehr existieren zahlreiche kleine Sekundärmundöffnungen, die Ostien. Die Ernährungsweise ist microphag. Die Rhizostomea ernähren sich von Zooplankton und Detritus. Auf der Exumbrella sitzen zahlreiche Nesselzellen sowie Schleimzellen und winzige Geißeln. Die von den Nesselzellen gelähmte Beute wird mit Schleim umhüllt und durch die Geißeln über den Schirmrand zu den Mundarmen befördert (Werner 1993). Die Medusen besitzen keine Randtentakeln (Hayward & Ryland 2011).

3.1.1. *Cyanea capillata*

Cyanea capillata besitzt einen flachen tellerförmigen Schirm. Am Rande sitzen acht Gruppen von dünnen, langen, haarähnlichen Tentakeln (Abb. 11). Die dicken und gefalteten Mundarme erreichen eine Länge, welche dem Durchmesser des Schirmes entspricht (Heard 2005).

Vom Zentralmagen setzen sich Radialtaschen fort und fächern sich im Bereich der Randlappen in Kanäle auf, welche jedoch blind enden. Es fehlt der Ringkanal. Die Gonaden hängen in sackähnlichen Fortsätzen aus der Subgenitalhöhle an der Subumbrella. Die Ernährungsweise ist macrophag und omnivor. Zur Nahrung zählen andere Scyphomedusen, Crustacea sowie Fische. Die Nahrung wird nach der Lähmung durch die Verkürzung der kontraktile Tentakeln zum Mundrohr geführt (Werner 1993).

Zu den als Nahrung dienenden Scyphomedusen gehört auch *Aurelia aurita* (Titelman et al. 2007), ebenso die verwandte Art *Cyanea lamarcki*, aber auch Hydromedusen und Ctenophora. *C. capillata* scheint andere Medusen zu ihrer Entwicklung zu benötigen (Bamstedt et al. 1997).

Der Schirmdurchmesser beträgt generell bis zu 50 cm, kann in nördlichen borealen Gewässern jedoch auch 200 cm erreichen. Junge Medusen tauchen in britischen Gewässern meistens im April und Mai auf (Hayward & Ryland 2011).

Werner (1993) spricht von einer arktischen Unterart, welche sogar einen Schirmdurchmesser von 225 cm erreichen kann. Ihr Nesselgift ist sehr schmerzhaft (Hayward & Ryland 2011). Die Färbung wird als gelblich braun oder rötlich beschrieben (Heard 2005).

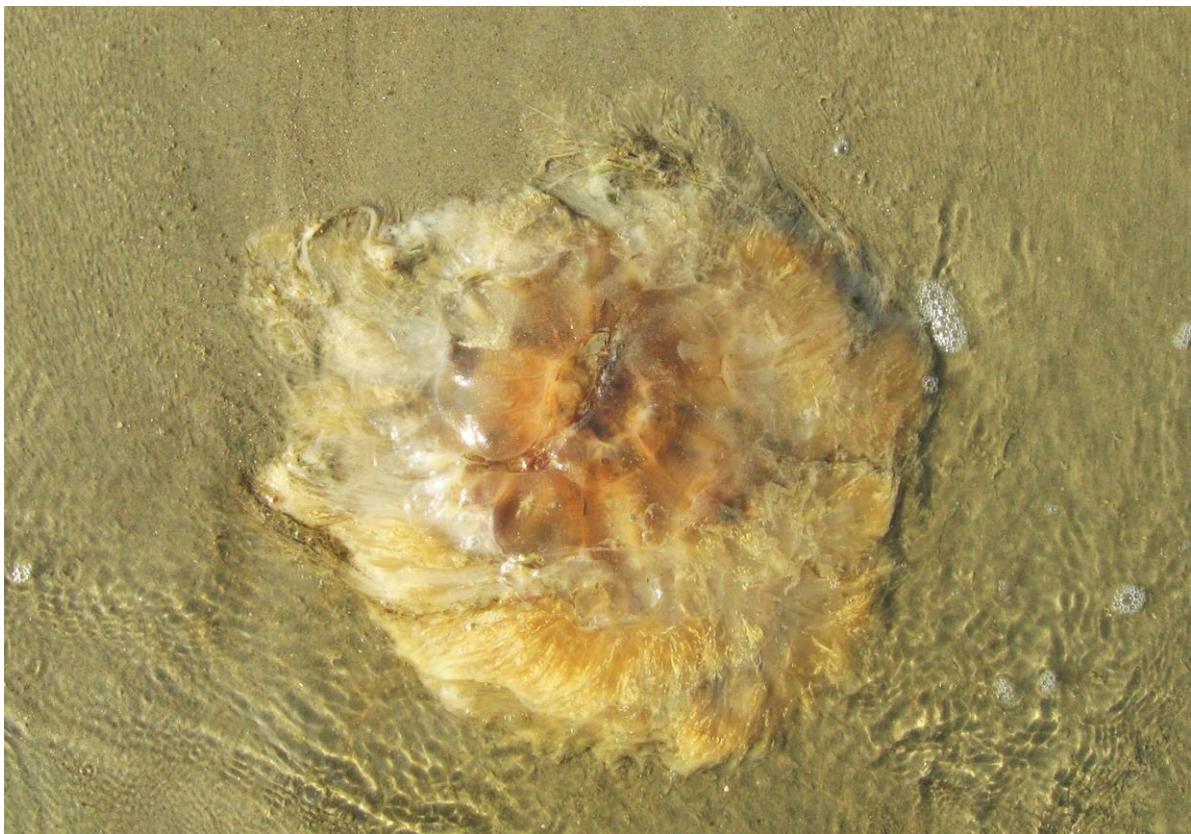


Abb. 11. *Cyanea capillata* vor Borkum

3.1.2. *Cyanea lamarcki*

Die Meduse von *C. lamarcki* (Abb.12) ist tellerförmig oder glockenartig. Die hohlen Randtentakel sitzen in acht Gruppen zu jeweils 40–60 Tentakeln. Ihre Mundarme sind kürzer als der Schirmdurchmesser und haben eine dicke, gekräuselte Form. Die vier gefalteten Gonaden hängen unterhalb des Schirmes frei in das Wasser. Die Farbe reicht von durchscheinend über blassgelb, schwach braun oder hellgrau bis zu einer blauen oder violetten Färbung (Heard 2005).

Der Durchmesser liegt bei 5-15 cm, selten werden auch bis zu 30 cm erreicht (Werner 1993)

Das Nesselgift dieser Art ist nicht so stark wie jenes von *C. capillata*. Die Art tritt in britischen Gewässern von April bis Juli auf (Hayward & Ryland 2011).



Abb. 12. *Cyanea lamarcki* vor Borkum

3.1.3. *Chrysaora hysoscella*

Der Schirm der Meduse besitzt 32 Randlappen, die Tentakeln sitzen in acht Gruppen zu je drei Tentakeln am Schirmrand. Es existiert kein Ringkanal (Hayward & Ryland 2011).

Die Tentakeln sind von konischer Gestalt mit einer breiten, gekräuselten Basis. Das Mundrohr ist von schlanker Gestalt und die sich anschließenden vier Mundarme sind an der Basis ein

kurzes Stück miteinander verwachsen und sind länger als die übrigen Tentakel. Die Färbung der Meduse ist gelblich weiß (Heard 2005).

Der Schirmrand besitzt acht Sinnesorgane, welche sich mit den Tentakelgruppen abwechseln. Die Schirmzeichnung besteht aus braunen, radial verlaufenden Streifen, welche sich auf der Exumbrella befinden (Werner 1993).

Diese Streifen sind von V-förmiger Gestalt und deuten auf den apikalen Punkt des Schirmes (Abb. 13). Der Durchmesser liegt bei maximal 30 cm. In britischen Gewässern werden die adulten Medusen von Juli bis Ende September beobachtet (Hayward & Ryland (2011).

Junge Exemplare lassen sich in britischen Gewässern bereits im Mai finden (Heard 2005).



Abb. 13. *Chrysaora hysoscella* vor Borkum

3.1.4. *Aurelia aurita*

Die Meduse besitzt einen flachen Schirm mit zahlreichen Randtentakeln (Abb. 14). Auffällig sind die vier großen Mundarme und die vier ringförmigen Gonaden (Werner 1993).

Aurelia aurita besitzt acht schwach ausgeprägte Randlappen. Der Körper ist weitgehend farblos, jedoch besitzen die Radialkanäle, Mundarme und Gonaden eine schwache violette oder gelbliche Färbung (Heard 2005). Individuen erreichen einen Schirmdurchmesser von bis zu 40 cm (Hayward & Ryland 2011).

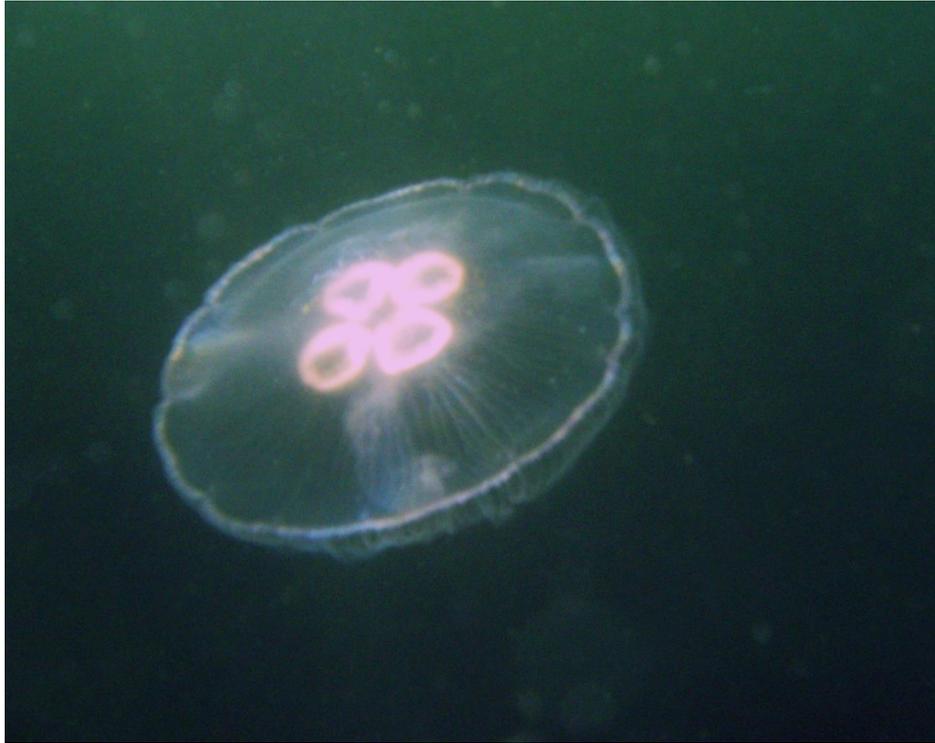


Abb. 14. *Aurelia aurita* im Grevelinger Meer

3.1.5 *Rhizostoma octopus*

Die Meduse besitzt einen kuppelförmigen Schirm mit einer festen Mesogloa (Abb. 15). Der Durchmesser liegt bei bis zu 90 cm. Die Färbung ist milchigweiß, wobei bei männlichen Exemplaren die Gonaden und die Randlappen bläulich oder braun gefärbt sind (Hayward & Ryland 2011). Die Schirmmuskulatur besitzt keine Radialmuskulatur. Es handelt sich um eine Art, welche in wärmeren Gewässern auftritt und in der Nordsee ihre nördliche Verbreitungsgrenze besitzt (Werner 1993). Sie taucht an der Küste der Beneluxstaaten im Spätsommer bzw. Herbst auf (Rappe 1987).



Abb. 15. *Rhizostoma octopus* vor Borkum

3.2. Tentaculata

Die zum Stamm der Ctenophora gehörende Klasse der Tentaculata zeichnet sich wie die Ctenophora allgemein durch eine biradiale Symmetrie aus. Kennzeichnend für die Ctenophora ist eine polare Hauptachse, welche vertikal durch den Körper läuft (Abb. 16). Am oralen Pol befindet sich die Mundöffnung, am aboralen Pol das Schweresinnesorgan (Statocyste). Die Statocyste dient nicht nur der Erkennung der Schwerkraft und der Einstellung der Lage des Tieres im Raum, sondern hat auch die Aufgabe der koordinierten Steuerung der Wimpernbewegungen. Die Polplatten der Tentaculata sind glattrandig (Werner 1993).

Der Wasseranteil des Körpers liegt bei über 99 %, die Tiere erscheinen daher glasartig durchsichtig. Die Trockensubstanz macht nur einen Anteil von meistens 0.01 % bis 0,5 % aus (Wenzel 2010).

Der weitgehend kugelige Körper besteht aus Ecto- und Entodermis mit einer dazwischen liegenden Mesogloea. Auf seiner Oberfläche verlaufen acht meridionale, in vier Paaren angeordnete Reihen, auf welchen die zur Fortbewegung dienlichen Wimpernplatten sitzen. Die Wimpernplatten bestehen aus einzelnen Wimpern, welche zu einer kammartigen Struktur lateral zusammengefügt sind. Diese bis zu einem Millimeter hohen Wimpernplatten sind im Ruhezustand einander überlappend zum oralen Pol ausgerichtet und vollführen bei Bewegung ihren Wimpernschlag in Richtung des aboralen Pols. Daher erfolgt die Schwimmrichtung der Ctenophora in Richtung des oralen Pols (Werner 1993).

Die Bewegung der einzelnen Wimpernplättchen erfolgt metachron. Sie setzt beim aboralen Pol an und verläuft dann wellenförmig bis zum oralen Pol. Bei adulten Tieren erfolgt der Wimpernschlag pro Paarreihe im gleichen Rhythmus, während sie bei juvenilen noch nicht koordiniert ist (Wenzel 2010).

Bei den Tentaculata existieren zwei Tentakeln, wobei diese keine Nesselzellen, sondern Klebezellen (Colloblasten) besitzen. Sie befinden sich auf den an den Haupttentakel sitzenden feinen Tentillen (Werner 1993). Die Colloblasten entstehen aus undifferenzierten Stammzellen der Epidermis (Wenzel 2010). Die Beute bleibt an den Klebkörnchen der Colloblasten hängen. Durch Befreiungsversuche der Beute können Stiel und Spiralfilament der Colloblasten in die Länge gezogen werden, diese führen das Beutetier aber bei seiner Erschöpfung wieder an die Tentakel heran. Durch Kontraktion der Tentakel wird die Beute in die Nähe der Mundöffnung gebracht und verschlungen (Werner 1993). Durch ihre Dehnbarkeit können die Tentakel ca. das Hundertfache der Körperlänge des Tieres ausmachen und bis zu 75 cm Länge erreichen (Wenzel 2010).

Die kontraktile Tentakel können in zwei ectodermale Tentakeltaschen zurückgezogen werden. An die Mundöffnung schließt sich der längliche und flache Pharynx an, welcher in den Zentralmagen mündet. Dieser ist gegenüber dem Pharynx um 90° gedreht und liegt in der Tentakelebene. Der Körper der Ctenophora wird von einem vertikalen und horizontalen Kanalsystem durchzogen. An den Zentralmagen schließt sich der vertikale Aboralkanal an, welcher sich vor dem aboralen Pol in vier kurze Kanäle aufteilt, wobei zwei von ihnen eine Verbindung nach außen besitzen und der Exkretion dienen. Aus der Magenmitte entspringen zwei kurze Kanäle, welche parallel zum Pharynx verlaufende Schlundrohre ausbilden. Der kurze Horizontalkanal verzweigt sich in einige zusätzliche Kanäle, wobei diese zu den Tentakeltaschen führen und weitere in die parallel zu den Wimpernreihen verlaufenden Meridionalkanäle münden. Diese Aufteilung dient der optimalen Nährstoffversorgung. Die Ctenophora besitzen eine glatte Muskulatur, welche ectodermalen Ursprungs ist. Sie bestehen aus länglichen Myocyten mit einem Kern (Beroe mit aktiver Muskeltätigkeit vielkernig). Die Muskelzellen verlaufen schräg zur Längsachse und treten vermehrt in der Nähe der Epidermis und der Gastralkanäle auf. Da die Muskelzellen mit dem Gastralsystem verbunden sind, besitzt dieses die Funktion eines hydrostatischen Skeletts. Die Muskulatur befähigt die Tiere unter anderem zu Schwimmbewegungen und Veränderungen der Körperform. Das diffuse Nervensystem besteht aus einem Netz von Nervenfasern, ausgehend von multipolaren Ganglienzellen und überzieht den ganzen Körper (Werner 1993).

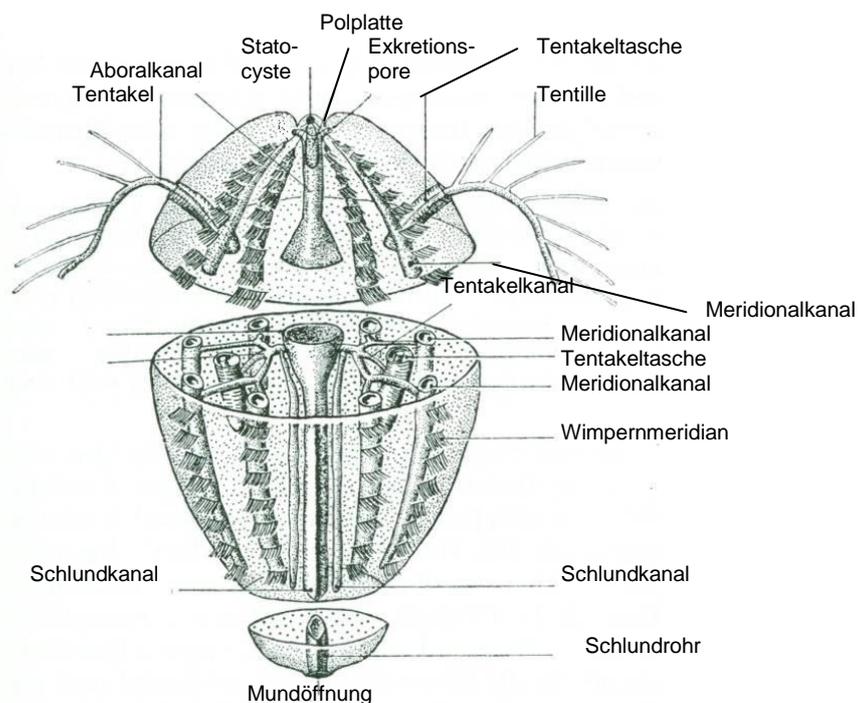


Abb. 16. Schematischer Aufbau Ctenophora ((Cydippida). Nach Kaestner (1965), in Werner (1993), verändert.

Unter den Reihen der Wimpernplättchen verlaufen Nervenstränge, welche die Aufgabe besitzen, bei einer vom Sinnespol gemeldeten Schiefelage des Körpers die Wimpernplättchen zu einer entsprechenden berichtigenden Bewegung zu veranlassen (Wenzel 2010).

Das Nervensystem dient unter anderem zur Steuerung der Schwimmbewegungen und des Aus- und Einfahrens der Tentakel. Auf der gesamten Körperoberfläche des Tieres befinden sich Sinneszellen (Werner 1993).

Wenn man einigen sessilen Arten absieht, erfolgt die Fortpflanzung geschlechtlich, wobei hervorzuheben ist, dass die Tiere Zwitter sind. In den meridionalen Rippenkanälen entwickeln sich die Keimzellen, sowohl weibliche als auch männliche. Keimzellen gleichen Geschlechts sind bei benachbarten Rippenkanälen einander zugewandt angeordnet. Die Keimzellen werden über das Gastralsystem ins freie Wasser entlassen, wo auch die Befruchtung stattfindet. Ein primäres Larvenstadium existiert nicht und die Entwicklung beginnt direkt mit einem Jugendstadium, dem sogenannten Cydippe-Larvenstadium, welchem echte Larvalmerkmale fehlen. Die Eier erreichen eine Größe von etwa einem halben Millimeter. Die Furchung erfolgt als einzigartiger Vorgang im Tierreich disymmetrisch, also bilateralsymmetrisch. Bereits nach zwei Furchungen sind Schlund- und Tentakelebene determiniert. Bei der dritten Teilung schnüren sich kleinere Blastomeren ab. Die Dissemmetrie wird hier insofern deutlich, als je zwei Blastomeren einem Körperquadranten zugeteilt werden und somit Biradialsymmetrie dieses Furchungstyps deutlich wird. Ab der vierten, horizontal erfolgenden Teilung entstehen Micromeren, aus denen sich später Ectoderm, Mesogloa sowie die Muskulatur entwickelt, während sich aus den von den Micromeren umwachsenen Macromeren das Entoderem entsteht (Abb. 17).

Durch Spaltung bildet sich der Gastralraum, aus Zellstreifen der epidermalen Schicht entwickeln sich die meridionalen Wimpernreihen. Die Entwicklung erfolgt immer über das Cydippe-Stadium, Während sich bei der Ordnung der Cydippida diese Form im Verlauf der weiteren Entwicklung nicht ändern, erfahren andere Ordnungen eine metamorphosenähnliche Abwandlung bis zu ihrer adulten Körperform (Werner 1993).

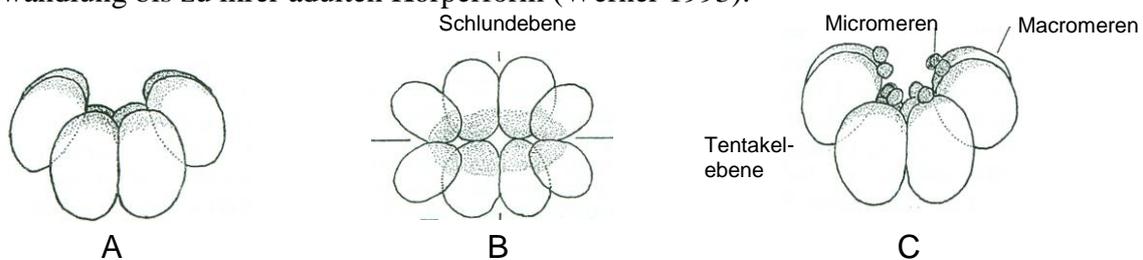


Abb. 17. Entwicklung der Ctenophora vom Vierzellen- bis zum Sechzehnzellenstadium.
 A: Vierzellenstadium, B: Achtzellenstadium, C: Sechzehnzellenstadium mit Micromeren.
 Nach Korschelt & Heider (1936), in Werner (1993), verändert.

Die Ctenophora sind in allen Meeren verbreitet. Sie sind vorzugsweise in ruhigen Gewässern zu finden und ziehen sich bei Oberflächenwasserbewegungen in größere Tiefen zurück, da ihr zarter Körperbau sonst Schaden nimmt (Wenzel 2010).

Sie halten sich häufig in der Nähe der Wasseroberfläche auf, gehen aber auch bis in Tiefen von 700 m. In ihrer horizontalen Verbreitung lassen eurytherme und euryhaline Arten eine kosmopolitische Verbreitung erkennen. Durch ihre temporäre Massenvermehrung und ihre planktivore Ernährungsweise beeinflussen sie in bedeutender Weise das marine Nahrungsnetz. Im Frühjahr und im Sommer kommt es oftmals zu einer Massentwicklung und einer hohen Abundanz, wobei zunehmende Wassertemperaturen und ein großes Nahrungsangebot als Ursache genannt werden (Werner 1993).

3.2.1. *Mnemiopsis leidyi*

Die Art gehört zur Ordnung der Lobata und besitzt Mundlappen, welche mit Muskeln ausgestattet sind und dem Tier zur Bewegung durch Ruderschlag verhelfen (Abb. 18). Die Tentakel sind im Adultstadium verkürzt oder fehlen ganz. Die Statocyste ist im Aboralpol eingesenkt (Werner 1993). Die Orallappen verlaufen bei dieser Art bis zur Statocyste. *M. leidyi* unterscheidet sich von der sehr ähnlichen Art *Bolinopsis infundibulum* durch die Länge der Mundlappen, welche bei *B. infundibulum* zwischen der Mundöffnung und dem Sinnesorgan am apikalen Pol enden (Mayer 1912, Mianzan 1999, aus Faasse & Bayha 2006).

M. leidyi weist eine sehr hohe Salinitäts- und Temperaturtoleranz auf. So toleriert die Art Salzgehalte von <2 bis $38 \cdot 10^{-3}$ sowie einen Temperaturbereich von 2 bis 32 °C. Außerdem kann sie in Gewässern mit niedrigem Sauerstoffgehalt existieren. Die Art weist sehr hohe Reproduktionsraten auf. Die Reproduktion beginnt bei 12 °C (Purcell et al. 2001).

M. leidyi kommt normalerweise an der Atlantikküste von Nord- und Südamerika vor (c.f. Purcell et al. 2001) 1982 tauchte sie erstmals im Schwarzen Meer auf (Pereladov 1983). Später erschien sie in der Nordsee (Faasse & Bayha 2006).

M. leidyi besitzt ein breites Nahrungsspektrum, welches auch Fischeier und –larven umfasst (Burrell & Van Engel 1976), sowie Copepoden, Cladoceren und Veliger-Larven (Kremer 1979).

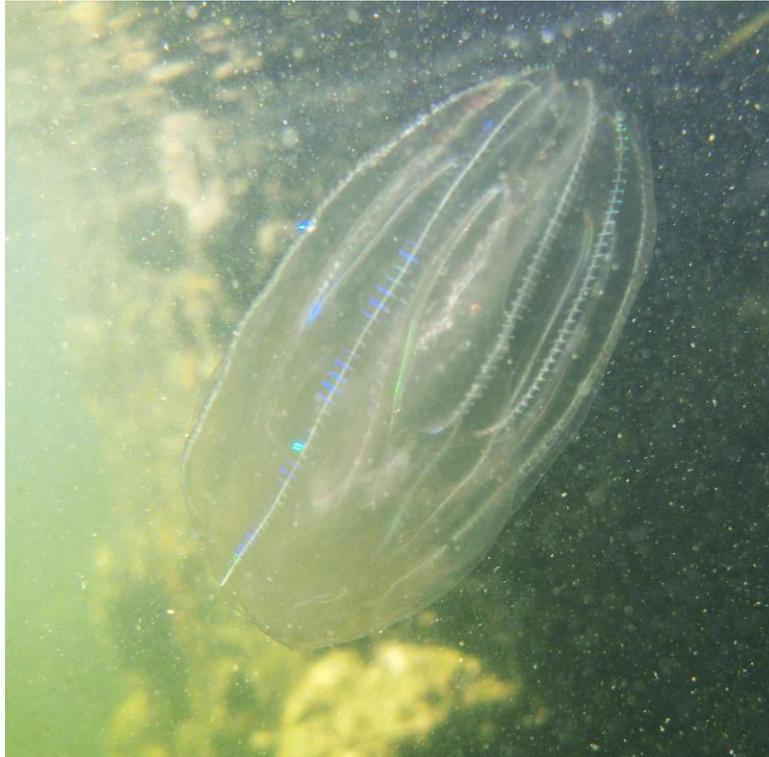


Abb. 18. *Mnemiopsis leidyi* vor Borkum

3.2.2. *Pleurobrachia pileus*

Die Art gehört zur Ordnung der Cydippida und besitzt einen kugelförmigen Körper (Abb. 19). Die Fortbewegung erfolgt ausschließlich über Wimpernreihen (Werner 1993). Die sich vom aboralen Pol bis in die Nähe der Mundöffnung erstreckenden Wimpernreihen besitzen alle die gleiche Länge (Hayward & Ryland 2011).

Diese besitzen bei der Familie der Pleurochbrachiidae die gleiche Länge. *P. pileus* erreicht eine Länge vom oralen bis zum aboralen Pol von bis zu 30 mm. Die Zahl der Wimpernplatten pro Wimpernreihe beträgt bei adulten Tieren 30-40, bei juvenilen nur 10-20. Die Fortbewegung erfolgt ausschließlich durch Wimpernschlag, woraus eine recht geringe Geschwindigkeit von 3-5 cm/s. resultiert. Der Beutefang erfolgt mithilfe der beiden Tentakel, welche *Pleurobrachia* während des Schwimmens ausstreckt. Die Art bewegt sich dabei dergestalt im Wasser, dass die Tentakel inklusive ihrer Tentillen möglichst effektiv durch das Wasser gezogen werden. Erbeutet werden hauptsächlich Larvalstadien von Wirbellosen und Copepoda (Werner 1993).

Die Tentakeln erreichen im ausgestreckten Zustand das Fünfzehn- bis Zwanzigfache der Körperlänge des Tieres (Hayward & Ryland 2011).

Die Art ist in allen Meeren bis auf die arktischen Gewässer verbreitet (Wenzel 2010). Besonders häufig tritt sie in der südlichen Nordsee auf. Sie kommt in einer Tiefe von bis zu

700 m vor. Die Verbreitung dieser kosmopolitischen Art reicht bis zum Finnischen Meerbusen mit einem Salzgehalt von $7 * 10^{-3}$ sowie bis zum Mündungsbereich des Bottnischen Meerbusens. Im Winter selten, tritt sie in der südlichen Nordsee erst im März auf. Die Bestände steigen rasch an und die höchste Populationsdichte wird im Mai/Juni erreicht, teilweise mit einer Abundanz von bis zu 10 Individuen pro m^3 (Werner 1993). Eventuell kommt diese Art ganzjährig an der niederländischen Küste vor (De Blauwe 2003)



Abb. 19. *Pleurobrachia pileus*, gefangen im Jadebusen

3.2. Atentaculata

Die Vertreter der Atentaculata oder Nuda zeichnen sich durch das Fehlen jeglicher Tentakel aus. Der Schlund ist deutlich vergrößert. Am Rand der Polplatten befinden sich kurze Verzweigungen (Werner 1993).

Der Habitus ist von mützenähnlicher Gestalt. Die Nahrungsaufnahme erfolgt durch die Mundöffnung. Die Tiere sind in der Lage, ihre Position im Wasser durch Änderung des spezifischen Gewichtes zu verändern. Die Vertreter der Gattung *Beroe* besitzen zwei Schwimmstellungen, jeweils mit der Mundöffnung nach unten, wenn das Tier erregt ist, und eine mit nach oben gerichteter Mundöffnung zur Beutesuche (Wenzel 2010).

Die *Beroe*-Arten besitzen einen aus bipolaren Nervenzellen bestehenden Nervenring um den Mund (Pavans et al. 1962).

3.2.1. *Beroe gracilis*

Die Art erscheint milchig bis rosa und wird vom oralen bis zum aboralen Pol bis zu 30 mm lang (Abb. 20). Ihre meridialen Gefäße besitzen keine Seitenzweige. Im Gegensatz zu den Tentaculata ist *Beroe gracilis* ein macrophager Räuber, wobei ihn durch Muskulatur unterstützte Bewegungen zu aktiver Beutejagd befähigen. Die Art gilt als Nahrungsspezialist und ernährt sich ausschließlich von *P. pileus*. Dabei schwimmt das Tier auf seine Beute zu und verleibt sie sich mit einer von Radialmuskeln erzeugten Schluckbewegung ein. Dabei helfen innen an der Mundöffnung gelegene Sichelcilien, die Beute festzuhalten und ins Innere des Tieres zu befördern. Die vertikale Verbreitung der Art reicht bis in 700 m Tiefe. Sie ist als Kosmopolit anzusehen, kommt jedoch in der Deutschen Bucht gehäuft vor (Werner 1993). Offenbar dient *B. gracilis* der Ctenophore *Aequorea vitrina* als Nahrung (De Blaue 2003).



Abb. 20. *Beroe gracilis* im Jadebusen

3.3. Hydrozoa

Die Hydrozoa stellen die umfangreichste Gruppe der Cnidaria dar und zeichnen sich durch einen metagenetischen Lebenszyklus aus. Sie sind stockbildend oder auch solitär, wobei rund ein Viertel aller Arten freischwimmende Medusen produziert.

Die Stockbildung (Abb. 21) erfolgt entweder stolonial, so dass aus dem Primärpolypen ein sich verzweigendes Netz aus Stolonen entsteht, wobei das Wachstum durch Knospung erfolgt, durch das Längenwachstum des Polypen und der aus seitlichen Knospungen entstehenden Sekundärpolypen, so dass ein vertikaler, verzweigter, monopodialer Polypenstock entsteht, oder durch sympodiale Anordnung, wodurch je nach Knospungsfähigkeit der Polypen ein unverästelter oder ein verzweigter Stock entstehen kann (Werner 1993).

Die Stöcke haben also entweder eine verzweigte Form, sind mattenartig oder besitzen die Form einer faserigen Ansammlung von einzelnen Röhren. Sie können auch die Form eines aufrechten und sich verzweigenden Stengels besitzen (Hayward & Ryland 2011). Der Stock besitzt ein gemeinsames Gastrovaskularsystem, da die Gastralräume der Polypen miteinander in Verbindung stehen (Werner 1993).

Das Skelett befindet sich größtenteils außerhalb des Gewebes (Hayward & Ryland 2011). Diese als Periderm bezeichnete Hüllmembran stützt und formt den Stock. Dieser besteht aus einem dem Chitin ähnlichen Polysaccharid. Der Polypenkörper bleibt entweder frei wie bei den Athecata oder befindet sich in einer becherförmigen Umhüllung wie bei den Thecata.

Der Einzelpolyp ist rund und von kegelförmiger oder zylindrischer Form, wobei der Hydranth meistens auf einem dünnen Hydrocaulus sitzt, wobei dieser mit der Hydrorhiza am Substrat angeheftet ist. Die Tentakel liegen kranzförmig um das Hypostom, welches das obere Ende des Polypen markiert. In manchen Fällen sind die Tentakel über den Polypenkörper verteilt, sind in Einzahl vorhanden oder fehlen ganz.

Die ansonsten in ihren Eigenschaften und ihrer Struktur gleichartigen Polypen einer Hydrozoenkolonie werden beim Polymorphismus auf bestimmte Funktionen beschränkt. Durch Reduktion von morphologischen Merkmalen und der Spezialisierung auf bestimmte Aufgaben entsteht eine Arbeitsteilung innerhalb der Kolonie. So sind Gastrozoiden für Beutefang und Verdauung zuständig, Gonozoiden mit reduziertem Mund dienen durch Bildung von Gonophoren der Fortpflanzung, während die Gastrogonozoiden für beide Funktionen zuständig sind. Dactylozoiden mit rückgebildetem Mund und fehlendem Magen sind mit Nesselzellen bewehrt und dienen der Verteidigung (Werner 1993).

Die freien Medusen der Hydrozoa (Abb. 22) sind von oftmals geringer Größe und zarter Gestalt.

Die Form des Schirms ist sehr vielgestaltig und reicht von einer glockenförmigen Gestalt bis zur einer flachen Form. Die Medusen besitzen in der Regel einen glattrandigen Schirm. Es ist ein Velum vorhanden, welches durch Verringerung des Querschnitts der Schirmöffnung einen effizienteren Wasserausstoß gewährleistet und den sich wie die Scyphozoa nach dem Rückstoßprinzip bewegend Hydromedusen ein schnelleres Fortkommen ermöglicht (Werner 1993). Die Größe (Schirmdurchmesser) variiert von 1 – 200 mm, wobei kleine Medusen eher glockenförmig erscheinen, größere Medusen jedoch eher flacher aussehen (Russell 1953).

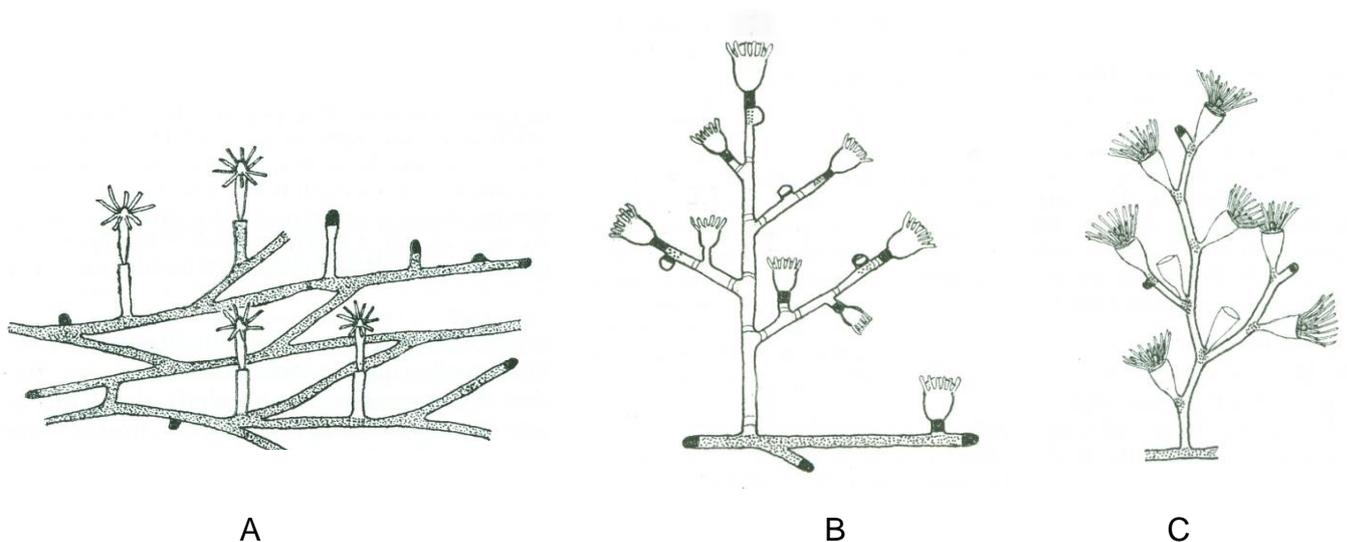


Abb. 21. Schemazeichnung eines Hydroidpolypen.

A: Beispiel eines stolonialen Stockes, B: Beispiel eines monopodialen Stockes (Athecata),
C: Beispiel eines verzweigten sympodialen Stockes (Werner 1993).

In der Mitte der subumbrellaren Schirmseite befindet sich der Magen, welcher im Bereich der Mundöffnung endet. Vom Magenschlauch ausgehend verlaufen vier Radialkanäle bis unter den Schirmrand, wo sie sich zu einem Ringkanal vereinigen (Russell 1953). Magen, Radialkanäle sowie der Ringkanal sind miteinander verbunden und bilden das Gastrovaskularsystem der Hydromeduse (Werner 1993). An dem Punkt, an dem jeder Radialkanal sich mit dem Ringkanal verbindet, sitzt am Schirmrand die Tentakel (Russell 1953).

Sie weisen in Bezug auf Anzahl und Größe eine große Variabilität auf. Im Subadultstadium beträgt die Anzahl der Tentakel meistens nur vier, wobei sich die Tentakel mit den Radialkanälen in den perradialen Ebenen befinden. Während des Übergangs zum Adultstadium vergrößert sich die Zahl der Tentakeln, so dass die erwachsenen Tiere

zahlreiche Tentakeln entweder einzeln oder gruppenweise aufweisen. Die Nesselzellen der Tentakeln werden entweder im Bulbus oder am Schirmrand gebildet. Am Schirmrand sitzen ebenfalls die Sinneszellen und Sinnesorgane, wobei bei den Medusen der Athecata an den Bulben der Tentakel lichtempfindliche Ocellen vorhanden sind, deren Organisation von Pigmentzellen bis zum Linsenaug reicht. Bei den Medusen der Thecata sind Statocysten am Schirmrand vorhanden (Werner 1993).

Am Ende des Mundrohres sitzt die Mundöffnung mit charakteristischen Mundlippen. Die Mundöffnung kann aus vier perradialen Lippen bestehen, sie kann aber auch gekräuselt, nur kreisförmig oder mit oralen Tentakeln besetzt sein (Russel 1953).

Allgemein ist der Mundrand mit Nesselzellen bewehrt, Zwischen den Radialkanälen sitzt eine Entoderm lamelle. Die Gonaden befinden sich entweder am Mundrohr wie bei den Athecata oder an den Radialkanälen wie bei den Thecata. Es kommt auch vor, dass sie sich sowohl am Mundrohr als auch an den Radialkanälen befinden (Werner 1993).

Die Form der Gonaden am Mundrohr ist ein wichtiges Merkmal zur Bestimmung. So können die Gonaden das Mundrohr in Form eines länglich an diesem verlaufenden Gewebe umschließen oder in Bändern aufgeteilt um das Mundrohr angeordnet sein. Sie können auch in Form von kleinen Kissen um das Mundrohr angeordnet sein. Befinden sie sich an den Radialkanälen, können sie oval, länglich, gefaltet oder gewunden sein. Sie können auch beutelförmig von den Radialkanälen herabhängen (Russel 1953)

Die Medusen der Hydrozoa vermehren sich geschlechtlich, wobei sie in der Regel nicht zwittrig, sondern getrenntgeschlechtlich sind. Die Zahl der von den Medusen erzeugten Eier kann bis zu 70.000 betragen. Hydrozoa kommen vom Litoral bis in die Tiefsee vor, wobei Hydromedusen eher in küstennahen Zonen auftreten. Sie sind microphag und ernähren sich von Zooplankton, insbesondere von Copepoden und Larven benthischer Organismen (Werner 1993).

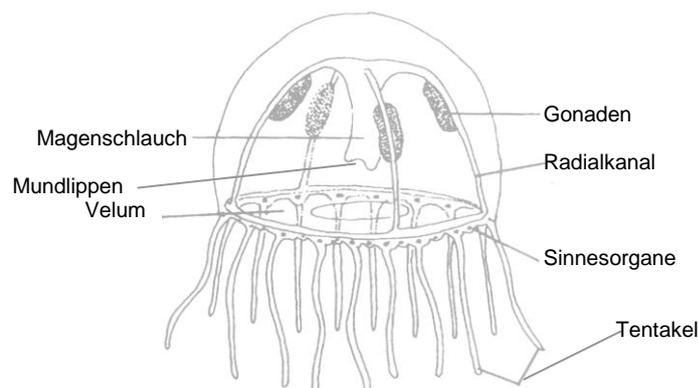


Abb. 22. Schemazeichnung einer Hydromeduse. Nach Hayward & Ryland (2011), verändert.

3.3.1. *Aequorea aequorea*

Die zur Unterordnung der Thecata und der Familie Campanulinidae gehörende Hydromeduse (Abb. 23) entstammt einer sympodialen Kolonie. Die Meduse erscheint abgeflacht und besitzt eine große Anzahl von Radialkanälen. Zwischen den einzelnen Tentakeln befinden sich bis zu zehn Statocysten. Die Meduse erreicht einen Durchmesser von bis zu 20 cm (Werner 1993).



Abb. 23. *Aequorea* spp. (<http://jellieszone.com/aequorea.htm>)

3.3.2. *Cosmetira pilosella*

Die zur Unterordnung der Thecata zählende *C. pilosella* (Abb. 24) gehört zur Familie Cuspidellidae. Diese bilden stoloniale Stöcke. Die Medusen sind flach und ihre Gonaden befinden sich an den Radialkanälen. Die Meduse von *C. pilosella* erreicht eine Größe von bis zu 48 mm. Zwischen den Tentakeln befinden sich Cirren, welche sich bei adulten Exemplaren auch auf den unteren Bereich der Exumbrella verteilen. Die Meduse besitzt acht Statocysten (Werner 1993).



Abb. 24. *Cosmetira pilosella*, aus dem Jadebusen

3.3.3 *Bougainvillia superciliaris*

Die zur Unterordnung Athecata gehörende Art gehört zur Familie der Bougainvilliidae (Abb. 25). Die Familie bildet stoloniale bzw. monopodiale Kolonien, kann aber auch solitär auftreten. Ihre Medusen besitzen gruppenartige Anordnungen von Tentakeln am Tentakelbulbus. Der Mund ist rund und besitzt vier Mundtentakeln. *B. superciliaris* selbst bildet stoloniale Stöcke. Die Vermehrung erfolgt bei der Meduse ausschließlich sexuell. Bei der Meduse tritt Larviparie auf (Werner 1993).



Abb. 25. *Bougainvillia superciliaris*, aus dem Jadebusen

4. Material und Methoden

4.1. Felduntersuchungen

4.1.1. Ausrüstung

Für die Schleppfahrten wurden mehrere Ringnetze verwendet. Bei der Probennahme zur Untersuchung der Scyphozoa wurde ein Ringnetz mit einem 30 mm starken Stahlring aus seewasserbeständigem V4A-Stahl und einem Innendurchmesser von 1,13 m verwendet. Dieser Durchmesser wurde gewählt, um einen Querschnitt von einem Quadratmeter zu bekommen. An drei Punkten an der Außenseite des Ringes, im Abstand von 120°, wurden drei Ösen angeschweißt, an welchen 1,5 m lange Stahlkabel bzw. 10 mm-Seile befestigt wurden, welche dann in einem 80 mm–Stahlring zusammenliefen. An diesem Stahlring wurde ein 20 m langes Schleppseil befestigt. Das Netz selbst wurde von der Firma Mechanische Netzfabrik Walter Kremmin GmbH & Co. KG in Oldenburg hergestellt. Es besaß eine Länge von 400 cm und eine Maschenweite von 10 mm. Diese Maschenweite wurde gewählt, um auch subadulte Medusen mit einem Schirmdurchmesser von 2 cm fangen zu können. Das Material bestand aus Nylon und besaß eine Stärke von 0,8 mm mit einer Garnreißkraft von 20 kg, um auch große Fangmengen bewältigen zu können.

Aus logistischen Gründen wurden zwei Netze konstruiert, eines für den Probenstandort Jadebusen und einen für den Probenstandort Borkum. Aufgrund der Sperrigkeit wäre es zu aufwendig gewesen, das Netz zwischen zwei Standorten zu transportieren.

Für die Felduntersuchungen an *Mnemiopsis leidyi* wäre das Netz zu groß und zu schwer gewesen. Deshalb wurde ein neues Netz entwickelt, welches zwar ähnlich konstruiert, jedoch deutlich kleiner und somit leichter als das vorherige Netz war. Es bestand aus einem 10 mm starken Stahlring mit einem Innendurchmesser von 50 cm, so dass sich ein Querschnitt von ca. 0,2 qm ergab. An vier Punkten an der Außenseite im Abstand von 90° wurden vier Ösen angeschweißt, an welchen vier 1,5 mm–Seile befestigt wurden, welche in 1 m Entfernung zur Ringöffnung zusammengeknotet wurden. Daran befand sich ein 5 m langes Schleppseil. Das Netz wurde aus Netzresten hergestellt und besaß eine Maschenweite von 5 mm. So konnten auch kleinere Ctenophora wie *Pleurobrachia pileus* beprobt werden.

Für die Beprobung des gelatinösen Frühjahrsplanktons im Nassauhafen wurde ein Planktonnetz der Firma Hydrobios aus Kiel mit einer Öffnung von 40 cm Durchmesser und einer Maschenweite von 200 µm mit Netzbecher und Ablasshahn verwendet. Zum Ziehen des Netzes wurde ein 3 m langes und 5 mm dickes Schleppseil verwendet. Zur Zählung vor Ort wurde ein Plexiglasbecken von ca. 20 x 10 x 5 cm sowie ein Vergrößerungsglas (10 x) verwendet.

Zur Untersuchung abiotischer Faktoren wie Temperatur, Salinität und Sauerstoffgehalt wurden unterschiedliche mobile Meßgeräte benutzt.

Für die Beprobung der Scyphozoa wurden sowohl in der Jade als auch vor Borkum das Sauerstoffmeßgerät HQ 10 mit LDO-Sensor der Firma Hach Lange GmbH aus Düsseldorf verwendet. Dieses Gerät erwies sich jedoch als defektanfällig und konnte nicht oft verwendet werden.

Zur Messung der Leitfähigkeit und der Temperatur wurde das Messgerät Cord 315i der Firma WTW GmbH aus Weilheim benutzt. Zur Messung wurde die Sonde TetraCon 325 verwendet. Zur Temperaturmessung bei den übrigen Felduntersuchungen wurde das Messgerät Testo 110 der Firma Testo AG aus Lenzkirch mit Einstechsonde verwendet.

Als zusätzliche abiotische Faktoren wurden Wetterdaten erhoben. Zur Messung der Lufttemperatur diente ebenfalls das Messgerät Testo 110. Weitere Daten wie Windrichtung und Windstärke wurden der Wetterstation am ICBM Terramare der Meteomedia AG aus Gaus (Schweiz) entnommen.

Um die Felduntersuchungen durchführen zu können, war es nötig, mit einem Wasserfahrzeug zum Probengebiet zu gelangen. Hierfür wurden mehrere Boote verwendet. Zur Beprobung der Scyphozoa in der Jade wurde ein 14 m–Segelschiff verwendet, welches jedoch während der Fangfahrten unter Motor lief. Zur Beprobung der Scyphozoa vor Borkum wurden ein 15 m–Kutter sowie eine 7,30 m–Segeljacht mit 9,9 PS-Außenbordmotor benutzt, welche ebenfalls nur unter Motor liefen. Diese Bootsgrößen waren notwendig, um für das große Fangnetz ausreichend Fläche an Bord zur Verfügung stellen zu können, wenn das Netz an Bord gehievt wurde.

Für die Beprobung der Ctenophora in der Jade wurde ein 6,4 m–Boot der Firma Quicksilver mit 50 PS-Außenbordmotor verwendet. Wenn dieses Boot nicht zur Verfügung stand, wurde ein 4 m–Schlauchboot mit 15 PS-Außenbordmotor benutzt. Da das Netz für die Beprobung der Ctenophora klein und handlich war, reichte das Schlauchboot für diese Fangfahrten aus.

Nachteilig wirkte sich aus, dass ab Windstärke 6 und Seegang mit Wellenhöhen ab einem Meter das Schlauchboot nicht mehr eingesetzt werden konnte.

Zur weiteren Ausrüstung für die Felduntersuchungen dienten bei der Beprobung der Ctenophora ein 10 L-Eimer zum Entleeren des Netze sowie 250 mL–PE-Flaschen zur Hälterung und zum Transport der Proben. Zur Messung des Schirmdurchmessers der Scyphozoa diente ein transparentes Lineal.

Für die Unterwassererkundung wurde eine Freitaucherausrüstung verwendet. Als Kälteschutz diente ein Apnoe-Tauchanzug der Firma Mares, eine ABC-Ausrüstung mit Maske vom Typ

Marina, ein Schnorchel der Firma Crivit und Flossen vom Typ „Nasa“ der Firma Technisub sowie ein Bleigürtel der Firma Seemann. Zur Dokumentation dienten eine Canon Powershot 570 Digitalkamera im flexiblen Unterwassergehäuse der Firma DicaPac sowie eine Casio Exilim EX-ZR700 Digitalkamera im flexiblen Unterwassergehäuse der Firma Ewa-Marine.

4.1.2. Untersuchungsmethode

Um die Populationsentwicklung der Scyphozoa und der Ctenophora in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen zu untersuchen, wurden in Abständen von zwei bis vier Wochen Ausfahrten zur Probennahme unternommen. Dabei wurden abiotische Faktoren wie Wassertemperatur, Salinität, z.T. Sauerstoffgehalt, Wellenhöhe, Unterwassersichtweite, Windrichtung, Windstärke und Bewölkungsgrad berücksichtigt. Als Wellenhöhe wird dabei die vom Ruhewasserspiegel ausgehende Amplitude definiert. Die Wellenhöhe wurde, da eine präzise Messung nicht möglich war, in Größenklassen eingeteilt. Eine Wellenhöhe von 0–20 cm entsprach der Klasse 1, 20–40 cm entsprach Klasse 2, 40–60 cm entsprach Klasse 3, 60–80 cm entsprach Klasse 4, 80–100 cm entsprach Klasse 5. Eine Ausfahrt bei einer Wellenhöhe von mehr als einem Meter wurde wegen Sicherheitsbedenken nicht durchgeführt. Der Bewölkungsgrad wurde nach der in der Meteorologie üblichen Methode (Einteilung des Himmels in acht Areale) bestimmt. Die Windrichtung wurde mit einem Kompass bestimmt. Die Windstärke wurde vor Fahrtbeginn an der Wetterstation abgelesen. In Ermangelung einer Secchischeibe wurde die Unterwassersichtweite nach folgender Methode überprüft. Das Netz wurde zunächst bis zur Sichtweitengrenze des Metallringes herabgelassen, danach wieder heraufgeholt und die Länge zwischen Metallring und der Seilposition, welche sich an der Wasseroberfläche befand, gemessen.

4.1.2.1. Fangfahrten

Die Fangfahrten in der Jade und vor Borkum zum Fang der Scyphozoa wurden zwei Stunden vor Hochwasser begonnen, um vergleichbare Werte zu erzielen. Die Probennahme in der Jade begann bei der Fahrwassertonne V2 (Abb. 4), vor Borkum bei der Fahrwassertonne 18/Fischerbalje 2. Zunächst wurden die abiotischen Werte mit Messgeräten bzw. Schätzungen (Bewölkungsgrad in Achtel, Wellenhöhe, Sichtweite) ermittelt. Bei gestopptem Boot wurde das Netz langsam von Hand ins Wasser gelassen. Danach wurde das Netz mit 1 kn Fahrt für 60 min. durch das Wasser gezogen, wobei darauf geachtet wurde, dass das Netz sich unterhalb der Wasseroberfläche befand. Nach 60 min. wurde das Netz von Hand eingeholt und an Bord gebracht. Die Medusen wurden einzeln aus dem Netz gehoben, gezählt und der

Schirmdurchmesser bestimmt. Dazu wurde jedes Tier so auf eine flache Fläche gebracht, dass sich der Schirm flach auf der Unterlage ausbreiten konnte. Danach wurde mit einem Lineal der Schirmdurchmesser von Schirmrand zu Schirmrand vermessen. Es wurde darauf geachtet, eine möglichst hohe Genauigkeit von ± 1 mm Meßtoleranz zu erreichen. Nach Zählung und Vermessung des Schirmdurchmessers wurden die Medusen wieder ins Wasser gelassen. Nach jeder Probennahme wurde das Netz gründlich gesäubert, indem es von eventuell anhaftenden Algen befreit und anschließend gründlich mit Süßwasser gespült wurde., um es so für den nächsten Einsatz bereitzuhalten.

Die Probennahme der Ctenophora verlief in ähnlicher Weise. Das hierfür konzipierte, kleinere Netz wurde nach Bestimmung der abiotischen Parameter dreimal für jeweils 20 min. ins Wasser gelassen. Bestimmung und Zählung der Arten erfolgte jedoch im Labor.

Aufgrund eines fehlenden Strömungsmessers konnte das beprobte Wasservolumen nur anhand des Netzdurchmessers und der Fahrtgeschwindigkeit des Bootes ermittelt werden. Bei einer Geschwindigkeit von 1 kn und einer Beprobung von 60 min. bei der Untersuchung der Scyphozoa bzw. 3 x 20 min. bei den Ctenophora wurde folgendes Wasservolumen beprobt.

Scyphozoa

$$\text{Ø } 1\text{m}^2 \times \frac{1,852 \text{ km}}{60 \text{ min.}} = 1852 \text{ m}^3 \text{ Wasservolumen}$$

Ctenophora

$$\text{Ø } 0,2 \text{ m}^2 \times \frac{0,617 \text{ km}}{20 \text{ min.}} \times 3 = 370,4 \text{ m}^2 \text{ Wasservolumen}$$

Diese Werte sind jedoch wegen des fehlenden Strömungsmessers mit Unsicherheiten behaftet.

4.1.2.2. Strandbegehungen

Um zwischen bei den Fangfahrten registrierten Ergebnissen in Bezug auf Abundanz und Größe der Medusen einen Vergleich zu am Ufer angespülten Exemplaren ziehen zu können, wurde am selben Tag oder ein bis maximal drei Tage nach der Probennahme auf See eine Strandbegehung durchgeführt. Diese wurde auch einzeln (2014) durchgeführt. Dazu wurde ein bestimmter Abschnitt des Strandes, welcher in der Nähe des Probengebietes lag und leicht zu erreichen war, systematisch nach angelandeten Medusen abgesucht. Die Untersuchung erfolgte von der Wasserlinie bis zum obersten Spülsaum. Jedes Exemplar wurde zunächst bestimmt und anschließend mit einem Lineal der Schirmdurchmesser bestimmt. Wie bei der Größenbestimmung bei den Exemplaren der Fangfahrten wurde auch hier von Schirmrand zu Schirmrand gemessen, nachdem der Schirm auf dem Untergrund ausgebreitet worden war.

4.1.2.3. Gelatinöses Frühjahrsplankton im Nassauhafen

Bei der Untersuchung des gelatinösen Frühjahrsplanktons im Nassauhafen wurden zunächst zwei Punkte an der rechten Seite der Mole definiert, welche einen Abstand von 12 m hatten. Das Netz wurde an einem Punkt ins Wasser gelassen und langsam horizontal unmittelbar unter der Oberfläche bis zum zweiten Punkt gezogen. An dieser Stelle wurde das Netz gewendet und langsam wieder zum ersten Punkt gezogen. Aufgrund des Querschnitts des Netzes von $0,1257 \text{ m}^2$ wurde so ein Wasservolumen von 3000 L bzw. 3 m^3 beprobt. Dieser Vorgang wurde dreimal durchgeführt, so dass insgesamt ein Volumen von 9000 L bzw. 9 m^3 beprobt wurden.

Die Proben wurden anschließend in ein mit Seewasser gefülltes Plexiglasbecken überführt. Es erfolgten die Artbestimmung und die Zählung der Exemplare. Das Vergrößerungsglas diente hierbei zur genaueren Bestimmung der Arten. Einige Arten (Hydrozoa) konnten letztendlich aber nur unter dem Binokular im Labor untersucht werden.

4.1.2.4. Unterwassererkundungen

Um die untersuchten Arten zu dokumentieren, wurden Unterwasserfotos angefertigt. Da eine an den Strand gespülte Meduse ein ungünstiges Motiv abgibt, wurden die untersuchten Arten in ihrem natürlichen Lebensraum fotografiert. Dies gelang allerdings nur bei den Scyphozoa. Hiervon ausgeschlossen ist die Art *Cyanea capillata*, von der nur angeschwemmte Exemplare fotografiert werden konnten. Die Unterwassererkundungen erfolgten in unmittelbarer Strandnähe in maximal 2,5 m Wassertiefe. Aufgrund der Sichtweiten von häufig nur 1–2 m war es manchmal notwendig, mehr als eine Stunde im Wasser zu verbleiben. Bei den oftmals niedrigen Wassertemperaturen war ein Tauchanzug daher unabdingbar.

4.2. Laboruntersuchungen

Zu den Laboruntersuchungen zählten die Auswertung der Ctenophora-Fänge, die Aufzucht von Ephyren einzelner Scyphozoa-Arten und ihrer Futtertiere sowie die Bestimmung einzelner Arten unter dem Binokularmikroskop.

4.2.1. Ausrüstung

Für die Auswertung der Proben der Ctenophora wurden zwei 500 mL-Bechergläser, ein 100 x 25 mm-Sieb mit 0,15 mm Maschenweite der Firma Retsch GmbH, Haan, sowie eine Analysewaage BP 210 S der Firma Sartorius AG Göttingen, verwendet.

Für die Aufzucht der Ephyren wurden zwei 3000 mL-Bechergläser der Firma Schott AG, Mainz, verwendet. Diese wiesen eine für die Aufzucht von Ephyren bis zur subadulten Meduse geeignete Größe, auf, um genug Schwimmraum zu garantieren.

Die Verwendung von Glas anstelle von Kunststoff ermöglichte eine genaue Beobachtung der gehaltenen Exemplare.

Zusätzlich wurden Magnetrührgeräte MR 2000 und 2002 der Firma Heidolph Instruments GmbH & Co. KG, Schwabach, verwendet, wobei ein 40 mm-Rührstab eingesetzt wurde. Des weiteren wurden ein 200 x 50 mm großes PVC-Rohr sowie Siebmaterial mit 1 mm Maschenweite eingesetzt.

Zur Hälterung bei 12 °C wurde ein Inkubator verwendet. Zur Fütterung der Ephyren wurden eine selbstgefertigte Tropfpipette, welche aus einem kurzen 8 mm-Schlauch bestand, verwendet (Abb. 26). Beim Wasserwechsel wurden ein 250 mL-Becherglas benutzt. Zum Abschöpfen der subadulten Medusen wurden ein Meßlöffel und ein 50 mL-Becherglas verwendet. Als Zuchtmedium diente ungefiltertes Seewasser aus dem Jadebusen.

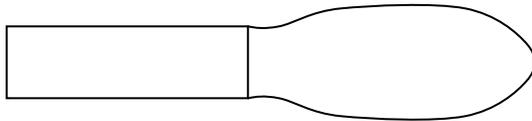


Abb. 26. Tropfpipette mit 8 mm-Schlauch zum Aufnehmen von Ephyren

Als Aufzuchtfutter wurden *Artemia*-Nauplien aus dekapsulierten Zysten der Firma Aqua Medic GmbH, Bissendorf, verwendet. Zur Zucht der Nauplien wurde ein 250 mL-Erlenmeyerkolben, ein 1 m langer 5 mm-Silikonschlauch sowie zur Belüftung des Zuchtansatzes eine Membranpumpe vom Typ Air 275 R der Firma Sera GmbH, Heinsberg, verwendet. Die variable Einstellung der Lüftung erlaubte eine genaue Dosierung der aufsteigenden Luftblasen im Erlenmeyerkolben.

Zur Abwägung der Zysten wurde eine Waage AB204 der Mettler Toledo GmbH, Gießen, benutzt. Zur genauen Artbestimmung kam ein Binokluarmikroskop Stemi SV11 der Firma Carl Zeiss, Oberkochen, zum Einsatz.

4.2.1. Untersuchungsmethode

4.2.1.1. Auswertung der Ctenophora - Proben

Die Probe wurde zunächst portionsweise durch das Analysesieb gegossen und die sich darin befindlichen Exemplare bestimmt und gezählt. Mit einem Lineal wurde die Maximallänge vom oralen bis zum aboralen Pol gemessen. Unter dem Sieb befand sich ein 500 mL-Becherglas, welches das filtrierte Probenwasser auffing. Dann wurden die Exemplare nach Arten getrennt und in ein leeres Becherglas gebracht. Anschließend wurde das Nassgewicht der Proben artspezifisch gemessen (Abb. 27).

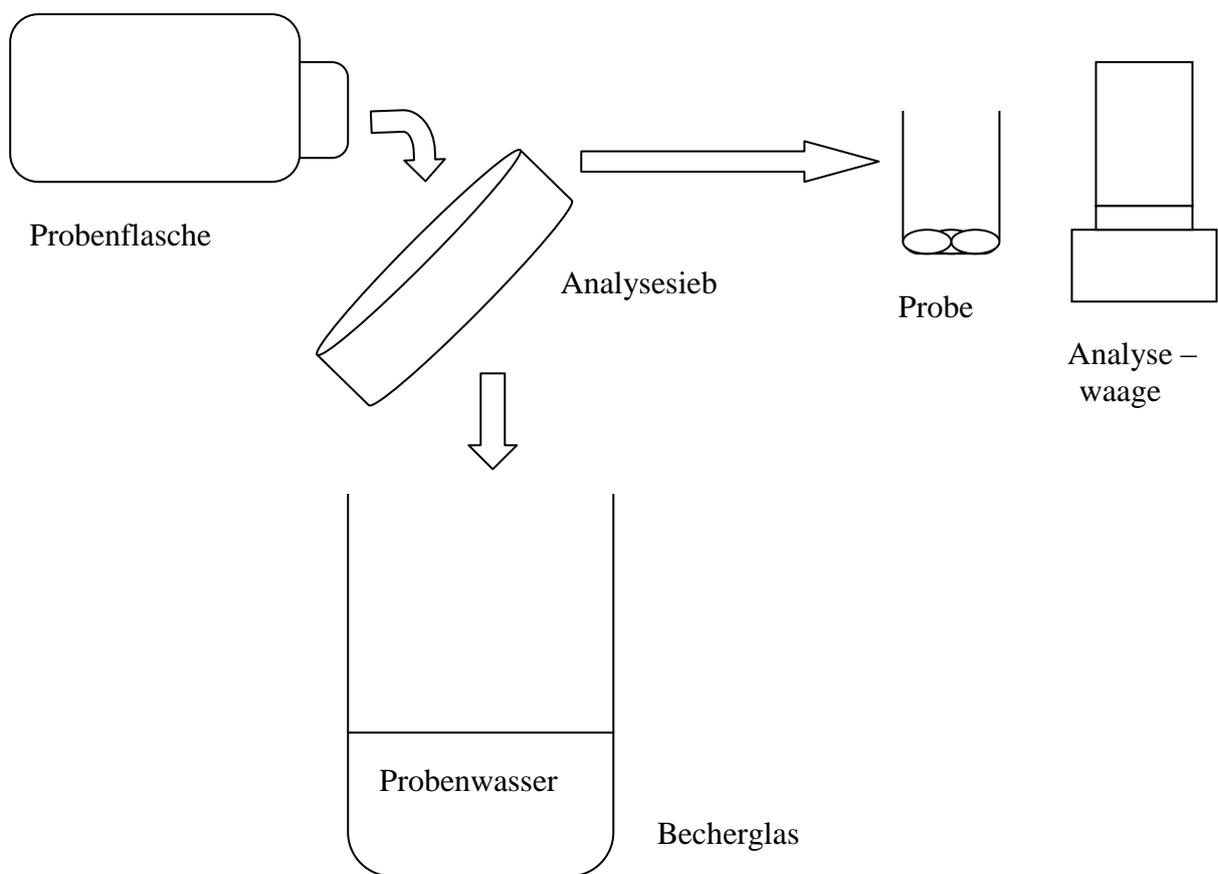


Abb. 27. Auswertung der Proben mit einem Analysesieb

Nach der Messung wurden Sieb und Becherglas gereinigt, um nicht die Ergebnisse der nächsten Probe zu verfälschen.

Auf diese Weise wurde mit allen drei Proben verfahren. Exemplare, von denen nur noch Bruchstücke der Biomasse vorhanden waren, wurden bei der Zählung nicht berücksichtigt, da es sich um Bruchstücke bereits gezählter, aber beschädigter Exemplare oder um Teile von anderen Arten hätte handeln können.

4.2.1.2. Aufzucht von Scyphozoa von der Ephyra bis zum Subadultstadium

Bevor die Scyphozoa erfolgreich gehältert werden konnten, war es notwendig, ein geeignetes Becken zu konstruieren.

Um für die Ephyren eine dem Planktonkreislauf von Greve (Greve 1968) ähnliche Strömung zu erzeugen, wurden unterschiedliche Aquariendesigns entwickelt (in der Größe bis zu 1000 L-Becken) erprobt. Diese erwiesen sich jedoch als nicht praktikabel bzw. in ihrer Herstellung zu aufwendig und zu kostenintensiv.

Die Verwendung eines 3000 mL-Becherglases in Verbindung mit einem Magnetprüher ermöglichte die gewünschte kreisförmige Strömung (Abb. 28). Da sich der Rührstab am Glasboden befand, erzeugte er durch den runden Längsschnitt des unteren Randes des Becherglases zusätzlich eine Aufwärtsströmung. Diese hatte den Effekt, dass die Medusen in ihrer Vertikalbewegung unterstützt wurden.

Ein Problem war die auftretende Verwirbelung und Sogbildung durch den Rührstab. Bereits bei geringen Umdrehungsgeschwindigkeiten von 60 U/min. gerieten die Ephyren teilweise unter den rotierenden Rührstab. Zwar wurden sie ohne sichtbare Beschädigung wieder fortgespült, doch war zu erwarten, dass eine dauerhafte Hälterung der Medusen auf diese Weise nicht möglich sein würde.

Es wurde daher ein 200 x 50 mm großes PVC-Rohr verwendet, welches am unteren Ende mit einem 20 mm breiten Streifen aus Siebmaterial beklebt wurde, und zwar so, dass das Siebmaterial 10 mm frei stand. Am oberen Ende wurde ein Trichter von 100 mm Durchmesser so am Rohr befestigt, dass das Sieb sich rund 20 mm oberhalb der Öffnung desselben befand. Das Element wurde anschließend so in das Becherglas eingesetzt, dass sich der Rührstab innerhalb des PVC-Rohres befand. Nun wurde das Becherglas so hoch mit Seewasser befüllt, dass die Wasseroberfläche ca. 10 mm über dem PVC-Rohr, jedoch noch ca. 10 mm unterhalb des Siebrandes lag. Auf diese Weise konnte der Rührstab durch den unteren, 10 mm breiten Siebrand seine Strömungswirkung weiter entfalten, die Ephyren wurden jedoch auf diese Weise vollständig vom Sog abgeschirmt.

Die Strömung stieg zwischen Becherglasinnenwand und äußerem PVC-Rohr spiralförmig empor und gelangte über den oberen Rand des Rohres in das Rohr hinein und zum Rührstab zurück. Der Siebtrichter diente dazu, ein Ansaugen der Ephyren durch die Strömung zu vermeiden. Dadurch, dass die äußere Fläche des Siebes mehrere Zentimeter vom oberen Rand des PVC-Rohres entfernt war, trat in diesem Bereich nur eine schwache Strömung auf, der sich die Ephyren durch Schirmbewegungen sofort wieder entziehen konnten.

Die Konstruktion wurde vor Einsatz lebender Tiere erfolgreich mit 10 x 10 mm großen Papierstücken erfolgreich getestet. Beim Einsatz der Ephyren zeigte es sich, dass eine Rotationsgeschwindigkeit von 120 U/min. die Ephyren am erfolgreichsten in der Schwebeposition halten konnte.

Wenn die Ephyren absanken, wurden sie von der Strömung des Rührstabes langsam, spiralförmig nach oben getragen, worauf sie längere Zeit an der Oberfläche schwebten. Dabei wurde die Innenwand des Becherglases nicht berührt oder nur sanft gestreift.

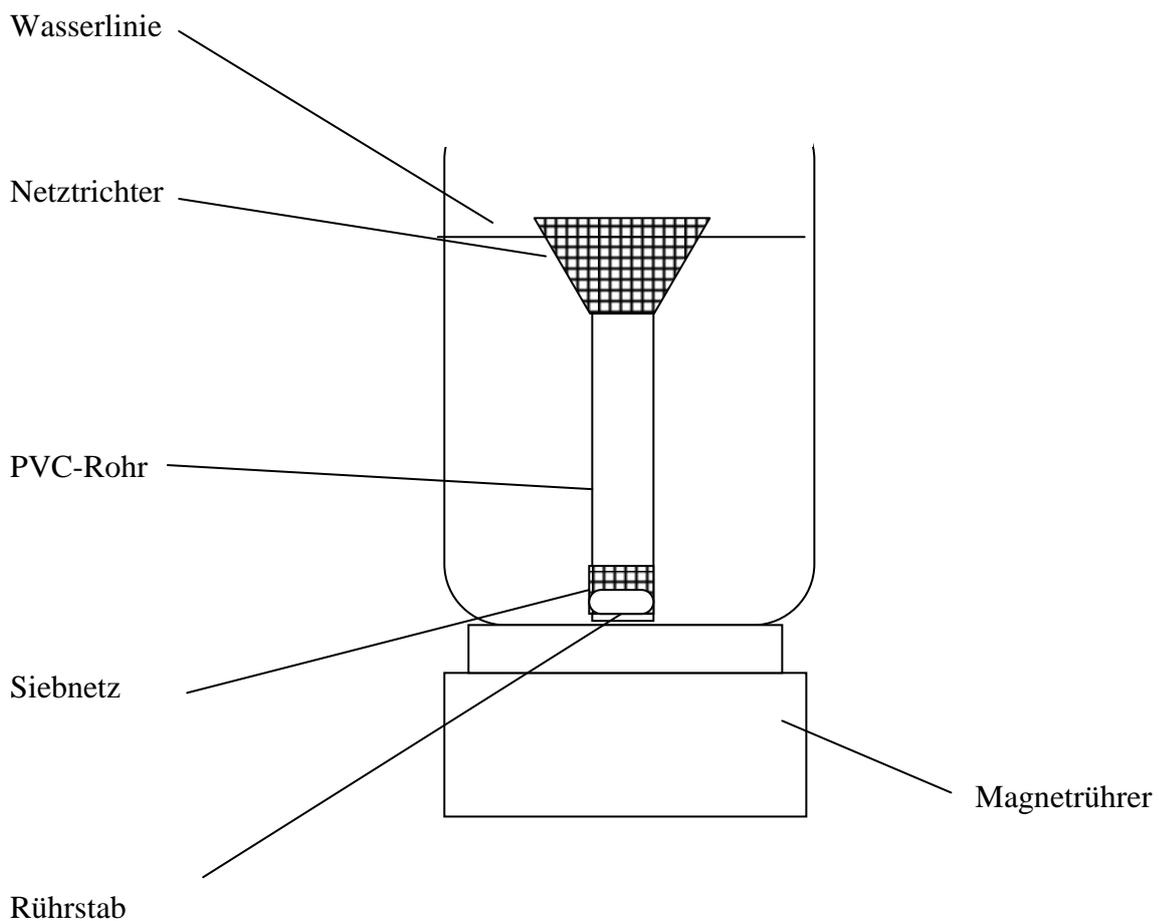


Abb. 28. Becherglasaquarium zur Aufzucht und Hälterung von Scyphoza

Die erfolgreiche Hälterung der Medusen über einen Zeitraum von sieben Monaten zeigte, dass das Konzept dieser Konstruktion brauchbar war.

Es erfolgte alle ein bis zwei Tage ein kompletter Wasserwechsel. Hierbei wurden Wasserwechsel und Fütterung in einem Arbeitsschritt vollzogen.

Da die Beschaffung von Plankton aus dem Meer, welches die natürliche Futterquelle darstellt, aufgrund des großen zeitlichen und organisatorischen Aufwands nur schwer möglich war, wurden die gehälterten Ephyren mit maximal 24 Stunden alten *Artemia*-Nauplien gefüttert.

Hierzu wurden auf einer Waage 13 mg dekapsulierte *Artemia*-Zysten abgewogen und in einen mit ca. 150 mL ungefiltertem Seewasser gefüllten 250 mL-Erlenmeyerkolben gebracht. Zusätzlich wurde das Wasser mit einer Membranpumpe und einem Silikonschlauch belüftet. Der Regler der Pumpe wurde so eingestellt, dass eine Durchflussrate von 130–140 L/h entstand und der Wasserverlust durch Spritzwasser möglichst gering blieb.

Nach Schlupf der Nauplien wurden die sich an der Wasseroberfläche sammelnden Schalen der Zysten abgeschöpft und die Nauplien mit dem Seewasser in ein 250 mL-Becherglas umgefüllt. Danach wurde der Magnetrührer des Becherglasaquariums abgestellt und die Ephyren mit der Tropfpipette und im späteren Versuchstadium mit einem Meßlöffel bzw. einem 50 mL-Becherglas vorsichtig aus dem Becherglasaquarium in das 250 mL-Becherglas umgesetzt. Anschließend wurde das PVC-Rohr mit dem Trichtersieb aus dem Becherglasaquarium genommen und unter fließendem Seewasser gereinigt. Das verbrauchte Wasser wurde zunächst mit einem 250 mL-Becherglas abgeschöpft und verworfen. Der Rührstab wurde entnommen und ebenfalls gesäubert. Dann wurde das Restwasser mit sich im unteren Bereich angesammelten Verdauungsresten entfernt, das Becherglasaquarium mit Seewasser gespült und anschließend neues Seewasser eingefüllt. Nach Wiedereinsetzen von Rührstab und PVC-Rohr wurde der Magnetrührer wieder in Betrieb genommen. Nach einer Stunde Fütterungszeit wurden die Ephyren vorsichtig wieder in das Becherglasaquarium zurückgesetzt.

Gehältert wurden die beiden ebenfalls bei den Felduntersuchungen beprobten Arten *Aurelia aurita* und *Cyanea capillata*. Die jeweiligen Ephyren wurden freundlicherweise von Dr. Sabine Holst (DZMB Hamburg) zur Verfügung gestellt.

Es wurden für *C. capillata* zwei unterschiedliche Temperaturansätze verglichen. Die Hälterungstemperaturen lagen bei 6 °C und 12 °C. Erstere Temperatur stellt Bedingungen dar, wie sie im Frühjahr oder in größeren Wassertiefen vorkommen, letztere Temperatur entspricht den Wassertemperaturen, wie sie häufig im späten Frühjahr bzw. im Frühsommer auftreten. Die 6 °C-Population wurde im 6 °C-Kühlraum des ICBM-Terramare gehältert, die 12 °C-Population wurde in einem Inkubator im ICBM-Terramare gehältert. Für jeden Ansatz wurden 40 Ephyren verwendet. Die Größe der Exemplare wurde regelmäßig in wöchentlichen Abständen gemessen. Hierbei wurden minimale, mittlere und maximale Schirmdurchmesser ermittelt.

4.2.1.3. Bestimmung der Arten

Die Bestimmung der Arten der Scyphozoa wurde während der Felduntersuchungen ohne weitere Hilfsmittel vorgenommen. Bei der Artbestimmung einiger Arten der Stammes Ctenophora wie *Mnemiopsis leidyi*, *Pleurobrachia pileus* und der Medusen der Hydrozoa sowie des Frühjahrsplanktons im Nassauhafen wurde das Binokularmikroskop eingesetzt. Zunächst wurde nur gering vergrößert, um eine Übersicht über die Probe zu gewinnen. Danach wurden mehrere Exemplare einer Art bei höherer Vergrößerung (-50 x) im Detail betrachtet und mit der Literatur verglichen. Zusätzlich wurden einige Arten mit einer Digitalkamera im Makromodus bzw. durch das Binokular fotografiert, um artbestimmende Merkmale dauerhaft festhalten zu können.

4.3. Auswertungsmethoden

Bei den Felduntersuchungen wurden die beprobten Scyphozoa nach Art klassifiziert, gezählt und ihr Schirmdurchmesser gemessen. Die auf diese Weise ermittelten Werte wurden mit den ebenfalls während der Felduntersuchungen gemessenen abiotischen Faktoren und dem jahreszeitlichen Populationsverlauf in Beziehung gesetzt und jeweils der Mittelwert berechnet. Bei den Strandbegehungen wurde für die gemessenen Werte (Abundanz und Schirmgröße) ebenfalls der Mittelwert berechnet. Bei hoher Abundanz wurden die Exemplare in mehrere Größenklassen (10 mm-Schritte) unterteilt und daraus eine Größenverteilung grafisch dargestellt. Zusätzlich wurde bei den Arten die Maximalgröße (Schirmdurchmesser) berücksichtigt.

Bei den Proben von *Mnemiopsis leidyi* wurden anhand der Biomasse Populationskurven erstellt. Für die übrigen Arten der Proben (*Pleurobrachia pileus*, *Beroe gracilis*) wurde ebenso verfahren. Da die in den Proben vorkommenden Hydrozoa nicht zu hundert Prozent bis zur Art bestimmt werden konnten, wurden die beiden wahrscheinlichen Arten *Cosmetira pilosella* und *Bougainvillia superciliaris* in der Auswertung unter dem Oberbegriff „Hydrozoa“ zusammengefasst. Die Art *Aequorea aequorea* wurde in den Proben der Scyphozoa als Einzelfund registriert und bei der Auswertung der Scyphozoa berücksichtigt.

Bei den Schirmgrößen der gehälterten Ephyren wurden Mittelwerte gebildet und auf 0,5 mm gerundet. Diese wurden in einem Wachstumsdiagramm für alle drei Größen dargestellt.

Zur Erstellung der Grafiken dienten die Programme Word 2003 und Excel 2003 von Microsoft. Die Bearbeitung von Fotos erfolgte mit dem Programm Irfan View.

5. Ergebnisse

Der gesamte Untersuchungszeitraum erstreckte sich von Februar 2005 bis November 2011, wobei nicht in jedem Jahr kontinuierlich untersucht wurde. Zusätzlich flossen Daten von Beobachtungen aus den Zeiträumen August 2012, 2013 und 2014 in die Untersuchung ein.

Insgesamt wurden 40 Fangfahrten und 10 Strandbegehungen durchgeführt. Hierbei wurden insgesamt 2546 Individuen registriert und vermessen. Der Untersuchungszeitraum der Scyphozoa währte von Februar 2005 bis August 2007, während die Untersuchung der Ctenophora von April bis Dezember 2009 und von August bis November 2011 erfolgte.

5.1. Felduntersuchungen der Scyphozoa

Die Scyphozoa wurden in Bezug auf ihre Populationsentwicklung untersucht, wobei ein Vergleich der beiden Probenstandorte Jadebusen und Borkum, ein interannueller Vergleich sowie Korrelationen zu abiotischen Faktoren erfolgte.

Es wurden alle in der Nordsee auftretenden Arten der Ordnungen Semaestomea und Rhizostomea, i.e. *Cyanea lamarcki*, *Cyanea capillata*, *Chrysaora hysoscella*, *Aurelia aurita* und *Rhizostoma octopus*, während der Felduntersuchungen gefunden.

5.1.1. Standortbezogener und interannueller Vergleich

Zunächst soll die Abundanz aller Arten dargestellt werden, wobei beide Probenstandorte zusammengefasst werden. Vergleicht man die Abundanz der Fangfahrten im Jahre 2005 mit denen der Jahre 2006 und 2007, so muß zunächst die weitaus geringere Anzahl an Beprobungen berücksichtigt werden.

Betrachtet man jedoch die Monate, die über mindestens zwei Jahre beprobt wurden, so ist ein monatsbezogener Vergleich möglich. So wurden im Mai 2007 etwas mehr als die Hälfte (18) Medusen gefangen als im Mai 2005 (33). Während die Abundanzen im Juli der Jahre 2005 und 2007 gleich waren und ein niedriges Niveau aufwiesen, zeigen sich besonders im Frühherbst deutliche Unterschiede. Während im August 2005 62 Exemplare unterschiedlicher Arten gefangen wurden, fanden sich in den Proben von 2007 nur 3 Individuen. Nur der September 2006 wies eine deutlich höhere Anzahl an beprobten Individuen (33) als der Vergleichsmonat im Jahre 2005 auf (13).

Die Wassertemperatur weist im Mai der Jahre 2005 und 2007 große Unterschiede auf. Während die Temperaturunterschiede in den übrigen Monaten der Jahre nur maximal 1,4 °C betragen und im August der Jahre 2005 und 2007 sogar gleich waren, wurden in den Proben

vom Mai 2005 bei 12,2 °C deutlich mehr Medusen gefangen (33 Ind.) als im Mai 2007 bei einer Wassertemperatur von 17,5 °C (18 Ind.).

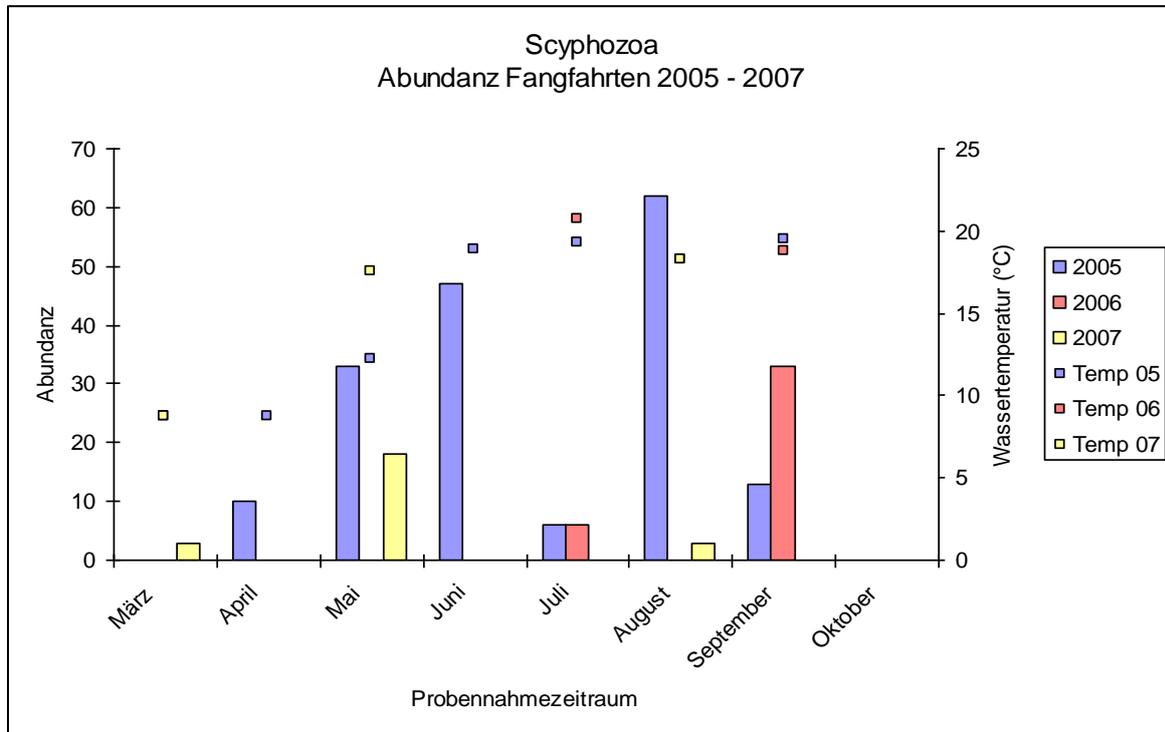


Abb. 29. Abundanz der Scyphozoa 2005–2007 in beiden Untersuchungsgebieten bei den Fangfahrten. Eingefügt wurde die durchschnittliche Wassertemperatur der Beprobungen pro Monat.

Der Temperaturunterschied beträgt 5,3 °C (Abb. 29). Ein Vergleich der Abundanz aller Scyphozoa an beiden Probenstandorten mit der Abundanz der nur auf Borkum durchgeführten Fangfahrten zeigt den Unterschied zwischen den Jahren teilweise noch deutlicher (Abb. 30). Anhand dieses Ergebnisses ist das Jahr 2006 am Borkumer Probenstandort eindeutig als das Jahr mit der geringsten Abundanz zu erkennen.

Auch hier zeigt das Jahr 2005 die meisten Individuenzahlen. Es besteht nach Spearman keine Korrelation zwischen Abundanz und Wassertemperatur für das Jahr 2005 ($\rho = 0,1429$, $N = 7$).

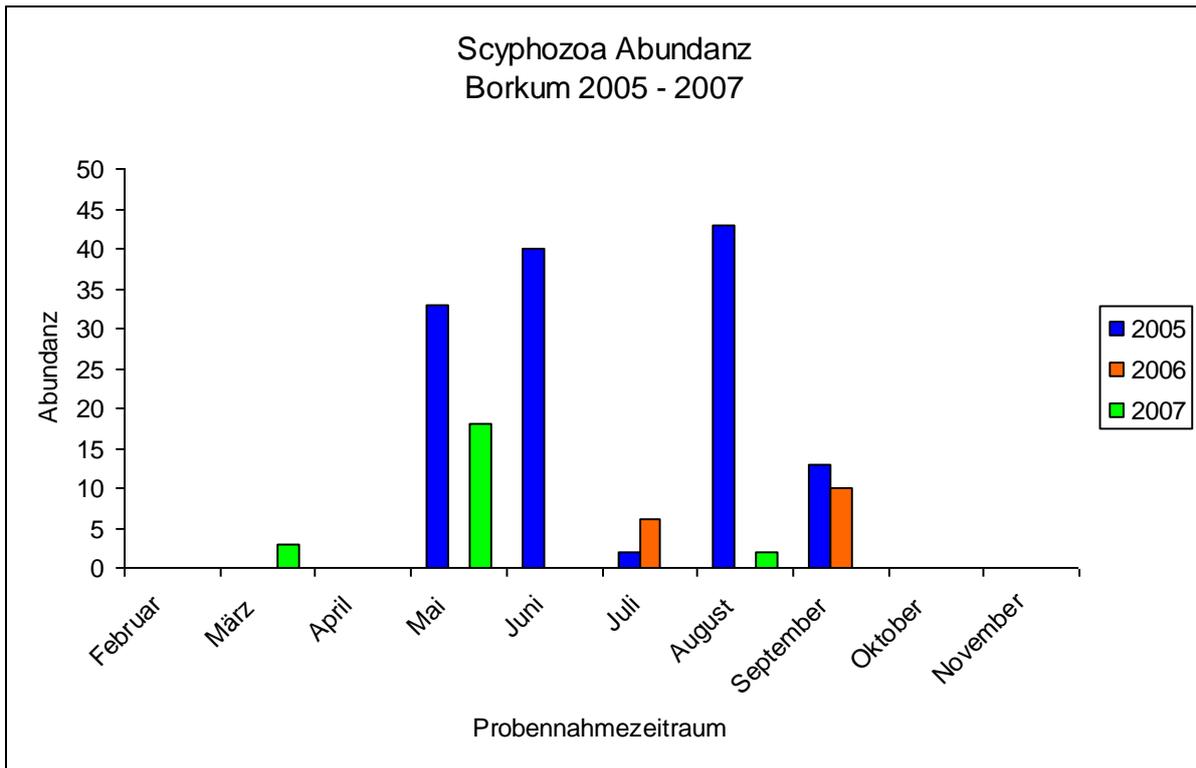


Abb. 30. Abundanz der Scyphozoa 2005–2007 am Probenstandort Borkum bei den Fangfahrten

Im Jahre 2005 wurde eine im Vergleich zu 2006 und 2007 hohe Abundanz in den Proben beobachtet. Anhand der Proben konnte ein Standortvergleich durchgeführt werden.

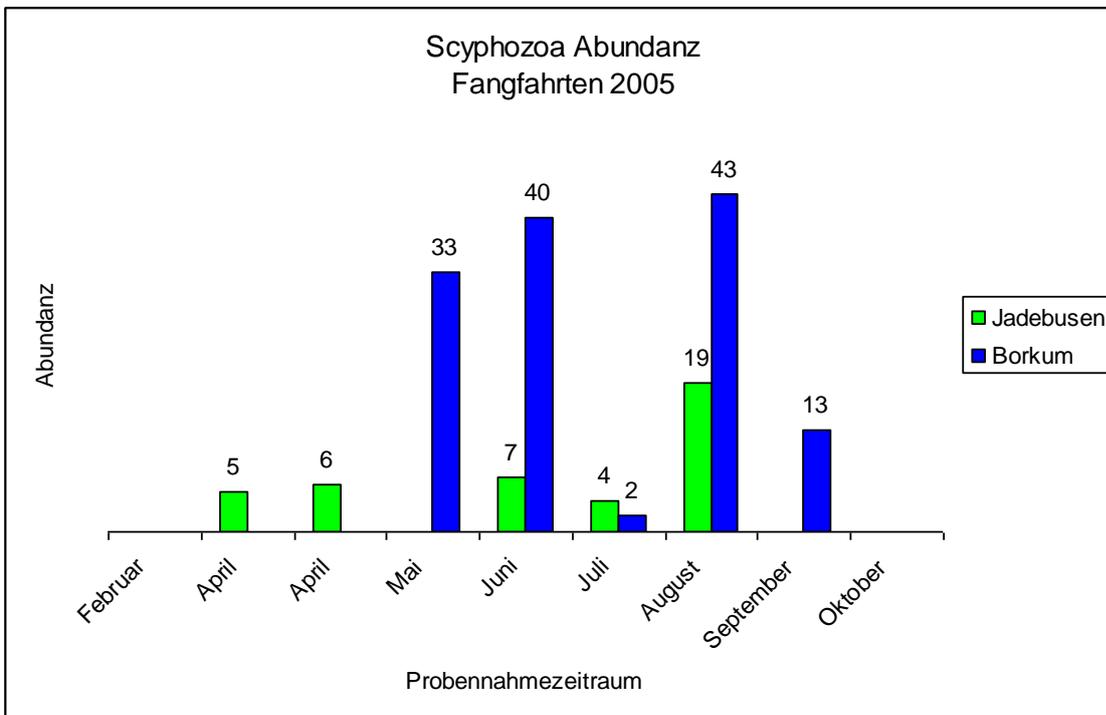


Abb. 31. Abundanz der Scyphozoa im Untersuchungszeitraum 2005 an beiden Probenstandorten bei den Fangfahrten. Gezeigt wird die Abundanz aller Arten in den Probennahmemonaten.

Hierbei zeigte sich eine deutliche Erhöhung der Individuendichten in den Proben vor Borkum gegenüber jenen im Jadebusen. So wiesen die beprobten Medusen besonders im Frühsommer (Juni) und im Spätsommer (August) vor Borkum deutlich höhere Individuenzahlen auf als im Jadebusen. Im Juli verhielt es sich genau umgekehrt, was aber angesichts der geringen Abundanz von nur vier bzw. zwei Exemplaren nicht aussagekräftig ist. Zum Herbst nahm die Abundanz der Medusen erwartungsgemäß ab, da dann das Wasser wieder kälter wurde.

Im Februar und im Oktober wurden keine Exemplare gefangen, weil die Entwicklung der Medusengeneration im Winter keine Medusen erwarten lässt (Abb. 31).

Die Abundanz der einzelnen Arten an beiden Standorten wiesen ebenfalls deutliche Unterschiede auf. Ein Vergleich der Fangfahrten beider Standorte des Jahres 2005 zeigt, dass besonders *Chrysaora hysoscella* und *Rhizostoma octopus* weitaus größere Individuenzahlen bei den Proben vor Borkum aufwiesen als in den Proben im Jadebusen. So wurden im Juni vor Borkum achtmal so viele Exemplare von *C. hysoscella* gefangen wie im Jadebusen. Alle Proben zusammen erbrachten vor Borkum für *C. hysoscella* und *R. octopus* jeweils 49 Exemplare, während es im Jadebusen nur 14 bzw. 12 waren. (Abb 32).

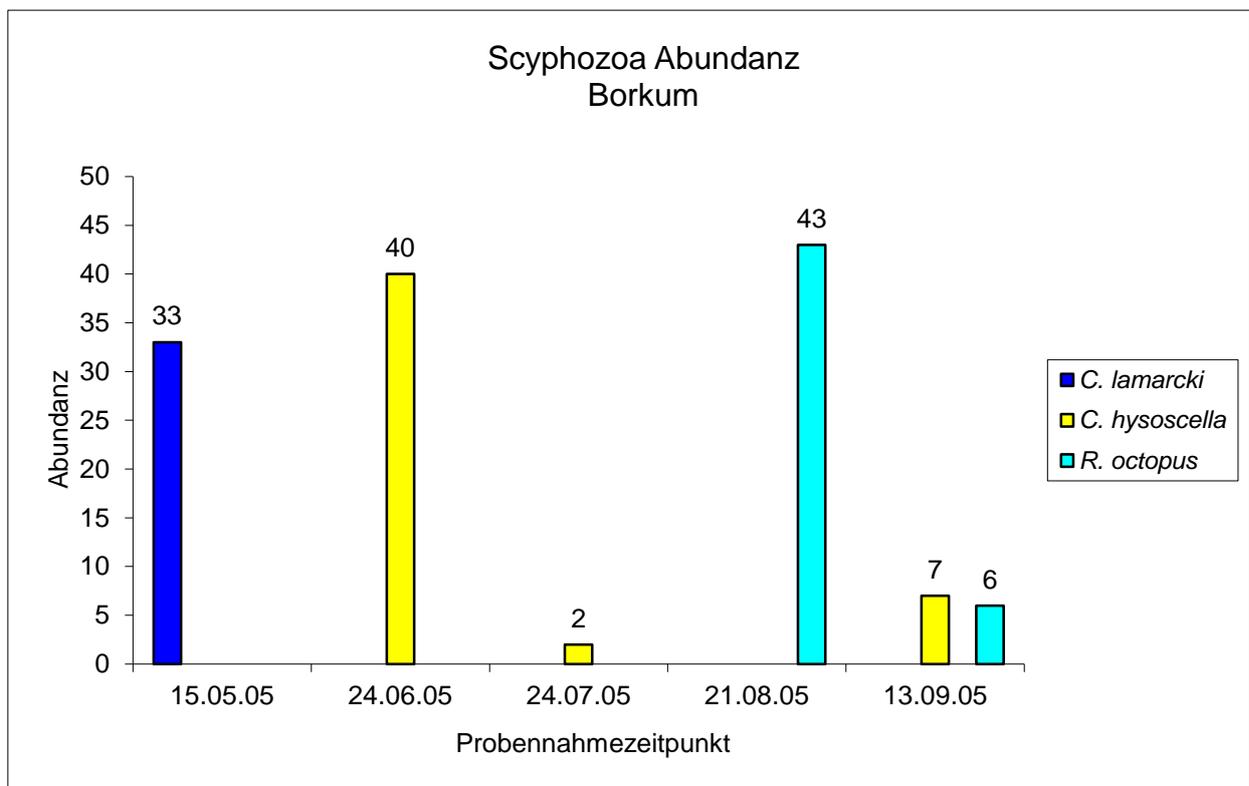


Abb. 32. Abundanz der Scyphozoa vor Borkum in den Proben des Jahres 2005

Im Jadebusen wurden allerdings einige Exemplare von *Aurelia aurita* in den Proben gefunden; diese Art fehlte bei den Fangfahrten vor Borkum völlig. Allerdings wurde sie bei

den Strandbegehungen am 1000 m-Strandabschnitt an der Westseite von Borkum doch gefunden. Die Zahl der Individuen von *Cyanea lamarcki* war zwar vor Borkum höher, jedoch wurden sie während der Fangfahrten im Jadebusen über einen längeren Zeitraum gefunden (Abb. 33).

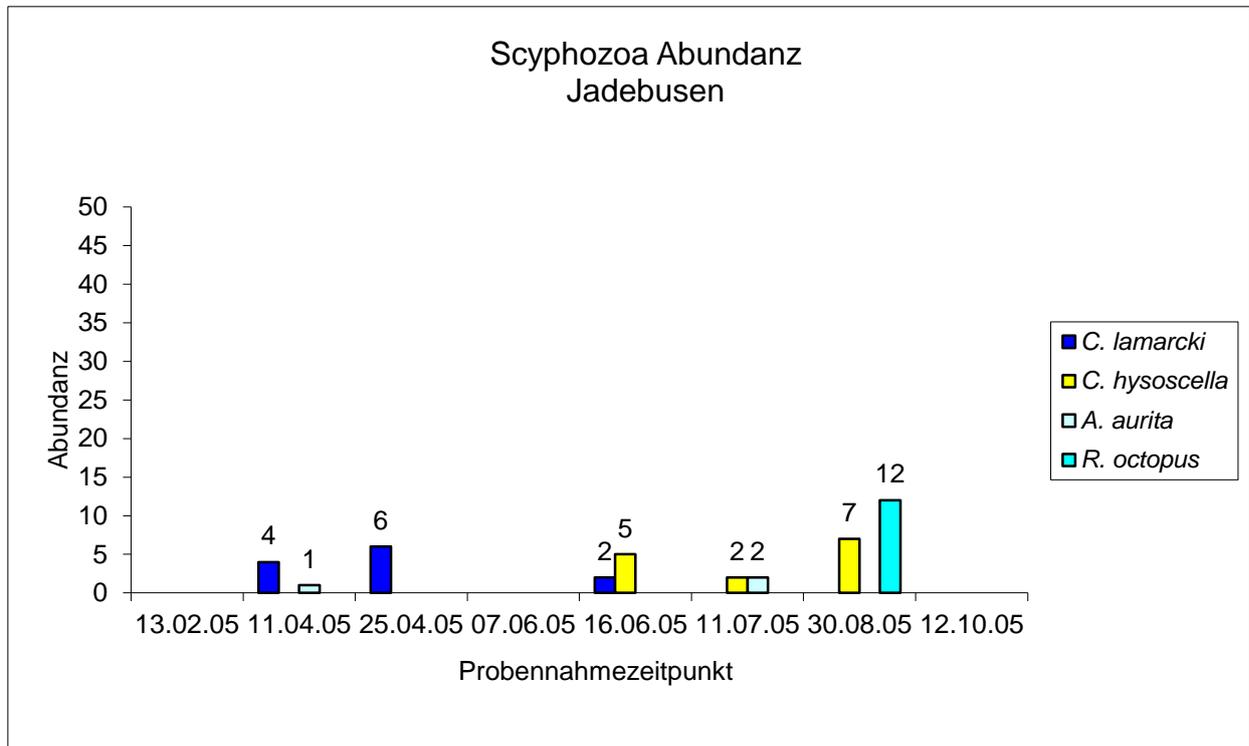


Abb. 33. Abundanz der Scyphozoa im Jadebusen in den Proben des Jahres 2005

Bei der gesamten Artenverteilung der Fangfahrten aller Probenjahre (2005, 2006, 2007) in Prozent zeigt sich eine höhere Abundanz von *C. lamarcki* und *C. hysoscella* vor Borkum. Für *A. aurita* und *R. octopus* sind die Individuenzahlen im Jadebusen jedoch höher. (Abb. 34). Allerdings nahmen die Individuenzahlen von *R. octopus* in späteren Jahren deutlich ab und tendierten gegen Null (Tab. 1). Die Werte von 2009–2014 wurden durch Strandbegehungen und Unterwasserbeobachtungen ermittelt.

Datum/Zeitraum	Anzahl <i>Rhizostoma octopus</i>
21.08.05	43
13.09.05	6
16. – 18.9.06	10
28.08.07	0
21.08. – 4.9.09	3
5.8. – 20.08.11	2
6.8. – 21.8.12	1
23.8. – 2.9.13	0
23.8. – 7.9.14	0

Tab. 1. Funde von *Rhizostoma octopus* vor Borkum während der Fangfahrten und Strandbegehungen am West- und Nordstrand

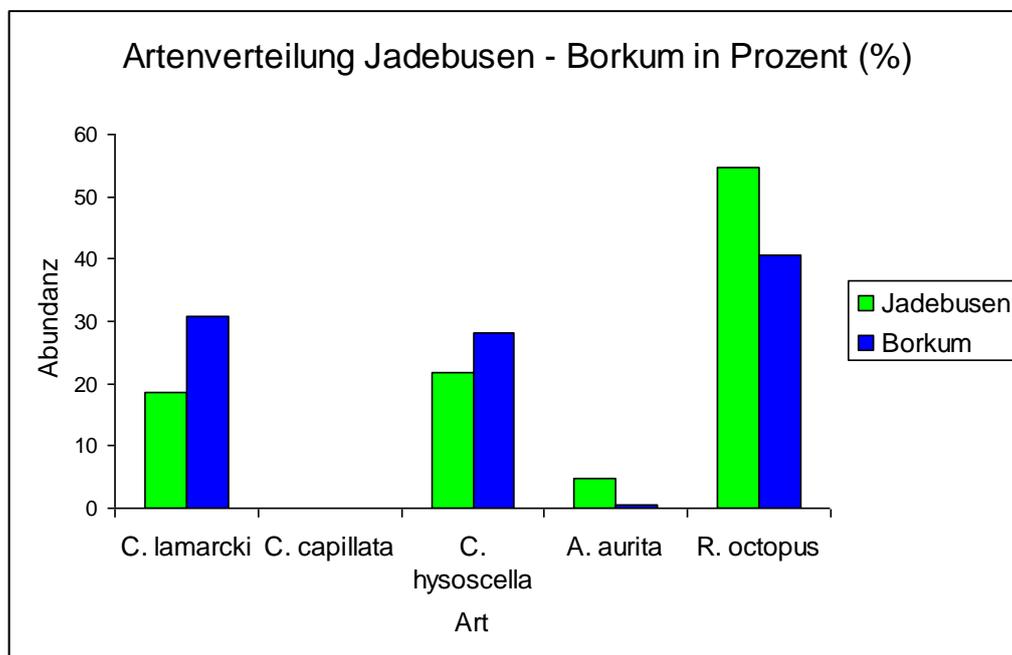


Abb. 34. Artenverteilung der Fangfahrten der Jahre 2005–2007

Die Art mit den meisten Individuen im Jadebusen ist *Rhizostoma octopus*, deren Anteil an allen gefangenen Medusen 54,7 % beträgt. In den Proben vor Borkum stellt *R. octopus* zwar ebenfalls den größten Anteil aller beprobten Arten. Dieser beträgt jedoch nur 40,6 %. Den größten Anteil der vor Borkum gefangenen Medusen stellt *C. lamarcki* dar, wobei 30,8 % dieser Art angehören und diese die zweithäufigste Art im Untersuchungsgebiet vor Borkum darstellt. Im Jadebusen beträgt ihr Anteil nur 18,7 %. Hier stellt *C. hysoscella* die zweithäufigste Art dar (21,9 %). Die seltenste Art ist *A. aurita* mit einem Anteil von 4,7 % für den Jadebusen und 0,5 % für Borkum. Die Gleichverteilung der Arten beträgt für den Jadebusen (evenness: $E = 0,809$, für Borkum $E = 0,802$). Für diese Art standen jedoch nur wenige Individuen zur Verfügung.

Nicht nur die Individuenzahl, auch die Größe der untersuchten Medusen unterschieden sich mit den Standorten erheblich.

Bei einem Vergleich aller untersuchten Individuen an beiden Standorten wird ersichtlich, dass vor Borkum größere Medusen gefunden wurden als im Jadebusen (Abb. 35).

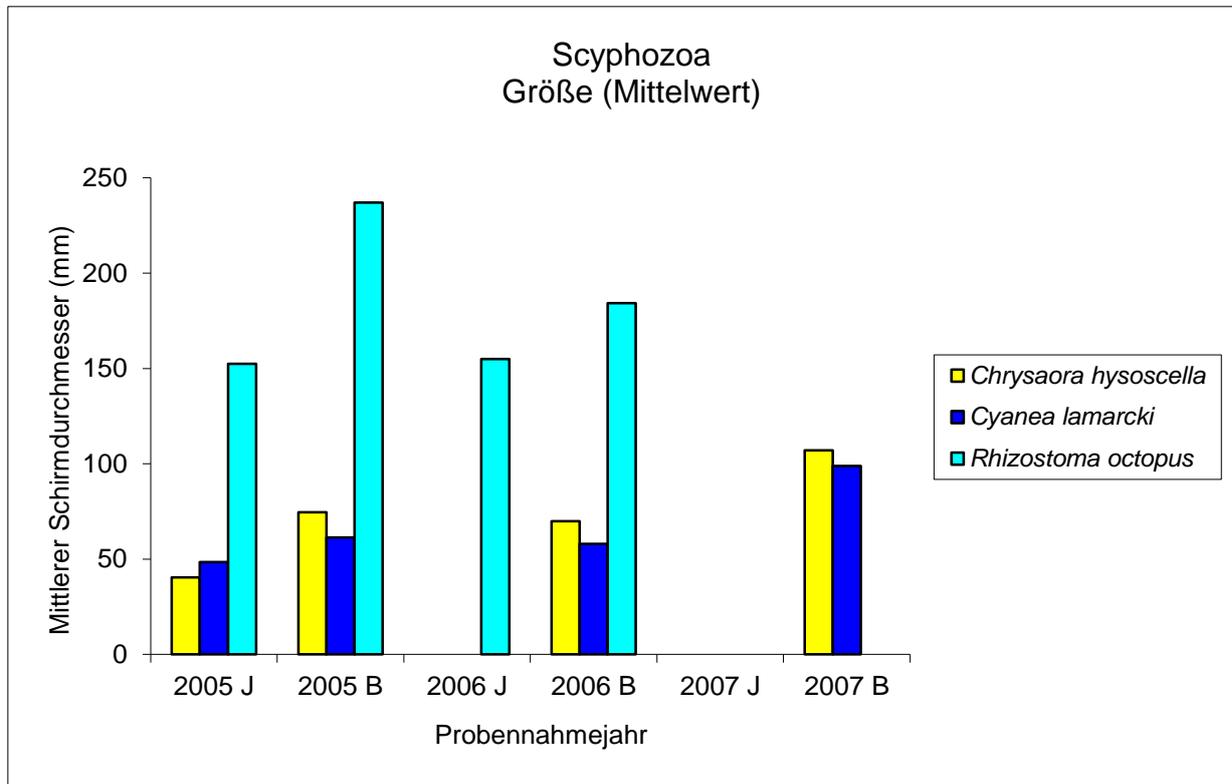


Abb. 35. Mittlere Schirmdurchmesser aller untersuchten Individuen an beiden Standorten. (J = Jadebusen, B = Borkum)

Dies fällt besonders bei den im Jahre 2005 untersuchten Exemplaren von *Rhizostoma octopus* auf. Während der mittlere Schirmdurchmesser bei den Individuen aus dem Jadebusen bei 152,5 mm lag, betrug dieser bei den Proben vor Borkum im Mittel 237,0 mm. Somit erreichte *R. octopus* im Jahre 2005 im Jadebusen nur 64,3 % der Größe der Exemplare vor Borkum. Im Jahre 2006 fiel dieser Unterschied weniger deutlich aus, der durchschnittliche Schirmdurchmesser betrug für die Individuen aus dem Jadebusen 154,9 mm, für die Individuen vor Borkum 184,3 mm. Somit erreichte *R. octopus* im Jahre 2006 im Jadebusen 84,0 % der Größe der Individuen vor Borkum.

C. hysoscella erreichte 2005 im Jadebusen 54,2 % des Schirmdurchmessers der Individuen vor Borkum (40,4 mm zu 74,6 mm). Bei Individuen der Art *C. lamarcki* war der Größenunterschied 2005 geringer, die Exemplare aus dem Jadebusen erreichten 79,0 % des Schirmdurchmessers der Borkumer Exemplare (48,4 mm zu 61,3 mm).

Die Schirmdurchmesser von *C. lamarcki* und *C. hysocella* aus dem Jahre 2007 sind noch höher (98,9 mm bzw. 107,0 mm), jedoch fehlen Vergleichsdaten für den Jadebusen und die Menge an Daten für *C. hysocella* ist zu gering, um einen gesicherten Mittelwert bilden zu können (Es wurden nur vier Individuen gefunden).

Betrachtet man die einzelnen Arten über den gesamten Untersuchungszeitraum und bestimmt den Mittelwert für die jeweiligen Monate, dann wird ebenso ein größerer Schirmdurchmesser bei den Individuen vor Borkum deutlich.

So waren Exemplare der Art *C. hysocella* bei den Fängen vor Borkum im Jahre 2005 durchschnittlich 25,7-47,5 mm größer als bei jenen im Jadebusen (Abb. 36).

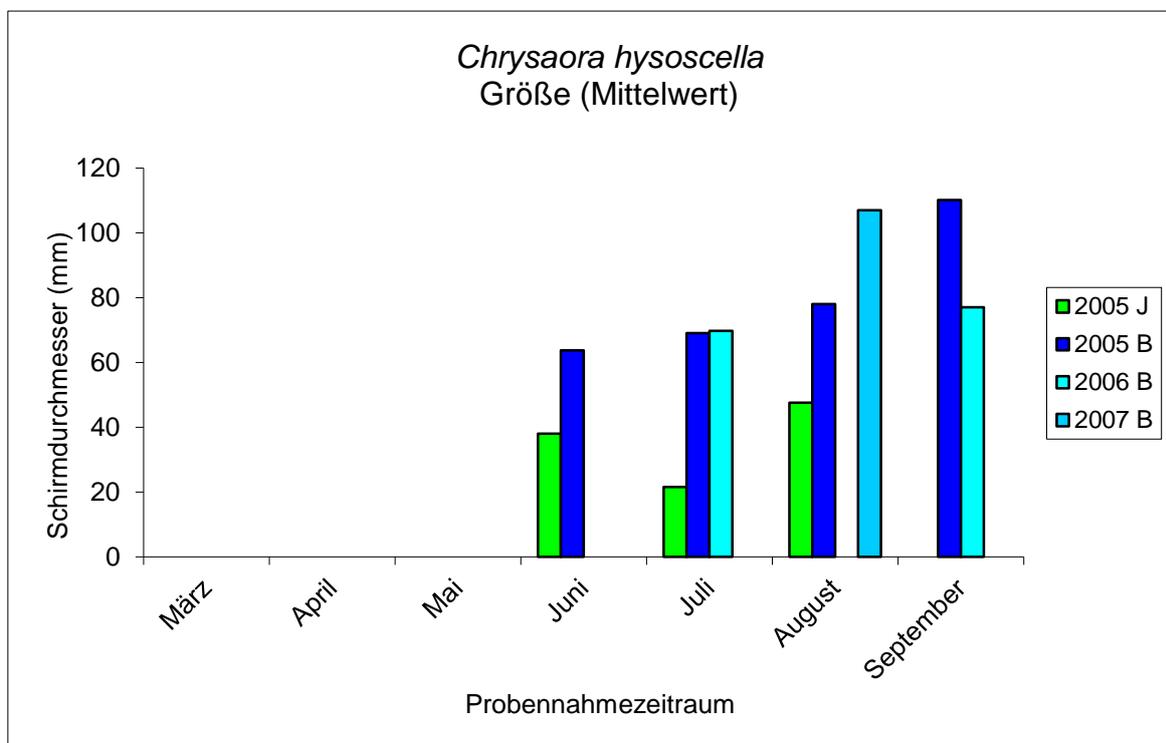


Abb. 36. Schirmdurchmesser von *Chrysaora hysocella* vor Borkum und im Jadebusen in den Monaten Juni bis September, durchschnittliche Werte aller Untersuchungen. (J = Jadebusen, B = Borkum)

Besonders deutlich wird der Größenunterschied im Monat Juli. Hier ist der Schirmdurchmesser der Art vor Borkum im gleichen Jahr im Durchschnitt 3,2 x größer als im Jadebusen. Im August ist der Unterschied nicht mehr so gravierend wie in den beiden vorangegangenen Monaten. Im September 2005 wurden in der Jade keine Exemplare von *C. hysocella* mehr gefangen. Die Individuen, welche vor Borkum gefangen wurden, erreichten jetzt ihre maximale Durchschnittsgröße (110,1 mm). Die Werte für die Jahre 2006 und 2007 gelten für die Gewässer vor Borkum.

Der mittlere Schirmdurchmesser von *C. lamarcki* variierte in den Jahren 2005–2007 deutlich (Abb. 37). So wurden im März 2007 Schirmdurchmesser bis 111 mm gemessen, allerdings wurden nur drei Exemplare gefunden. Dennoch ist eine mittlere Größe von 99 mm für diesen Monat äußerst ungewöhnlich, gemessen an der in dieser Jahreszeit niedrigen Wassertemperatur von 8,7 °C und dem Umstand, dass sämtliche Exemplare der späteren Monate, wo eine deutliche Entwicklung in Bezug auf den Schirmdurchmesser festzustellen war, kleiner blieben als die Individuen vom März 2007. Erwartungsgemäß entwickelte sich *C. lamarcki* im Juni bis zur Maximalgröße, danach erfolgte eine Abnahme der Schirmgröße, so dass im Juli der Höhepunkt der Entwicklung bereits überschritten war.

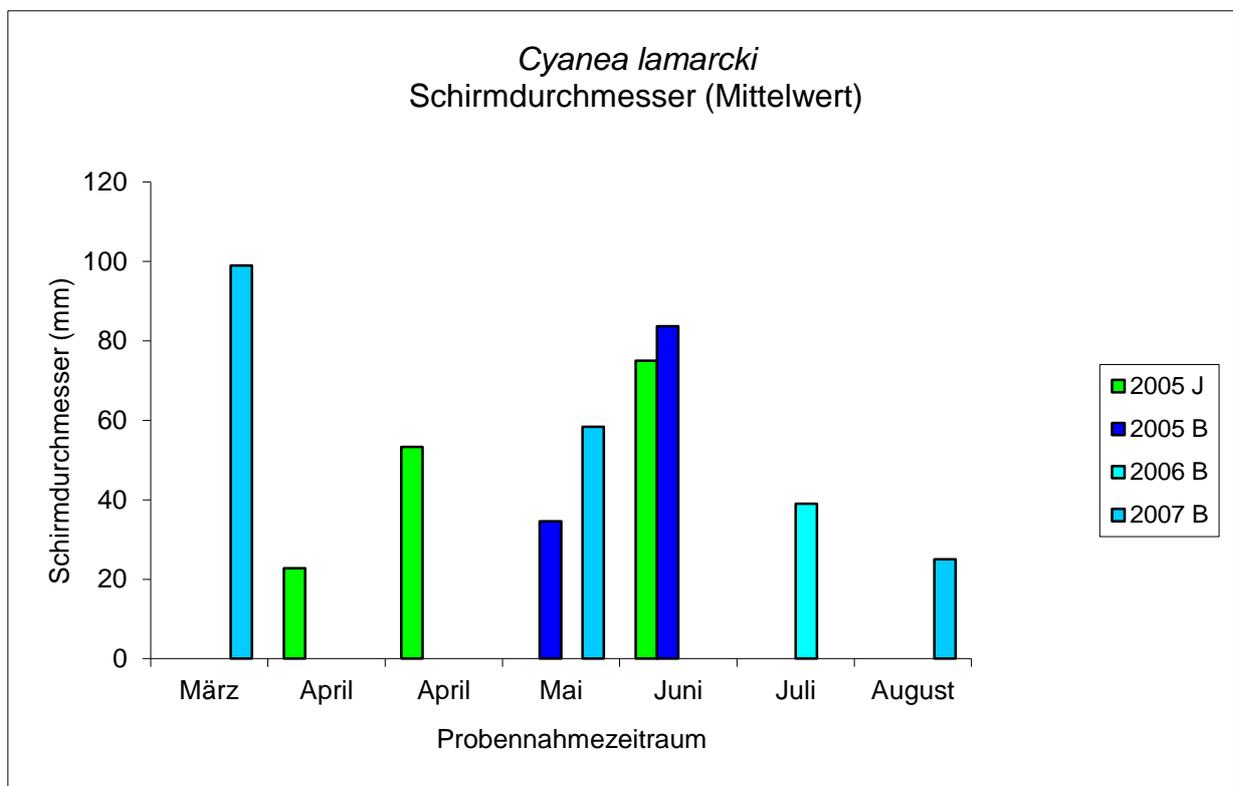


Abb. 37. Schirmdurchmesser von *Cyanea lamarcki* vor Borkum und im Jadebusen in den Monaten März bis August, durchschnittliche Werte aller Untersuchungen. (J = Jadebusen, B = Borkum)

Bei der maximalen Größe ergaben sich ebenfalls sichtbare Unterschiede zwischen den einzelnen Arten beider Standorte. So waren die maximalen Schirmdurchmesser bei den drei am häufigsten gefundenen Arten im Laufe von drei Jahren vor den Borkumer Gewässern deutlich größer als im Jadebusen (Abb. 38).

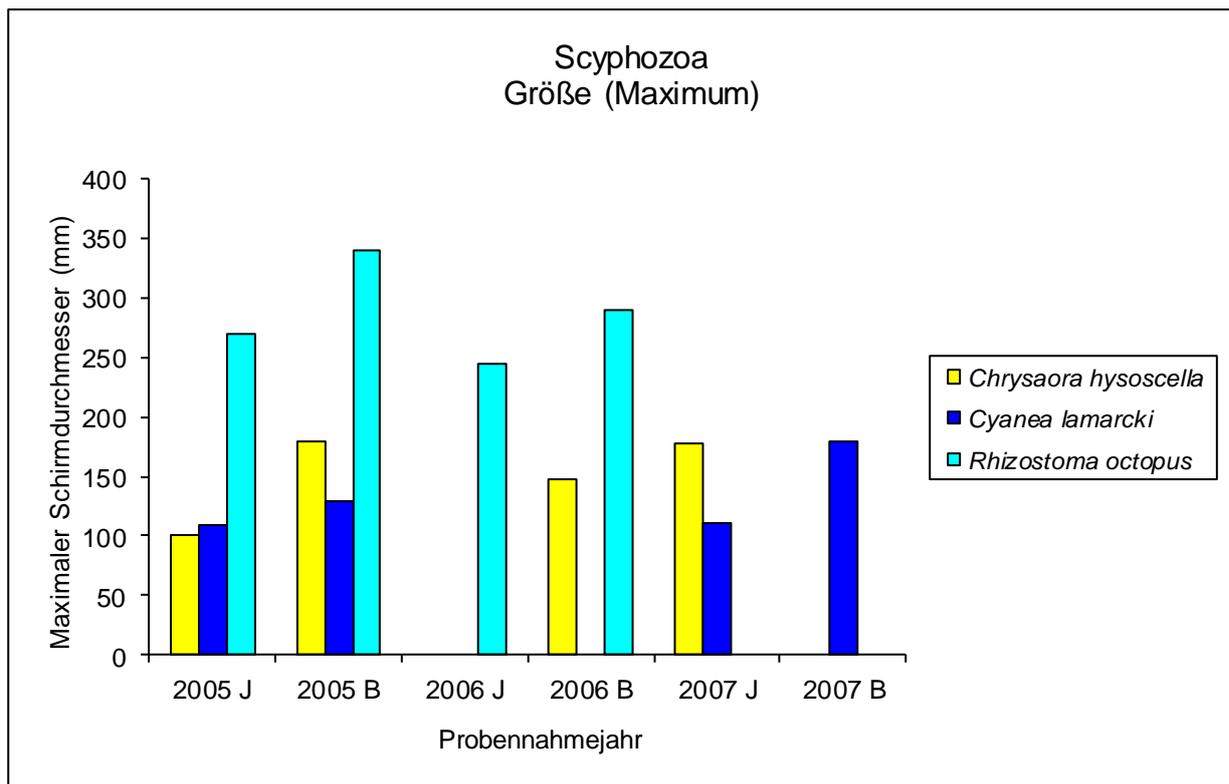


Abb. 38. Maximaler Schirmdurchmesser aller Untersuchungen für drei Scyphozoa-Arten der Jahre 2005, 2006 und 2007

Die Arten blieben im Jadebusen generell kleiner. So wurden im Jadebusen nie Exemplare von *C. lamarcki* gefunden, welche einen größeren Schirmdurchmesser als 116 mm hatten, während vor Borkum maximal 180 mm gemessen wurden. Auffällig war generell, dass im Jadebusen die meisten Individuen unter 100 mm Schirmdurchmesser blieben, während vor Borkum eine größere Anzahl mit 100–150 mm vorhanden war.

Ähnlich verhielt es sich mit den anderen Arten. *C. hysoscella* erreichte im Jadebusen maximal 100 mm, während die Art vor Borkum mit maximal 180 mm Durchmesser gefangen wurde. Während Exemplare von *R. octopus* im Jadebusen mit maximal 270 mm Schirmdurchmesser gemessen wurden, erreichten die Individuen im Borkumer Untersuchungsgebiet bis zu 340 mm. Bei *A. aurita* war der Unterschied noch deutlicher. Die maximale Größe im Jadebusen lag bei 95 mm, während vor Borkum 252 mm erreicht wurden. Allerdings ist hier anzumerken, dass *A. aurita* selten in den Proben zu finden war. Vor Borkum wurden nur 8 Individuen gesichtet, in den Proben des Jadebusens fanden sich sogar nur 3 Exemplare. Es ist jedoch anzumerken, dass auch hier die Exemplare vor Borkum einen mittleren Schirmdurchmesser von 181 mm besitzen, während *A. aurita* im Jadebusen mit 60 mm deutlich kleiner blieb. Fasst man diese Ergebnisse zu einem Diagramm zusammen, welches ausschließlich den

maximalen Schirmdurchmesser unabhängig von den Untersuchungsjahren darstellt, zeigt sich der Unterschied noch deutlicher (Abb. 39).

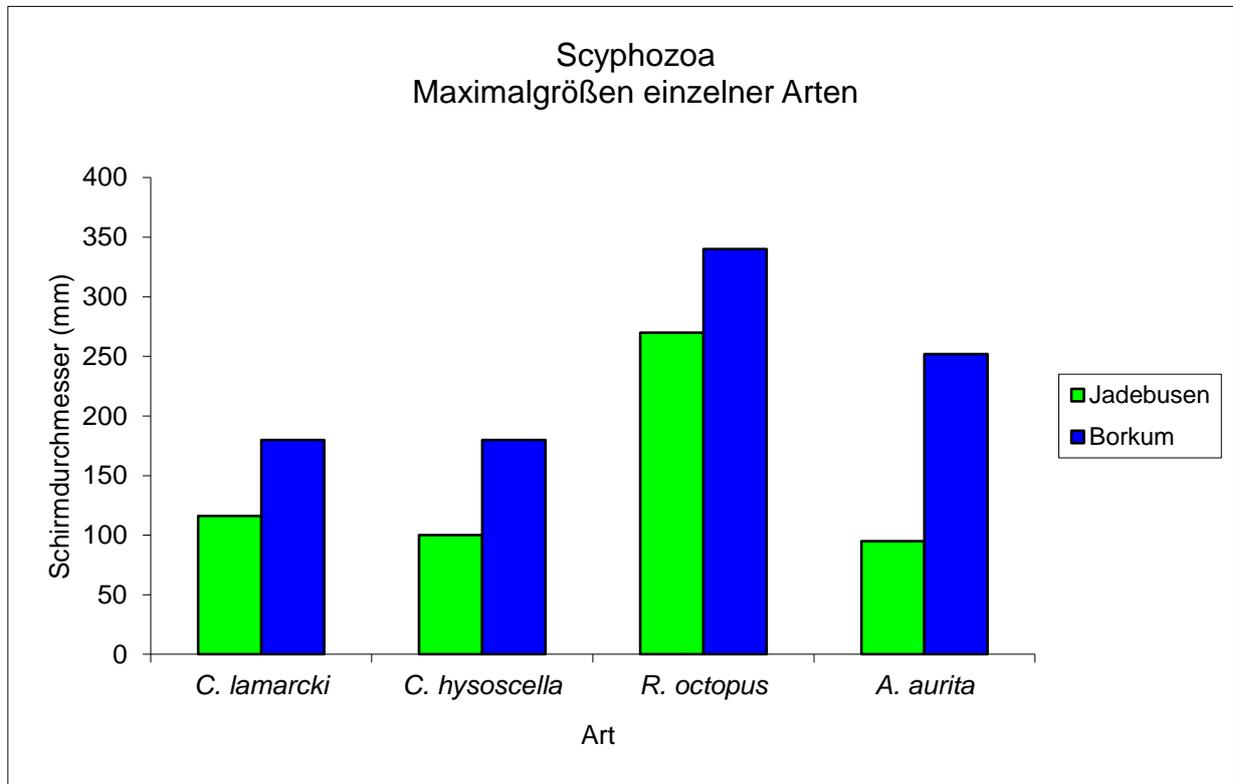


Abb. 39. Maximaler Schirmdurchmesser der Arten an beiden Standorten

Von *C. capillata* wurden nur sehr wenige Individuen gefunden. Es wurden ausschließlich im Juni 2005 zwei Exemplare bei einer Strandbegehung gefunden, welche einen Schirmdurchmesser von 77 mm und 95 mm aufwiesen. In früheren und auch in späteren Jahren (August 2012) wurden in den Gewässern vor Borkum und am Nordstrand der Insel Individuen mit 300–600 mm Durchmesser gesichtet. Die in der Literatur angegebene Schirmgröße von maximal 50 cm Durchmesser wurde dabei einige Male überschritten, die für nördlichere Gewässer angegebene maximale Schirmgröße von 200 cm (Hayward & Ryland 2011) wurde jedoch nicht beobachtet.

Neben den Scyphozoa wurden bei den Fangfahrten auch Vertreter der Ctenophora (*P. pileus*) und der Hydrozoa (*A. aequorea*, Einzelexemplar, 60 mm Schirmdurchmesser) gefunden.

Das Wachstum einzelner Arten wurde ebenfalls dokumentiert. So konnte das Wachstum von *C. lamarcki* im Jahre 2005 anhand der Ergebnisse im Borkumer Untersuchungsgebiet verfolgt werden (Abb. 40).

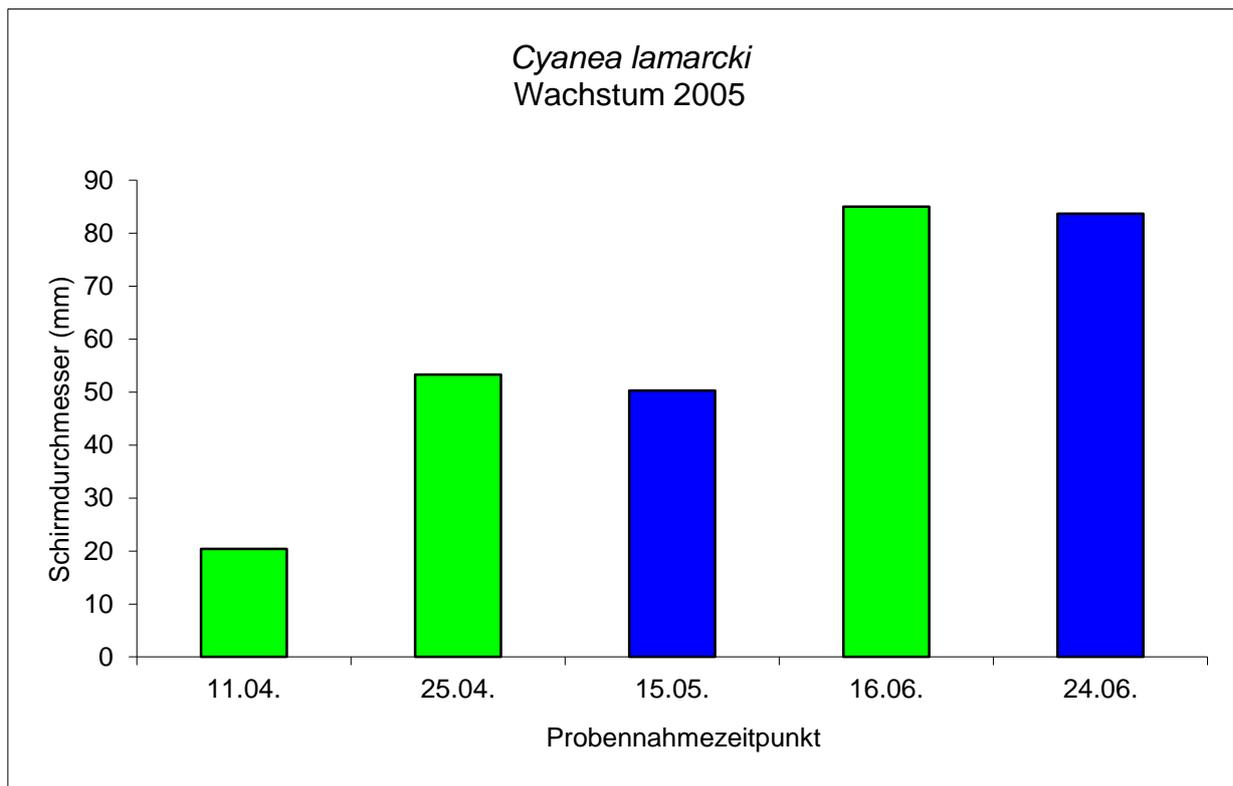


Abb. 40. Größenwachstum von *Cyanea lamarcki* im Jahre 2005. (Fangfahrten und Strandbegehung = blau, Fangfahrten im Jadebusen = grün)

Hierbei fällt auf, dass sich die Art im Jadebusen etwas früher entwickelt hat als im Borkumer Untersuchungsgebiet. Während bereits im April im Jadebusen Individuen mit Schirmdurchmessern von durchschnittlich 53,3 mm registriert werden konnten, waren die Exemplare etwa drei Wochen später vor Borkum im Mittel nur 50,3 mm groß. Dieser Wert bezieht sich allerdings nur auf die Gesamtabundanz. Bei der Strandbegehung lag die mittlere Schirmgröße bei 64,0 mm und zeigte höhere Werte als im Jadebusen. Die durchschnittliche Größe der Individuen bei der Fangfahrt lag jedoch nur bei 34,6 mm.

Bei *C. hysocella* erfolgte das Wachstum nicht so einheitlich wie bei *C. lamarcki*.

Die Untersuchungen erfolgten im Juni, Juli und August 2005. Es konnte beobachtet werden, dass die Größenverhältnisse im Monat Juli sogar leicht rückläufig gegenüber dem Vormonat waren, so dass ein kontinuierliches Wachstum nicht festgestellt werden konnte. Der Rückgang des Schirmdurchmessers konnte an beiden Probenstandorten beobachtet werden.

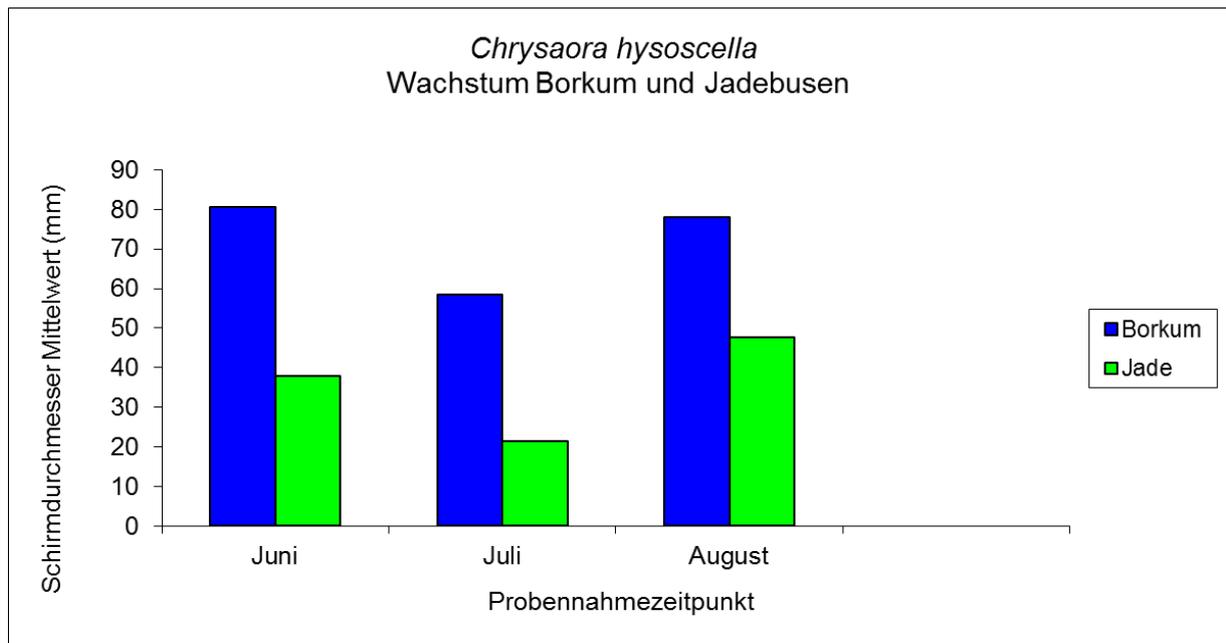


Abb. 41 Größenwachstum von *Chrysaora hysoscella* im Jahre 2005 an beiden Standorten

So sank die mittlere Größe vor Borkum von 80,6 mm im Juni auf 58,5 mm im Juli, um danach auf 78 mm anzusteigen. Im Jadebusen sank der Schirmdurchmesser von 38,0 mm im Juni auf 21,5 mm im Juli und stieg im August wieder auf 47,6 mm an.

Somit wurde bei keiner Untersuchung von *C. hysoscella* im Jadebusen eine durchschnittliche Schirmgröße ermittelt, welche jener im Untersuchungsgebiet Borkum nahe kam. Das größte Exemplar vor Borkum wurde am 24.06.05 mit 121 mm vermessen, im Jadebusen betrug die maximale Schirmgröße eines Exemplares 100 mm, welche am 30.08.05 gemessen wurde.

5.1.2. Strandbegehung

Zusätzlich zu den Fangfahrten wurden an einem 1000 m langen Strandabschnitt an der Westseite von Borkum Strandbegehungen durchgeführt, um die Untersuchung zur Artenverteilung zu unterstützen und mögliche abiotische Einflüsse wie z.B. die des Windes zu erkennen. Ein Vergleich zwischen den Fangfahrten und den Strandbegehungen zeigte große Abundanzunterschiede.

So kam es in einigen Fällen vor, dass die Anzahl der gefangenen Individuen jene, welche am Strandabschnitt angespült wurden, deutlich überschritt (Mai, Juni 2005 und September 2006). In einigen Probennahmezeiträumen wurden Medusen bei den Fangfahrten erfolgreich beprobt, am Strandabschnitt jedoch keine Exemplare vorgefunden (August, September 2005). In einigen Fällen war die Abundanz am Strandabschnitt gegenüber den Fangfahrten gleich oder sogar erhöht (Juli, August, September 2005 bzw. Juli 2006, März, Mai, August 2007).

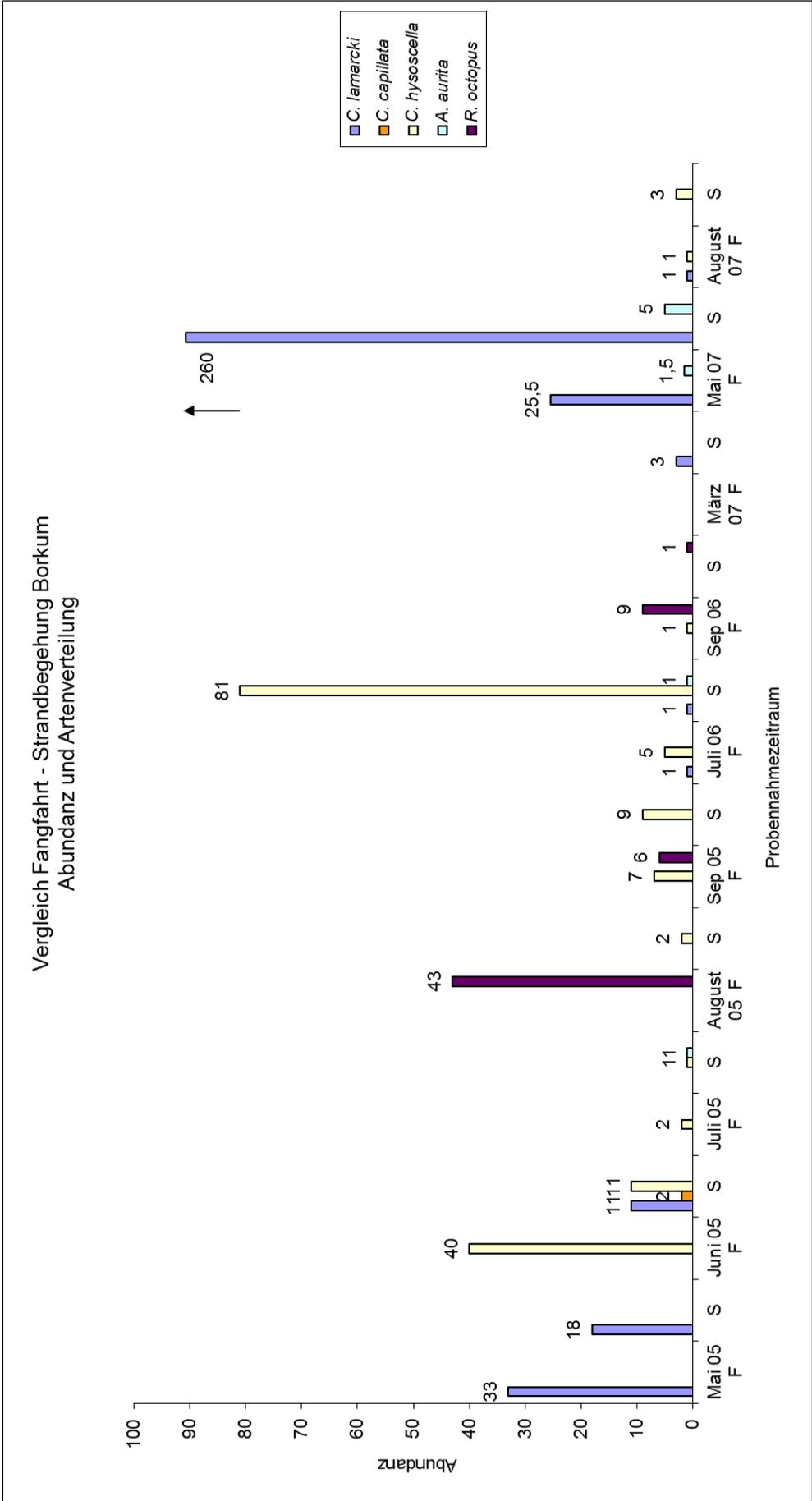


Abb. 42. Abundanz und Artenverteilung bei Fangfahrt und Strandbegehung

5.1.3. Verhältnis Schirmdurchmesser–Abundanz

Von einigen Arten wurden sehr viele Individuen an einem einzigen Tag am Strandabschnitt angespült. In diesen Fällen lassen sich aufgrund der größeren Datenmengen aussagekräftige Abundanz–Größe–Korrelationen erstellen. Am 28.05.07 wurden am 1000 m–Strandabschnitt auf Borkum 260 Exemplare von *C. lamarcki* gezählt und vermessen. Die Kurve der Größenverteilung ist im folgenden Diagramm erstellt (Abb. 36). Der Median betrug 15.

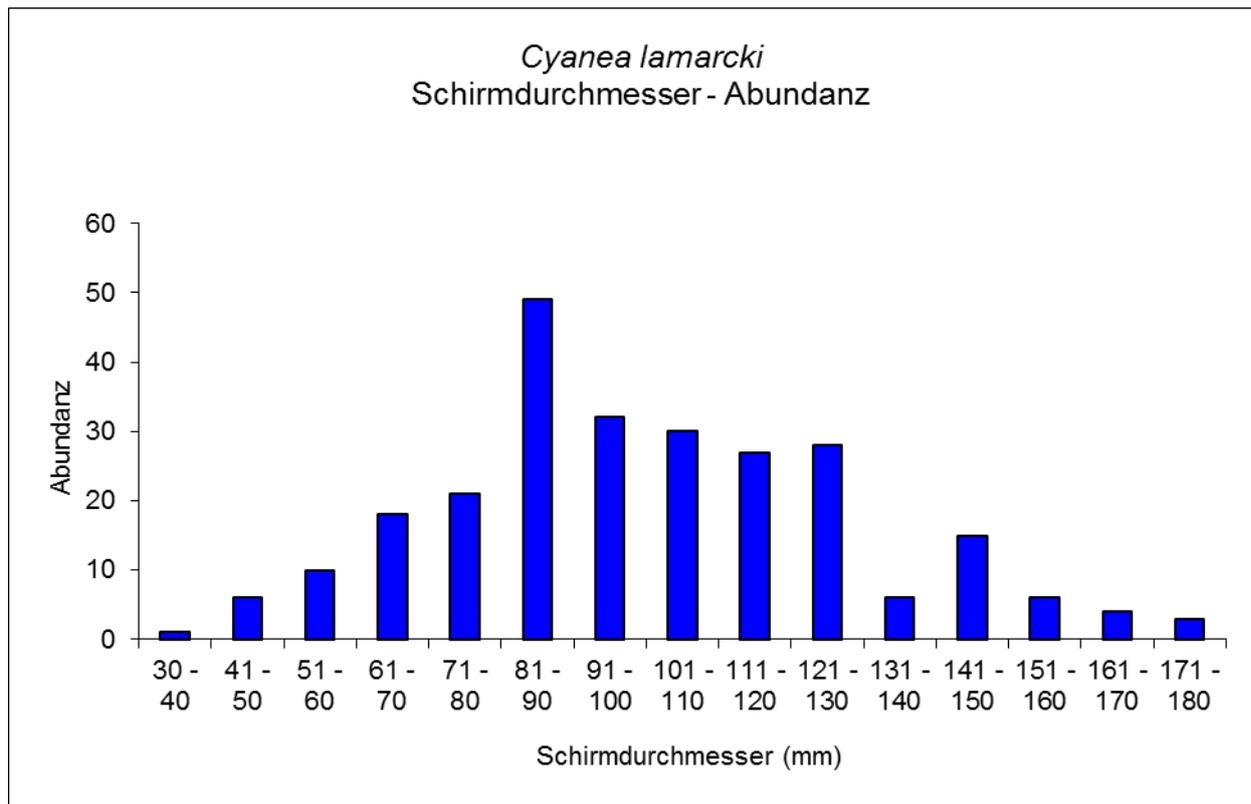


Abb. 43. Größenverteilung von *Cyanea lamarcki* am 28.05.07 im Untersuchungsgebiet Strandabschnitt Borkum

Die Größenverteilung entspricht einer genäherten Gaußschen Normalverteilung. Die Werte von 81–90 mm, 121–130 mm und 131–140 mm weichen von dieser Kurve allerdings deutlich ab. Es wurden besonders viele Exemplare mit Durchmessern von 81–90 mm gefunden (49 Individuen). Exemplare größer als 150 mm Schirmdurchmesser waren jedoch selten. So wurden nur insgesamt zehn Individuen mit Schirmdurchmessern >150 mm gefunden. Dies deckt sich jedoch mit den Fangfahrten, bei denen größere Exemplare ebenfalls selten waren. Ein vergleichbares Bild ergibt sich bei der Fangfahrt vom 15.05.05, wobei nur 33 Individuen vermessen wurden (Abb. 44). Bei der Größenklasse 41–50 mm ergibt sich jedoch eine deutliche Abweichung. Insgesamt sind die Exemplare kleiner, weil das Wachstum von *C. lamarcki* im Mai 2005 noch nicht den Höhepunkt erreicht hat. Der Hauptanteil besteht aus

kleinen subadulten Medusen von 31–40 mm Schirmdurchmesser (14 Exemplare). Der Median betrug 4.

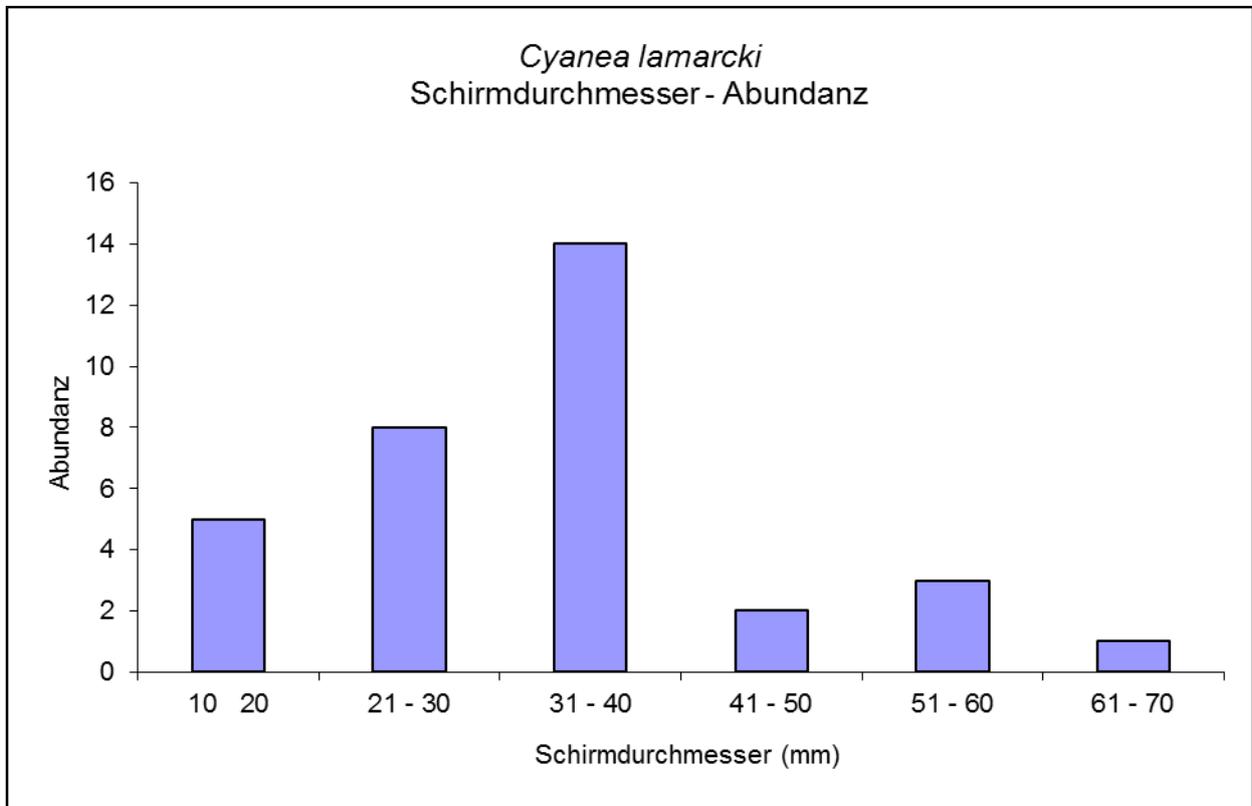


Abb. 44. Größenverteilung von *Cyanea lamarcki* 15.05.05 bei einer Fangfahrt vor Borkum

Auch bei *C. hysoscella* ergibt sich ein vergleichbares Ergebnis. Auch hier kommen die mittleren Größen gehäuft vor. Eine Fangfahrt vom 24.06.2005 brachte ein vergleichbares Ergebnis. Auch bei dieser Probe ist eine Größenverteilungskurve erkennbar (Abb. 45). Der Median betrug 6.

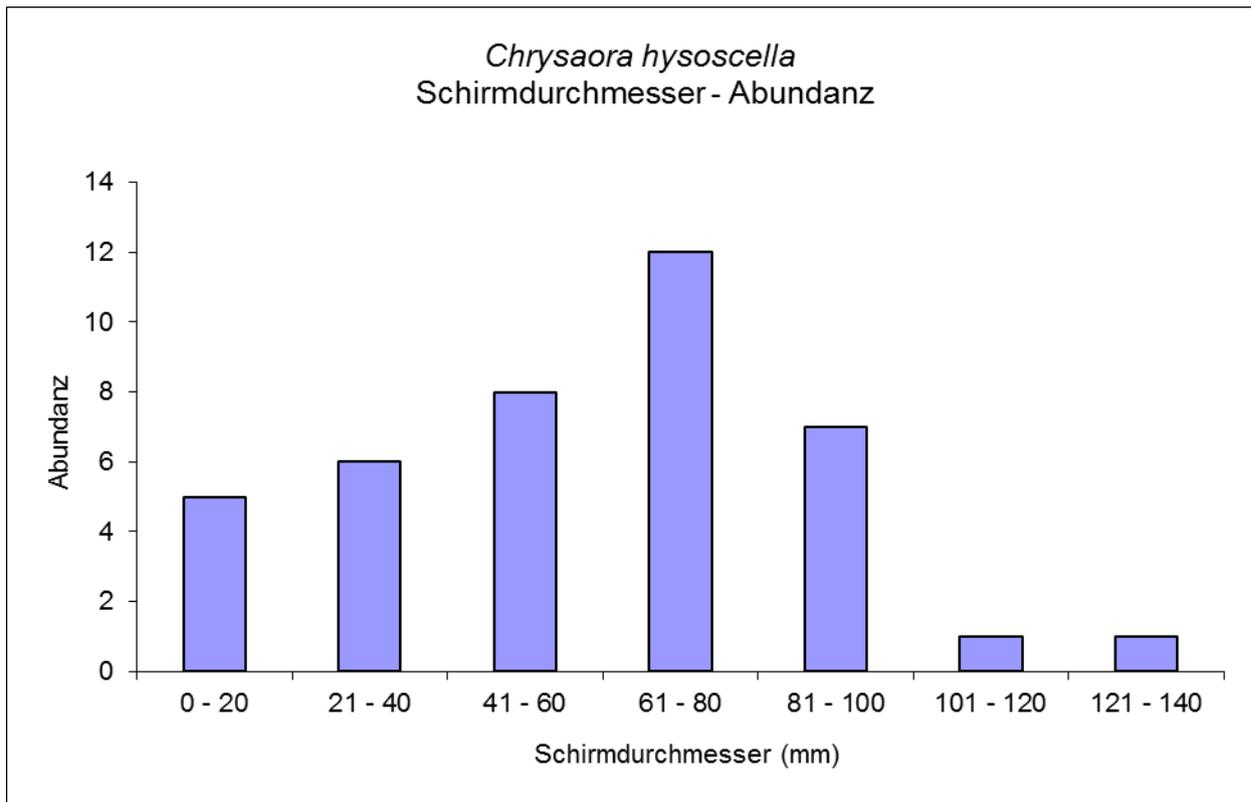


Abb. 45. Größenverteilung von *Chrysaora hysoscella* am 24.06.05 bei einer Fangfahrt vor Borkum

Eine Zählung vom 16.07.06, bei welcher 80 Medusen vermessen wurden, zeigt ein differenzierteres Bild. Hier wurden bei Schirmgrößen von 51–80 mm die meisten Medusen gefunden. Dies ist insofern nicht verwunderlich, als *C. hysoscella* eher in den späteren Sommermonaten auftritt und somit bei der Strandbegehung im Juli vermehrt junge Individuen beobachtet wurden. Die meisten Exemplare wurden mit einem Schirmdurchmesser von 61–80 mm vorgefunden (12 Exemplare), während Individuen mit >100 mm Schirmdurchmesser sehr selten waren. Die Populationsentwicklung ist jedoch bei dieser Art Ende Juni noch nicht so weit fortgeschritten, als dass größere Exemplare vorgefunden werden konnten (Abb.46) Der Median lag bei 3.

Größere Exemplare wurden vom Autor im Juli und im August 2006 beobachtet.

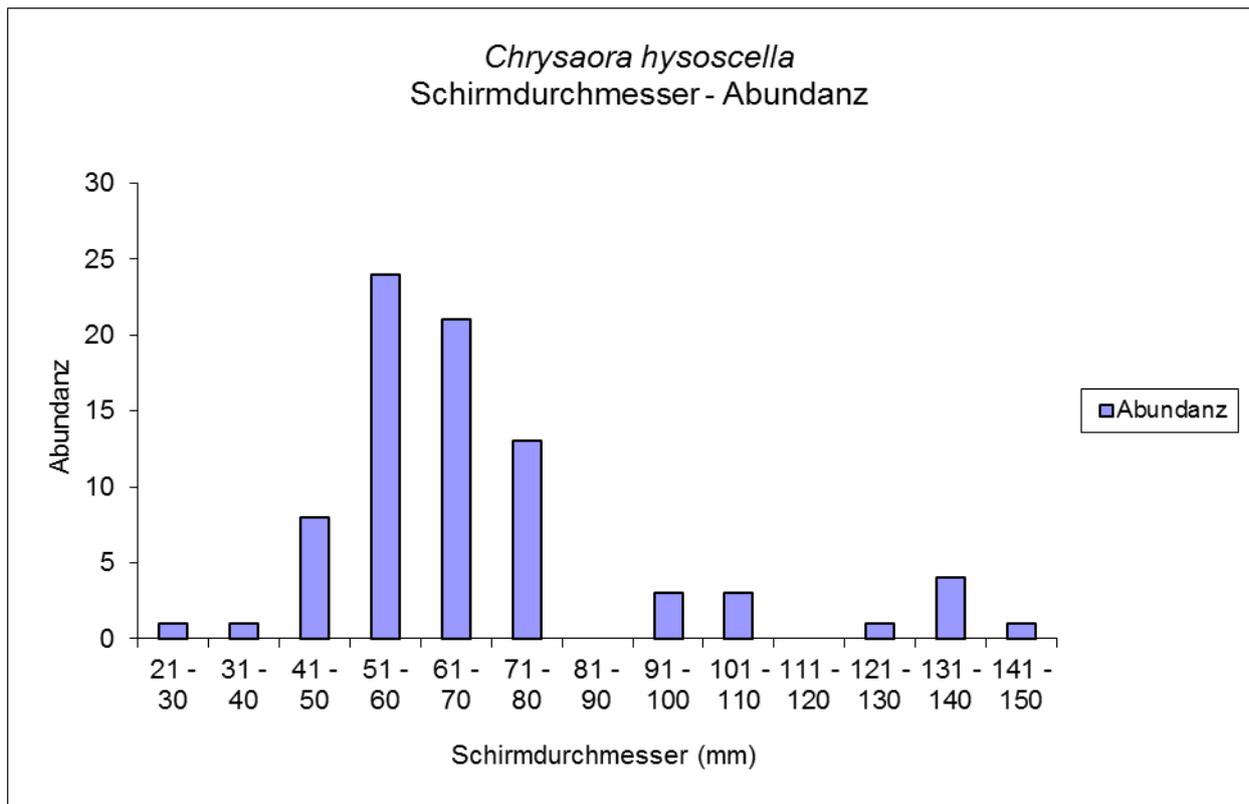


Abb. 46. Größenverteilung von *Chrysaora hysoscella* am 16.07.06 am Strandabschnitt Borkum

Bei der Beprobung vom 28.04.08 zeigte sich ein der Zählung vom 16.07.06 ähnliches Ergebnis. Es wurden insgesamt 33 Exemplare von *C. lamarcki* gezählt. Der Hauptanteil lag bei Schirmgrößen von 21–30 mm (9 Individuen), gefolgt von 31–40 mm (7 Individuen). Es wurden jeweils nur drei Exemplare größer als 80 mm gesichtet, der größte Schirmdurchmesser lag bei 138 mm (Abb. 47). Der Median betrug 1.

Die Entwicklung von *C. lamarcki* ist im April bereits fortgeschritten, jedoch treten zum Großteil noch Medusen im Subadultstadium auf. Außergewöhnlich ist das Auftreten einiger größerer Exemplare. Besonders ein Individuum mit 138 mm Schirmdurchmesser weicht deutlich vom Mittelwert ab und ist für diese Jahreszeit nach eigenen Beobachtungen sehr ungewöhnlich.

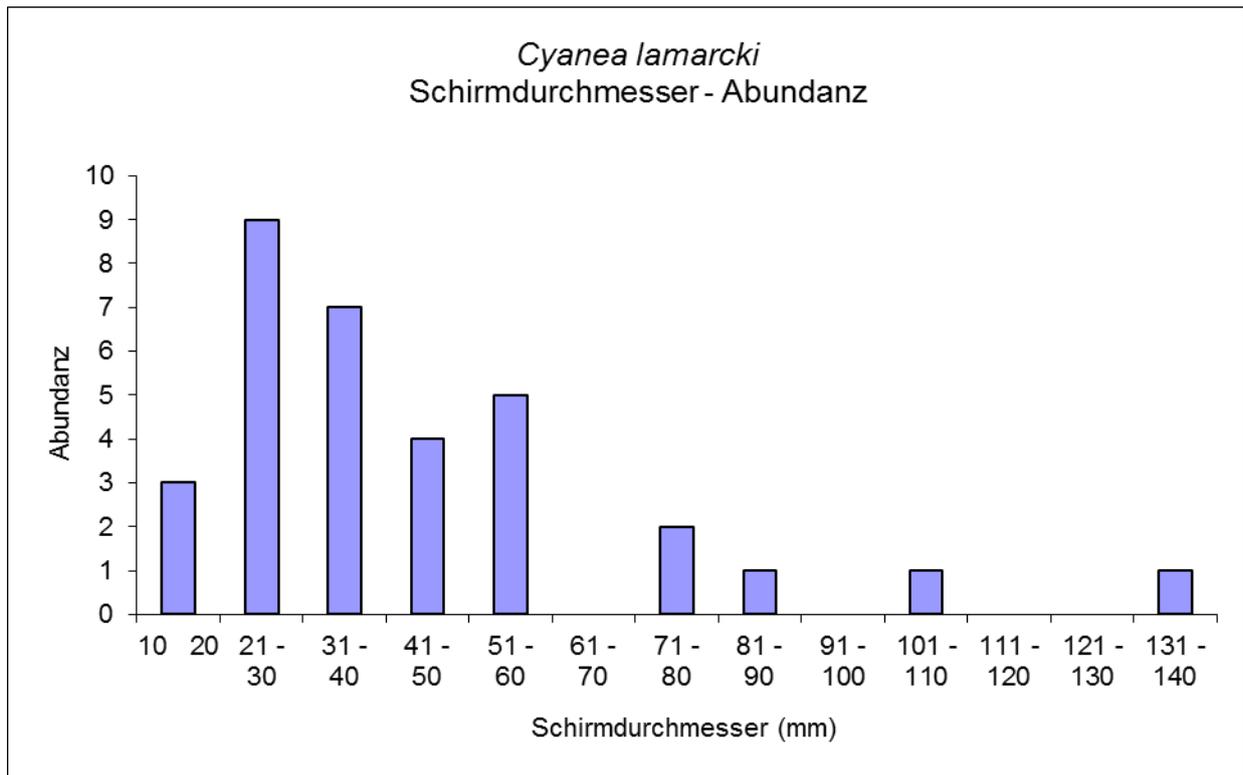


Abb. 47. Größenverteilung von *Cyanea lamarcki* am 28.04.08 im Untersuchungsgebiet Strandabschnitt Borkum

Die kleinste Meduse, welche bei dieser Zählung gefunden wurde, besaß einen Schirmdurchmesser von 13 mm und befand sich in einem frühen Subadultstadium. Tentakeln waren jedoch schon deutlich zu erkennen. Auch zwei weitere sehr kleine Exemplare von 15 mm und 17 mm wurden an diesem Tag am Strandabschnitt gefunden.

Auch bei *Rhizostoma octopus* ließ sich eine Größenverteilungskurve ermitteln. So wurden bei einer Fangfahrt vom 21.08.05 insgesamt 43 Individuen mit Größen zwischen 140 mm und 340 mm Schirmdurchmesser vermessen. Es wurden jedoch wenige Exemplare der mittleren Schirmgröße von 221–230 mm registriert, so dass die Größenverteilungskurve an dieser Stelle ein Minimum aufweist (Abb. 48). Der Median betrug 3,5.

Dennoch kommen, wie für diese Jahreszeit typisch, sehr viele adulte Individuen in dieser Probe vor. Exemplare mit Schirmdurchmessern >300 mm wurden nur sehr selten gesichtet, in dieser Probe waren jedoch 5 Medusen mit einem größeren Schirmdurchmesser zu finden.

Bei einer im September 2006 im Jadebusen genommenen Probe wurden nur zwei Individuen >200 mm vermessen. Dennoch lässt sich auch hier eine Größenverteilungskurve ermitteln.

Die meisten Exemplare bewegten sich im Bereich von 121–200 mm Schirmdurchmesser. Das kleinste Exemplar erreichte sogar nur 77 mm (Abb. 49). Der Median betrug 1.

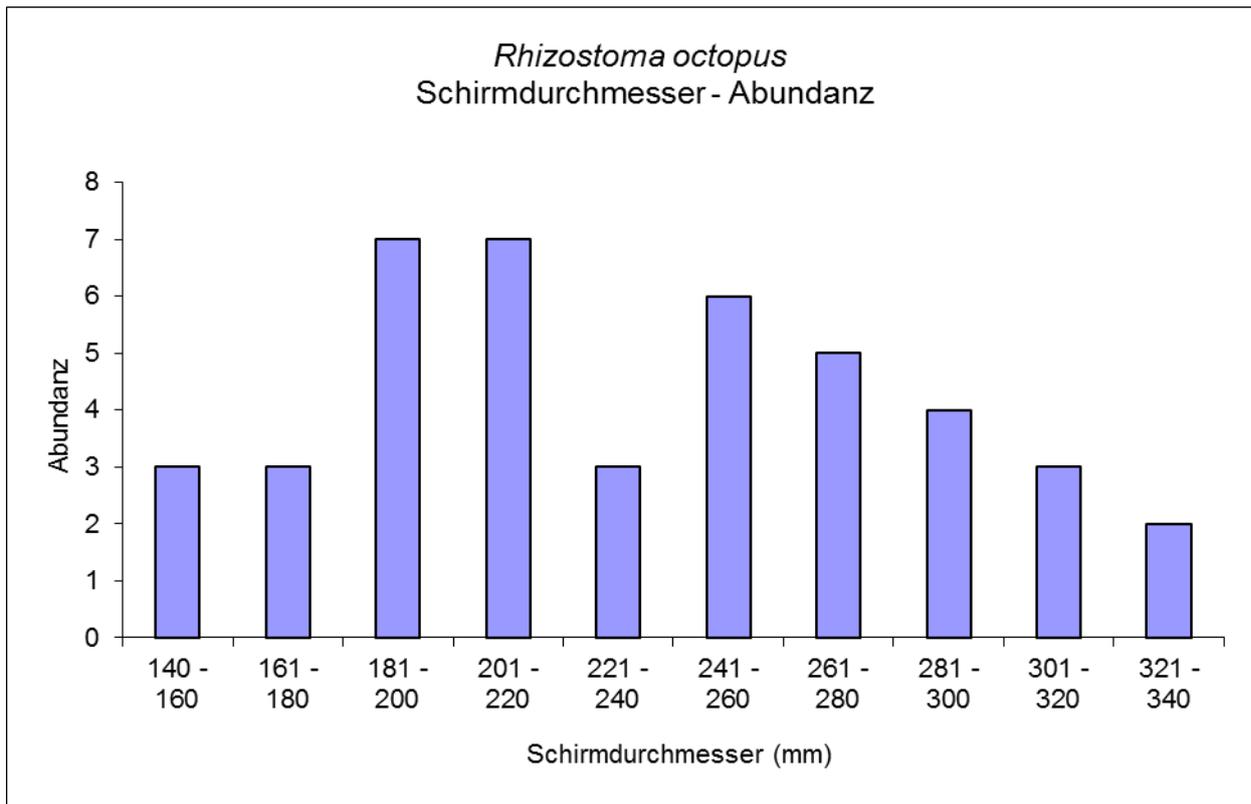


Abb. 48. Größenverteilung von *Rhizostoma octopus* am 21.08.05 bei einer Fangfahrt vor Borkum

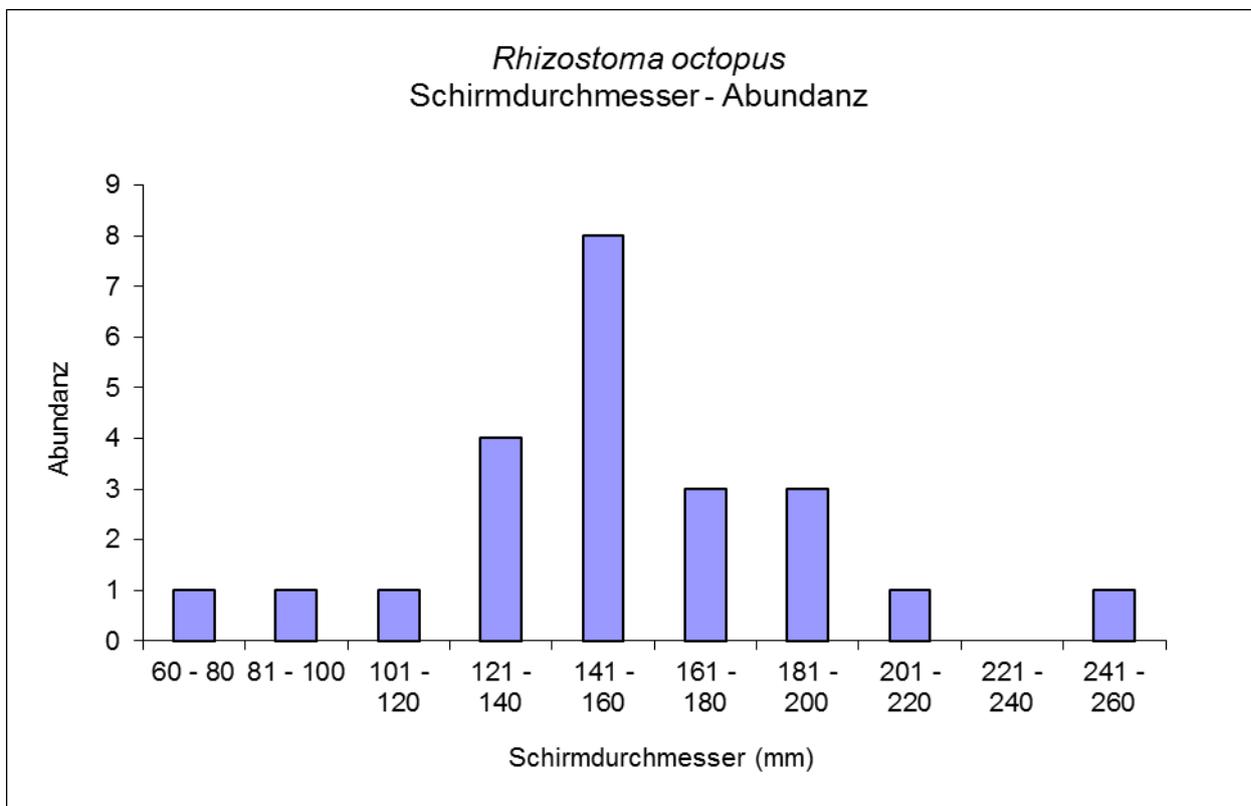


Abb. 49. Größenverteilung von *Rhizostoma octopus* am 27.09.06 bei einer Fangfahrt im Jadebusen

5.1.4. Abiotische Faktoren

Während der Probennahmen in den Untersuchungsgebieten wurden auch mehrere abiotische Faktoren gemessen. Ziel war es, herauszufinden, ob diese Faktoren einen Einfluß auf Abundanz und Artenzusammensetzung der Scyphozoa haben könnten. So wurden neben wichtigen Parametern wie Wassertemperatur, Salinität oder Wellenhöhe auch Wetterdaten berücksichtigt.

5.1.4.1. Wassertemperatur

Als wichtiger abiotischer Faktor wurde die Wassertemperatur gemessen.

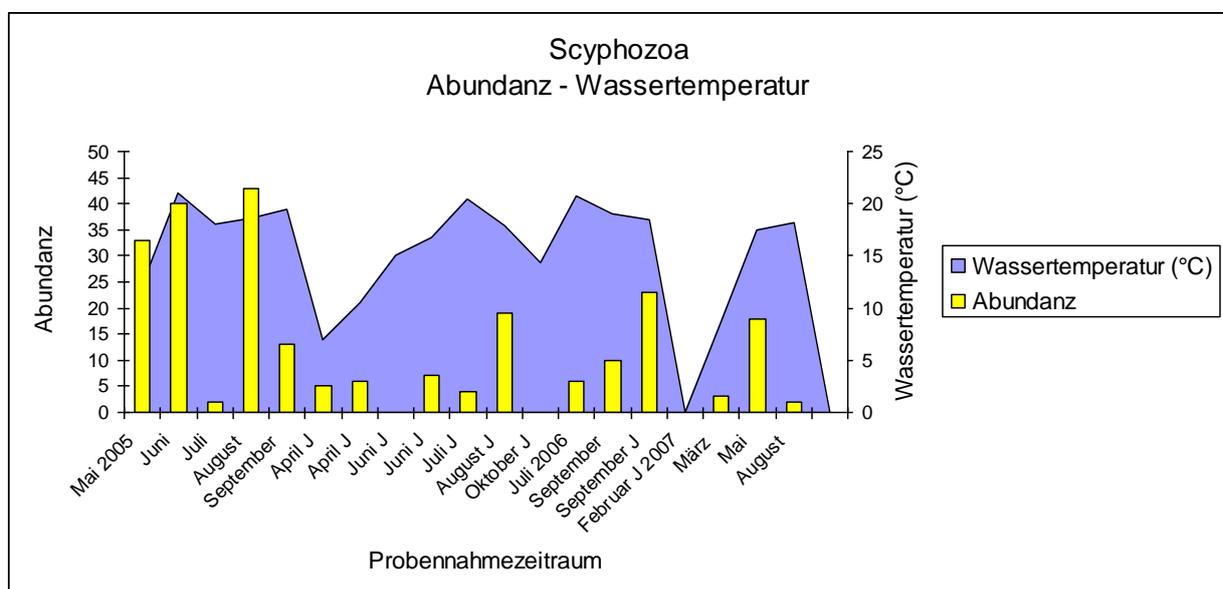


Abb. 50. Wassertemperatur während der Fangfahrten 2005–2007 in beiden Untersuchungsgebieten.
Die Jahreszahlen hinter den Monaten markieren den Beginn des jeweiligen Fangjahres. (J = Jadebusen)

Es zeigen sich teilweise Übereinstimmungen, so steigen im Mai und Juni 2005 sowie im März und Mai 2007 die Anzahl der Individuen mit der Wassertemperatur. Insgesamt zeigt sich jedoch ein uneinheitliches Bild. So wurden im Juli 2005 vor Borkum bei 18,0 °C lediglich 2 Medusen gefangen, während es im August 2005 bei 18,6 °C, also bei nur unwesentlich höherer Temperatur, 43 Individuen waren.

Im Jadebusen wurden im Juni 2005 bei 16,8 °C nur 7 Individuen gezählt, im Juli bei einer signifikant höheren Temperatur von 20,5 °C nur 4 Exemplare gezählt.

Im Mai 2007 wurden vor Borkum 18 Individuen bei 17,5 °C gezählt, im August bei einer Wassertemperatur von 18,2 °C nur 3 Individuen.

Im Oktober 2005 wurden in der Jade keine Medusen mehr gefangen. Auch im Februar 2007 wurden in der Jade keine Medusen gefunden, was insofern verständlich ist, als es noch zu

früh für die Entwicklung der Scyphomedusen war. Die Korrelation nach Spearman liegt bei $\rho = 0,4088$, nach Pearson $r = 0,3457$, $P = 0,08705$, ($N = 17$). Die Standardabweichung liegt bei $\pm 14,4173$ Individuen (Abb. 50).

5.1.4.2. Salinität

Als zweiter wichtiger Faktor wurde die Salinität des Probenwassers gemessen.

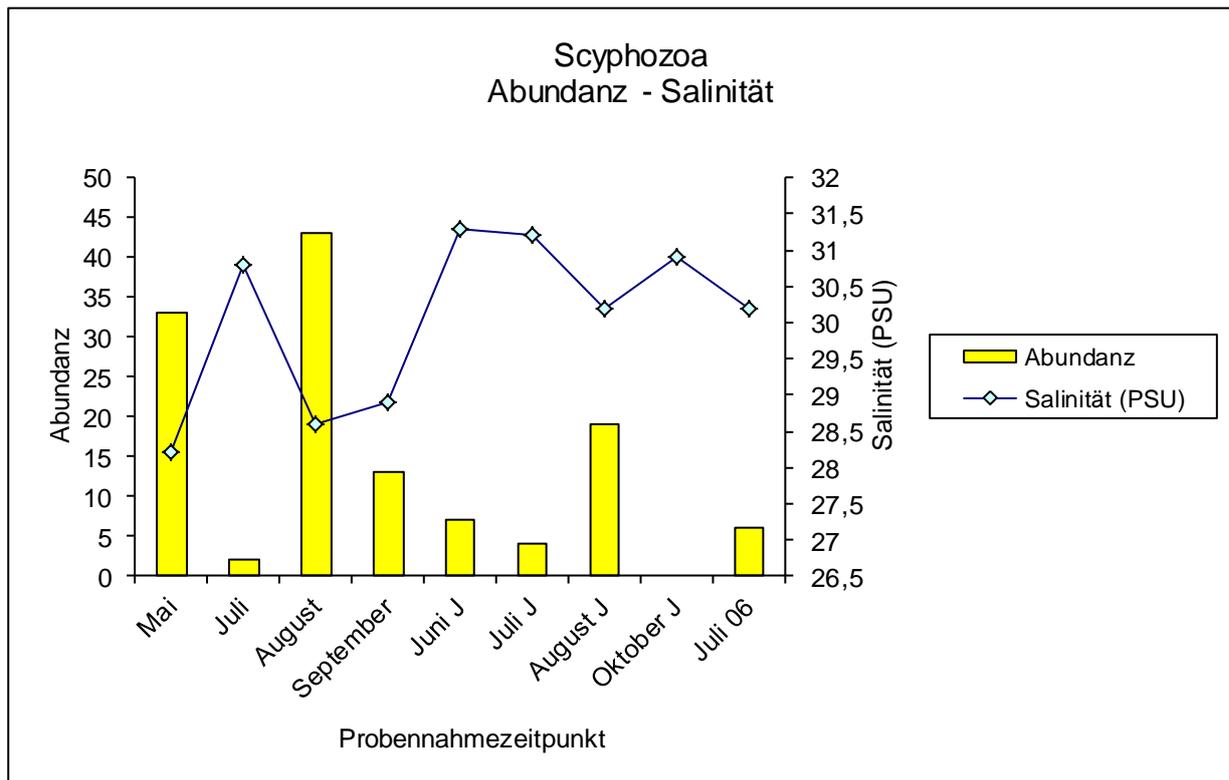


Abb. 51. Salinität während der Fangfahrten 2005–2006. (J = Jadebusen)

Es ist ein Zusammenhang zwischen Abundanz und Salinität erkennbar. So wurden im Mai und August 2005 im Borkumer Untersuchungsgebiet bei relativ geringen Salinitäten von 28,2 und 28,6 PSU bzw. 43 Medusen gefangen. Bei hoher Salinität, wie sie vor Borkum im Juli 2005 (30,8) gemessen wurde, traten deutlich weniger Individuen in der Probe auf, nämlich nur 2 Exemplare. Als im Jadebusen ebenfalls hohe Salinitäten in den Monaten Juni (31,3) und Juli (31,2) gemessen wurden, befand sich in diesen Proben ebenso nur eine geringe Abundanz von 7 bzw. 4 Individuen. Als im Jadebusen bei der Beprobung im August der Salzgehalt auf 30,2 sank, stieg die Anzahl der Individuen auf 19 (Abb. 51).

Die Korrelation nach Pearson beträgt $r = -0,8382$, nach Spearman $\rho = -0,75$, $P = 0,00239$, ($N = 9$). Die Standardabweichung beträgt $\pm 14,92$ Individuen.

5.1.4.3. Sauerstoff

Die Messung des Sauerstoffes während der Fangfahrten erfolgte wie die Messung der Salinität nicht kontinuierlich. Dennoch gelang eine Reihe von Messungen während der Fangfahrten, insbesondere im Jahr 2005.

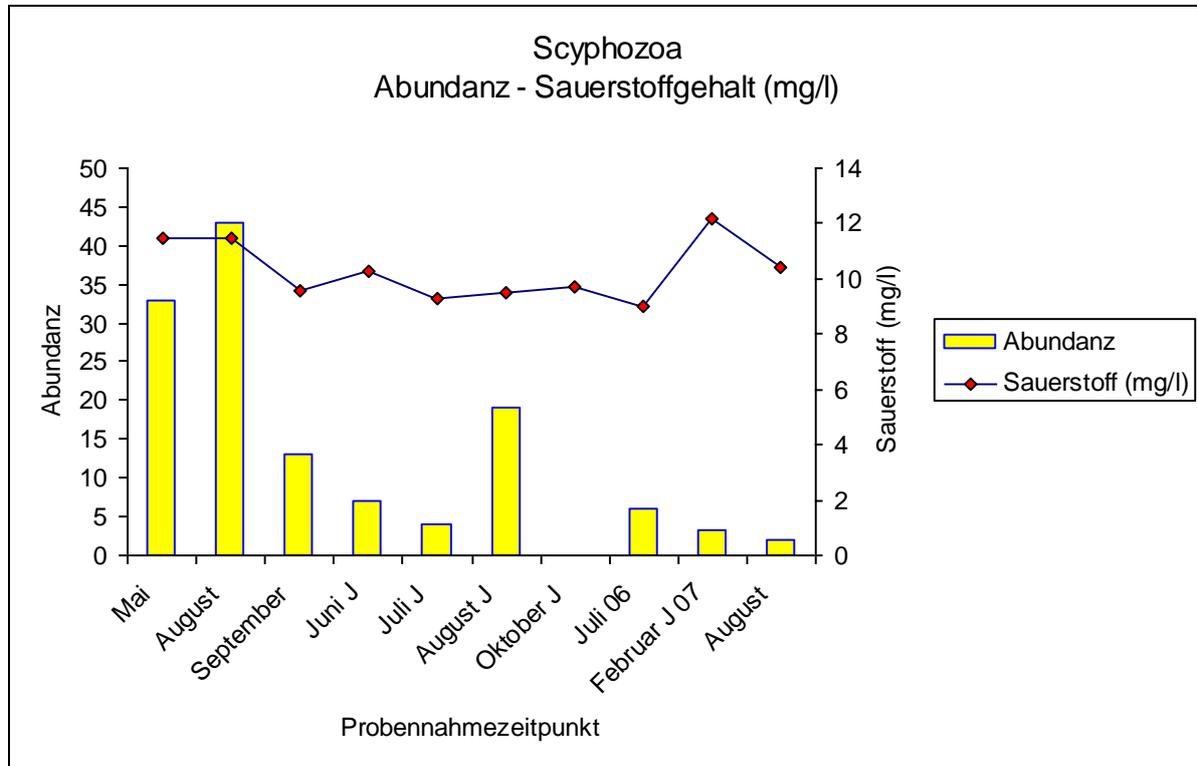


Abb. 52. Sauerstoffgehalt des Meerwassers während der Fangfahrten 2005–2007. (J = Jadebusen)

Das Ergebnis der Messungen zeigt keine Korrelation zwischen Abundanz und Sauerstoffgehalt. Zwar wurden im Mai und August vor Borkum jeweils 11,5 mg/l gemessen und bei den entsprechenden Proben eine hohe Abundanz von 33 bzw. 43 Individuen gezählt, In den Monaten September (Borkum), Juni, Juli und August (Jadebusen) betrug der Sauerstoffgehalt zwischen 9,3 mg/l und 10,3 mg/l und dennoch gab es eine große Differenz in der Abundanz (zwischen 4 und 19 Individuen). Auch die Werte im Juli 2006 (9,0 mg/l) und August 2007 (10,4 mg/l) erbrachten mit 6 und 3 Individuen keine in Bezug auf Sauerstoffabhängigkeit verwertbaren Ergebnisse. Das Auftreten von 83 Individuen bei der Strandbegehung bedeutet eine hohe Abundanz, der Sauerstoffwert ändert sich jedoch nicht wesentlich gegenüber den anderen Beprobungen. Insgesamt schwankt der Sauerstoff zwischen 9,0 mg/l und 12,2 mg/l. Die Abwesenheit von Medusen im Oktober ist wahrscheinlich saisonal bedingt. Die Korrelation nach Pearson beträgt $r = 0.4323$, nach Spearman $\rho = 0.1152$, $P = 0,10607$, ($N = 10$).

5.1.4.4. Wellenhöhe

Für das Diagramm zur Wellenhöhe wurden 17 Datensätze verwendet. Diese korrelieren die Abundanz der Medusen mit den vorherrschenden Wellenhöhen zur Zeit der jeweiligen Fangfahrten.

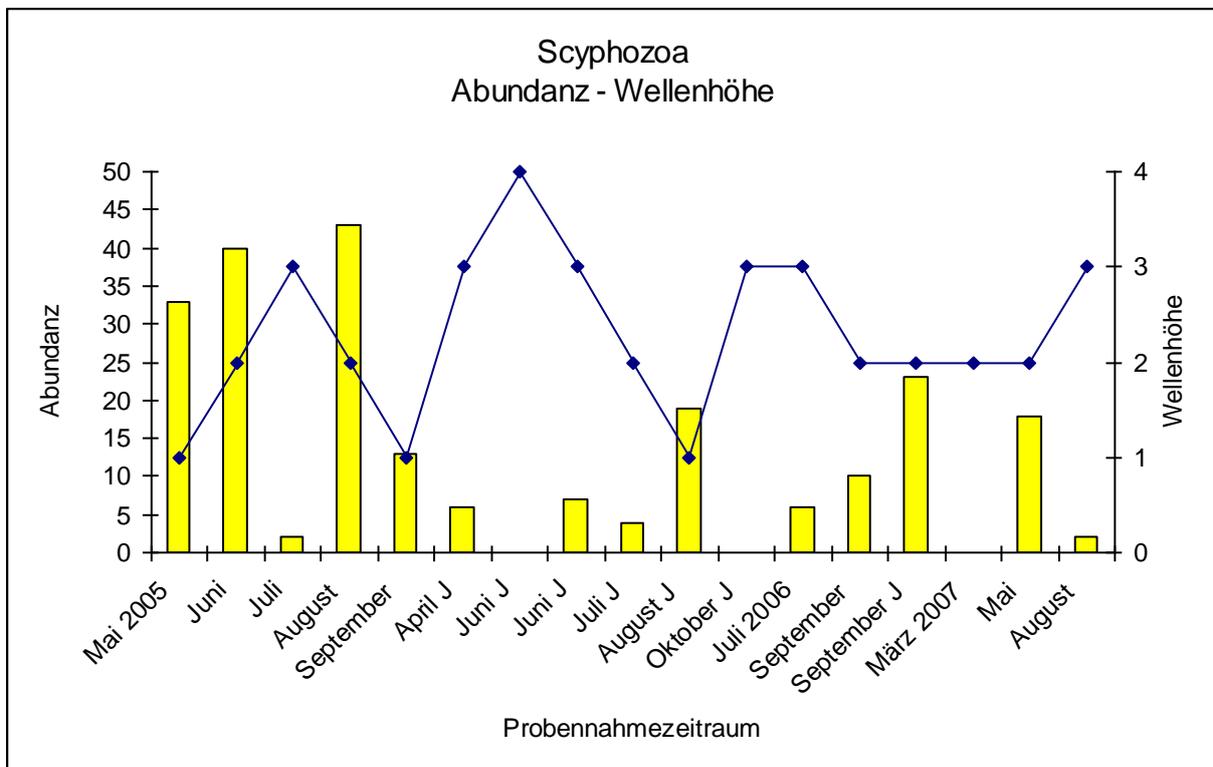


Abb. 53a. Wellenhöhe während der Fangfahrten 2005–2007. (J = Jadebusen)

Es ist erkennbar, dass bei Probennahmen, bei denen die Wellen besonders hoch waren, sich die Wellenhöhe deutlich auf die Abundanz der Medusen ausgewirkt hat (Abb. 53a). So wurden am 07.6.2005 im Jadebusen keine Medusen gefangen. Die Wellenhöhe betrug 80 cm (Größenklasse 4). Im August 2007 wurden vor Borkum bei Wellenhöhen von 50 cm (Gr. 3) nur sehr wenige Individuen (2) gezählt. Allerdings bedingen geringe Wellenhöhen nicht zwangsläufig eine höhere Abundanz. So betrug die Wellenhöhe im Juli 2005 im Jadebusen nur 30 cm (Gr. 2), es wurden jedoch nur 4 Individuen gefangen. Die Wellenhöhe betrug im September 2005 vor Borkum nur 20 cm (Gr. 1), dennoch wurde mit 13 Individuen keine hohe Abundanz beobachtet. Im Vormonat (August 2005) betrug die Wellenhöhe 30 cm (Gr. 2) und war somit etwas höher. Bei dieser Fangfahrt wurden jedoch 43 Individuen gezählt. Am 16.06.2005 wurden im Jadebusen bei 50 cm Wellenhöhe (Gr. 3) 7 Exemplare gezählt, im Juli trotz geringerer Wellenhöhe von 30 cm (Gr. 2) nur 4 Exemplare.

Es lässt sich bei diesen Daten ein Schwellenwert erkennen, ab der Medusen nicht oder nur in geringer Zahl gefangen wurden. Diese Grenze liegt bei einer Wellenhöhe von 50 cm (Gr. 3). Ab dieser Amplitude wurden 0 bis maximal 9 Medusen gefangen. Die maximale Anzahl wurde bei 30 cm Wellenhöhe (Gr. 2) gefangen (Juni und August 2005 vor Borkum).

Das Ergebnis für Oktober ist wahrscheinlich saisonal bedingt. Das Ergebnis vom Februar 2007 wurde nicht berücksichtigt, da das Auftreten von Medusen zu diesem Zeitpunkt des Jahres unwahrscheinlich ist, während im Oktober durchaus noch einige Medusen, vornehmlich *R. octopus*, gesichtet werden können (eig. Beob.).

Die Korrelation nach Spearman beträgt $p = -0,4902$, nach Pearson $r = -0,5681$, $P = 0,00868$, ($N = 17$). Eine Anordnung der Daten nach Abundanz lässt einen umgekehrt proportionalen Trend erkennen (Abb. 53b).

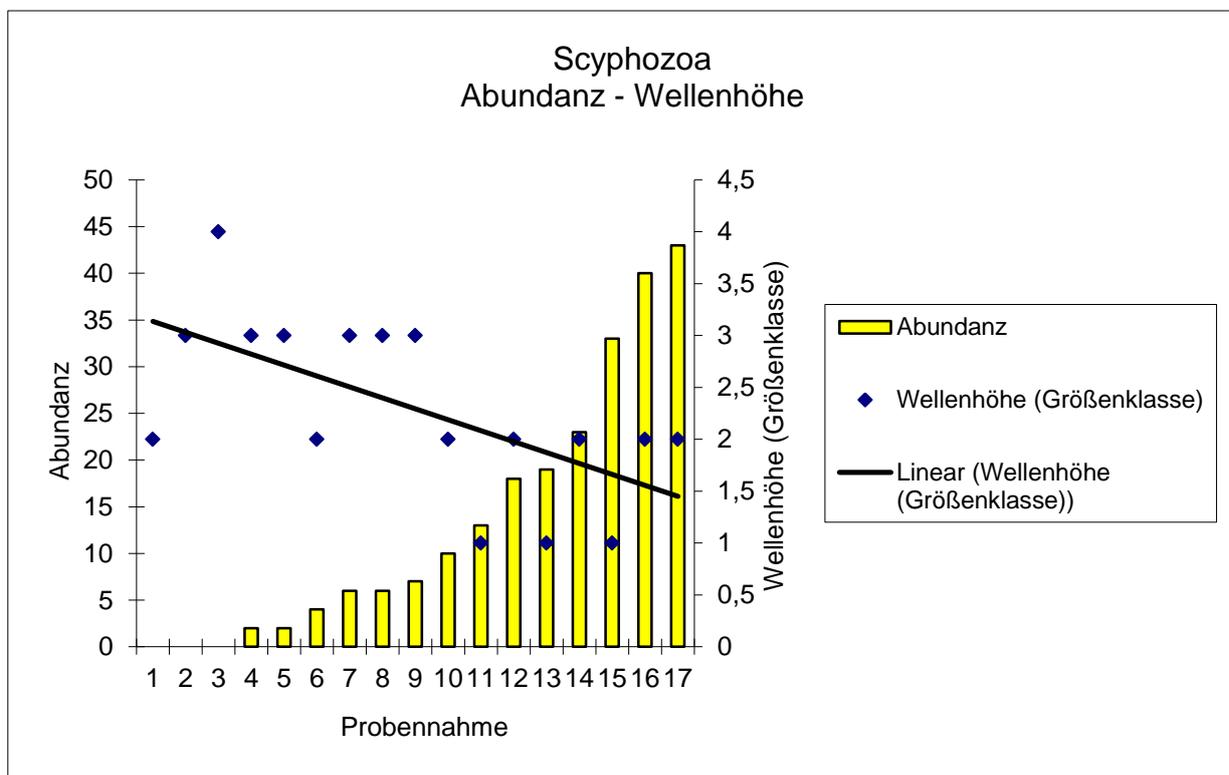


Abb. 53b. Wellenhöhe während der Fangfahrten 2005-2007

5.1.4.5. Windstärke

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Beobachtungen der Windstärke in Beaufort sowie die vorherrschenden Windrichtung dargestellt und mit der Abundanz der Scyphozoa verglichen.

Die nachstehende Tabelle zeigt einen Vergleich zwischen der Abundanz bei den Fangfahrten und am Strandabschnitt in Bezug auf Windstärke und Windrichtung. Das Verhältnis zwischen Fangfahrt und Strandabschnitt ist uneinheitlich. Höhere Windstärken und eine hohe Abundanz am Strand führen nicht zwangsläufig auch zu hohen Individuenzahlen bei den Fangfahrten (Juli 2006, Mai 2007). Umgekehrt führt eine größere Abundanz bei den Fangfahrten ebensowenig zu hohen Individuenzahlen am Strand (August 2005). Lässt man die Fangfahrten außer acht und bezieht sich nur auf die Abundanz der Strandabschnitte, so ergibt sich allerdings eine Korrelation zwischen Windstärke und Individuenzahl (Tab. 2).

Datum	Fangfahrt	Strandabschnitt	Windstärke	Windrichtung
Mai-05	33	18	2	NO
Juni-05	40	24	3,5	NO
Juli-05	2	2	2	W
Aug-05	43	2	2	NW
Sep-05	13	9	2	S
Juli 06	6	81	4,5	NO
Sep-06	10	1	2	NW
Mai 07	18	265	3,5	N
Aug-07	2	3	3,5	NW

Tab. 2. Vergleich der Abundanzen zwischen Fangfahrten vor Borkum und Strandabschnitt sowie der Windstärke in Beaufort und der Windrichtung

Eine höhere Windstärke ergibt höhere Individuenzahlen als eine geringere Windstärke. Allerdings gibt es hierbei zwei Ausnahmen. Am 28.08.07 herrschte eine Windstärke von 3–4 aus Nordwest. Es wurden jedoch nur drei Individuen am Strandabschnitt gefunden. Ganz anders waren die Verhältnisse am 28.05.07, wo im Strandabschnitt bei Windstärke 3–4 aus Nord 265 Individuen gefunden wurden. Diese bestanden fast ausschließlich aus *C. lamarcki* (260), zusätzlich war *A. aurita* vertreten (5).

Die Korrelation nach Pearson beträgt $r = -0,230352$, nach Sperman $\rho = -0,478947$, $P = 0,17132$, $N = 19$).

Bei linearer Anordnung der Abundanz aller Probenahmen lässt sich ein Trend feststellen, dass bei zunehmender Windstärke die Abundanz abnimmt (Abb. 54.).

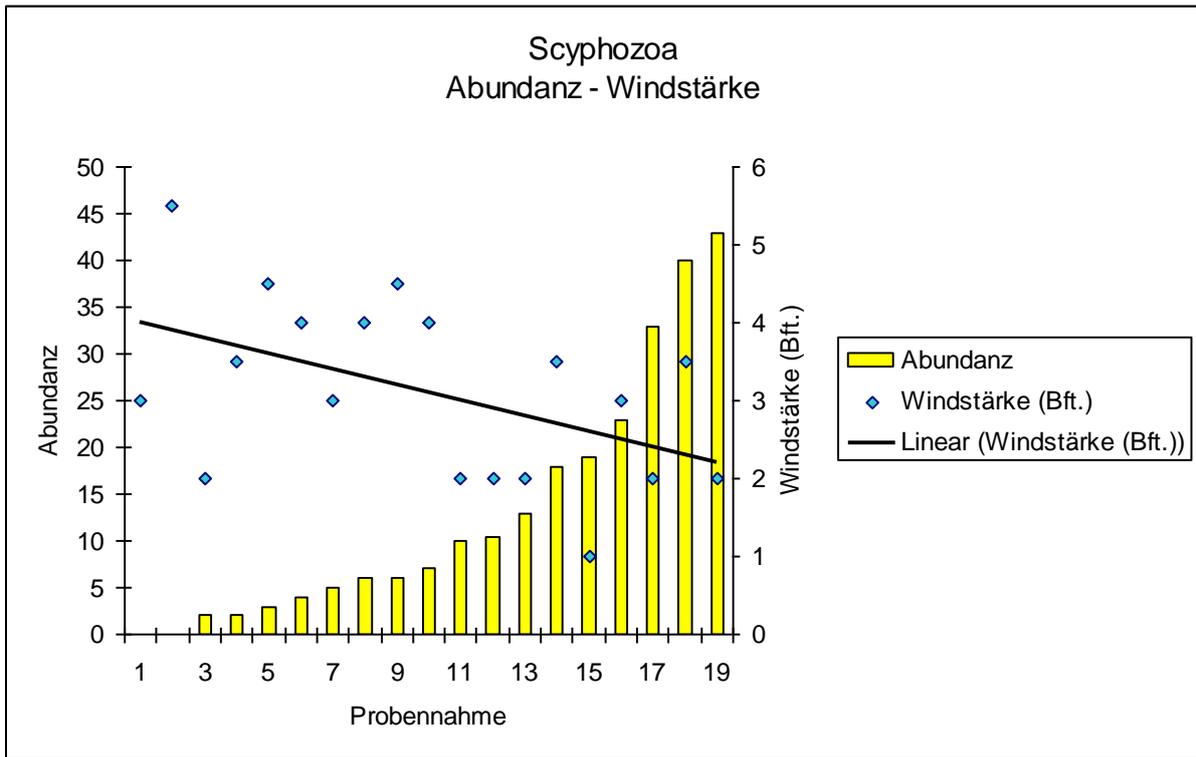


Abb. 54. Windstärke während der Fangfahrten

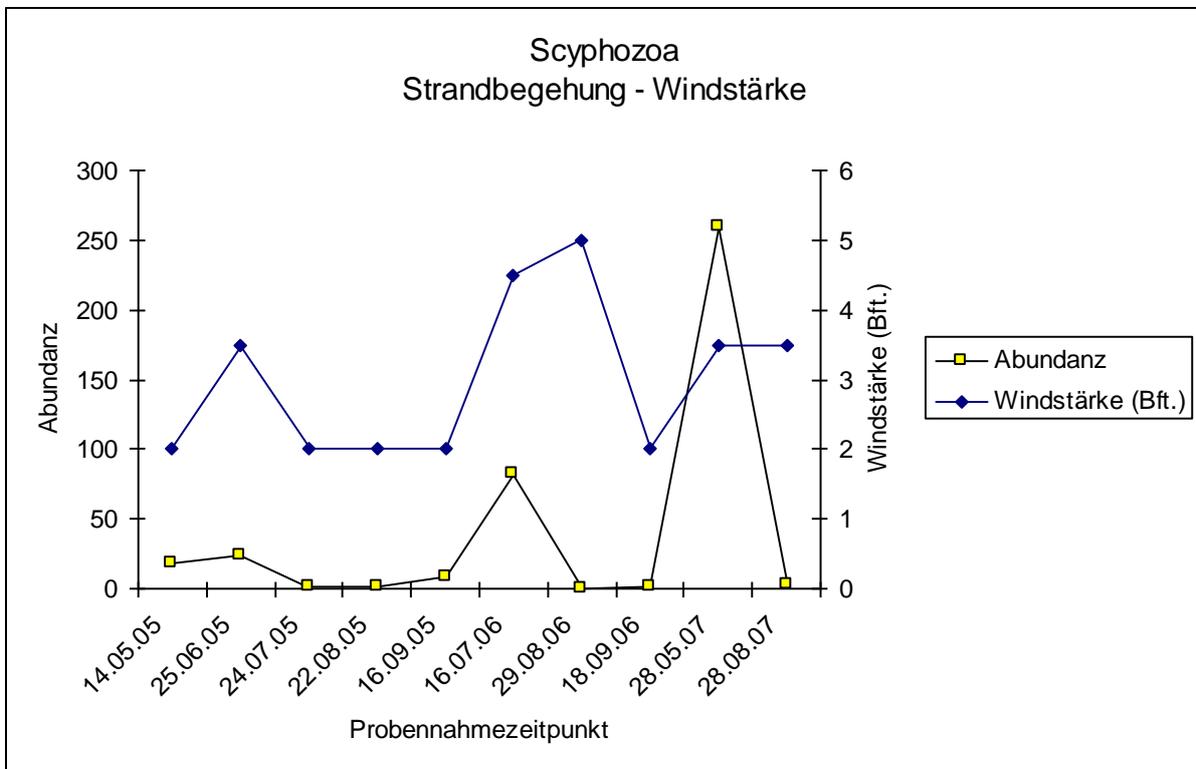


Abb. 55. Vergleich der Abundanz der Scyphozoa am Strandabschnitt im Vergleich zur Windstärke

Am 16.07.06 wurden bei ähnlich hohen Windstärken von 4–5 aus Nordost ebenfalls größere Individuenzahlen am Strandabschnitt gezählt. Diese bestanden fast ausschließlich aus *C. hysocella*. *C. lamarcki* und *A. aurita* waren mit jeweils einem Exemplar vertreten. Generell wurden erst bei Windstärken ab 3–4 höhere Medusenanzahlen festgestellt. Die Korrelation nach Pearson beträgt $r = 0,5385$, nach Spearman $\rho = 0,5394$, $P = 0,05414$, $N = 10$ (Abb. 55).

5.1.4.6. Windrichtung

Zusätzlich zur Windstärke wurde auch die Windrichtung gemessen. Größere Mengen an Medusen (> 10 Individuen gesamt pro Probennahme) wurden bei den Fangfahrten vermehrt bei nordöstlichen und nordwestlichen Windrichtungen beobachtet (47,3 % und 32,9 %), während sie bei Windrichtungen aus Nord (10,8 %) bis Süd (7,8 %) eher selten waren. Noch seltener war das Vorkommen bei Winden aus westlicher Richtung (1,2 %).

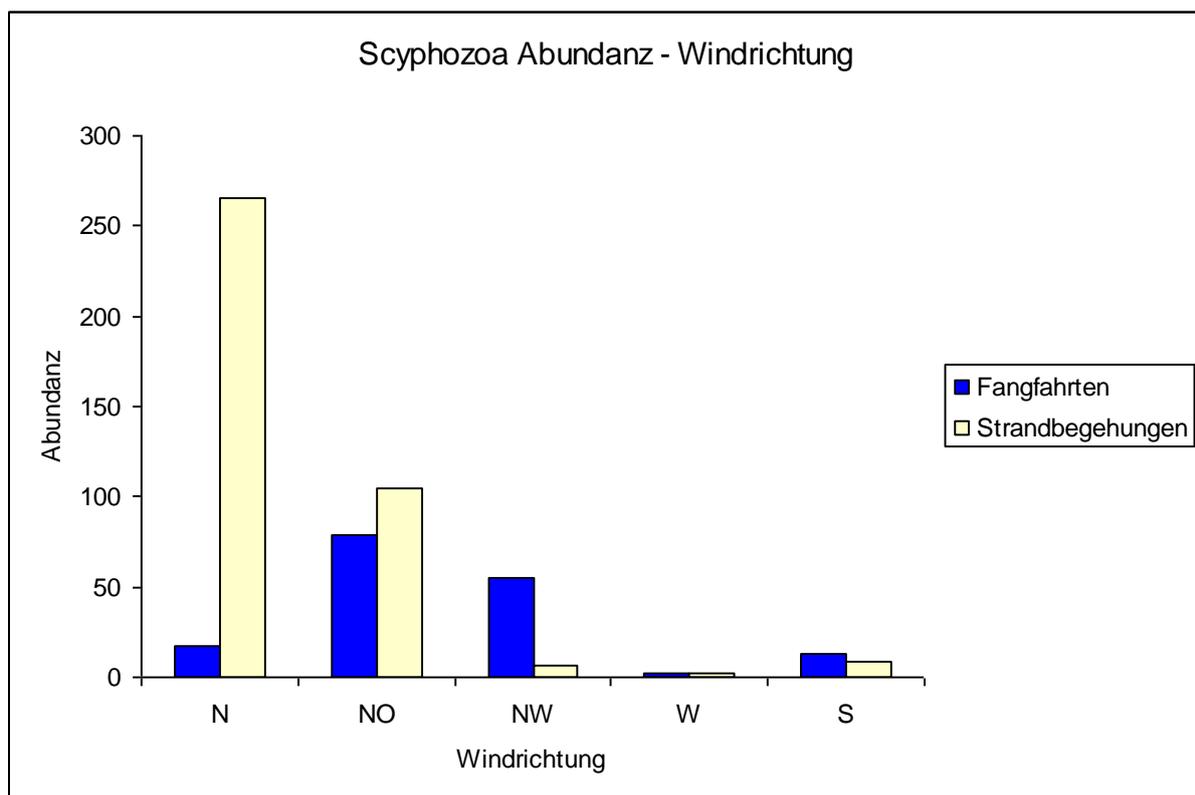


Abb. 56. Vergleich der Abundanz der Scyphozoa im Borkumer Untersuchungsgebiet mit der Windrichtung

Hierbei ist natürlich zu berücksichtigen, dass Windrichtungen aus dem Bereich Nordost bis Nordwest häufiger auftraten als andere Windrichtungen. Dennoch ist auffällig, dass bei Strandbegehungen bei nördlichen bis nordöstlichen Winden hohe Individuenzahlen auftreten; bei Nordwestwind jedoch nicht.

5.1.4.7. Sichttiefe

Nachstehend sollten auch abiotische Faktoren untersucht werden, die auf den ersten Blick nicht unmittelbar mit der Abundanz im Zusammenhang stehen. Hierzu gehört die Sichttiefe unter Wasser, welche vom herrschenden Grad der Trübung durch Plankton oder aufgewirbelte Sedimente bestimmt wird. Zunächst fällt auf, dass das Wasser im Jadebusen bedingt durch seine vornehmlich schlickigen Sedimente generell trüber ist als das Wasser vor Borkum, wo die Korngrößen des Sediments größer sind und dieses Sediment im Vergleich zum feinkörnigen Schlick nicht so leicht verdriftet werden kann. Zwar gibt es im südlichen Bereich der Insel ebenfalls feinsedimentierte Schlickwattflächen, im Borkumer Untersuchungsgebiet besteht der Meeresboden wegen der höheren Strömungsgeschwindigkeit jedoch zum Großteil aus Sand (siehe Kapitel 2 „Untersuchungsgebiet“).

Im Juni 2005 wurden vor Borkum bei einer Unterwassersichttiefe von etwa 3 m 40 Individuen gezählt, im Juli bei 1 m Sichttiefe 2 Exemplare, im August bei 1,5 m 43 Individuen. Im September wurden bei 2 m Sichttiefe 13 Individuen während der Fangfahrt gezählt. Andere Messungen ergaben bei geringen Differenzen der Sichttiefe große Unterschiede im Auftreten der Medusen. So betrug bei der Fangfahrt im Juli 2005 im Jadebusen die Sichttiefe 0,3 m, dabei wurden 4 Exemplare gefangen. Im August lag diese mit 0,5 m unwesentlich höher, es wurden jedoch 19 Individuen gezählt. Das Diagramm zeigt auch gegenläufige Ergebnisse. So wurden im September 2006 bei einer Sichttiefe von 3 m nur 10 Exemplare gezählt, im Jadebusen bei 0,6 m jedoch 23 Individuen. Im Mai 2007 wurden bei einer Sichttiefe von 1 m vor Borkum bei der Fangfahrt 18 Individuen gezählt (bei der Strandbegehung allerdings 260 Exemplare), im August bei 0,4 m nur 3 Individuen. Die Korrelation nach Pearson beträgt $r = 0,4778$, nach Spearman $\rho = 0,5275$, $P = 0,04935$, $N = 13$, (Abb. 57a, 57b.).

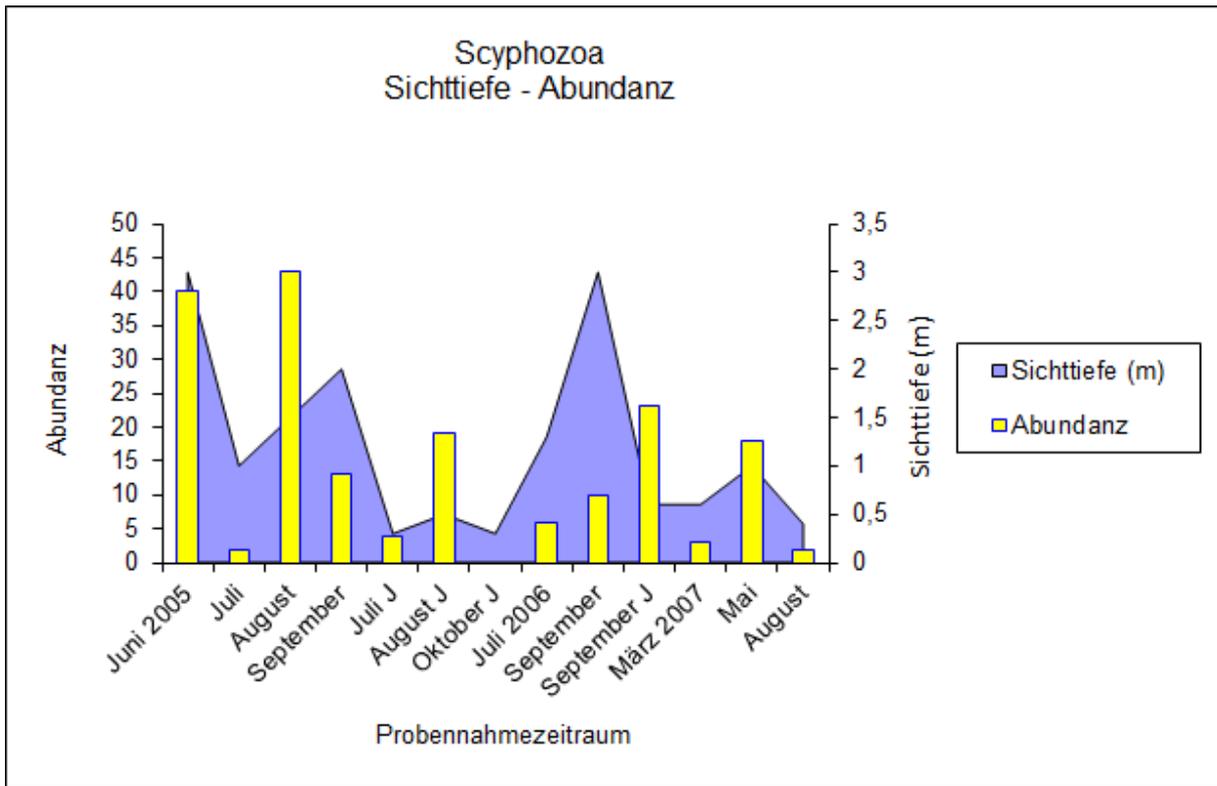


Abb. 57a. Vergleich der Unterwassersichttiefe und der Abundanz 2005–2007. (J = Jadebusen)

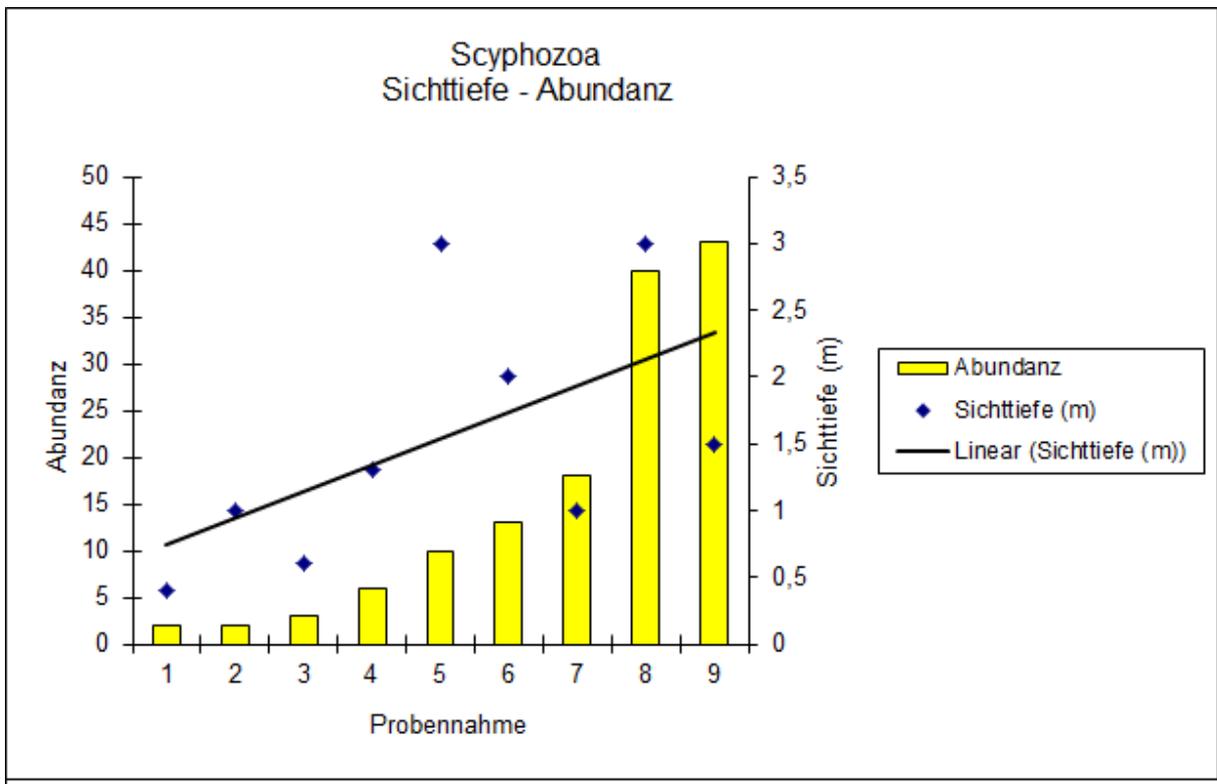


Abb. 57b. Vergleich der Unterwassersichttiefe und der Abundanz 2005–2007

5.1.4.8. Bewölkungsgrad

Ausgehend davon, dass Medusen der Scyphozoa wie *A. aurita* phototaktisches Verhalten zeigen (Hammer et al. 1994, Coates 2003), sollte untersucht werden, ob der Bewölkungsgrad und somit der Einfluss des Lichtes Auswirkungen auf das Auftreten von Medusen im oberflächennahen Wasser hat.

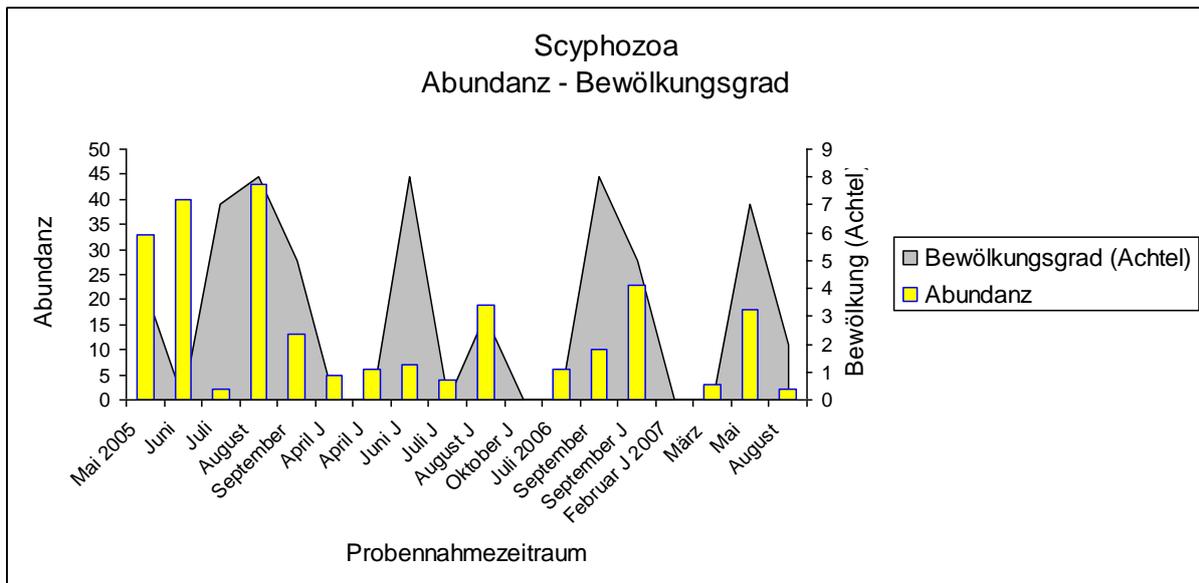


Abb. 58. Vergleich der Bewölkung und der Abundanz 2005–2007. (J = Jadebusen)

Im August 2005 wurde vor Borkum und im Juni im Jadebusen eine hohe Abundanz bei starker Bewölkung gemessen, jedoch ist die Abundanz an Tagen mit geringer Bewölkung ebenso hoch (Juni 2005 vor Borkum).

Eine geringe Abundanz wurde bei starker Bewölkung (7/8) im Juli 2005 vor Borkum gemessen. Im August 2007 wurde bei geringer Bewölkung (2/8) eine geringe Anzahl von Individuen gezählt. Ein ähnliches Bild zeigte sich im Jadebusen im Juli 2006, wobei der Himmel bei der Probennahme wolkenlos war und nur 4 Individuen gezählt wurden. Eine geringfügig höhere Abundanz wurde im Vormonat Juni gemessen (7 Exemplare), obwohl der Bewölkungsgrad (8/8) eine vollkommene Bedeckung des Himmels angab. Die Korrelation beträgt nach Pearson $r = 0,3266$, nach Spearman $\rho = 0,3705$, $P = 0,09295$, $N = 18$ (Abb. 58).

5.1.5. Unterwassererkundungen

Die Unterwasserbeobachtungen wurden zwischen 2005 und 2008 in den Monaten Mai bis September durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass die meisten Medusen nahe der Oberfläche in 0-0,5 m Tiefe vorkamen. Im Bereich von 1,0–2,0 m Tiefe wurden deutlich weniger Individuen gesichtet.

Die Schwimmelage der Medusen war in Oberflächennähe (0–0,5 m Tiefe) fast stets zur Oberfläche ausgerichtet. Bei den Individuen in Tiefen zwischen 0,5–3,0 m Tiefe war die Schwimmachse meistens zwischen 30° und 90° zur Oberfläche ausgerichtet. Nur vereinzelt wies die Schwimmrichtung einzelner Exemplare in die Tiefe.

Im ruhigen Wasser wiesen die Tentakel überwiegend eine große Länge bis zur maximalen Ausdehnung auf, wobei von einem Beutefangverhalten ausgegangen werden kann (siehe Werner 1993). Diejenigen Medusen, welche sich in Bodennähe befanden und wiederholten Kontakt mit diesem hatten, kontrahierten ihre Tentakeln jedoch sehr schnell. Dies war bei den oberflächennahen Individuen ebenso zu beobachten, wenn mäßiger Wellengang (>0,2 m Wellenhöhe) herrschte. Dies konnte besonders bei der Art *C. lamarcki* beobachtet werden.

Es wurde bei den Unterwasserbeobachtungen festgestellt, dass die bei weitem häufigste Art *C. lamarcki* war, vor allem im Frühsommer. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der Fangfahrten und der Strandbegehungen. Die zweithäufigste, jedoch weitaus seltenere Art war *Chrysaora hysoscella*. Von *Rhizostoma octopus* konnten nur subadulte Medusen fotografiert werden. *Mnemiopsis leidyi* und *Pleurobrachia pileus* konnten im Borkumer Schutzhafen im oberflächennahen Wasser (-1m Tiefe) beobachtet werden.

5.2. Laboruntersuchungen der Scyphozoa

Um festzustellen, ob das Wachstum von Ephyren bis zum Subadultstadium temperaturabhängig war, wurde *C. capillata* bei 6 °C und 12 °C gehältert. Desweiteren wurde *A. aurita* bis zum Subadultstadium gehältert, um einen Vergleich zu den Felduntersuchungen ziehen zu können.

Es gelang, *C. capillata* 17 Wochen zu hältern. Dabei konnte eine Größenzunahme von 4 mm auf 11 mm bei 6 °C (mittlerer Schirmdurchmesser) und von 3,5 mm auf 10 mm bei 12 °C (mittlerer Schirmdurchmesser) gemessen werden (Abb. 59). Die Art erreichte bei 6 °C eine Maximalgröße von 18 mm, die kleinsten Exemplare wiesen am Ende der Hälterungsperiode nur 7 mm Schirmdurchmesser auf. Bei 12 °C wurde eine Maximalgröße von 20 mm gemessen, die kleinsten Exemplare erreichten 6 mm Schirmdurchmesser. Es wurde ersichtlich,

dass sich einige Individuen besonders etablieren konnten. Eine deutliche Größenzunahme einzelner Medusen wurde bereits nach 7 Wochen beobachtet.

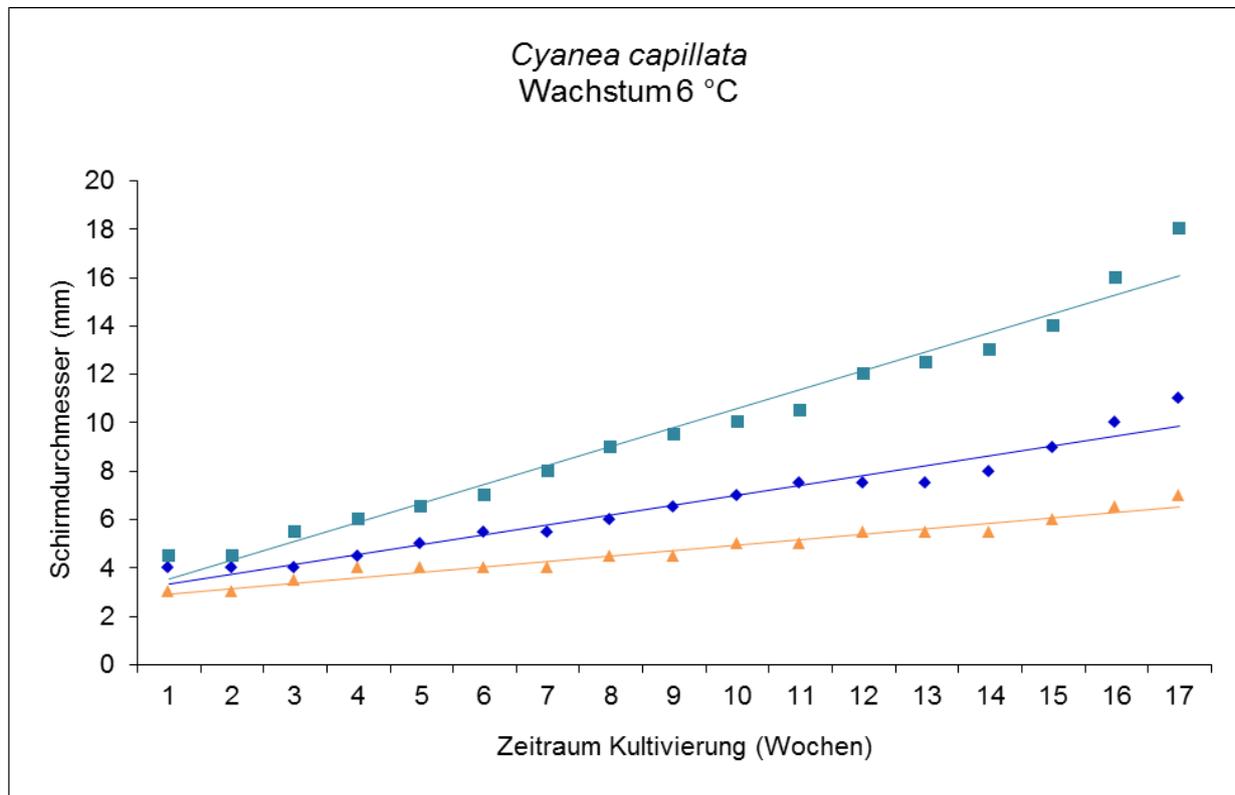


Abb. 59. Wachstum von *Cyanea capillata* bei 6 °C im Hälterungszeitraum von 17 Wochen. Dargestellt sind der minimale (orange), der mittlere (blau) und der maximale (grün) Wert des Schirmdurchmessers.

Eine besondere Zunahme der Maximalgröße erfolgte ab der 15. Woche. Der Mittelwert stieg ab der 14. Woche deutlich an. Zwischen der 4. und 7. Woche stagnierte das Wachstum der kleinsten Individuen, erst danach kam es zu einem langsamen Anstieg, wobei zwischen der 12. und der 14. Woche eine Stagnation eintrat (Abb. 59).

Beim 12 °C-Ansatz erfolgte bei der Maximalgröße der Individuen nach einem raschen Anstieg eine Stagnation in der 6. bis 9. Woche. Danach stieg der Schirmdurchmesser jedoch deutlich an. Auch hier konnte ab der 15. Woche eine deutliche Größenzunahme gemessen werden, mit schnellerem Anstieg als beim 6 °C-Ansatz. Das beschleunigte Wachstum einzelner Individuen konnte beim 12 °C-Ansatz bereits nach 4 Wochen festgestellt werden. Die kleinsten Individuen blieben bis zur 6. Woche bei einer Größe von 3 mm. Erst dann konnte ein geringfügiges Wachstum festgestellt werden, welches zwischenzeitlich stagnierte. Der Mittelwert stieg langsam, aber relativ kontinuierlich an (Abb. 60).

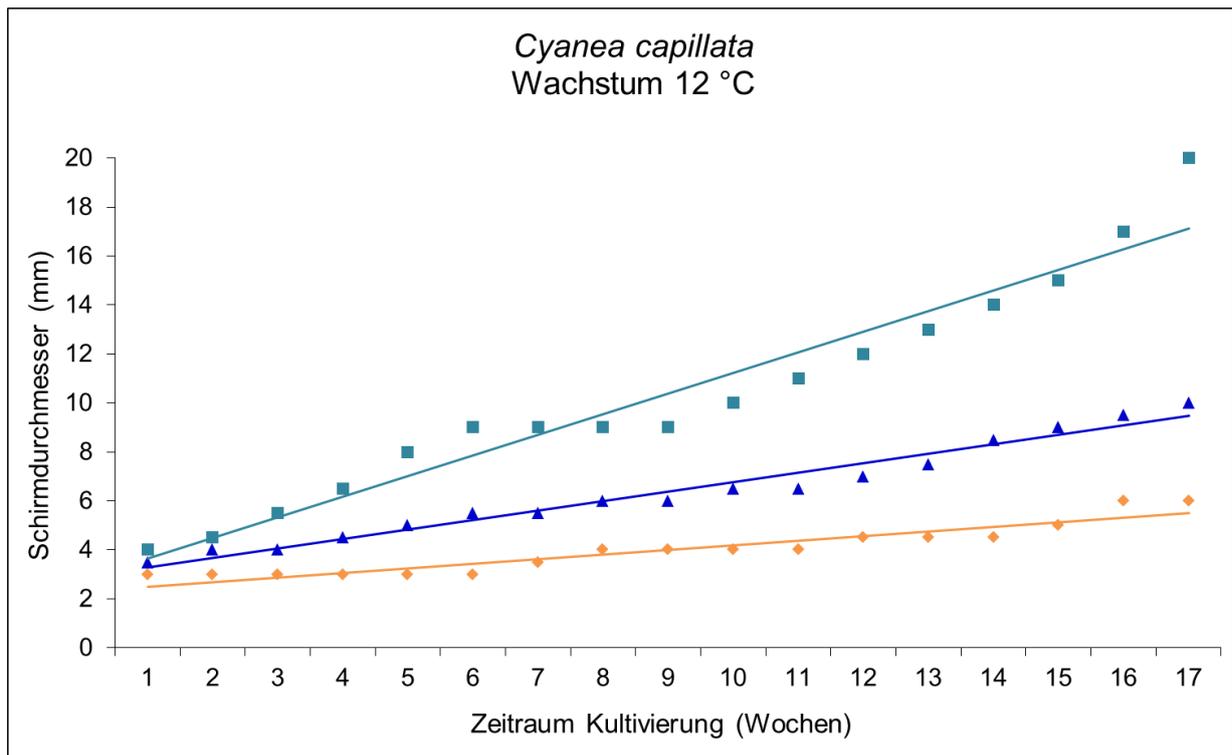


Abb. 60. Wachstum von *Cyanea capillata* bei 12°C im Hälterungszeitraum von 17 Wochen. Dargestellt sind der minimale (orange), der mittlere (blau) und der maximale (grün) Wert des Schirmdurchmessers.

Vergleicht man das mittlere Wachstum des Schirmdurchmessers beider Temperaturansätze, so ergibt sich kein signifikanter Unterschied. Bis zur 8. Woche verläuft das Wachstum beider Temperaturansätze gleichwertig, erst danach driften die Wachstumskurven auseinander.

Zwischen der 8. und 13. Woche erfolgt eine höhere Größenzunahme bei 6 °C, ab der 13. Woche haben sich die Werte jedoch wieder angeglichen. Zwischen der 13. und 15. Woche verläuft das Wachstum beim 12 °C-Ansatz schneller, von der 15. Woche bis zum Ende des Hälterungszeitraumes beschleunigt sich jedoch das Wachstum beim 6 °C-Ansatz deutlich (Abb. 61).

Beim Vergleich der maximalen mit der mittleren Größe ergibt sich ein etwas differenzierteres Bild. Das Wachstum driftet hier bereits nach 4 Wochen auseinander. Bis zur 8. Woche erfolgt das Wachstum der größten Individuen bei 12 °C schneller als bei 6 °C. So erreichen die größten Individuen nach 6 Wochen bei 12 °C bereits 9 mm Schirmdurchmesser, bei 6 °C erst 7 mm. Erst ab der 8. Woche erfolgt das Wachstum ungefähr gleich schnell.

Von der 14. Woche bis zum Ende des Hälterungszeitraumes erreichen die größeren Exemplare bei 12 °C einen etwas größeren Schirmdurchmesser als jene bei 6 °C (Abb. 62).

Bereits bei einem Durchmesser von ca. 7 mm entwickeln sich bei den Ephyren erste Tentakel (Abb. 63).

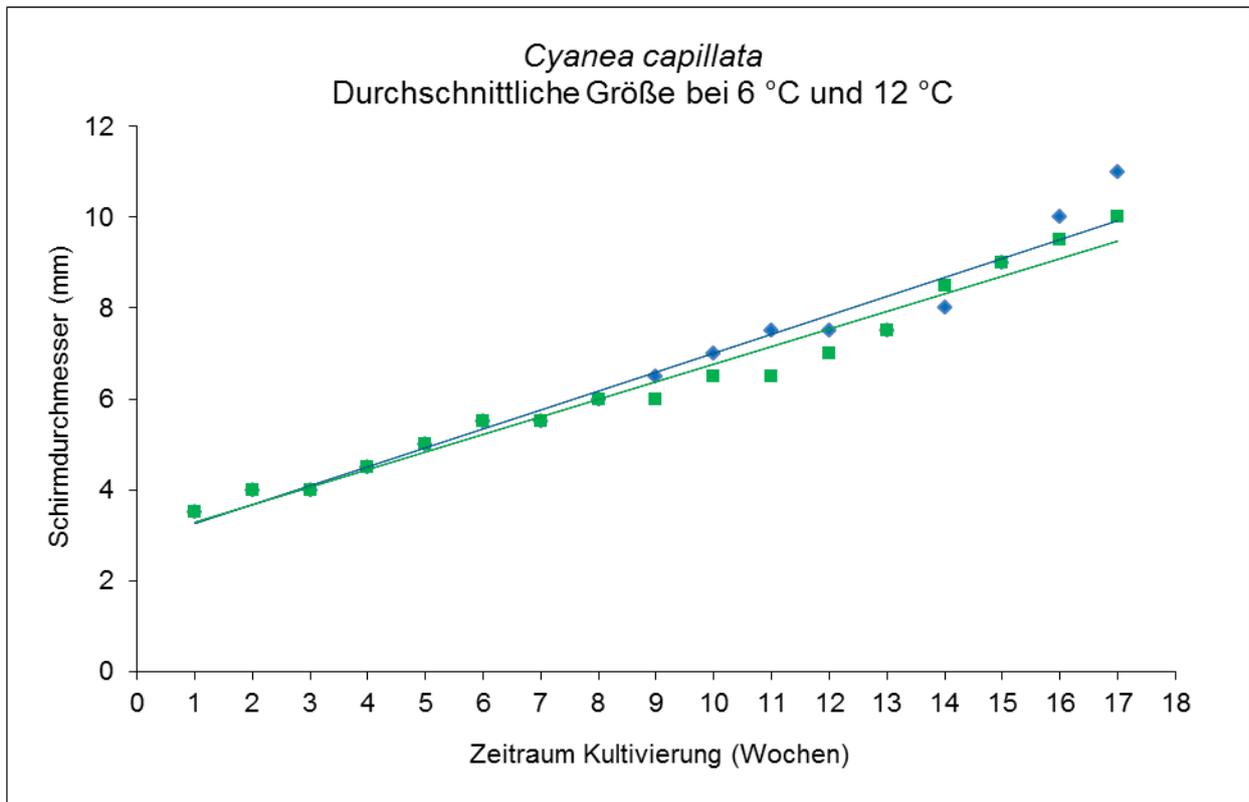


Abb. 61. Mittlerer Schirmdurchmesser von *Cyanea capillata* bei 6 °C (blau) und 12 °C (grün)

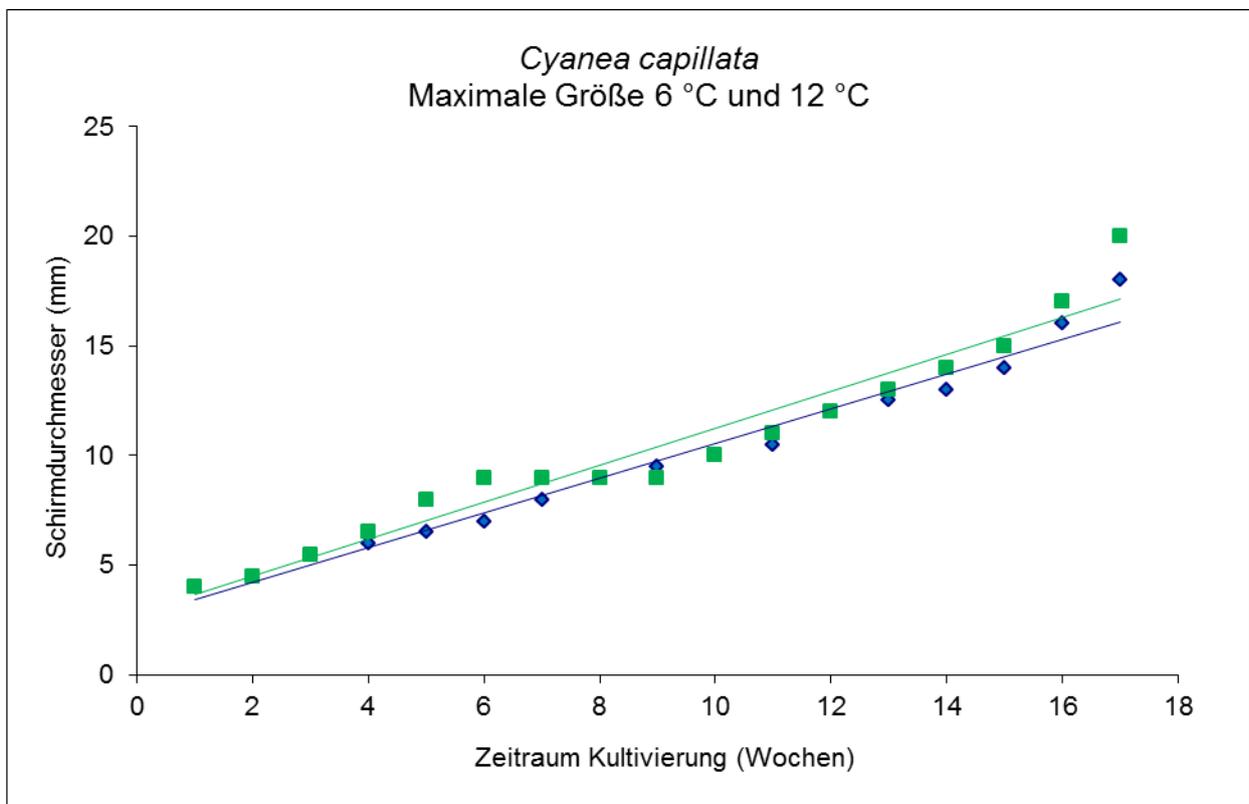


Abb. 62. Maximaler Schirmdurchmesser von *Cyanea capillata* bei 6 °C (blau) und 12 °C (grün)



Abb. 63. Tentakelbildung bei Ephyren von *Cynaëa capillata*.

Das Wachstum von *A. aurita* wurde über einen Zeitraum von 14 Wochen verfolgt. Hier zeigte sich bereits ab der 4. Woche eine deutliche Zunahme der Schirmgröße bei einzelnen Individuen (Abb. 64). Diese erreichten eine Maximalgröße von bis zu 50 mm, während die mittlere Größe 10 mm erreichte. Die kleinsten Exemplare erreichten 8 mm Schirmdurchmesser. Das Wachstum der größten Exemplare weicht noch stärker von der mittleren Größe ab als bei *C. capillata*. Die Individuen mittlerer Größe sowie die kleinen Individuen entwickeln sich jedoch nur sehr langsam.

Ab der 11. Woche entwickeln sich die Medusen schneller, was besonders auf die ohnehin schon sehr großen einzelnen Individuen zutraf. Der Schirmdurchmesser vergrößerte sich bei diesen Individuen von 35 auf 50 mm, gleichbedeutend einer Zunahme von 5 mm pro Woche. Der mittlere Schirmdurchmesser nahm in diesem Zeitraum von 12 mm auf 18 mm zu.

Die Anzahl der Individuen sank in allen Versuchsansätzen deutlich. Waren am Anfang jedes Zuchtansatzes ca. 40 Individuen vorhanden, so waren es am Ende nur zwischen 8-20.

Bei *A. aurita* bildete sich bei ca. 30 mm Schirmdurchmesser eine blaugrüne Färbung an den Gonaden und im Bereich des Schirmes. Ob die Färbung in der Exumbrella oder Subumbrella lokalisiert war, konnte nicht eindeutig festgestellt werden. Nach Gefriertrocknung einiger Individuen und Zermahlen in einem Mörser wurde versucht, den Farbstoff mit Aceton zu

extrahieren. Es bleibt ungeklärt, ob es sich hierbei um eine natürliche Entwicklung oder einen Artefakt durch die Fütterung (*Artemia*) oder die Haltungsbedingungen handelte.

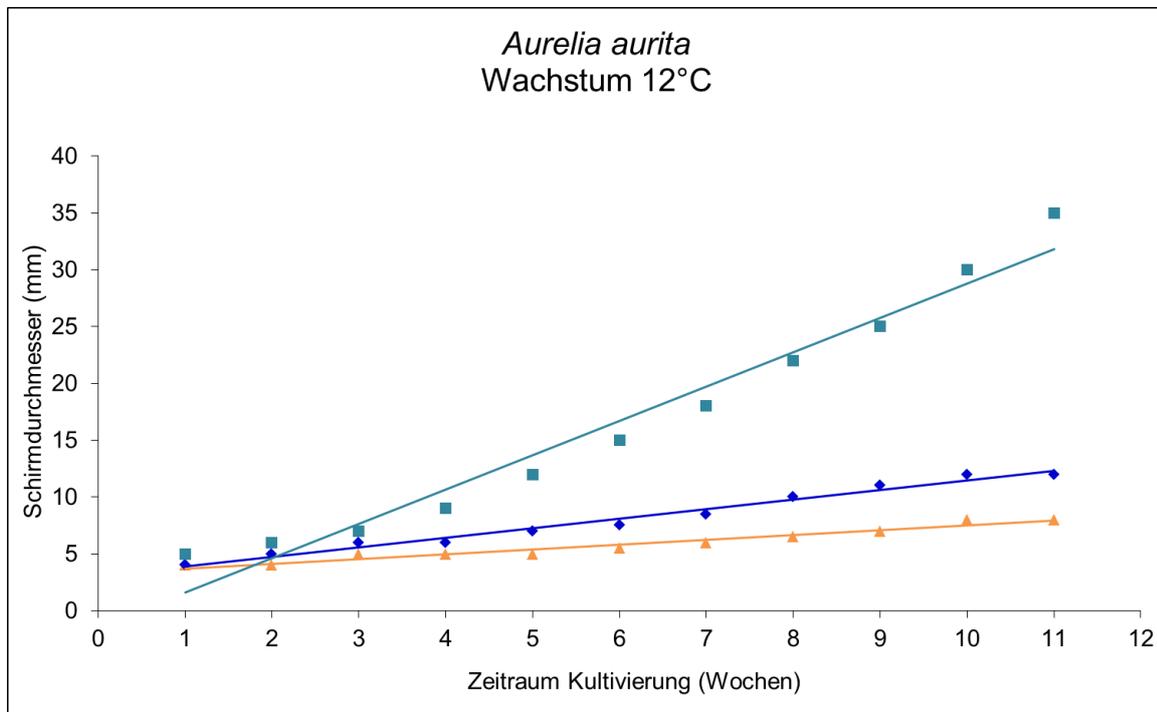


Abb. 64. Wachstum von *Aurelia aurita* im Hälterungszeitraum von 14 Wochen. Dargestellt sind der minimale (orange), der mittlere (blau) und der maximale (grün) Wert des Schirmdurchmessers.

5.3. Felduntersuchungen der Ctenophora

Im Juli 2006 fand sich in einer Probe, welche während der Untersuchungen der Scyphozoa vor Borkum genommen wurde, eine Reihe von Ctenophora, die später als *Mnemiopsis leidyi* bestimmt werden konnten. Da diese Art invasiv ist, wurde beschlossen, ihr Auftreten im Untersuchungsgebiet Jadebusen genauer zu untersuchen. Hierbei sollte die Populationsentwicklung in Bezug auf Abundanz und Biomasse beobachtet werden.

5.3.1. Erstes Auftreten von *Mnemiopsis leidyi* 2006–2007

Zunächst wurde die Art qualitativ beprobt. Zweck war es, ihr Wiederauftreten im Sommer 2007 zu dokumentieren. Nach der Erstentdeckung am 16.07.06, welche wahrscheinlich die erste Entdeckung der Art in der südlichen Nordsee darstellt, wurde *M. leidyi* noch zwei weitere Male bei Fangfahrten entdeckt, und zwar in beiden Untersuchungsgebieten. Da die Exemplare durch den Netzdruck zum Teil stark beschädigt waren, konnte keine genaue Zählung durchgeführt und nur Schätzungen vorgenommen werden.

Im Oktober 2006 wurden an der Nordmole im Mündungsbereich des Jadebusens mit einem Senknetz Vertikalfänge durchgeführt. Die Wassertiefe lag bei 3–5 m. Hierbei konnten 12 Individuen gefangen werden.

Im April 2007 wurde in wöchentlichen Abständen mit der Beprobung des Wassers im Nassauhafen begonnen, um das Wiederauftreten der Art im Jadebusen zu bestimmen. Die Beprobung erfolgte wieder durch ein Senknetz mit Vertikalzügen. Am 06.08.2007 konnte die Art erneut im Jadebusen bei Senknetzzügen nachgewiesen werden. Im Zuge der Scyphozoa-Fangfahrten konnte die *M. leidyi* auch im Borkumer Untersuchungsgebiet wiederentdeckt werden. Während der Fangfahrt wurden ca. 40–50 Exemplare gezählt (Tab. 3).

Datum	Fundort	Abundanz	Bemerkung
16.07.06	Borkum	~ 50	Erstbeobachtung während Scyphozoa - Fangfahrt
18.09.06	Borkum	> 100	während einer Scyphozoa - Fangfahrt
27.09.06	Jadebusen	> 100	während einer Scyphozoa - Fangfahrt
16.10.06	Jadebusen	12	Züge mit Senknetz an Nordmole
06.08.07	Jadebusen	6	Züge mit Senknetz im Nassauhafen
28.08.07	Borkum	40–50	während einer Scyphozoa - Fangfahrt

Tab. 3. Nachweise von *Mnemiopsis leidyi* 2006 und 2007

5.3.2. Abundanz

Die erste systematische Beprobung fand im Jahr 2009 statt. Mit einem kleineren Netz und kleinerer Maschenweite wurden von April bis Dezember 12 Fangfahrten durchgeführt.

Zunächst wurde im Frühjahr eine größere Anzahl an Individuen gezählt (17.04. = 10 Ind., 28.05. = 24 Ind.). Die folgenden Fangfahrten zeigten aber einen Rückgang bis zum Juli.

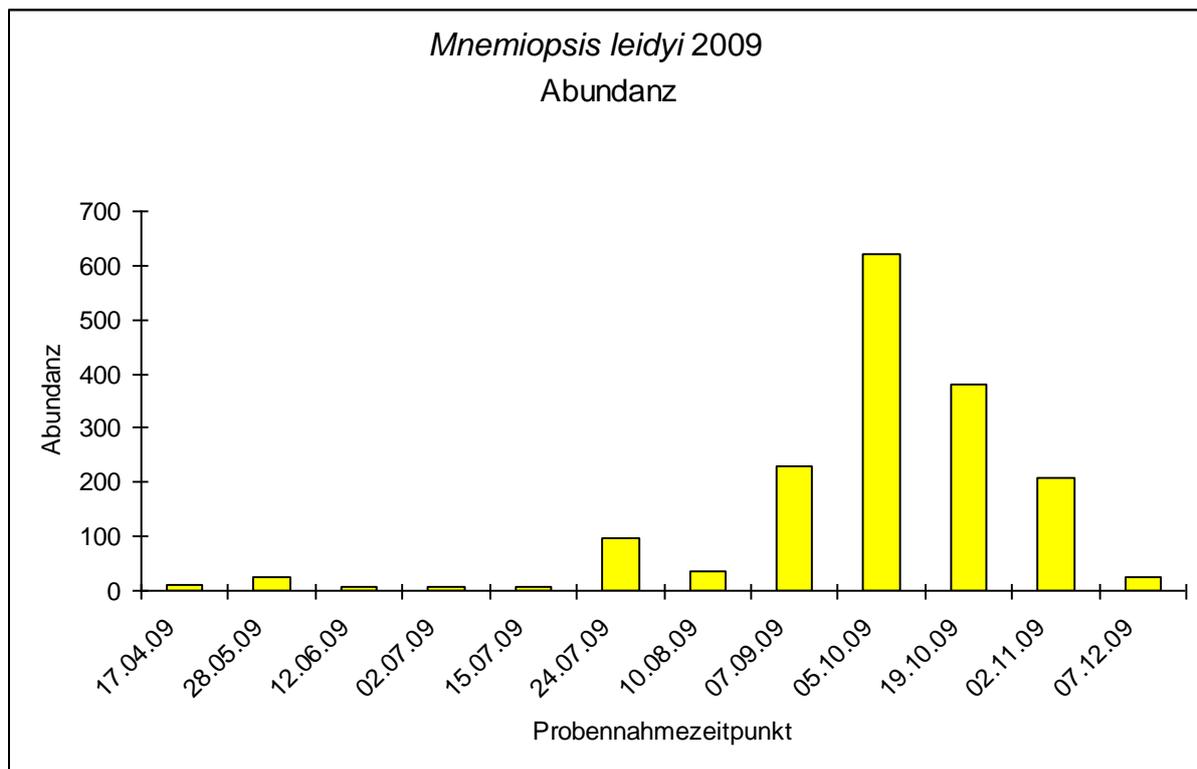


Abb. 65. Abundanz von *Mnemiopsis leidyi* während der Fangfahrten 2009

Am 12.06. und am 12.07. wurden jeweils nur 6 Individuen, am 15.07. nur 7 Individuen gezählt. Danach stieg die Population deutlich an (24.07. = 98 Ind.) und erreichte nach einem kurzzeitigen Rückgang am 10.08. (35 Ind.) einen Höchststand im Oktober (5.10. = 621 Ind., 1,55 ind m⁻³). Ende Oktober sank die Abundanz kontinuierlich (19.10. = 382 Ind.), lag Anfang November aber immer noch höher als im Sommer (2.11. = 210 Ind.). Im Dezember konnten noch 25 Individuen gezählt werden (Abb. 65).

Erstmalig wurden während dieser Probennahme auch 4 Exemplare von *Beroe gracilis* nachgewiesen werden. Ob die Art nach dem 7.12. noch im Jadebusens vertreten war, konnte nicht mehr untersucht werden. Insgesamt zeigt sich eine Populationskurve, deren Scheitelpunkt Anfang Oktober lag.

Bei den Probennahmen vom 17.04.–02.07. wurde nur jeweils eine Fangfahrt von 60 min. unternommen, danach wurden 3 Fahrten zu je 20 min. durchgeführt.

Die nächste Untersuchung konnte erst im Jahre 2011 durchgeführt werden. Die Ausrüstung war dieselbe wie während der Untersuchungen im Jahr 2009. Es wurden 8 Fangfahrten durchgeführt.

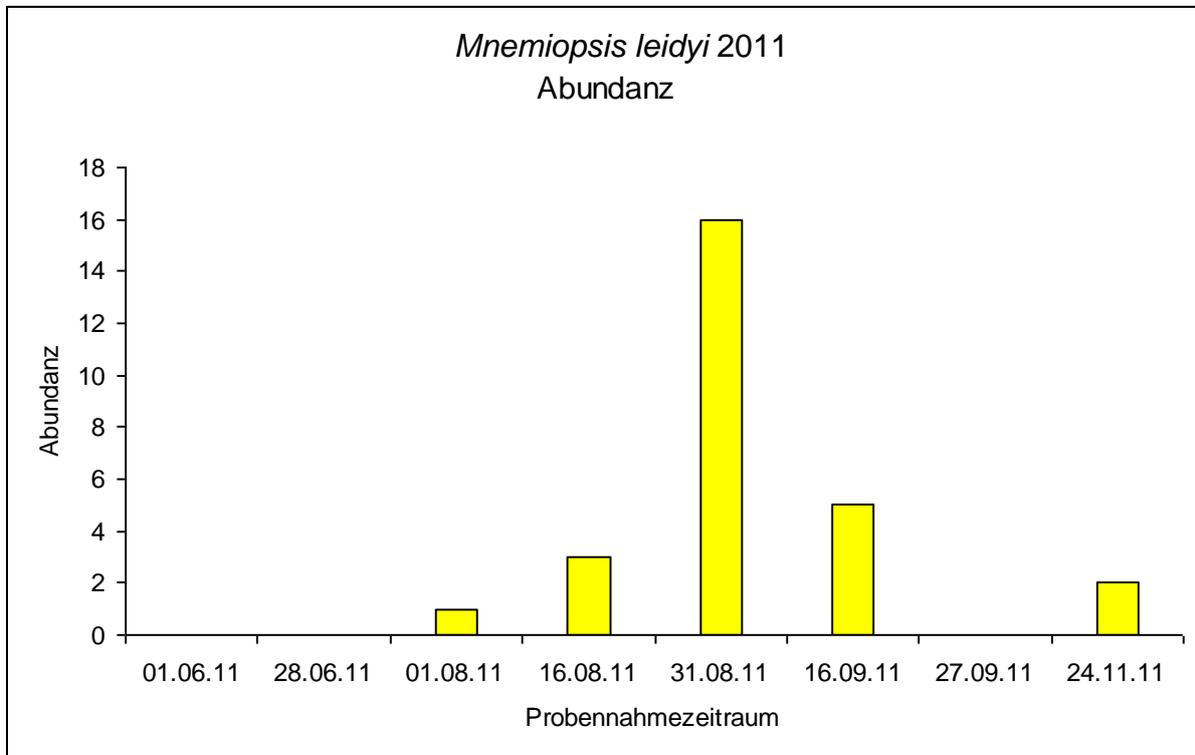


Abb. 66. Abundanz von *Mnemiopsis leidyi* während der Fangfahrten 2011

Bei den Untersuchungen stellte sich heraus, dass die Abundanz von *M. leidyi* deutlich geringer war als zwei Jahre zuvor. Während der ersten beiden Fangfahrten wurden überhaupt keine Exemplare der Art gefangen, erst am 01.08. gelang der Nachweis. Hierbei wurde jedoch nur ein Individuum gefangen. Am 16.08. wurden 3 Individuen gezählt. Erst das Ergebnis der Fangfahrt vom 31.08. ließ einen deutlichen Anstieg der Abundanz erkennen (16 Individuen). Im September ging die Population bereits wieder zurück (16.09. = 5 Ind.). Am 27.09. konnte die Art nicht nachgewiesen werden. Bei der letzten Fangfahrt am 24.11. wurden 2 Individuen gefunden (Abb. 66).

5.3.3. Biomasse

Die Biomasse zeigte sich nicht immer im gleichen Verhältnis zur Abundanz, da die Individuen von *M. leidy* während der Fangfahrten unterschiedliche Größen aufwiesen.

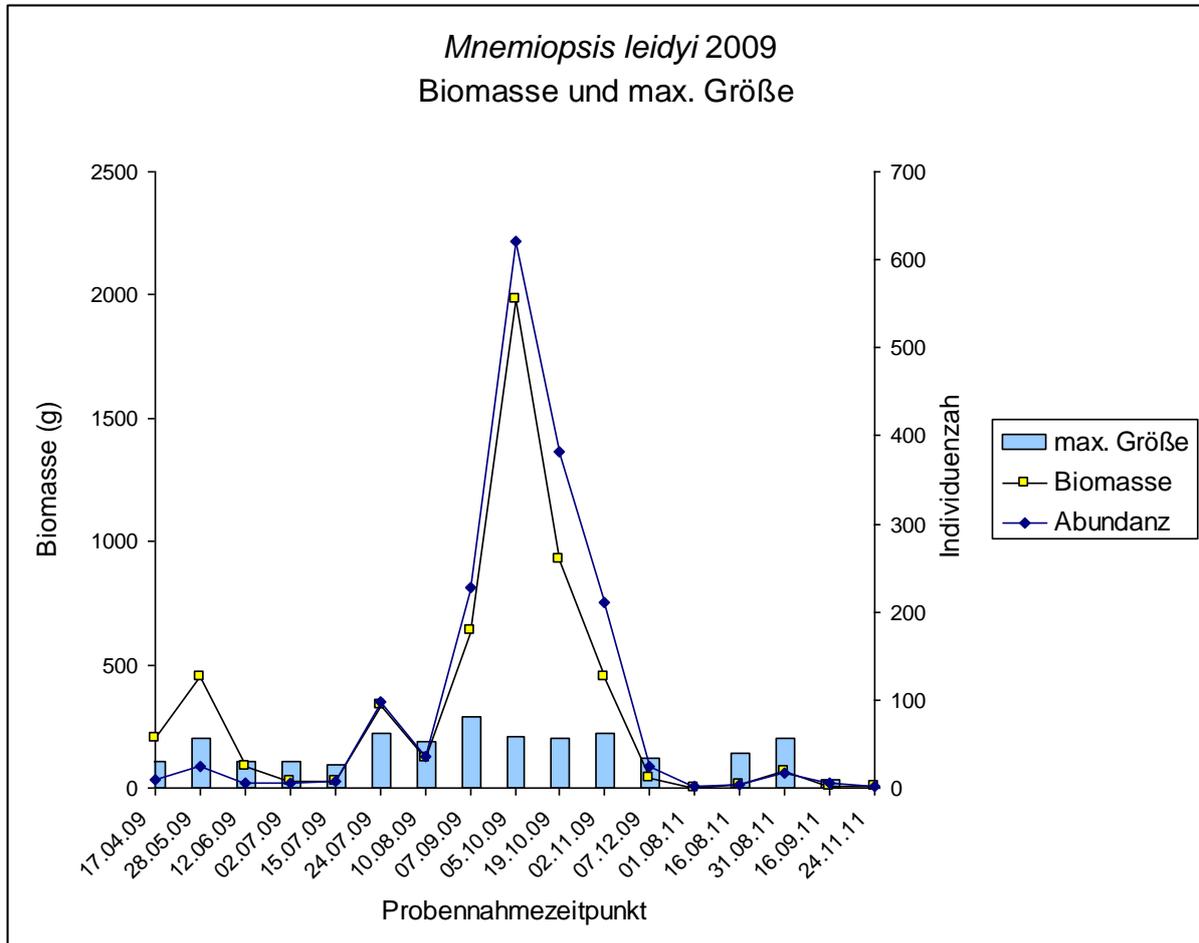


Abb. 67. Biomasse und Abundanz von *Mnemiopsis leidy* während der Fangfahrten 2009

So besaßen die Individuen bei der Probennahme im April und Mai 2009 eine deutlich höhere Biomasse als in den folgenden Monaten ($200,8 \text{ g}/10 \text{ Ind.} = 20,1 \text{ g}/\text{Ind.}$ im April, $447 \text{ g}/24 \text{ Ind.} = 18,6 \text{ g}/\text{Ind.}$ im Mai). Ab September nahm die Biomasse der einzelnen Individuen deutlich ab, einhergehend mit einer Verringerung der Größe. So wurden in der Probe vom 2.11. Individuen gezählt, welche zusammen aber eine ähnliche Biomasse besaßen wie die Probe vom 28.05. ($453,4 \text{ g}$). Im Dezember nahm die Biomasse auf einen ähnlich geringen Wert ab wie in den Sommermonaten (Abb. 67).

Für einen ausreichenden Vergleich liegen vom Probenjahr 2011 aufgrund der geringen Fangquote nur wenige Daten vor. Die Biomasse nahm jedoch auch wie die Abundanz im Spätsommer zu. In der Probe vom 31.08. wiesen die 16 gezählten Individuen eine Biomasse

von 64,8 g auf (Abb. 68). In der Probe vom 16.09. nahm die Biomasse gegenüber der Abundanz deutlich ab, (4,5g/5 Ind.), um im Spätherbst wieder leicht anzusteigen (5,6 g/2 Ind.).

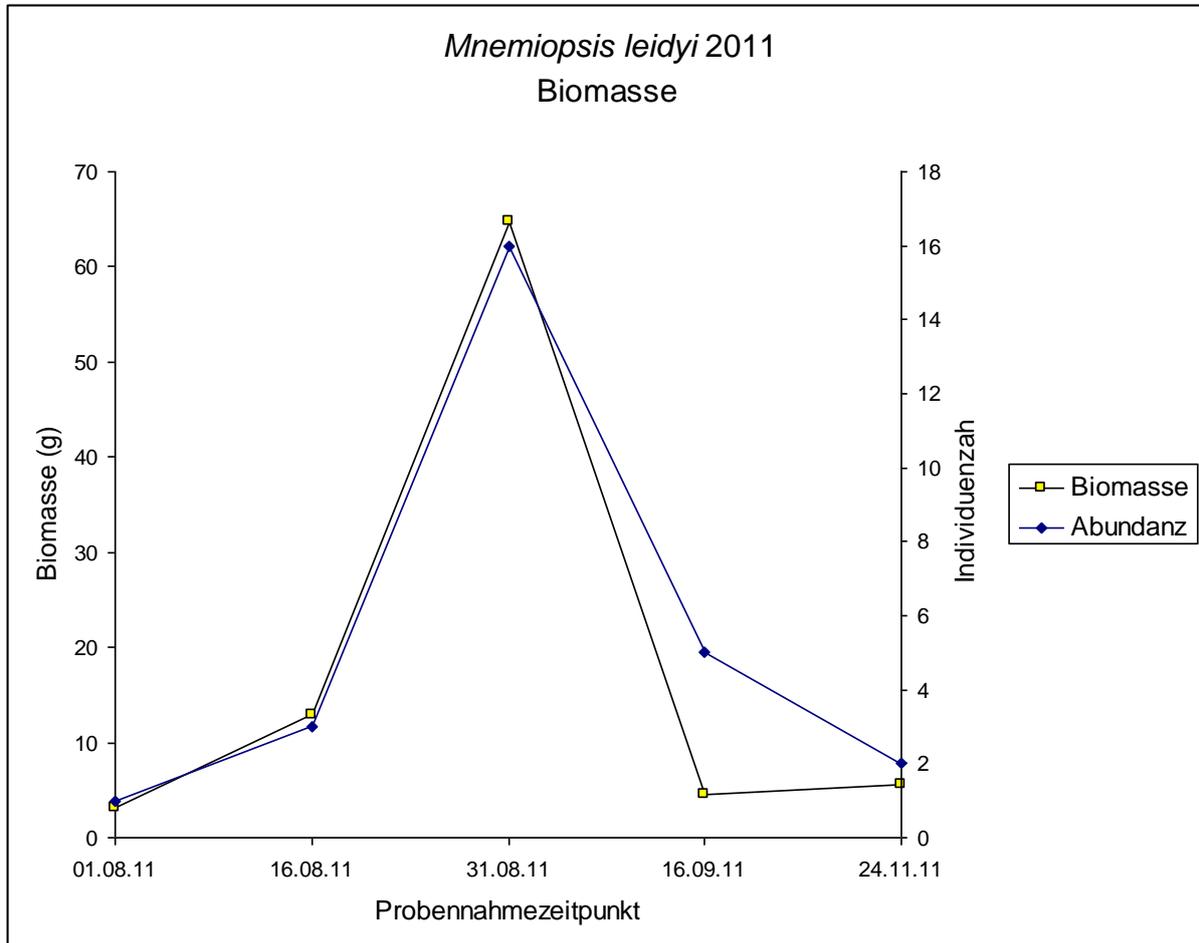


Abb. 68. Biomasse und Abundanz von *Mnemiopsis leidyi* während der Fangfahrten 2011. Eingetragen sind nur die Fangdaten, bei denen *M. leidyi* erfolgreich beprobt wurde.

In den ersten Proben vom April, Mai und Juni 2009 ist die Biomasse der Individuen vergleichsweise hoch, sinkt jedoch in den Proben von Mai und Juni bereits leicht ab. Allerdings ist die Beobachtung bei 3 Datensätzen relativ unsicher. Danach bleibt die Biomasse bis zum Ende des Probennahmezeitraumes gering. Im Jahre 2011 ist die Biomasse der einzelnen Exemplare zwar höher, bleibt allerdings insgesamt auf niedrigem Niveau und sinkt im Herbst ab (Abb. 69).

Die Biomasse deckt sich allerdings nicht mit der maximalen Größe der einzelnen Tiere. Obwohl die einzelnen Individuen ab Juli eine immer kleinere Biomasse der Einzeltiere aufweisen, erreicht die maximale Länge höhere Werte als in den Monaten zuvor (bis zu 80

mm). Es ist anzumerken, dass jedoch nur wenige Einzelexemplare eine solche Größe aufwiesen und die überwiegende Mehrzahl der Individuen deutlich kleiner war (Abb. 70).

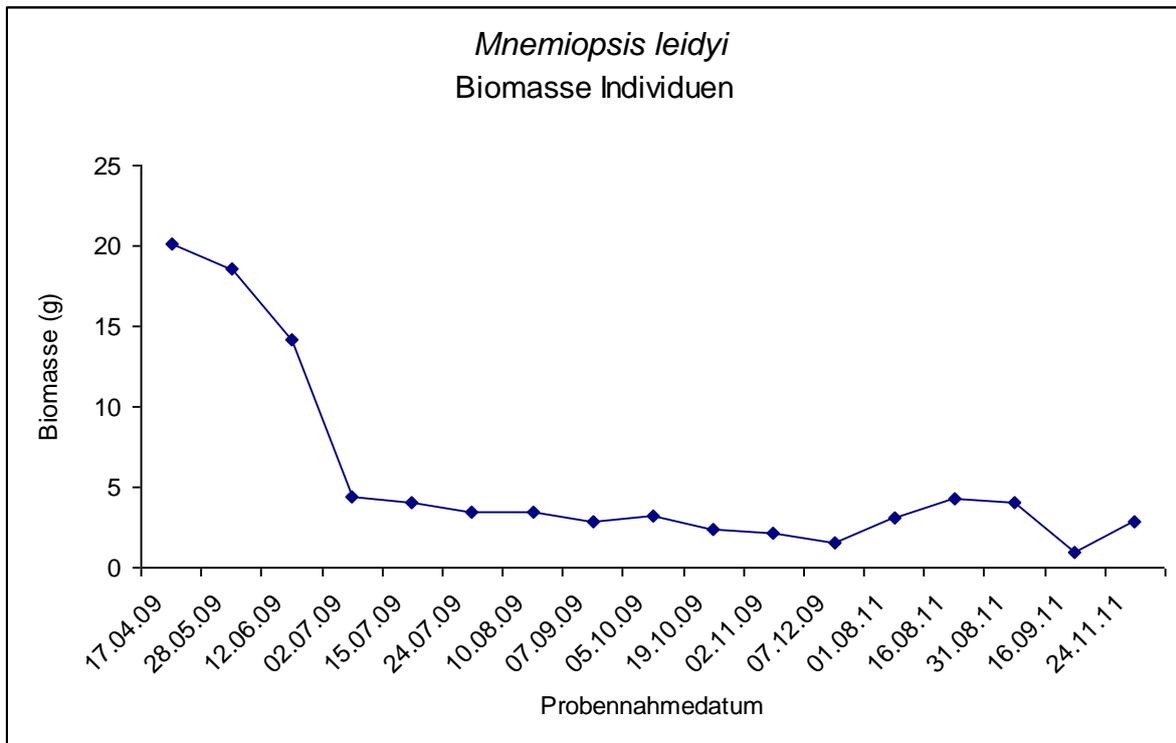


Abb. 69. Biomasse der Individuen von *Mnemiopsis leidyi* während der Fangfahrten 2009 und 2011. (Mittelwert)

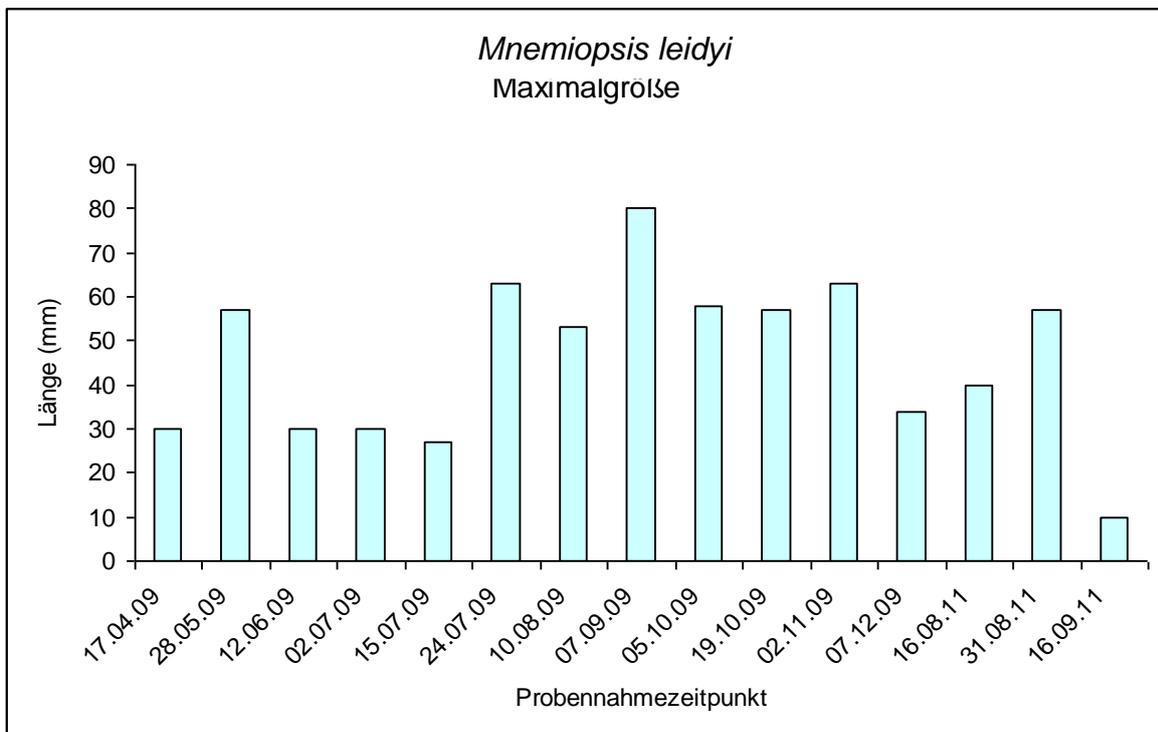


Abb. 70. Maximalgröße von *Mnemiopsis leidyi* während der Fangfahrten 2009 und 2011. Gemessen wurde die Länge vom apikalen bis zum oralen Pol.

5.3.4. Gelatinöses Zooplankton 2011

Im Jahre 2011 wurden neben *M. leidy* noch weitere zu den Cnidaria und Ctenophora gehörende Zooplanktonarten berücksichtigt. So zeigte sich *P. pileus* in den Proben vom 01.06. in großer Zahl (28,2 g/22 Ind.). Ihre Anzahl sank im Verlauf des Probennahmezeitraumes, bis die Art nur noch vereinzelt zu finden war.

Vertreter der Hydrozoa waren vor allem mit zwei Arten vertreten, *C. pilosella* und *B. superciliaris*. Sie wurden zusammenfassend als Hydrozoa bezeichnet. Die Hydrozoa waren durchgängig in allen Proben ab Ende Juni vertreten. Ihre höchste Biomasse betrug 8,3 g/26 Ind.).

Im August erschien die zur Klasse der Atentaculata gehörende Art *Beroe gracilis* erstmals in den Proben auf (1,7 g/2 Ind.). Die Abundanz der Art nahm langsam zu und erreichte in der Probe vom 27.09. ihr Maximum mit 12,3 g/16 Ind.).

Der Anteil an *B. gracilis* war zahlenmäßig stets niedrig und lag meistens bei sehr wenigen Individuen. Insofern ist der Anstieg auf 8 Individuen am 16.09. und 16 Individuen am 27.09. bemerkenswert. In der Probe vom 24.11. konnte die Art allerdings nicht mehr nachgewiesen werden. Die Evenness beträgt 0,749 (Abb. 71).

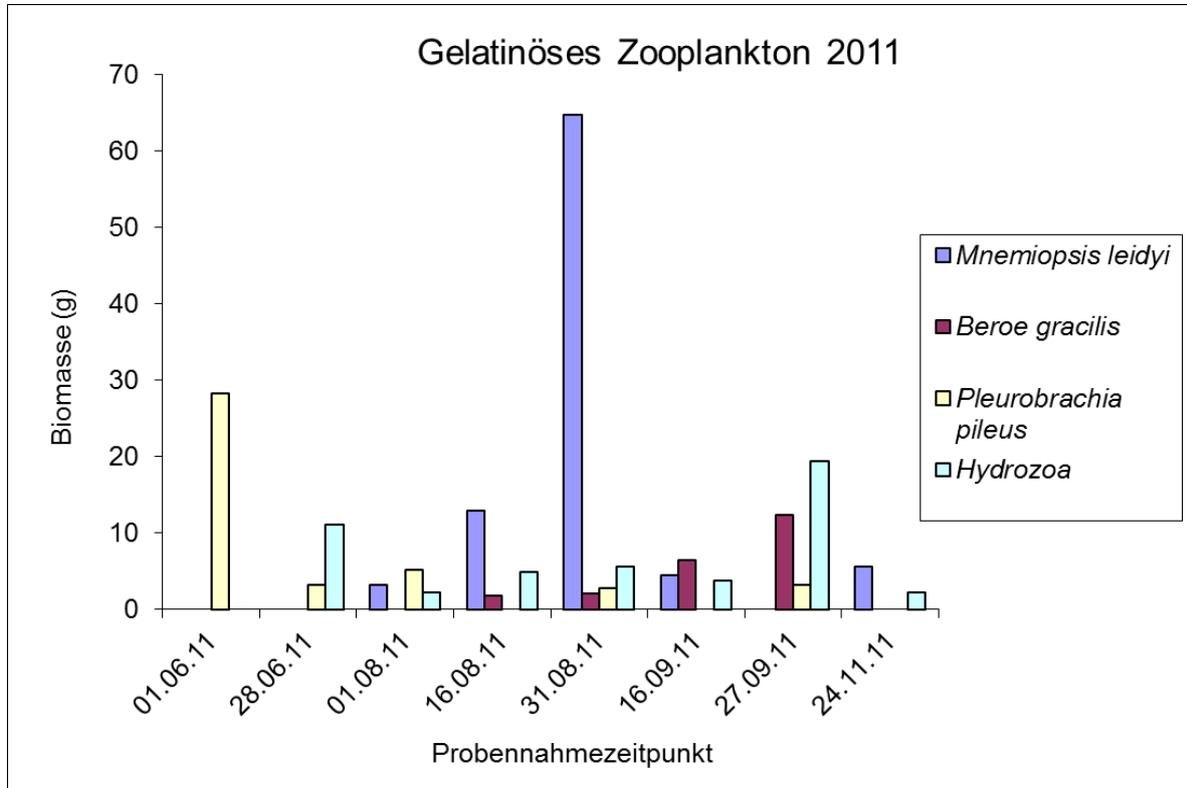


Abb. 71. Gelatinöses Zooplankton während der Fangfahrten 2011. (Ohne Scyphozoa)

Die Entwicklung von *M. leidy* und *B. gracilis* zeigt trotz der wenigen Daten ein erkennbares Räuber-Beute-Verhältnis durch zwei verschobene Populationskurven (Abb. 72). Nähere Erläuterungen finden sich in der Diskussion.

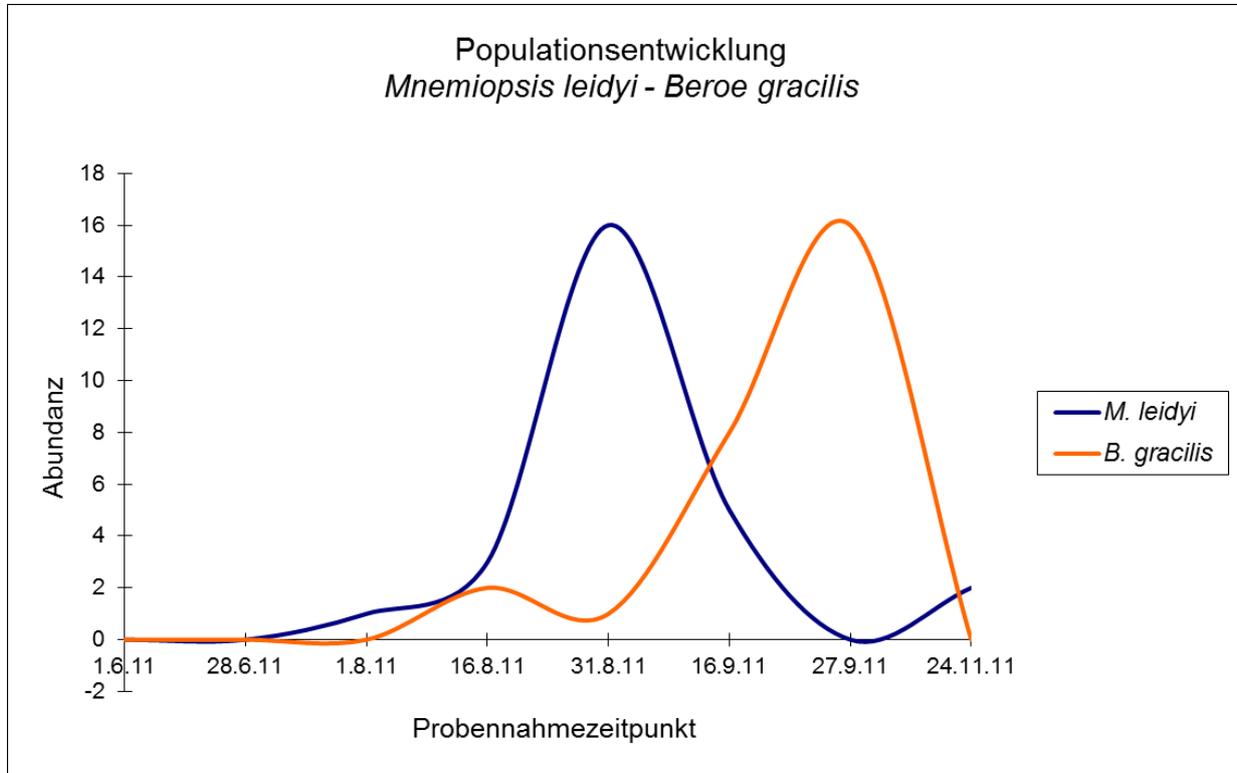


Abb. 72. Räuber – Beute – Verhältnis von *B. gracilis* und *M. leidy* während des Probennahmezeitraums 2011

5.3.5. Gelatinöses Frühjahrsplankton im Nassauhafen

Die Beprobung im Nassauhafen erfolgte von Januar bis April 2011. Untersucht wurden die Abundanz des gelatinösen Zooplanktons mit Ausnahme der Scyphozoa sowie die Wassertemperatur. Die Messungen erfolgten bis auf den Anfangswert in wöchentlichen Abständen. Dabei zeigte sich ein erstes Auftreten der Hydrozoa im Februar, deren Abundanz jedoch kontinuierlich abnahm. *P. pileus* trat erstmals Anfang März (08.03.) auf. Die Abundanz der Art blieb sehr gering, es traten nur Einzelexemplare auf. *M. leidy* oder *B. gracilis* wurden nicht beobachtet. Die Wassertemperatur lag bis Mitte März in einem niedrigen Bereich (-0,7 bis 2,8 °C) und stieg erst ab Mitte März deutlich an. So stieg die Temperatur bis zum Ende des Probennahmezeitraums auf 12,0 °C an. Erkennbar ist eine Abnahme der Hydrozoa bei steigender Wassertemperatur. Die sinkende Abundanz war allerdings bereits vorher sichtbar.

In vielen Proben wurde kein gelatinöses Zooplankton gesichtet. Hierbei wurden unterschiedliche Wassertemperaturen gemessen (Abb. 73).

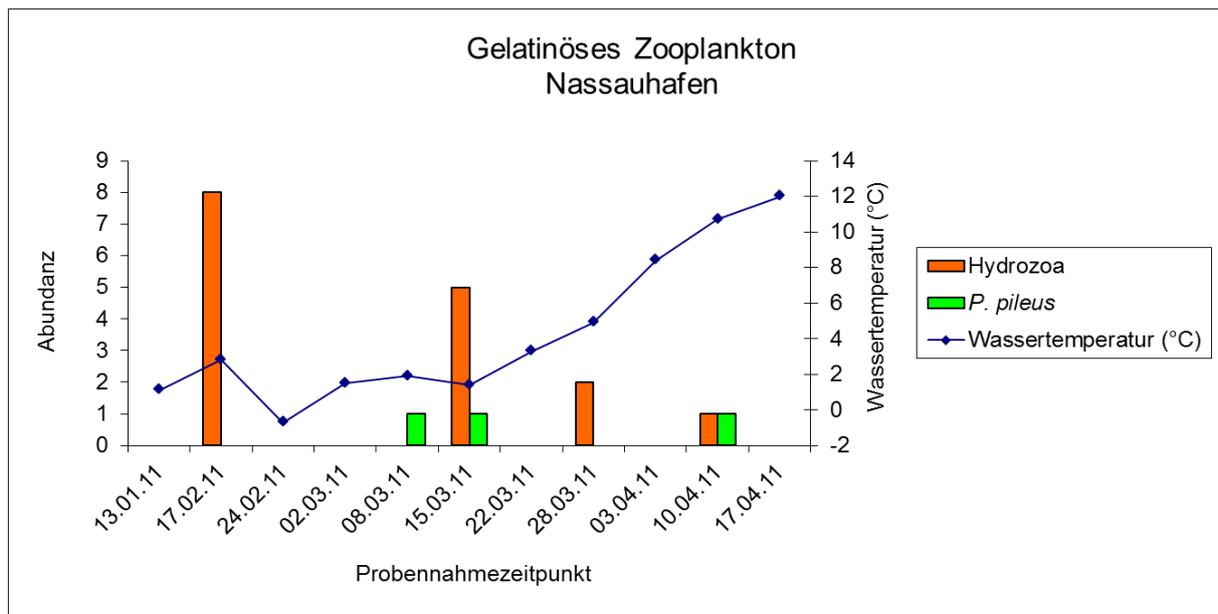


Abb. 73. Gelatinöses Zooplankton im Nassauhafen von Januar bis April 2011

5.3.6. Abiotische Faktoren

Ebenso wie bei den Scyphozoa wurde das Vorkommen von *M. leidy* auf eine mögliche Abhängigkeit von abiotischen Faktoren untersucht. Dabei erfolgte eine Beschränkung auf Wassertemperatur, Wellenhöhe, Sichttiefe, Windstärke und -richtung sowie den Bewölkungsgrad.

5.3.6.1. Wassertemperatur

Es ist eine Tendenz zu erkennen, dass die Abundanz bei sinkender Wassertemperatur zunimmt. So waren bei hohen Temperaturen am 02.07.2009 (20.0 °C) und 15.07. (18,9 °C) wenige Individuen in den Proben zu finden, während am 24.07. bei 16,9 °C ein deutlicher Anstieg in der Abundanz erkennbar war. Bei einer höheren Wassertemperatur am 10.08. (21.0 °C) sank die Abundanz auf ein Drittel. Mit weiter sinkender Temperatur stieg die Abundanz am 07.09. (17,0 °C, 228 Ind.) bis zum 05.10 (14,0 °C, 621 Ind.). Danach fiel die Abundanz allerdings deutlich ab (19.10.: 10,0 °C, 382 Ind. , 02.11.: 9,4 °C, 210 Ind.).

Während der Probennahmen im Jahr 2011 zeigte sich eine solche Entwicklung nicht. Die Temperatur änderte sich nur geringfügig, die Abundanz jedoch deutlich. Allerdings ist die Aussagekraft für 2011 aufgrund der geringen Datenmenge eingeschränkt. Die Korrelation nach Pearson beträgt $r = -0,3068$, nach Spearman $\rho = -0,3039$, $P = 0,1155$, $N = 17$ (Abb. 74).

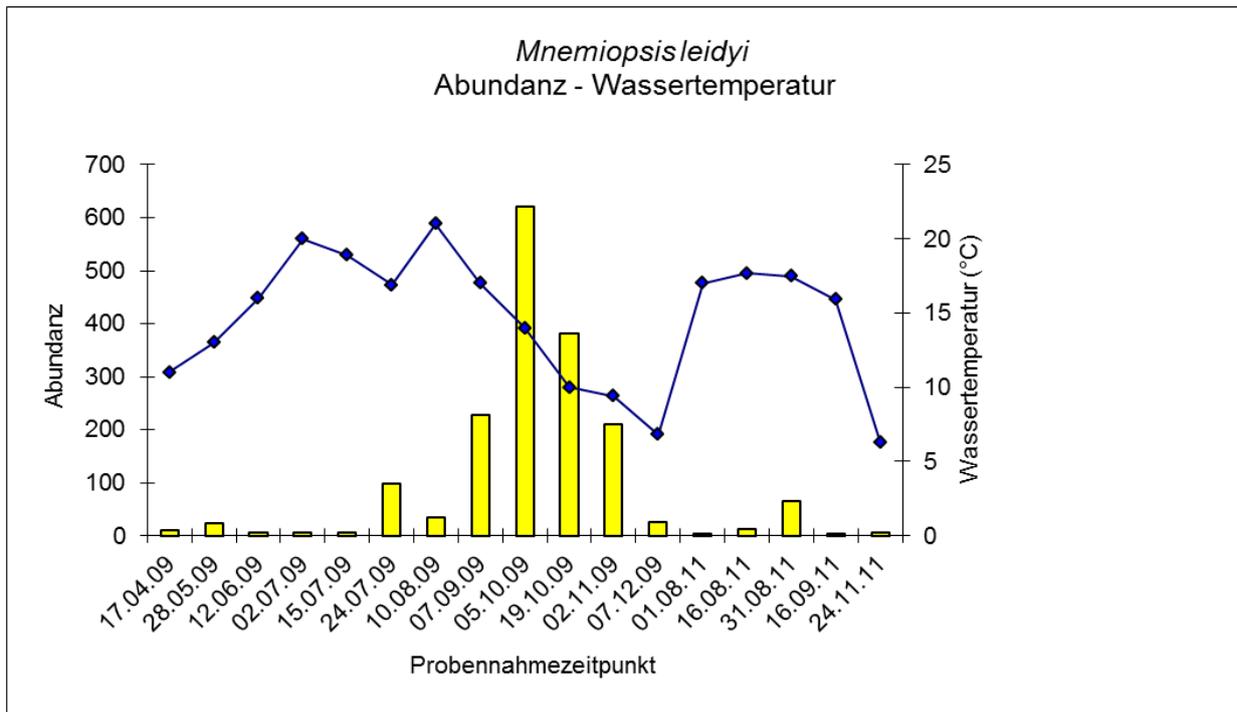


Abb. 74. Abundanz (gelb) von *M. leidyi* in Abhängigkeit von der Wassertemperatur (blau) 2009 und 2011

5.3.6.2. Wellenhöhe

Es sollte eine mögliche Abhängigkeit der Abundanz von der Wellenhöhe festgestellt werden.

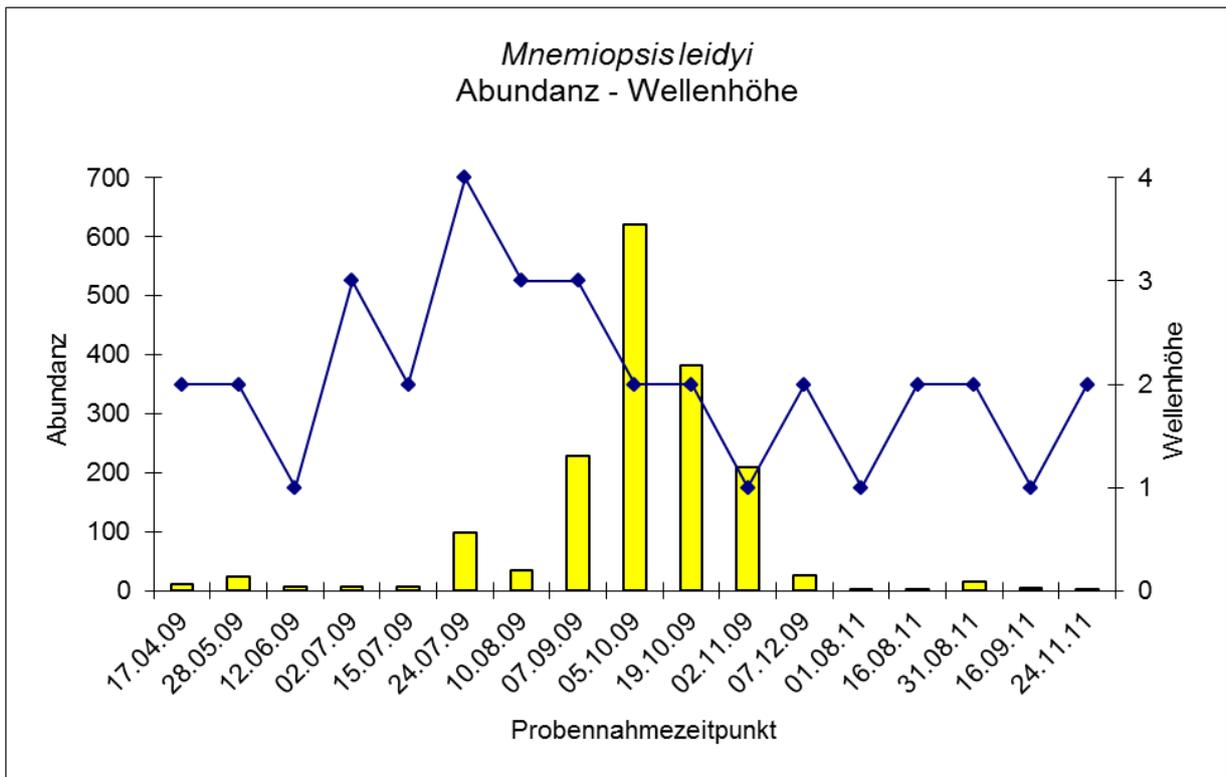


Abb. 75. Abundanz von *M. leidyi* in Abhängigkeit von der Wellenhöhe während der Jahre 2009 und 2011

Die Wellenhöhe hat keinen signifikanten Einfluß auf das Auftreten von *M. leidy* im Untersuchungsgebiet. Die Wellen zeigen im Herbst eine größere Höhe, jedoch ist kein Zusammenhang mit der Abundanz erkennbar. Die Korrelation nach Pearson beträgt $r = 0,0633$, nach Spearman $\rho = 0,1471$, $P = 0,40464$, $N = 17$ (Abb. 75).

5.3.6.3. Sichttiefe

Als weiterer abiotischer Faktor wurde die Sichttiefe in Bezug auf einen möglichen Einfluss auf die Abundanz untersucht.

Das Ergebnis ist uneinheitlich und lässt keinen Bezug zur Abundanz erkennen. Auffällig ist allerdings, dass bei drei Probenahmen (5.10., 19.10. und 2.11.) die Abundanz parallel zu einer verringerten Sichttiefe abnimmt. Es kann jedoch nicht angenommen werden, dass hier ein Zusammenhang besteht. Denn dieser Trend setzt sich nicht fort und kehrt sich mit steigender Sichttiefe während der Fangfahrt vom 07.12. ins Gegenteil um.

Im Jahr 2011 ist ebenfalls nicht erkennbar, dass die Abundanz von *M. leidy* von der Sichttiefe abhängig wäre. Die Korrelation nach Pearson beträgt $r = 0,1318$, nach Spearman $\rho = 0,4853$, $P = 0,30705$, $N = 17$ (Abb. 76).

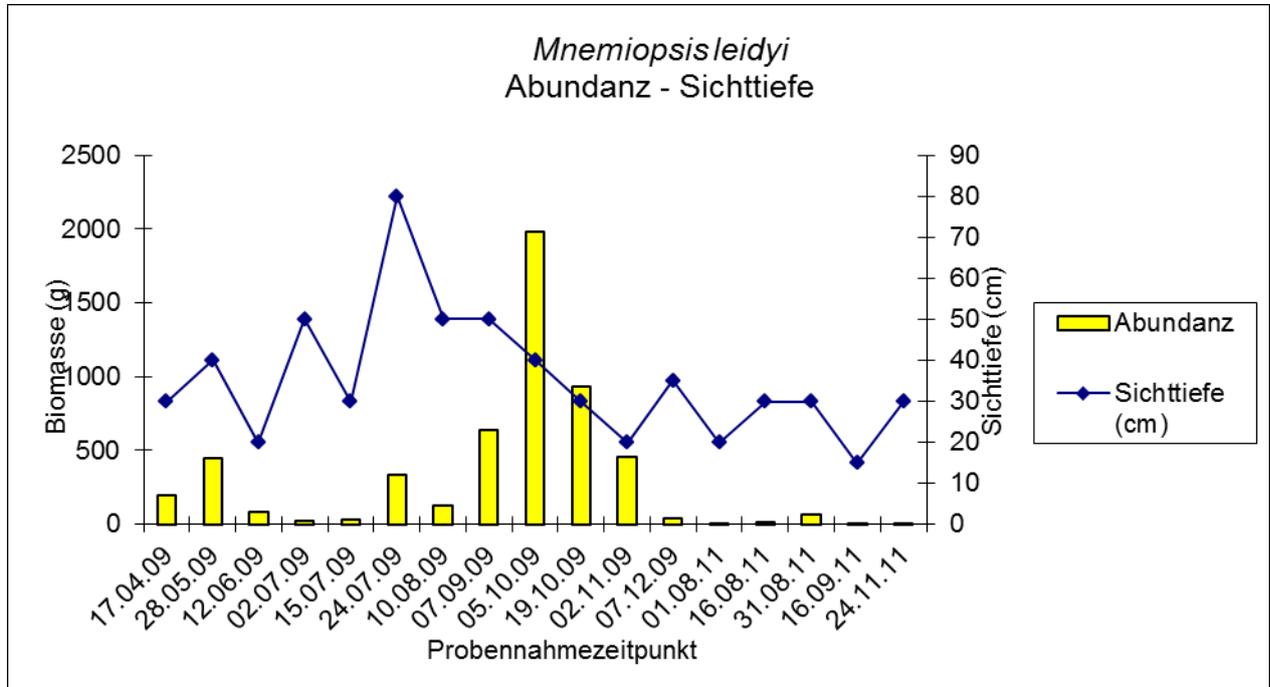


Abb. 76. Abundanz von *M. leidy* in Abhängigkeit von der Sichttiefe 2009 und 2011

5.3.6.4. Windstärke

Es ist kein Zusammenhang zwischen der Abundanz und der Windstärke erkennbar. Hohe und niedrige Windstärken im Juni und Juli zeigen stets eine geringe Abundanz. Ähnliche Windstärken im Herbst 2009 (05.10. und 19.10. bzw. 02.11. und 07.12.) und im Sommer 2011 (16.08., 31. 08., 16.09.) führen zu unterschiedlicher Abundanz, ebenso im Probenjahr 2011. Die Korrelation nach Pearson beträgt $r = -0,1346$, nach Spearman $\rho = -0,0564$, $P = 0,30326$, $N = 17$ (Abb. 77).

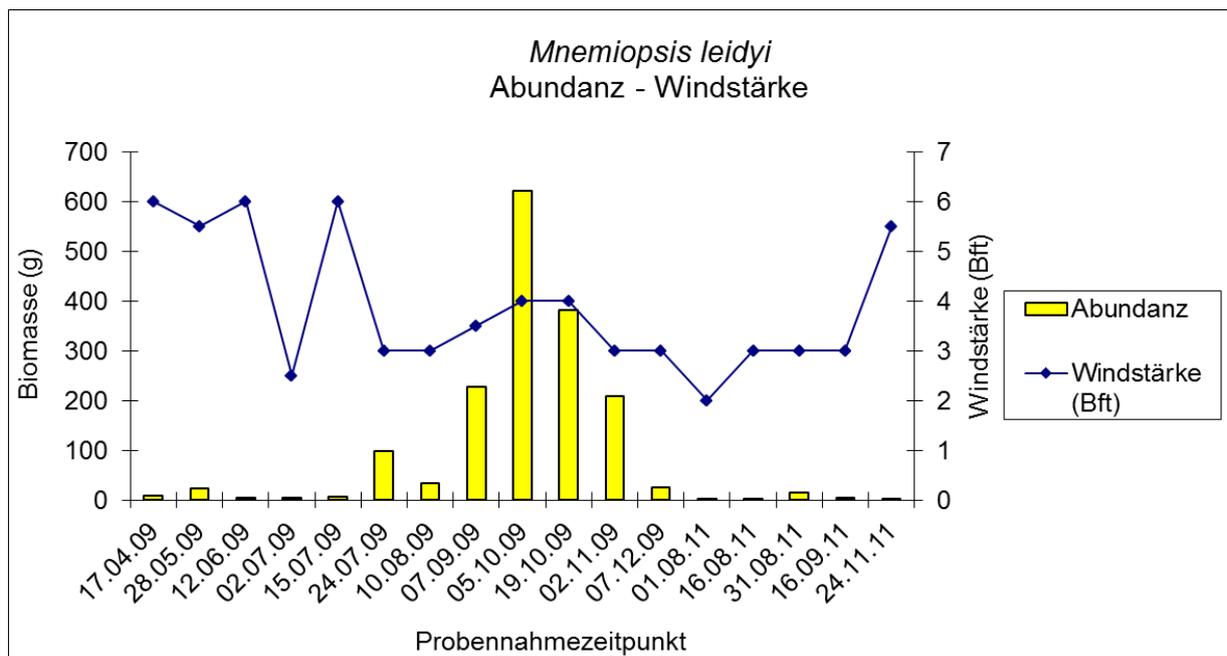


Abb. 77. Abundanz von *M. leidyi* in Abhängigkeit von der Windstärke in den Jahren 2009 und 2011

5.3.6.5. Windrichtung

Da bei den Scyphozoa eine Abhängigkeit der Abundanz von der Windrichtung beobachtet werden konnte, wurde überprüft, ob dies bei *M. leidy* ebenso der Fall war.

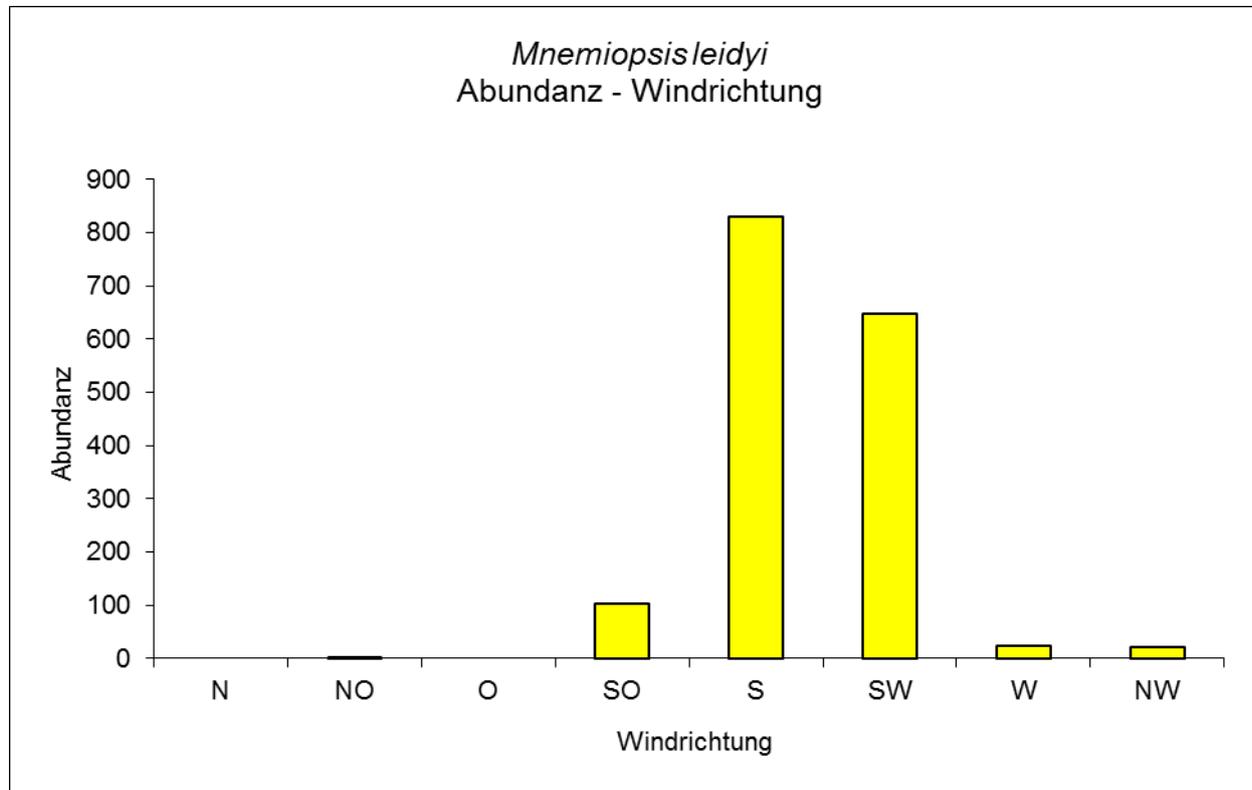


Abb. 78. Abundanz von *M. leidy* in Abhängigkeit von der Windrichtung in den Jahren 2009 und 2011

Es ist eine deutliche Häufung des Auftretens von *M. leidy* bei südlicher Windrichtung erkennbar. Während bei nördlicher und östlicher Windrichtung keine Individuen vorhanden waren, bei Nordost nur ein einziges Exemplar, trat *M. leidy* bei Wind aus Süd zahlenmäßig am stärksten auf (831 Ind.). Auch bei Wind aus Südwest war die Abundanz sehr hoch (647 Ind.), während sie bei Südost geringer war (103 Ind.). Deutlich geringer war die Abundanz aus nordwestlichen und westlichen Richtungen. Hier konnten 22 bzw. 24 Individuen gezählt werden. Die vorherrschende Windrichtung im Bereich des Untersuchungsgebietes kommt aus südwestlicher Richtung. Es ist anzunehmen, dass die Strömungen eine höhere Bedeutung für die Abundanzschwankungen haben. Dennoch ist die hohe Abundanz bei südlicher Windrichtung nicht zu vernachlässigen (Abb. 78).

5.3.6.6. Bewölkungsgrad

Es sollte die Frage geklärt werden, ob *M. leidy* von den Lichtverhältnissen ähnlich wie die Scyphozoa beeinflusst wird.

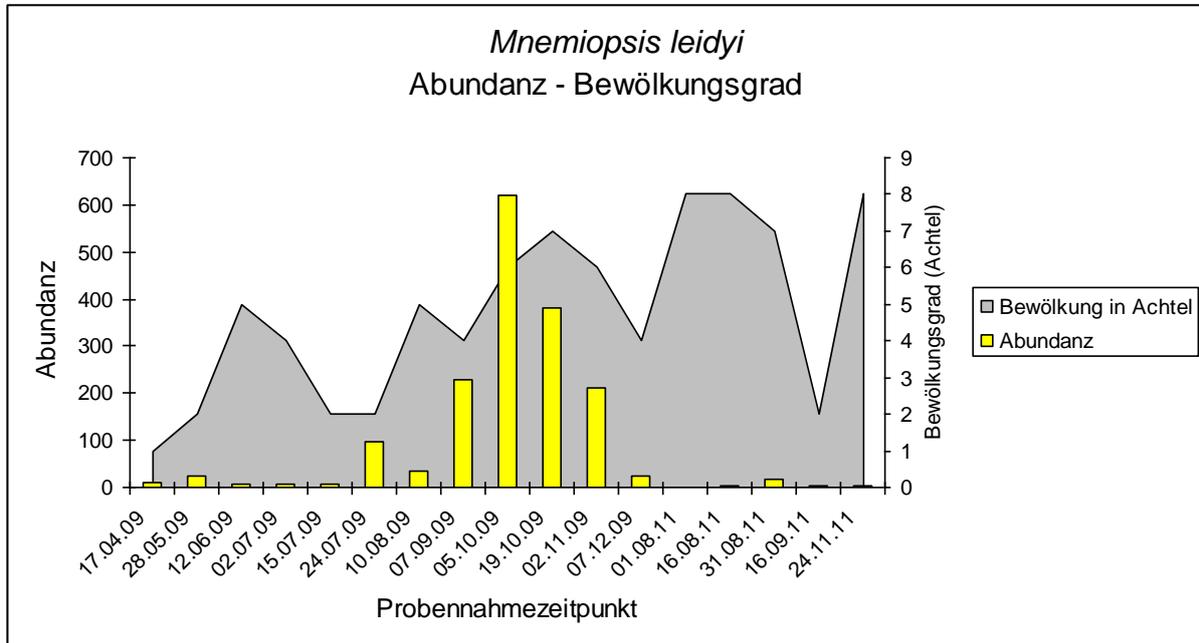


Abb. 79. Abundanz von *M. leidy* und Bewölkungsgrad in den Jahren 2009 und 2011

Es zeigt sich kein erkennbarer Zusammenhang zwischen der Abundanz und der Bewölkung. Im Sommer 2009 war die Abundanz sowohl bei starker als auch bei geringer Bewölkung gleichbleibend niedrig. Die Abundanz war im Herbst höher. Im Herbst nahm die Bewölkung zu. Im Jahre 2011 herrschte meist starke Bewölkung. Auf die Abundanzen hatte dies jedoch keinen Einfluss. Die Korrelation nach Pearson beträgt $r = 0,2037$, $P = 0,21647$, $N = 17$ (Abb. 79).

6. Diskussion

Anhand der vorliegenden Ergebnisse soll versucht werden, die eingangs erwähnten Fragestellungen zu beantworten. Es sollen zunächst die Ergebnisse zu den Untersuchungen an den Scyphozoa diskutiert werden. Anschließend erfolgt die Diskussion der Ergebnisse der Untersuchungen an *Mnemiopsis leidyi*.

Weil bei den Scyphozoa fast ausschliesslich die Medusengeneration untersucht und die Polypengeneration nicht einbezogen wurde, sind manche Ursachen der Massenentwicklung wie standortbezogener und interannueller Vergleich eventuell nicht vollständig zu erklären. Nach Holst (2008) liegt die Ursache der Massenentwicklung entscheidend in der Entwicklung der Polypengeneration, welche durch zunehmende künstliche Hartsubstrate wie Küstenbefestigungen, Offshoreanlagen und zunehmenden Mülleintrag, an welchem sich die Planularlarven festsetzen und sich zur Strobila umwandeln, vermutlich begünstigt wird. Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Medusengeneration können jedoch einen wichtigen Beitrag zum Verständnis des massenhaften Auftretens liefern, welches durch die ausschließliche Untersuchung der Polypengeneration möglicherweise nicht abschließend beantwortet werden kann. Daher sollte der weitere Verlauf der Entwicklung der Medusen über eine Saison und über mehrere Jahre untersucht werden.

6.1. Diskussion der Ergebnisse zu den Scyphozoa

Die Medusen der Scyphozoa entwickeln sich in den Borkumer Gewässern früher als im Jadebusen. Die Interpretation, dass im Jadebusen ein späterer Beginn der Medusenentwicklung einsetzt und deshalb die Medusen kleiner sind, fällt aufgrund der anhaltend geringeren Größe aus. Die Medusen entwickeln sich in den Gewässern vor Borkum nicht nur früher, sondern weisen auch einen größeren Schirmdurchmesser auf.

6.1.1. Standortbezogener und interannueller Vergleich

Vergleicht man die beiden Standorte, so fällt auf, dass die Proben im Borkumer Untersuchungsgebiet im Jahr 2005 eine höhere Abundanz aufweisen als im Jadebusen. Die über den gesamten Zeitraum gewonnenen Daten zeigen eine höhere Abundanz von *R. octopus* und *A. aurita* im Jadebusen. Die Anzahl von *A. aurita* ist jedoch für eine ausgeprägte Präferenz für einen Standort vernachlässigbar, da zu wenige Individuen beprobt werden konnten, um eine signifikante Aussage zu erlauben. Vermutlich weisen die Gewässer vor Borkum günstigere Lebensbedingungen für einige Arten auf als im Jadebusen (Abb. 34). Für diese Annahme spricht auch, dass bei sämtlichen Arten größere maximale

Schirmdurchmesser in den Borkumer Gewässern ermittelt wurden als im Jadebusen (Abb. 31 – 33, 35, 36, 38, 39, 41). Mögliche Zusammenhänge mit dem Nährstoffangebot wurden jedoch nicht untersucht. Nach Hay et al. (1990) spielen jedoch neben hydrografischen Variablen auch unterschiedliche Nahrungsangebote eine Hauptrolle für die interanuellen und standortbezogenen Abundanzunterschiede, sowohl für die Polypen- als auch für die Medusengeneration.

Graham (2001) schreibt, dass Interaktionen zwischen der Biologie gelatinöser Organismen und physikalischen Parametern des Wassers vor allem kleinräumig sehr wichtig für die beobachteten Populationsunterschiede sind. Doyle et al. (2007) beschreiben, dass die Verbreitung von Quallen in der Keltischen und Irischen See große hydrografische Systeme reflektiert, wobei in Ästuarien hohe, in zentralen Regionen geringere Abundanzen auftreten. Daher ist zu vermuten, dass die vor Borkum und im Jadebusen gemessenen Abundanzen nicht jene der offenen Nordsee widerspiegeln. Die Abundanzen im Emsästuar vor Borkum und im Jadebusen könnten somit höher sein als in der offenen Nordsee.

Nach Doyle (2007) ist die Verbreitung von Quallen artspezifisch und auch von verschiedenen physikalischen Parametern bestimmt und nicht nur durch Unterschiede im Strömungsregime. Damit steht diese Aussage im Widerspruch zu Hay et al. (1990), die eher hydrografische Gegebenheiten als relevant für die Ausbreitung ansehen. Die Ergebnisse von Doyle et al. (2007) könnten zur Erklärung beitragen, weshalb an den beiden Standorten unterschiedliche Differenzen in der Abundanz einer Art auftreten.

Die Unterschiede im gesamten Untersuchungsgebiet sind jedoch nicht signifikant (Abb. 34). Eine Korrelation zwischen interanueller Abundanz und der Wassertemperatur wurde nicht nachgewiesen. Dabei wurde nur die Korrelation für das Jahr 2005 berechnet, da in den anderen Jahren 2006 und 2007 zu wenige Daten vorliegen (Abb. 29).

Das saisonale Auftreten der Arten deckt sich nicht vollständig mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen. So wurde *Rhizostoma octopus* an beiden Standorten erst im August nachgewiesen, während Houghton et al. (2007) die Art in der Irischen See ganzjährig bis auf März, April und August nachweisen konnten.

Van der Veer & Oorhuysen (1985) fanden im westlichen Wattenmeer bei Texel in den Jahren 1981 und 1982 ab April Individuen von *Aurelia aurita*, mit einer deutlichen Zunahme der Abundanz im Mai (490 Ind. in 10^3 m^3 1982), bis die Anzahl bis zum August deutlich zurückging. Die Autoren vermuten das Vorhandensein von Polypen in den inneren Wattenbereichen und eine Einwanderung der Medusen in die Nordsee.

Lucas (2001) fand Medusen von *A. aurita* von April bis August im Niederländischen Wattenmeer, was sich mit den eigenen Beobachtungen weitgehend deckt. Zwar wurden nur wenige Individuen im Untersuchungsgebiet gefunden. Diese wurden jedoch in einem ähnlichen Zeitraum (April – Juli) festgestellt. Nach Lucas (2001) zeigt *A. aurita* eine große Diversität in ihren Populationen, welche auch bei kleinräumigen Skalen auftreten können, wobei Umweltbedingungen einen bedeutenden Faktor darstellen. Während ich in den achtziger Jahren sehr große Schwärme von mehreren Kilometern Länge beobachten konnte, waren die Abundanzen im Untersuchungszeitraum nur sehr gering.

Erhebliche Unterschiede in den Populationen von *Aurelia aurita* (Lucas 2001) konnten im Untersuchungszeitraum nicht bestätigt werden. Während im holländischen Wattenmeer eine maximale Abundanz von 0,49 Individuen pro m³ nachgewiesen wurde (in: Lucas 2001), betrug die maximale Abundanz im Untersuchungsgebiet nur 0,00108 Individuen pro m³ bzw. 2 Individuen pro Fangfahrt.

Lucas (2001) zeigt einen inversen Zusammenhang zwischen Abundanz und maximalem Schirmdurchmesser bei *Aurelia* – Populationen und ist der Ansicht, dass ein dichteabhängiger Mechanismus vorhanden ist, wobei die Verfügbarkeit von Nahrung einen Einfluß auf die Größe der geschlechtsreifen Medusen hat (Lucas 2001). Die im Untersuchungszeitraum gefundenen Individuen von *A. aurita* besaßen alle einen sehr großen Schirmdurchmesser, was diese Aussage unterstützt.

Auffällig ist, dass *Rhizostoma octopus* ausschließlich in größeren Exemplaren gefunden wurde, was eine Vermehrung im Untersuchungsgebiet wenig plausibel erscheinen lässt. Allerdings wurden in früheren Jahren (2004, 2006) nach eigenen Beobachtungen wesentlich kleinere Exemplare mit Schirmdurchmessern von ca. 35–40 mm gefunden, so dass eine Reproduktion im Untersuchungsgebiet auch nicht ausgeschlossen werden kann.

Die geringe Abundanz von *Cyanea capillata* sowie deren in den Jahren vor und nach den Beprobungen großen Schirmdurchmesser von 300 – 600 mm könnte ein Hinweis darauf sein, dass diese Art sich im Untersuchungsgebiet nicht vermehrt, sondern ihren Ursprung in anderen Regionen hat. Nach Hayward & Ryland (1995) besitzt die Art eine nördliche Verbreitung und tritt in britischen Gewässern im April und Mai in der Medusenform auf. Nach Lynam (2005) treten im April und im Mai in der Nordsee kleine Medusen, ab Juni große Exemplare auf. In diesen Monaten konnten im Untersuchungsgebiet jedoch Medusen von *C. capillata* nie beobachtet werden, was ebenfalls gegen eine Reproduktion in diesen Gewässern spricht. Nach Hay et al. (1990) befindet sich das Hauptverbreitungsgebiet der Art in der Nordsee nördlich von 58° N. Hohe Abundanzen treten gelegentlich weiter südlich in

britischen Küstengewässern und in der südöstlichen Nordsee auf. Die Strömungsrichtungen in der nördlichen Nordsee weisen hauptsächlich in östliche Richtung, nur ein geringer Anteil der Strömungen führt in südliche Richtung (OSPAR 2000). Die südwärts verlaufende Fairy Isle – Strömung schwenkt bei 58°N in östliche Richtung (Tyrrell et al. 1990), dies würde das Hauptverbereitungsgebiet nach Hay et al. (1990) möglicherweise erklären. Das Untersuchungsgebiet der jetzigen Studie befindet sich jedoch weiter südlich (maximal 53° 35' 06" N), so dass hiermit ein weiterer Hinweis auf eine fehlende Reproduktion im Untersuchungsgebiet gegeben ist.

Allerdings soll *C. capillata* vor der niederländischen Küste strobilieren (Verwey 1943, in: Barz & Hirche 2007). Juvenile Medusen von *C. capillata* konnten jedoch im Untersuchungszeitraum (2005 – 2008) in den Borkumer Gewässern nicht beobachtet werden. An der deutschen Ostseeküste taucht *C. capillata* regelmäßig, jedoch nicht in hohen Abundanzen auf (Baumann & Schernewski 2012).

Das Auftreten von *C. capillata* ist nach Bamstedt et al. (1997) von der verfügbaren Nahrung für die Ephyren abhängig. So scheint die Verfügbarkeit von gelatinösem Zooplankton deren Entwicklung zu begünstigen. Versuche haben gezeigt, dass Ephyren von *C. capillata* bei Fütterung von *Artemia*-Nauplien oder Copepoden-dominiertem gemischtem Zooplankton wenig Wachstum aufwiesen, beim Anbieten von Ctenophora (*Bolinopsis infundibulum*) jedoch ein deutliches exponentielles Wachstum erfolgte. Die Abhängigkeit von Ctenophora als Nahrung für die Ephyren könnte die interanuellen Unterschiede in der Abundanz teilweise erklären.

Barz & Hirche (2007) fanden *Chrysaora hysoscella* im Jahre 2004 in der südlichen Nordsee nur im August und September, im Jahr 2005 nur im Juli. Im Untersuchungsgebiet wurden 2005 von Juni bis September Individuen von *C. hysoscella* gefangen, wobei deren Schirmdurchmesser ähnlich waren. *Cyanea lamarcki* wurde von Barz & Hirche (2007) im Jahr 2004 von Februar bis August gesichtet, 2005 erschien die Art erst im April. Im Untersuchungsgebiet wurde *C. lamarcki* 2005 ebenfalls ab April im Jadebusen registriert, vor Borkum allerdings erst im Mai.

6.1.2. Vergleich Fangfahrten und Strandbegehungen

Auffällig ist, dass die Abundanz der Medusen am 1000 m – Strandabschnitt und der Fangfahrten häufig große Unterschiede aufweisen. Eine große Anzahl an Medusen im Wasserkörper muß nicht unbedingt eine solche am Strandabschnitt nach sich ziehen.

Ein Unterschied in der Abundanz zwischen Fangfahrt und Strandbegehung im annähernd gleichen Zeitraum ist möglicherweise darin begründet, dass am 1000 m- Strandabschnitt die mehr als hundert Meter ins Meer ragenden Bühnen als Barrieren wirken und zu einer Aggregation der Medusen führen, wie Graham et al. (2001) es beschrieben haben. Auch könnte eine Kumulation der Tiere durch die Gezeiten zu einer erhöhten Abundanz an den Stränden führen. Jedoch war der Zustand der angespülten Quallen annähernd gleich, so dass von einer Anspülung weiterer Quallen zum nächsten Hochwasser nicht ausgegangen werden kann. Die beim vorherigen Hochwasser angespülten Tiere wären schon deutlich ausgetrocknet, was nicht beobachtet werden konnte, so dass von einem Anspülvorgang innerhalb einer einzigen Flutphase ausgegangen werden kann.

Es erhebt sich die Frage, inwieweit eine Untersuchung an einem Strandabschnitt bedeutsam für eine Aussage über die Population in der angrenzenden Wassersäule ist. Strandfunde dokumentieren die Größenentwicklung der Medusengeneration während des saisonalen Verlaufes und lassen Aussagen über die Entwicklung der Population zu. So belegt Houghton (2007) anhand von Strandfunden eine langfristige Freisetzung von Ephyren, was zu einer Präsenz von Medusen unterschiedlicher Größe im Wasserkörper während der Sommermonate führte. Diese Entwicklung konnte im Untersuchungsgebiet bestätigt werden, weil die Größenverteilung von *Cyanea lamarcki*, *Chrysaora hysoscella* und *Rhizostoma octopus* näherungsweise einer Gaußschen Normalverteilung entsprechen (Abb. 43, 45, 49).

6.1.3. Abiotische Faktoren Scyphozoa

6.1.3.1. Wassertemperatur

Dass im Oktober 2005 keine Medusen mehr gefunden wurden, mag im Entwicklungszyklus der Medusen begründet sein, welche im Herbst degenerieren. Die Abundanz aller beprobten Scyphozoa an beiden Standorten in den Jahren 2005 – 2007 (Abb. 29) weisen deutliche interannuelle Unterschiede auf. Vergleicht man diese mit der durchschnittlichen Wassertemperatur, so scheint die Temperatur keine signifikante Rolle zu spielen. Die von einigen Autoren angenommene erhöhte Abundanz von Medusen bei höherer Temperatur (Purcell 2005, Purcell et al. 2009) oder Abhängigkeit der Scyphozoa in der südlichen Nordsee vom Winter-North Atlantic Oscillation Index (NAOI) (Lynam et al. 2009), scheint im Untersuchungsgebiet keine Rolle zu spielen. So besteht auch bei großen Temperaturunterschieden wie im Mai 2005 und Mai 2007 (5,3°C) kein Zusammenhang, wie die Pearson-Korrelation ($r = 0,3457$, $P = 0,08705$, $N = 17$) zeigt. Allerdings legen die Daten eine negative Korrelation nahe, weil bei geringerer durchschnittlicher Wassertemperatur mehr

Medusen gefangen wurden als bei höherer Temperatur. Weisse & Gomoiu (2000) fanden keinen Zusammenhang der Abundanz von *Aurelia aurita* mit der Temperatur in oberflächennahen Schichten (5 m) im nordwestlichen Schwarzen Meer, Hosia et al. (2014) fanden einen Rückgang bzw. keinen Trend der Abundanz von *Aurelia aurita* und *Cyanea* spp. im Skagerrak. Baumann & Schernewski (2012) fanden keine Korrelation zwischen Wassertemperatur und dem Auftreten von Medusen an der deutschen Ostseeküste im Jahre 2009. Holst (2008) konnte jedoch Auswirkungen einer Temperaturänderung auf die Strobilation nachweisen, wobei eine höhere Temperatur eine erhöhte Ephyrenproduktion nach sich zog. Für *Aurelia aurita* hat die Temperatur eine beschleunigende Auswirkung auf die Nahrungsaufnahme und Größenzunahme der Ephyren (Båmstedt et al. 1999).

6.1.3.2. Salinität

Im Gegensatz zur Wassertemperatur scheint ein Zusammenhang zwischen Abundanz und Salinität zu bestehen. Dieser bezieht sich auf eine negative Korrelation, wobei bei einer niedrigen Salinität eine höhere Abundanz auftritt als bei einer höheren Salinität.

Die Korrelation nach Pearson beträgt $r = -0,8382$, nach Spearman $\rho = -0,75$ ($N = 9$), was eine starke negative Korrelation verdeutlicht. Das Ergebnis ist signifikant ($P = 0,00239$).

Eine hohe Salinität im Juli 2006 ($S = 30,2$) führte zwar ebenfalls zu einer geringen Abundanz von nur 6 Exemplaren. Dies bezieht sich jedoch nur auf die Fangfahrt. Am Strandabschnitt wurden 83 Individuen gezählt, was einer Abhängigkeit vom Salzgehalt widersprechen würde. Purcell et al. (1999) zeigten, dass die enormen jährlichen Schwankungen der Populationsgröße von *Chrysaora quinquecirrha* in der Chesapeake Bay mit der Temperatur, aber auch mit dem Salzgehalt korrelieren. Die Ephyrenproduktion war bei $S = 20$ am größten und sank bei steigendem Salzgehalt. Nach Purcell (2005) hat die Salinität signifikante Effekte auf die Produktion von Medusen, was insbesondere für Arten in Ästuaren von Bedeutung ist. Polypen von *C. capillata*, *C. lamarckii* und *A. aurita* strobilierten bei einem niedrigeren Salzgehalt später als ohne eine Änderung der Salinität, die Anzahl der gebildeten Ephyren war bei einer niedrigen Salinität geringer (Holst 2008).

6.1.3.3. Sauerstoffgehalt

Der Sauerstoffgehalt scheint keinen Einfluss auf die Abundanz der Scyphozoa im Untersuchungsgebiet zu haben. Medusen sind gegenüber geringem Sauerstoffgehalt tolerant (Condon et al. 2001), so dass geringe Unterschiede im Sättigungswert keine signifikanten Auswirkungen haben dürften. Dies deckt sich mit der geringen Korrelation zwischen

Sauerstoffgehalt und Abundanz nach Pearson ($r = 0.4323$) und Spearman ($\rho = 0.1152$), $P = 0,106097$, $N = 10$.

6.1.3.4. Wellenhöhe

Der nächste wichtige determinierende Faktor nach Wassertemperatur, Salinität und Sauerstoff ist die Wellenhöhe. Diese könnte auf das Vorhandensein von Medusen an der Wasseroberfläche einen Einfluss haben, da anzunehmen ist, dass sich die Individuen bei sehr bewegtem Wasser in größere Tiefen zurückziehen.

Da Medusen aktives Schwimmverhalten zeigen (Moriarty et al. 2012), ist davon auszugehen, dass sie einer zu starken Wasserbewegung an der Meeresoberfläche ausweichen können.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung bestätigen diese Vermutung ($p = -0,4902$, $r = -0,5681$, $P = 0,00867$, $N = 17$).

6.1.3.5. Windstärke

Die Windstärke hat offensichtlich keinen Einfluss auf die Abundanz ($r = -0,230352$, $\rho = -0,478947$, $P = 0,17137$, $N = 19$). Es besteht jedoch ein Zusammenhang zwischen der Windstärke und der Abundanz bei den Strandbegehungen ($r = 0,5385$, $\rho = 0,5394$, $P = 0,05414$, $N = 10$), wobei die Signifikanz jedoch gering ist. Es ist jedoch anzumerken, dass eine hohe Windstärke in ungeschützten Bereichen (also außerhalb der Leeseiten von Küstenbauwerken wie Molen und Buhnen und über flachem Grund wie in Prielen) auch zu einer großen Wellenhöhe führen kann, welche wiederum einen Einfluss auf die Abundanz ausübt.

6.1.3.6. Windrichtung

Die Windrichtung scheint eine Rolle zu spielen. Ordnet man die Abundanz der einzelnen Probennahmezeiträume den vorherrschenden Windrichtungen zu und stellt sie in einem Diagramm dar, ergeben sich höhere Abundanzen bei nordwestlicher bis nordöstlicher Windrichtung (Abb. 58).

Baumann & Schernewski (2012) vermuten, dass ablandiger Wind und zur Küste gerichtete Strömungen zu einer Aufwärtsbewegung führt, welche die Quallen an die Küste gelangen lässt. Sie fanden heraus, dass das Auftreten von *Aurelia aurita* an der Küste der Ostsee bei aufländigem oder parallel zur Küste verlaufendem Wind erfolgt und somit von der Windrichtung abhängt.

6.1.3.7. Sichttiefe

Die Sichttiefe in den beiden Untersuchungsgebieten ist erheblichen Schwankungen unterworfen und liegt zwischen 20 cm und ca. 7 m (eig. Beob). Im Untersuchungszeitraum lag die Sichttiefe zwischen 25 cm und 3 m.

Im Untersuchungsgebiet der Jade war die Sichttiefe generell geringer, weil das dortige Schlickwatt wegen der geringeren Korngrößen zu einer größeren Trübung führt, da sich mehr Schwebstoffe im Wasser befinden. Im Untersuchungsgebiet vor Borkum ist die Sichttiefe oftmals von Windrichtung und Strömungsrichtung abhängig, bei nördlichen bis westlichen Winden sowie bei Flut ist das Wasser meistens klarer, weil Wasser aus der offenen Nordsee herangeführt wird. Bei östlichen und südlichen Winden sowie bei Ebbe wird sehr schwebstoffhaltiges Wasser aus dem schlickreichen Rückseitenwatt und dem Ems-Ästuar herangeführt.

Die Grenze des Ems-Ästuars reicht bis Borkum (Postma 2012), so dass das Ems-Ästuar noch einen Einfluss auf die Gewässer im Untersuchungsgebiet haben dürfte.

Im Folgenden soll die Frage beantwortet werden, ob die Sichttiefe und die damit zusammenhängenden Lichtverhältnisse einen Einfluss auf die Abundanz der Scyphozoa ausüben.

Hammer et al. (1994) wiesen einen Einfluss des Sonnenlichts auf die Wanderbewegungen von *Aurelia aurita* nach, Purcell et al. (2009) untersuchten den Einfluss des Lichts auf die Strobilation und vermuteten, dass zunehmende Lichtstärke die Strobilation auslöst.

Holst (2008) fand keinen signifikanten Einfluss des Lichts als Auslöser für Strobilation und Ephyrenbildung bei *Aurelia aurita* und *Cyanea capillata*.

Die Untersuchungsergebnisse weisen eine Korrelation auf ($r = 0,47778$, $\rho = 0,5275$, $P = 0,04935$, $N = 13$), und lassen auf einen Zusammenhang zwischen Auftreten von Quallen und Unterwassersichttiefe schließen. Es ist auch denkbar, dass für die Wassertrübung auch eine hohe Planktonkonzentration verantwortlich ist. Ein hohes Planktonvorkommen bedeutet auch ein größeres Nahrungsangebot, wobei im Planktonangebot eher der limitierende Faktor zu suchen wäre und nicht im Grad der Trübung.

Außerdem tritt klares Wasser vor allem bei nördlichen Windrichtungen auf, bei denen eine höhere Abundanz auftritt, was ebenso für eine Scheinkorrelation sprechen würde, da das klare Wasser dann nur eine Begleiterscheinung wäre und keinen ursächlichen Zusammenhang mit der Abundanz darstellt.

Das Ergebnis zur Einflussnahme der Unterwassersichtweite auf die Abundanz ist insbesondere im Untersuchungsgebiet des Jadebusens nicht eindeutig. Es ist zwar eine

Tendenz erkennbar, dass eine höhere Unterwassersichtweite zu einer höheren Abundanz der Scyphozoa führt. Dies würde wieder für eine Einflussnahme der Sichtweite sprechen. Insgesamt gesehen ist das Ergebnis jedoch nicht aussagekräftig.

6.1.3.8. Bewölkungsgrad

Anhand der Daten lässt sich keine Aussage über eine Abhängigkeit der Abundanz von der Bewölkung und somit vom Lichteinfall treffen, obwohl der Bewölkungsgrad einen Einfluss auf die Lichtintensität im Wasser besitzen dürfte, was bei der Sichttiefe zu einem Zusammenhang mit der Abundanz führt ($r = 0,3266$, $\rho = 0,3705$, $P = 0,09295$, $N = 18$). Insgesamt erscheint das Ergebnis also uneinheitlich und lässt keine Rückschlüsse auf eine Korrelation der beiden Werte zu.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Salinität und die Windrichtung einen Einfluss auf das Auftreten von Scyphozoa im Untersuchungsgebiet haben, während der Zusammenhang mit der Wellenhöhe vermutlich nur auf das Abtauchen der Medusen in größere Tiefen, welche nicht beprobt wurden, zurückzuführen ist. Ein erwarteter Zusammenhang zwischen Abundanz und Wassertemperatur besteht nicht, wie auch alle anderen abiotischen Faktoren keinen signifikanten Einfluss auf die Medusenpopulationen bezüglich der Abundanz, der Größenverteilung und -entwicklung, der saisonalen und der interanuellen Entwicklung besitzen.

6.2. Laboruntersuchungen der Scyphozoa

Die Hälterung von Ephyren zweier Arten von Scyphozoa bis zum Subadultstadium bei unterschiedlichen Temperaturbedingungen sollten mögliche Unterschiede bei der Größenzunahme aufzeigen.

Wie bereits bei den Felduntersuchungen, zeigten sich auch bei den Laboruntersuchungen keine signifikanten Unterschiede beim Wachstum bei unterschiedlichen Wassertemperaturen. Da nur *Aurelia aurita* und *Cyanea capillata* zur Verfügung standen, kann nicht unbedingt auf die anderen in der Nordsee auftretenden Arten (*Cyanea lamarcki*, *Chrysaora hysoscella*, *Rhizostoma octopus*) geschlossen werden, doch zeigen die Ähnlichkeiten des Auftretens während der Felduntersuchungen, dass die im Laborexperiment beobachteten Ergebnisse durchaus auf diese drei Arten übertragen werden können.

Purcell et al. (1999) konnten bei Laboruntersuchungen feststellen, dass der Einfluss der Temperatur auf die Ephyren- und Polypenproduktion von *Chrysaora quinquecirrha* bei

niedrigem Salzgehalt von 5–20 ‰ nicht signifikant ist, bei höheren Salinitäten (20–35 ‰) jedoch schon. Holst (2008) konnte eine Temperaturabhängigkeit bei der Strobilation von Polypen (höhere Ephyrenproduktion bei erhöhter Temperatur) experimentell nachweisen.

Die zeitweilige Stagnation des Wachstums sowie die Abnahme der Abundanz in den Hälterungsbecken kann entweder durch den Konkurrenzdruck oder die unnatürlichen Haltungsbedingungen (Fütterung, Verschmutzung des Wassers durch übrig gebliebene Nahrung und Verdauungsprodukte) erklärt werden. Die Fütterung mit Nauplien von *Artemia salina* wurde jedoch auch von anderen Autoren (Purcell et al. 1999) durchgeführt. Die geringe Größe trotz mehrmonatiger Hälterung könnte auf das begrenzte Raumangebot im Hälterungsbecken zurückzuführen sein, was jedoch zumindest in den ersten drei bis fünf Wochen, als die Größe der Ephyren unter 10 mm Schirmdurchmesser lag, nur eine geringe Rolle gespielt haben dürfte, da die einzelnen Individuen sich im Hälterungsbecken nur selten berührten und ein Kontakt zur Beckenwand nur sporadisch erfolgte.

Aufgrund dieser unnatürlichen Bedingungen ist ein Vergleich zu Freilandbedingungen nicht hundertprozentig möglich. Da ausgerechnet die in den Laborexperimenten untersuchten Arten *Aurelia aurita* und *Cyanea capillata* nur selten bei den Feldversuchen dokumentiert werden konnten, ist ein Vergleich mit den unter Freilandbedingungen vorkommenden Wachstumsraten anderer Arten schwierig.

Bei einer ausreichenden Futterversorgung kann *Aurelia aurita* eine rasche Größenzunahme zeigen, während bei knappem Futterangebot der Schirmdurchmesser schrumpft (Lucas 2001). Möller (1980) maß in der Kieler Förde eine Größenzunahme der Art um 45 mm in zwei Monaten (April bis Juni) während sie bei den eigenen Experimenten nur um 20 mm im selben Zeitraum zunahm. Das Größenwachstum betrug maximal 5 mm pro Woche.

Cyanea capillata entwickelte sich deutlich langsamer als *Aurelia aurita*. Nach Grøndahl & Hernroth (1987) war die Phase eines schnellen Wachstums von Ephyren von *C. capillata* im Gullmar Fjord in Schweden im Frühjahr im Vergleich zu den Ephyren von *Aurelia aurita* um einen Monat verzögert. Grøndahl & Hernroth (1987) beobachteten Ephyren mit einem Durchmesser von 1,2 mm Ende März und stellten für den Zeitraum von zwei Wochen kein Wachstum fest, Danach erfolgte ein leichter Anstieg des Wachstums im Zeitraum von zwei Wochen, worauf der mittlere Durchmesser bei 1,6 mm für fünf Wochen stabil blieb. Danach erfolgte mit steigender Temperatur ein exponentielles Wachstum der Ephyren, und Ende Juni, also in einem Gesamtzeitraum von ca. 13 Wochen, hatten sich alle Ephyren zu Medusen (> 10 mm) entwickelt.

Die eigenen Laborexperimente können diesen langsamen Anstieg des Durchmessers bestätigen. In den ersten 9 Wochen vergrößerte sich der mittlere Schirmdurchmesser nur um maximal 3,5 mm. Die Entwicklung von Tentakeln wird durch die Fütterung mit Ctenophora begünstigt (Bamstedt et al. 1997) So zeigte sich bei Fütterung von *Artemia* – Nauplien und Copepoden - dominiertem Zooplankton nach sieben Wochen eine anormale Entwicklung der Tentakeln. Diese waren nicht bei jedem Exemplar vorhanden und von geringer Zahl (vier Tentakeln). Bei Fütterung mit Ctenophora verlief die Entwicklung normal und die Individuen entwickelten mehr als acht Tentakel. Holst (2008) konnte bereits nach drei bis vier Wochen acht Tentakeln an den Ephyren von *C. capillata* nachweisen. Bei den eigenen Laborexperimenten zeigten sich ab 7 mm Schirmdurchmesser Tentakeln, nach 12 Wochen erreichten einzelne Exemplare mit 12 mm Schirmdurchmesser bis zu sieben Tentakeln. Insgesamt verlief das Wachstum aufgrund der unnatürlichen Futterbedingungen (ausschließlich *Artemia*-Nauplien) zu langsam und lässt sich zumindest als Entwicklungszeit nicht auf die natürlichen Verhältnisse übertragen. Bei der Untersuchung zum Wachstum bei unterschiedlichen Temperaturen (6 °C und 12° C) lassen sich die erzielten Ergebnisse in Bezug auf eine mögliche Temperaturabhängigkeit durchaus verwerten, weil die, wenn auch suboptimalen, Hälterungsbedingungen vergleichbar waren.

6.3. Diskussion der Ergebnisse zu *Mnemiopsis leidyi*

Die zu den Lobata gehörende Art *Mnemiopsis leidyi* wurde in den Jahren 2009 und 2011 untersucht, wobei nicht nur ein möglicher Einfluss abiotischer Faktoren auf die Abundanz und eine mögliche Etablierung, sondern auch mögliche Wege der Einschleppung dieser invasiven Art diskutiert werden soll.

6.3.1. Jahresvergleich Abundanz

Die Abundanzen in den beiden Jahren waren deutlich unterschiedlich, so konnten 2011 weitaus weniger Individuen gefangen werden als 2009. Javidpour et. al (2008) fanden in den Jahren 2006 und 2007 in der Ostsee deutliche Unterschiede in der Abundanz. So war die Anzahl der Individuen 2007 etwa fünfmal so hoch wie 2006. Sie fanden auch große Unterschiede in der Abundanz in kurzen Zeiträumen innerhalb einer Woche. Sie beobachteten zwei unterschiedliche Situationen bezüglich der Abundanz. So fanden sie eine niedrige Abundanz im März bis Juni 2007, während der sich die Individuen in tieferen Wasserschichten aufhielten sowie eine hohe Abundanz im August bis September, wobei sich die Population in oberflächennahe Wasserschichten bewegte. Dies ging einher mit einem Anstieg der Wassertemperatur im Spätfrühling, welche eine hohe Produktivität begünstigt.

Walraven et al. (2013) fanden im niederländischen Wattenmeer 2009 hohe Individuenzahlen (max. 912 Ind. m⁻³) und stellten ebenso zwei Peaks in der Abundanz fest, welche Mitte Juni und Mitte August auftraten. Die mittlere Dichte betrug 360 Ind. m⁻³ bzw. 342 Ind. m⁻³. Während der maximalen Entwicklung traten meistens kleinere Individuen mit weniger als 20 mm Länge auf.

Diese Beobachtung konnte durch eigene Untersuchungen bestätigt werden. Bei der von Juli bis Dezember 2009 und der im September 2011 festgestellten geringen Biomasse und der damit einhergehenden geringeren Größe ist zu vermuten, dass es sich um juvenile Exemplare handelt. Dies lässt auf eine hohe Reproduktion im Hochsommer (Juli/August) schließen (Abb. 67 u. 68).

Das Auftreten von *M. leidyi* zeigt einen Zusammenhang mit dem Zooplankton (Shiganova et al. 2001).

6.3.2. Abiotische Faktoren

Javidpour et. al (2008) beobachteten einen deutlichen Anstieg der Individuenzahlen bei einer Wassertemperatur zwischen 14°C und 16°C. Bereits bei einer Wassertemperatur von 12°C ist *M. leidy* zur Reproduktion fähig (Purcell et al. 2001).

Die Art ist von Temperatur und Salzgehalt abhängig. Haraldsson et al. (2013) fanden bei einer Untersuchung über die Ausbreitung der Art vom Skagerrak in die Ostsee heraus, dass 90 % der Individuen bei Salinitäten von 22–29 beobachtet wurden, wobei 75 % der Individuen bei Wassertemperaturen von über 11 °C gesichtet wurden.

Die abiotischen Faktoren der eigenen Untersuchungen weisen keine Korrelation mit der Abundanz auf. Lediglich die Wassertemperatur weist eine geringe Korrelation auf ($r = -0,3068$, nach Spearman $\rho = -0,3039$, $P = 0,1155$, $N = 17$).

Nach Kremer (1994) sind Vertreter von *Mnemiopsis* spp. von höheren Wassertemperaturen und der Verfügbarkeit von Nahrung abhängig. Die Art weist in ihrem nördlichen Verbreitungsgebiet der USA einen kurzen, aber massiven Anstieg der Populationsdichte im Spätsommer und Frühherbst auf (Kremer 1994).

6.3.3. Ausbreitung

Die eigenen Untersuchungsergebnisse zeigen, dass das Verbreitungsgebiet von *M. leidy* entlang der Küste nicht in den niederländischen Gewässern Halt macht, sondern sich auch entlang der Küste des niedersächsischen Wattenmeeres ausgebreitet hat. Es ist aufgrund der vorliegenden Daten sogar von einer Etablierung im niedersächsischen Wattenmeer auszugehen.

Tulp (2006) fand große Abundanzen von *M. leidy* bei Lauwersoog, Dekker fand die Art sehr zahlreich bei Balgzand (cf. Faasse & Ligthart 2007). Faasse & Ligthart (2007) fanden *M. leidy* in großen Abundanzen im Grevelinger Meer und in der Westerschelde sowie in geringerer Anzahl in der Oosterschelde, ebenso in der Nordsee bei Brouwersdam in hoher Abundanz und vermuten eine mögliche Verbreitungsrouten nach Norden. Faasse & Bayha (2006) nehmen an, dass *M. leidy* einige Jahre brauchte, um in den Niederlanden eine Population aufzubauen. Sie sind der Ansicht, dass aufgrund der hohen Wassertemperaturen hieraus eine Ausbreitung in die Ostsee und an die schwedische Westküste resultiert und die Sichtungen in der Ostsee und im Skagerrak in Populationen in der südlichen Nordsee ihren Ursprung haben. Es besteht die Möglichkeit, dass die hier etablierten Populationen die nördlichen Populationen, wenn diese nicht überwintern können, jährlich neu beliefern. Als Ausbreitungsweg in den Niederlanden vermuten sie Ballastwasser (Faasse & Bayha 2006).

Die größten Häfen Europas befinden sich in Antwerpen und Rotterdam, so dass es denkbar wäre, dass *Mnemiopsis leidyi* sich von dort aus in die Nordsee und anschließend in die Ostsee ausbreitete. Ein möglicher Ausbreitungsweg wäre Ballastwasser. In niederländischen Häfen werden allein etwa 7,5 Mill. T. Ballastwasser jährlich entlassen (c.f. Faase and Bayha 2006).

Tendal et al. (2007) nehmen an, dass die Funde von *M. leidyi* den Verlauf der Ausbreitung von der niederländischen Küste in skandinavische Gewässer aufzeigten, vermuten allerdings für das Jahr 2005 eine strömungsbedingte Drift weniger Individuen mit dem Jütlandstrom von der Westküste Jütlands in den Skagerrak und den Bereich des Oslofjords und keine Ausbreitung durch Ballastwasser.

Lethiniemi et al. (2011) gehen davon aus, dass eine Vermehrung von *M. leidyi* bei Temperaturen von unter 11°C und Salinitäten von weniger als 10 nicht möglich ist und bei diesen Bedingungen eine Etablierung der Art in der Zentralen oder Nördlichen Ostsee verhindert wird. Auch ein Mangel oder die Abwesenheit von Sauerstoff kann ein limitierender Faktor für die Ausbreitung der Art sein, da anoxische Bedingungen in tieferen Gewässern sowohl *M. leidyi* als auch deren Nahrung ein Überleben während der mehrmonatigen Verdriftung unmöglich machen. Die Autoren halten es daher für unwahrscheinlich, dass *M. leidyi* durch Strömungen von der Nordsee oder dem Bornholmer Becken in die nördlichen Teile der Ostsee gelangen können (Lethiniemi et al. 2011.)

Van der Molen et al. (2014) entwickelten anhand von Simulationen drei Szenarien. In den Ästuarien der südlichen Nordsee könnte eine überwinternde Population existieren und sich von hier aus eine Population in der küstenfernen Nordsee entwickeln, weil genug Austausch mit dem Küstenwasser erfolgt. Als zweite Möglichkeit wird die Überlebensfähigkeit von *M. leidyi* in der Nordsee erwähnt, was einen Transport über große Distanzen erlaubt. Als dritte Möglichkeit wird beschrieben, dass es unter den derzeitigen Klimabedingungen nicht möglich wäre, dass sich *M. leidyi* in der Nordsee stark vermehrt, was sich aber mit der globalen Erwärmung ändern könnte, wobei jedoch angemerkt wird, dass dieses Ergebnis mit erheblicher Unsicherheit behaftet ist (Van der Molen et al. 2014).

Nach Collingridge (2014) befinden sich die Gebiete mit dem größten Risiko einer Ausbreitung und Vermehrung von *M. leidyi* in den südlichen Küstenregionen und Ästuarien der Nordsee sowie im Skagerrak und Kattegat. Für die Reproduktion von *M. leidyi* sind südliche Küstenregionen der Nordsee und der Skagerrak und Kattegat besonders geeignet, da sie hohe Wassertemperaturen und hohe Nährstoffkonzentrationen aufweisen (Collingridge et al. 2014). Möglicherweise wurde die Art daher seit der Erstentdeckung im Juli 2006 im Untersuchungsgebiet jedes Jahr erneut entdeckt, auch im Jahr 2011, obwohl sie 2011 nach

Antajan (2014) als abwesend galt. Jedoch erlaubt das geringe Zeitfenster nur die Entstehung von maximal zwei Populationen (Collingridge 2014). So wurden im Untersuchungszeitraum 2009 auch nur zwei mögliche Populationen beobachtet, im Frühsommer und im Herbst.

Nach Antajan et al. (2014) wurde *M. leidy* im September 2005 an der französischen Kanalküste bei Le Havre gesichtet. Im selben Zeitraum wurde die Art im Oslofjord bei Norwegen entdeckt (Oliveira 2007) und bereits einen Monat früher im Nissum Fjord in Dänemark (Tendal et al. 2007). Antajan et al. (2014) gehen davon aus, dass es sich hier nicht um einen vom Atlantikstrom geförderten Ausbreitungsweg (Oliveira 2007) handelt, sondern gehen von einer mehrfachen und gleichzeitigen Einschleppung der Art in nordeuropäische Häfen aus, weil der Schiffsverkehr alle großen Häfen entlang der französischen, belgischen, niederländischen und deutschen Küste frequentiert. Sie halten eine Verbreitung durch Drift für unwahrscheinlich und nehmen vielmehr das Vorhandensein von zwei unterschiedlichen Populationen an (Antajan et al. 2014).

Ghabooli et al. (2011) entdeckten anhand von genetischen Untersuchungen im natürlichen Verbreitungsgebiet von *M. leidy*, welches sich bis an die Atlantikküste der USA entlang bis nach Südamerika erstreckt, vier Populationen sowie Populationen im Schwarzen Meer, Azowschen Meer, Kaspischen Meer und in der Ostsee. Über molekulargenetische Untersuchungen fanden die Autoren zwei Wege der invasiven Ausbreitung der Art. Ihren Untersuchungen zufolge beschreiben diese einerseits einen Weg vom Golf von Mexiko ins Schwarze Meer und andererseits eine Ausbreitung aus dem nördlichen Verbreitungsgebiet bei Narragansett Bay in die Ostsee. Zwischen den Populationen in der Ostsee und der Narragansett Bay konnte eine übereinstimmende genetische Struktur festgestellt werden. Die Verbreitung vom Golf von Mexiko in das Schwarze Meer erfolgte vermutlich zuerst. Danach erfolgte eine weitere Verbreitung vom nördlichen Verbreitungsgebiet bei Narragansett Bay in die Ostsee. Die Autoren halten einen Invasionsweg durch Ballastwasser vom Schwarzen Meer ausgehend sowie einen ebensolchen Weg vom Kaspischen Meer bis zur Ostsee durch die beide Meere verbindende Wolga für unwahrscheinlich. Die Autoren begründen dies damit, dass die Unterschiede der Genstruktur zwischen diesen Populationen und jener der Ostsee größer sind als zwischen der Ostseepopulation und der Population in der Narragansett Bay (Ghabooli et al. 2011).

Es gibt zwar die Möglichkeit einer natürlichen Ausbreitung über den Atlantik (Oliveira 2007). Die Anwesenheit von *M. leidy* in den großen europäischen Häfen spricht jedoch für eine Ausbreitung durch Ballastwasser (Ghabooli et al. 2011). Auch für van Gindergeuren (2012)

ist es naheliegend, dass die in belgischen Gewässern im August 2007 gesichteten hohen Abundanzen von *M. leidy* im Hafen von Zeebrugge durch Ballastwasser verursacht wurden. Die Hypothese der jährlichen Neubesiedlung aus südlichen Bereichen der Nordsee könnte richtig sein. Im Gegensatz zu Antajan (2014), der die Art 2011 als abwesend bezeichnete, oder Riisgård et al. (2012), welche die Art im Limfjord im August 2011 noch nicht registrieren konnten, sondern diese erst im November feststellte, wurden sie im Untersuchungsgebiet Jadebusen bereits im August 2011 gefunden, wenn auch in geringer Anzahl.

6.3.4. Überwinterung

Für eine Etablierung im Untersuchungsgebiet stellt sich die Frage nach der Überwinterung der Art. Kube et al. (2007) konnten nachweisen, dass *M. leidy* den Winter in der Südlichen und Zentralen Ostsee überstehen kann, wenn auch nur in geringen Abundanzen, Vitasolo et al. (2008) konnten die Art in hohen Abundanzen noch bei 2 °C in der Nördlichen Ostsee beobachten. Walraven et al. (2013) fanden geringe Dichten im Niederländischen Wattenmeer bei 1,7 °C. Nach Collingridge et al. (2014) limitiert die Nahrungsverfügbarkeit das Überleben der Art im Winter, jedoch ist auch die Temperatur dafür maßgeblich (Purcell et al. 2001). *M. leidy* wurde trotz zweier strenger Winter mit geringen Wassertemperaturen 2009/10 und 2010/11 (Abb. 75 und 76) im Jahre 2011 erneut erfolgreich im Untersuchungsgebiet gesichtet

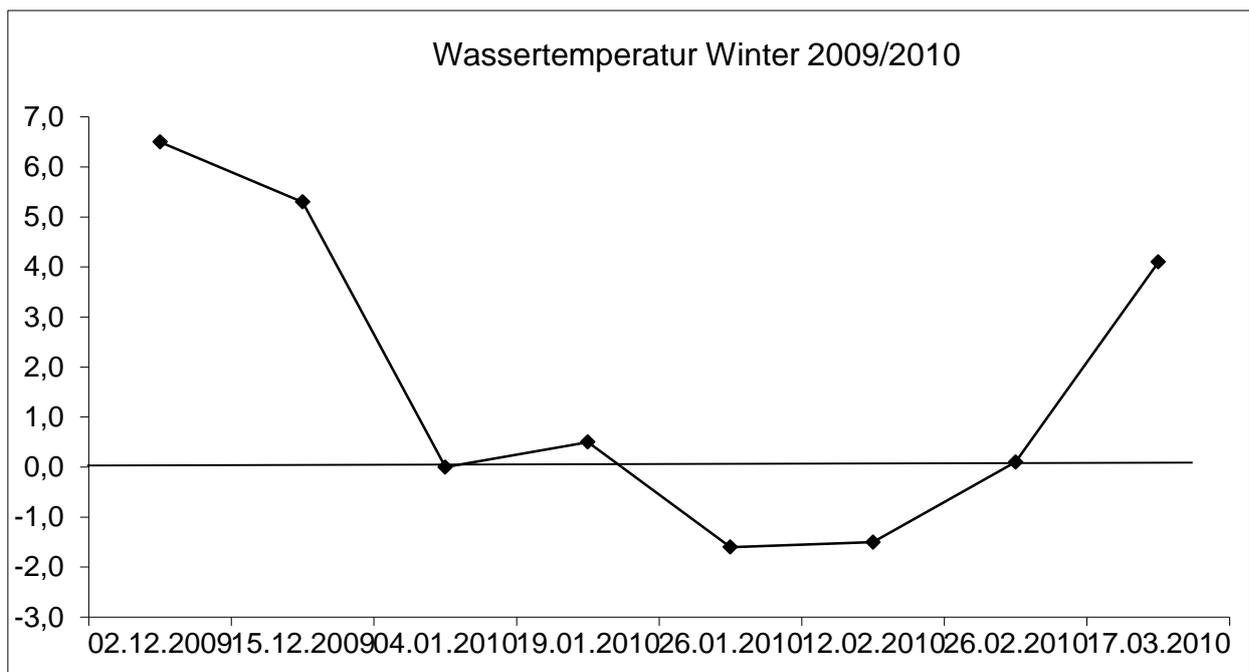


Abb. 80. Wassertemperatur im Winter 2009/2010 im Jadebusen. (NLWKN Brake Oldenburg)

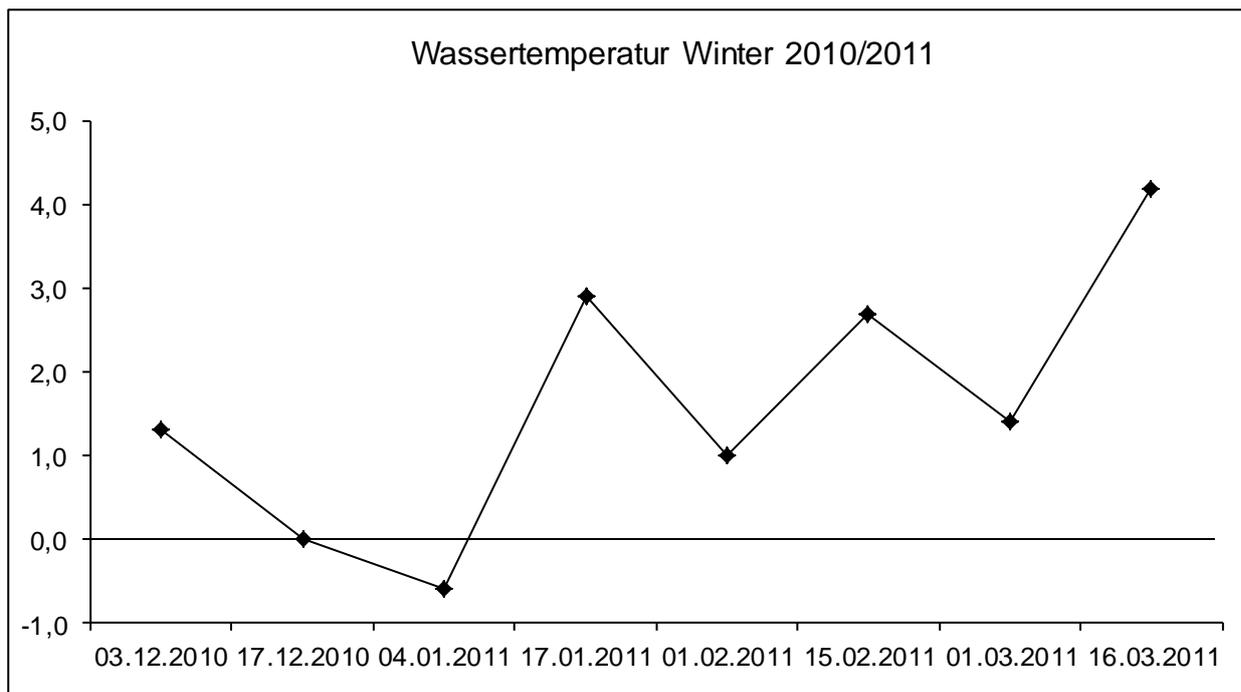


Abb. 81. Wassertemperatur im Winter 2010/2011 im Jadebusen. (NLWKN Brake Oldenburg)

Zwar erreicht die Minimaltemperatur im Winter 2009/2010 $-1,6\text{ °C}$ und unterschreite damit die tolerierte Minimaltemperatur ($-0,7\text{ °C}$). Doch können kurzzeitig auch niedrigere Temperaturen ertragen werden (Hansson 2006). Der Zeitraum einer Temperaturexposition von $-1,5\text{ °C}$ bis $-1,6\text{ °C}$ betrug jedoch mindestens siebzehn Tage, so dass von einem kurzzeitigen Temperaturminimum nicht mehr die Rede sein kann. Möglicherweise erfolgte die (2010 nicht untersuchte) Populationsentwicklung durch Neubesiedlung aus südlicheren Bereichen der Nordsee.

Die Temperatur im Winter 2010/2011 lag im Toleranzbereich (minimal $-0,6\text{ °C}$) und ermöglichte eine Populationsentwicklung im Sommer/Herbst 2011 im Untersuchungsgebiet des Jadebusens, wenn diese auch wesentlich schwächer war als jene von 2009.

6.3.5. Früheres Auftreten von *Mnemiopsis leidyi*

Es besteht der Verdacht, dass frühere Meldungen von *Bolinopsis infundibulum* in Wirklichkeit Sichtungen von *Mnemiopsis leidyi* waren. *B. infundibulum* hat eine eher nördliche Verbreitung (Bigelow 1926, Zelickman 1972, Hayward & Ryland 1995)

Nach Lenz (1973) tritt *B. infundibulum* in der Ostsee eher sporadisch auf.

Die erste Sichtung von *M. leidyi* in der Nordsee wurde im August 2005 aus dem Nissum Fjord in Dänemark gemeldet (M. Lauersen in Tendal et al. 2007). Vorherige Sichtungen wurden hauptsächlich als *B. infundibulum* interpretiert. Fehlinterpretationen von *M. leidyi* als

B. infundibulum traten offensichtlich mehrmals auf (Faasse & Bayha 2006, Faasse & Ligthart 2007, Kube et al. 2007).

Funde von *B. infundibulum* werden seit 1992 aus niederländischen Gewässern gemeldet (Faasse 1992, Holstein 2002). Faasse (in: Faasse & Ligthart 2007) hat 1992 im Grevelinger Meer bei Scharendijke eine Rippenqualle entdeckt, die er zunächst als *B. infundibulum* interpretierte, welche er aber noch zuvor in den niederländischen Gewässern vorgefunden hatte. Erst Jahre später erkannte er, dass es sich um *M. leidy* gehandelt haben könnte.

Im Juli 2006 trat bei sehr warmen Wassertemperaturen eine „gelappte Rippenqualle“ in hoher Dichte in niederländischen Gewässern auf. Die Wassertemperaturen lagen deutlich höher als der Mittelwert, was ein Auftreten von *M. leidy* wahrscheinlicher macht (Faasse & Ligthart 2007)

Zur morphologischen Bestimmung ist die Länge der Mundlappen entscheidend. Bei *M. leidy* führen diese bis in die Nähe der Statozysten, bei *B. infundibulum* reichen sie nur bis zu einem Bereich zwischen Mundöffnung und Statozyste (Mayer 1912, Mianzan 1999, in: Faasse & Baha 2006). Faasse & Bayha (2006) führten zur sicheren Unterscheidung zwischen *M. leidy* und *B. infundibulum* eine DNA-Analyse durch. Sie untersuchten die ITS1-Sequenzen, welche sich zu veröffentlichten Daten von *M. leidy* nur in einer einzelnen Base unterschieden, zu *B. infundibulum* jedoch eine Abweichung von 11,5 % bestand.

B. infundibulum besitzt auf der unteren Hälfte dunklere Linien, welche bei den Individuen in Zeeland nicht beobachtet werden konnten (Faasse & Ligthart 2007).

Da die Erscheinungsformen von *M. leidy* variabel sind, verleiten sie offensichtlich zur Beschreibung einer anderen Art (Caspian Environment Programme 2006, in: Faasse & Ligthart 2007).

Unter diesem Aspekt ist auch die eigene Sichtung von einigen Lobata im Untersuchungsgebiet (Nassauhafen, Jadebusen) im Juli 2005 als die von *M. leidy* und nicht als *B. infundibulum* zu bewerten. Das würde bedeuten, dass die Art bereits ein Jahr vor der Erstbeobachtung im Juli 2006 vor Borkum im Untersuchungsgebiet auftrat. Jedoch waren die Abundanzen zunächst gering und ein Massenvorkommen trat erst im darauffolgenden Jahr (2006) auf.

Nach Faasse & Bayha (2006) könnte *M. leidy* bereits einige Jahre vorher in niederländischen Gewässern aufgetreten sein und über Jahre eine Population aufgebaut haben.

Hansson (2006) geht davon aus, dass das Auftreten von *M. leidy* in europäischen Gewässern aufgrund der hohen Abundanzen, welche 2006 gemessen wurden, nicht erst in jenem Jahr erfolgte, sondern bereits früher stattfand.

6.3.6. Massenhaftes Auftreten 2014 und mögliche Auswirkung auf das Ökosystem

Am 26.8.2014 wurden bei einer Strandbegehung am Nordstrand von Borkum außergewöhnlich hohe Abundanzen von *M. leidy* gesichtet. Nach stichprobenartigen Zählungen wurde die Anzahl der Individuen auf einen Strandabschnitt von 1000 m, wie er bei früheren Strandzählungen im Untersuchungsgebiet üblich war, hochgerechnet. Es wurden 11.000 Individuen errechnet. Auffällig war gleichzeitig die seit einigen Jahren drastisch seltener werdende, aber normalerweise im Spätsommer/Frühherbst auftretende Scyphozoa – Art *Rhizostoma octopus*, welche während der Fangfahrten 2005 und 2006, aber auch in den Jahren davor, mit großer Zuverlässigkeit stets zu Dutzenden gefunden wurde. Dies legt die Vermutung nahe, dass *R. octopus*, welche ein ähnliches Nahrungsspektrum wie *M. leidy* besitzt, möglicherweise von letzterer Art durch Nahrungskonkurrenz verdrängt wurde. Dies würde einen erstmals sichtbaren deutlichen Einschnitt im pelagischen Ökosystem der Nordsee bedeuten, wie ihn Hosia (2014) und Reusch (2010) vermuten.

Die Wassertemperaturen, welche am 2.8. und 3.8. 2014 in Strandnähe im Oberflächenwasser gemessen wurden, lagen zwischen 22,5 und 26,0 °C. Die Wassertemperaturen betrugten wenige Wochen vor der Entdeckung großer Individuenzahlen von *M. leidy* an der Niederländischen Küste durch Faasse & Bayha im August 2006 nach dem Hydro Meteo Centrum Zeeland (2006) ebenfalls bis zu 26 °C im Monat Juli (Faasse & Bayha 2006).

Die Ende August gefundenen Individuen von *M. leidy* wiesen eine maximale Größe von 80 mm auf, die durchschnittliche Größe einer Messung am 3.9.14 betrug 56 mm. Ähnliche Größen wurden in denselben Monaten von Faasse & Bayha (2006) beobachtet.

Nach Walraven et al. (2013) waren während der Untersuchungen an *M. leidy* im Jahresverlauf 2009 Scyphomedusen sehr selten. *A. aurita*, *C. hysoscella*, *C. lamarcki* waren beinahe vollständig abwesend, wobei *R. octopus* am häufigsten auftrat, welche von Mitte Juni bis Anfang September mit einer maximalen Individuenzahl von 0,02 Ind m⁻³ Ende August gefunden wurden.

Im Untersuchungsgebiet konnten jedes Jahr bis 2014 von April bis Juni sehr große Abundanzen von *C. lamarcki* und im Juli/ August ein regelmäßiges Auftreten von *C. hysoscella* anhand von Strandfunden oder Tauchgängen im Flachwasser beobachtet werden. Die Beobachtungen von Walraven et al. (2013) konnten bezüglich dieser Arten nicht bestätigt werden. Vom Autor wurden im Untersuchungsgebiet *A. aurita* nur in wenigen Individuen und *R. octopus* in immer geringeren Abundanzen vorgefunden (siehe Tabelle Nr. 3 im Ergebnisteil).

Auch Hosia et al. (2014) registrierten einen deutlichen Rückgang von *A. aurita* im Skagerrak in den letzten 20 Jahren.

Zum Nahrungsspektrum von *M. leidy* zählen außer Copepoden auch Planula-Larven von *A. aurita* (Javidpour et al. 2009), so dass ein direkter Fraßdruck vermutet werden kann.

Oliveira (2007) stellte nach dem ersten Auftreten von *M. leidy* eine Veränderung in der Ausbreitung von *A. aurita* im Oslofjord fest.

Shiganova et al. (1998) fanden eine negative Korrelation in der Abundanz von *M. leidy* und *A. aurita* ($r = -0.80$, $p = 0.005$, $n = 14$).

M. leidy konkurriert mit *A. aurita* um Lebensraum und Nahrung und kann *A. aurita* verdrängen (Mutlu et al. 1994).

Hansson (2006) fand während der Untersuchungen im Spätsommer und Herbst 2006 keine Exemplare von *A. aurita*.

Kovalev & Piontkowski (1998) stellten im Schwarzen Meer gegensätzliche Populationsschwankungen zwischen *M. leidy* und *A. aurita* fest, wobei ein Anstieg der Biomasse von *M. leidy* eine Abnahme bei *A. aurita* zur Folge hatte. Eine derartige Beziehung konnten Weisse & Gomoiu (2000) im nordwestlichen Schwarzen Meer allerdings nicht feststellen.

M. leidy kann ihrerseits auch Nahrung für Scyphozoa sein. So wurden hohe Wachstumsraten von *Chrysaora quinquecirrha* festgestellt, wenn sie mit Larven von *M. leidy* gefüttert wurden (Olesen et al. 1996).

Eine langjährige Beobachtung ermöglicht zuverlässige Aussagen über Langzeittrends im Auftreten von Medusen (Hosia et al. 2014). Über den Verlauf von neun Jahren könnte sich somit ein Trend für eine geringer werdende Abundanz von *R. octopus* erkennen lassen.

Insgesamt scheint es eine Verminderung von Populationen der Scyphozoa, zumindest bei *A. aurita* und möglicherweise bei *R. octopus* bei gleichzeitiger Anwesenheit von *M. leidy* zu geben. Dies würde einen von Hosia (2014) und Reusch (2010) erwähnten „regime shift“ glaubhaft machen und die befürchteten Auswirkungen von *M. leidy* auf das Ökosystem (Javidpour et al. 2006, Oliveira 2007) würden sich bereits bewahrheiten.

6.3.7. Gelatinöses Zooplankton

Walraven et al. (2013) fand bei der Population von *P. pileus* im Niederländischen Wattenmeer 2009 ein Maximum im Juni ($3,5 \text{ Ind m}^{-3}$), während die Individuenzahl danach abnahm und bis auf einige Individuen ab Mitte Juli bis Ende August nicht mehr vorhanden war. Zwar begannen die Probennahmen des gelatinösen Zooplanktons in der Jade erst im Juni,

jedoch wurde auch hier im Juni die höchste Abundanz von *P. pileus* festgestellt, welche danach deutlich abnahm und die Art nur noch sporadisch anzutreffen war (Abb. 71)

Bei den Untersuchungen im Nassauhafen war kein Anstieg der Abundanz zu erkennen, *P. pileus* wurde dort ab März nur vereinzelt beobachtet (Abb. 73). Van de Veer & Sadée (1984) fanden im Jahr 1981 im westlichen Niederländischen Wattenmeer südlich von Texel eine sehr hohe Individuendichte von 17.000 Ind. in 1000 m⁻³ im Monat April. Danach erfolgte ein Rückgang und im September eine geringfügige Erhöhung der Individuendichte auf 400 Ind. in 1000 m⁻³. Möglicherweise hatte auch die *Pleurobrachia*-Population in der Jade ihre höchste Abundanz in den Vormonaten erreicht und die Beobachtungen im Juni zeigten eine bereits abfallende Abundanz der Art im Untersuchungsgebiet. Van de Veer & Sadée (1984) vermuten anhand des verfügbaren Nahrungsangebotes und der suboptimalen Wachstumsraten von *P. pileus*, dass für die Art keine optimalen Nahrungsbedingungen in der Nordsee herrschten.

Bei den Hydrozoa-Medusen konnte kein signifikanter Zusammenhang mit der Temperatur festgestellt werden. Möglicherweise sind andere abiotische oder biotische Faktoren (Nahrungsverfügbarkeit) von grösserer Bedeutung.

Bei der Untersuchung des gelatinösen Zooplanktons (Kapitel 5.3.4) wurde ein Räuber-Beute-Verhältnis zwischen *M. leidy* und *Beroe gracilis* anhand zweier phasenverschobener Populationskurven sichtbar (Abb. 72). Anhand der Populationskurven wird erkennbar, dass *B. gracilis* sich von *M. leidy* ernährt. Dies deckt sich mit Beobachtungen aus der Literatur (Hosia et al. 2011). Ein so angenommenes Räuber-Beute-Verhältnis widerspricht aber der Aussage von Greve (1970), dass *B. gracilis* sich ausschliesslich von *Pleurobrachia pileus* ernährt. Walraven et al. (2013) fanden bei Untersuchungen im Niederländischen Wattenmeer 2009 eine maximale Dichte von *B. gracilis* im Juni, welche mit der maximalen Dichte von *M. leidy* übereinstimmte. Sie blieb jedoch mit 0,3 Ind. m⁻³ gegenüber *M. leidy* (360 Ind m⁻³) um mehr als das Tausendfache geringer, so dass ein Einfluss durch Fraßdruck auf *M. leidy* fraglich ist.

B. gracilis konsumiert bei großen Exemplaren von *M. leidy* nur Teile (Hosia et al. 2011). Anhand dieser Zahlen und der Tatsache, dass *M. leidy* in der Lage ist, aus einem Viertel seiner Biomasse ein vollständiges Tier zu regenerieren, ist ein die Population limitierender Einfluss von *B. gracilis* eher unwahrscheinlich. Die im Schwarzen Meer aufgetretene Art *Beroe ovata* reduzierte 1999 offensichtlich die Populationen von *M. leidy* in einem Maße, dass *M. leidy* lediglich mit 1,1 Ind. m⁻² auftrat (Shiganova et al. 2001).

5.3.8. Ausblick

Es ist wahrscheinlich, dass die Ausbreitung von *M. leidy* in der Nordsee eher durch Ballastwasser und weniger durch Strömungen erfolgt. Gleichwohl scheinen die südlichen Bereiche der Nordsee für eine Überwinterung geeignet zu sein und aus diesen Refugien heraus könnten die nördlichen Bereiche der Nordsee erneut besiedelt werden. Im Untersuchungsgebiet, welche das Emsästuar und den Jadebusen umfasst, beide in der Südlichen Nordsee, konnte *M. leidy* mehrmals überwintern, sich im Spätsommer/ Frühherbst erfolgreich reproduzieren und offensichtlich in diesen Gebieten etabliert.

Möglicherweise ist *M. leidy* bereits in früheren Jahren aufgetreten und wurde fälschlicherweise als *Bolinopsis infundibulum* bestimmt, so auch im Untersuchungsgebiet im Jahr 2005.

Es besteht die Möglichkeit, dass die Art bei starker Vermehrung die heimischen Fischbestände gefährdet (Faase and Bayha 2006). Allerdings sind die vom Autor vorgefundenen Individuendichten bei weitem nicht so hoch wie jene in der Ostsee, welche bei bis zu 92.3 ± 22.4 ind. m^{-3} lagen (Javidpour et. al 2006). Es lassen sich aufgrund der geringen Datenlage noch keine genaueren Aussagen über eine Gefährdung von Fischarten in der Nordsee durch die eingewanderte Art *M. leidy* treffen.

Jedoch erfolgt offensichtlich bereits eine Änderung im pelagischen Ökosystem, weil es einen starken Rückgang der Scyphozoa – Art *Rhizostoma octopus* im Untersuchungsgebiet gegeben hat. Weitere Untersuchungen zur Verbreitung von *Mnemiopsis leidy* in der Nordsee werden aufgrund des Gefährdungspotentials für das dortige Ökosystem dringend empfohlen.

7. Zusammenfassung und Abstract

In der vorliegenden Arbeit wurde das in der Nordsee vorkommende gelatinöse Zooplankton in seiner Populationsentwicklung in Abhängigkeit von abiotischen Faktoren im Niedersächsischen Wattenmeer untersucht, um einen Beitrag zur Erweiterung des Kenntnisstandes über das Vorkommen und die Populationsentwicklung zu liefern sowie mögliche Ursachen für das massenhafte Auftreten dieser Organismen zu ergründen. Die Untersuchungen bezogen sich auf die fünf in der Nordsee vorkommenden Vertreter der Scyphozoa (*Aurelia aurita*, *Chrysaora hysoscella*, *Cyanea capillata*, *Cyanea lamarcki*, *Rhizostoma octopus*) und auf eine invasive Art der Ctenophora, *Mnemiopsis leidyi*. Zusätzlich wurden einige Medusen der Hydrozoa sowie zwei weitere Ctenophora (*Beroe gracilis*, *Pleurobrachia pileus*) in die Untersuchungen einbezogen. Neben Felduntersuchungen sollten Laborversuche, in welchen die Scyphozoa-Arten *Aurelia aurita* und *Cyanea capillata* gehältert wurden, die Ergebnisse unterstützen.

Die Untersuchungen fanden an zwei Standorten, vor der ostfriesischen Insel Borkum in der Emsmündung und im Jadebusen vor Wilhelmshaven statt.

Dabei sollte folgenden Fragestellungen nachgegangen werden:

Es sollte untersucht werden, ob die an den Probenstandorten auftretenden Arten der Scyphozoa sowohl standortbezogen als auch interannuell Unterschiede in Abundanz und Größe aufweisen und ob abiotische Faktoren wie Temperatur, Salinität, Sauerstoffgehalt, Wellenhöhe, Sichttiefe, Bewölkung, Windstärke und -richtung einen Einfluss darauf ausüben. Unterstützt wurden diese Untersuchungen durch Wachstumsexperimente in Abhängigkeit von der Wassertemperatur.

Es sollte der Frage nachgegangen werden, wie sich die invasive Ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in der südlichen Nordsee entwickelt und ob die Art unter den Umweltbedingungen des Niedersächsischen Wattenmeeres ähnlich hohe Abundanzen wie in anderen Meeren bilden kann, da dies zu einer Gefährdung der Fischbestände führen kann. Dazu soll untersucht werden, ob die Art in der Lage ist, in der Nordsee zu überwintern. Auch für diese Untersuchungen wurden einige abiotische Faktoren (Wassertemperatur, Wellenhöhe, Sichttiefe, Windstärke und -richtung, Bewölkungsgrad) berücksichtigt.

Zusätzlich soll ein Beitrag zu der Frage geliefert werden, in welche Richtung die Ausbreitung von *M. leidyi* in Nord- und Ostsee erfolgte.

Weitere Untersuchungen von Medusen der Hydrozoa und zweier weiterer Vertreter der Ctenophora (*Beroe gracilis*, *Pleurobrachia pileus*) sollten eine mögliche Abhängigkeit von der Wassertemperatur aufzeigen.

Die im Jadebusen beprobten Individuen wiesen weitgehend geringere Abundanzen und einen kleineren Schirmdurchmesser als die in der Emsmündung vor Borkum untersuchten Individuen auf. Möglicherweise herrschen im Jadebusen ungünstigere Umweltbedingungen für die Entwicklung der Scyphozoa als in der Emsmündung vor Borkum. Es treten große interannuelle Unterschiede in den Jahren 2005–2007 an beiden Standorten auf.

Die Abundanz der Medusen am 1000m-Strandabschnitt unterscheidet sich häufig deutlich gegenüber jener bei den Fangfahrten. Die als Barriere wirkenden Buhnen spielen möglicherweise eine Rolle. Die Größenentwicklung der Medusengeneration während des saisonalen Verlaufs läßt Aussagen zur Populationsentwicklung zu. Nach Houghton (2007) wird durch Strandfunde eine langfristige Freisetzung von Ephyren belegt, was zu einer Präsenz von unterschiedlich großen Medusen während der Sommermonate führte. Da die beobachtete Größenverteilung von drei Arten (*Cyanea lamarcki*, *Chrysaora hysoscella*, *Rhizostoma octopus*) bei den Strandfunden näherungsweise einer Gaußschen Normalverteilung entsprachen, konnte die von Houghton (2007) beschriebene Entwicklung bestätigt werden.

Die beobachtete Größe (Schirmdurchmesser) einiger Arten (*Cyanea capillata*, *Rhizostoma octopus*) lassen Zweifel an deren Reproduktion im Untersuchungsgebiet aufkommen, wobei Funde kleinerer Individuen von *R. octopus* in den Jahren 2004 und 2006 möglicherweise doch für eine Reproduktion sprechen könnten.

Nur wenige abiotische Faktoren konnten mit dem Auftreten der beprobten Arten in Zusammenhang gebracht werden. So konnte eine Korrelation zwischen der Abundanz und der Wassertemperatur nicht nachgewiesen werden. Auch die Laboruntersuchungen zeigten keine signifikanten Ergebnisse. Jedoch legen die Daten eine negative Korrelation nahe, weil bei geringerer Wassertemperatur mehr Individuen beprobt werden konnten.

Die Salinität scheint jedoch für das Auftreten der Scyphozoa eine Rolle zu spielen, da zwischen dieser und der Abundanz eine negative Korrelation besteht. Die Ergebnisse zeigen eine negative Korrelation zwischen Abundanz und Wellenhöhe. Vermutlich tauchen die Individuen bei starkem Wellengang in größere Tiefen ab. Es existiert ein Zusammenhang zwischen Abundanz und Windstärke bei Strandbegehungen, jedoch nicht bei den Fangfahrten. Die Windrichtung scheint einen Einfluss auf die Abundanz auszuüben, da bei nördlichen und nordöstlichen Windrichtungen die meisten Individuen beobachtet werden konnten. Es besteht ein Zusammenhang zwischen Abundanz und Sichttiefe, wobei es sich jedoch um eine

Scheinkorrelation handeln könnte, da andere Faktoren (Planktonkonzentration, Windrichtung) einen größeren Einfluss ausüben können.

Die anderen abiotischen Faktoren (Sauerstoffgehalt, Bewölkungsgrad) scheinen für das Auftreten der Scyphozoa im Untersuchungsgebiet nicht relevant zu sein.

In der vorliegenden Arbeit wurde das erstmalige Auftreten der Ctenophore *Mnemiopsis leidyi* im Niedersächsischen Wattenmeer im Juli 2006 dokumentiert. Die Untersuchungen wurden in den Jahren 2009 und 2011 im Jadebusen durchgeführt. Dabei traten große interanuelle Unterschiede in der Abundanz auf. Es wurden zwei mögliche Populationen, im Frühjahr und im Herbst, beobachtet. Bis auf eine geringe Korrelation zwischen Abundanz und Wassertemperatur konnte ein Einfluss der anderen gemessenen abiotischen Faktoren nicht registriert werden.

Bei der in den Herbstpopulationen festgestellten geringen Biomasse bei gleichzeitig hoher Individuendichte ist zu vermuten, dass es sich um juvenile Exemplare handelt, was auf eine hohe Reproduktion im Hochsommer schließen lässt.

Die eigenen Untersuchungen zeigen, dass *M. leidyi* sich entlang der Küste des Niedersächsischen Wattenmeeres ausgebreitet hat. Die Ergebnisse legen nahe, dass *M. leidyi* in der Lage ist, im Untersuchungsgebiet zu überwintern und die Art sich im Niedersächsischen Wattenmeer etabliert hat. Möglicherweise erfolgte das Auftreten von *M. leidyi* im Untersuchungsgebiet bereits früher, weil vom Autor im Juli 2005 gemachte Sichtungen als *Bolinopsis infundibulum* fehlinterpretiert worden sein könnten.

Es ist wahrscheinlich, dass die Ausbreitung der Art in der Nordsee eher durch Ballastwasser (Faasse & Bayha 2006) und weniger durch Strömungen erfolgt ist.

Eine in der Literatur (Hosia 2014, Reusch 2010) angesprochene Veränderung des Ökosystems (regime shift) könnte im Untersuchungsgebiet bereits erfolgt sein, da die Scyphozoa-Arten *A. aurita* und *R. octopus*, welche das gleiche Nahrungsspektrum wie *M. leidyi* bevorzugen, in den letzten Jahren in deutlich geringeren Abundanzen aufgetreten sind.

Bei den Untersuchungen der anderen Arten der Ctenophora (*Beroe gracilis*, *Pleurobrachia pileus*) sowie der Hydrozoa-Medusen konnte kein Zusammenhang mit der Temperatur beobachtet werden. Es wurde ein Räuber-Beute-Verhältnis zwischen *B. gracilis* und *M. leidyi* anhand zweier phasenverschobener Populationskurven sichtbar, wobei *B. gracilis* offenbar *M. leidyi* frisst.

Weitere Untersuchungen zu *M. leidyi* in der Nordsee sind aufgrund des hohen Gefährdungspotenzials dieser Art auf das heimische Ökosystem dringend zu empfehlen.

In the present work the gelatinous zooplankton of the North Sea was studied with respect to its population development and its relation to the main abiotic factors in the Lower Saxony Wadden Sea. This was to expand our knowledge about the occurrence and population development and to explore possible causes of mass development of some of the jellyfish species.

The studies were focussing on the five dominant species of the Scyphozoa in the North Sea (*Aurelia aurita*, *Chrysaora hysoscella*, *Cyanea capillata*, *Cyanea lamarcki*, *Rhizostoma octopus*) and an invasive ctenophore species, *Mnemiopsis leidyi*. Some hydrozoan medusae and two more ctenophores (*Beroe gracilis*, *Pleurobrachia pileus*) were included in this study. In addition to field studies, laboratory experiments of *Aurelia aurita* and *Cyanea capillata* supported the results. The study was performed at two locations, near the East Frisian island of Borkum in the Ems estuary and in the Jade Bay near Wilhelmshaven.

It was examined whether the species occurring at the sample locations showed site-specific or interannual differences in abundance and size and whether abiotic factors like temperature, salinity, oxygen, wave height, water visibility, clouds, wind speed and -direction had an influence on these parameters. These studies were supported by experiments that investigating the effects of water temperature on growth.

A focus was to understand how the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* developed in the southern North Sea. It was of particular interest whether this species can build up similarly high abundances as in other oceans as under the environmental conditions of the Lower Saxony Wadden Sea. This could lead to a threat of fish stocks. It was examined whether this species was able to overwinter in the North Sea. Its occurrence was related to abiotic factors such as water temperature, wave height, water visibility, wind speed and -direction, cloudiness. The dispersal direction of *M. leidyi* in the North and Baltic Seas was also investigated.

Further examinations of medusae of Hydrozoa and two other representatives of the ctenophores *Beroe gracilis* and *Pleurobrachia pileus* demonstrated that their population size increased with increasing water temperature.

The individuals collected in the Jade Bay showed generally lower abundances and a smaller umbrella diameter than individuals in the Ems estuary near Borkum. The environmental conditions in the Jade Bay were probably more unfavorable for the development of the Scyphozoa compared to the Ems estuary off Borkum. Large interannual variations were noted in the years 2005-2007 at both locations.

The abundance of the jellyfish at a 1000m beach segment often differed significantly compared to those occurring throughout the pelagic sampling campaigns. Groynes may have played their role as a barrier.

The size development of the umbrella of medusae with season allows statements about their population dynamics. The observed size distribution of three species (*Cyanea lamarcki*, *Chrysaora hysoscella*, *Rhizostoma octopus*) corresponded to a Gaussian distribution. The observed size (umbrella diameter) of some species (*Cyanea capillata*, *Rhizostoma octopus*) questioned that these species reproduced in the study area. Finds of smaller individuals of *R. octopus* in the years 2004 and 2006 may indicated that reproduction took place in the area for this species. A longer-term release of ephyra larvae according to beach finds during the summer months was recorded earlier in the literature.

A few abiotic factors could be associated with the occurrence of the observed species. A correlation between abundance and water temperature could not be found. Laboratory experiments showed no significant results. However, data suggested a negative correlation, because at lower water temperature more individuals could be obtained. But salinity appeared to play a role for the occurrence of Scyphozoa, because a negative correlation between this and their abundance became apparent. Results showed a negative correlation between abundance and wave height. Presumably, the medusae descended to greater depths. There is a relationship between abundance and wind strength according to beach sightings, but not according to net samplings. The wind direction seemed to have an influence on the abundance, because at northerly and northeasterly wind directions highest abundances could be observed. There is a relationship between abundance and water visibility. This, however, could have been cofounded by plankton concentration and wind direction. Other abiotic factors (such as oxygen, clouds) were not relevant for the occurrence of Scyphozoa in the study area.

The author found the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in the Lower Saxony Wadden Sea in July 2006 for the first time. The studies were conducted in 2009 and 2011 in the Jade Bay. Here, the author recorded large interannual differences in abundance. There where two population peaks, in spring and in autumn observed. Besides, there was a minor correlation between abundance and water temperature. Any other correlation of measured factors could not be found. The low biomass in autumn accompanied by high population density suggests that these were juvenile specimens, implying a high reproduction in midsummer. The present results suggest that *M. leidyi* is able to overwinter in the study area and the species has established itself in the Lower Saxony Wadden Sea.

Since the sightings of the author in July 2005 could have been misinterpreted as *Bolinopsis infundibulum*, then *M. leidy* might have been present in the study area for much longer.

It is possible that the spread of the species in the North Sea was caused by ballast water and much less so by currents.

One in the literature mentioned change in the ecosystem (regime shift) could be already carried out in the study area since the Scyphozoa species *A. aurita* and *R. octopus*, who prefer the same food range such as *M. leidy*, have occurred over recent years in significantly lower abundances.

In the studies of other ctenophore species (*Beroe gracilis*, *Pleurobrachia pileus* and Hydrozoa jellyfish) no relationship with water temperature was found.

A predator-prey relationship between *B. gracilis* and *M. leidy* was inferred from phase-shifted population density curves suggesting that *B. gracilis* is preying on *M. leidy*.

Further studies of *M. leidy* in the North Sea are recommended due to the threat potential of this species for the local ecosystem.

8. Literaturverzeichnis

Antajan E, Bastian T, Raud T, Brylinski J-M, Hoffman S, Breton G, Comille V, Delegrange A, Vincent D (2014) The invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 along the English Channel and the North Sea French coasts: another introduction pathway in northern European waters? *Aquatic Invasions* 9 (2): 167-173

Arai MN (1997) A functional biology of Scyphozoa. Chapman & Hall, London, 316 pp.

Arai MN (2001) Pelagic coelenterates and eutrophication: a review. *Hydrobiologia* 451: 69-87

Båmstedt U, Ishii H, Martinussen MB (1997) Is the scyphomedusa *Cyanea capillata* (L.) dependent on gelatinous prey for its early development? *Sarsia* 82: 269-273

Båmstedt U, Lane J, Martinussen MB (1999) Bioenergetics of ephyra larvae of the scyphozoan jellyfish *Aurelia aurita* in relation to temperature and salinity. *Marine Biology* 135: 89-98

Barz K, Hirche H-J (2007) Abundance, distribution and prey composition of Scyphomedusae in the southern North Sea. *Marine Biology* 151: 1021-1033

Bastian T, Haberlin D, Purcell JE, Hays GC, Davenport J, McAllen R, Doyle TK (2011) Large-scale sampling reveals the spatio-temporal distributions of the jellyfish *Aurelia aurita* and *Cyanea capillata* in the Irish Sea. *Marine Biology* 158: 2639-2652

Baumann S, Schernewski G (2012) Occurrence and public perception of jellyfish along the German Baltic coastline. *Journal of Coastal Conservation* 16: 555-566

Bigelow HB (1926) Plankton of the offshore Waters of the Gulf of Maine. *Bulletin of the bureau of fisheries* Washington, Vol XL (1924), part II, Doc. no. 968, 509 pp.

Burrell VG, Van Engel WA (1976) Predation by and distribution of a ctenophore, *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, in the York River estuary. *Estuarine and Coastal Marine Science* 4: 235-242

Caspian Environment Programme 2006, in: Faasse, M, Ligthart M (2007) De Amerikaanse ribkwal *Mnemiopsis leidyi* (Agassiz, 1865) in Zeeland. *Het Zeepaard* 67(1): 27-32

Coates, MM (2003) Visual Ecology and Functional Morphology of Cubozoa (Cnidaria). *Integrative and Comparative Biology* 43 (4): 542-548.

Colingridge K, van der Molen J, Pitois S (2014) Modelling risk areas in the North Sea for blooms of the invasive comb jelly *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865. *Aquatic Invasions*, 9 (1): 21-36

Condon RH, Decker MB, Purcell JE (2001) Effects of low dissolved oxygen on survival and asexual reproduction of scyphozoan polyps (*Chrysaora quinquecirrha*). *Hydrobiologia* 451: 89-95

De Blauwe H (2003) Ribkwallen (Ctenophora), schijfkwallen en medusevormende hydroïden (Cnidaria: Scyphozoa, Hydrozoa) te Zeebrugge, resultaten van 5 jaar waarnemingen (1999-2003). *De Strandvlo* 23(3): 80-125

Doyle TK, Houghton JDR, Buckley SM, Hays GC, Davenport J (2007) The broad-scale distribution of five jellyfish species across a temperate coastal environment. *Hydrobiologia* 579: 29-39

Faasse M., Ligthart M (2007). De Amerikaanse ribkwal *Mnemiopsis leidyi* (Agassiz, 1865) in Zeeland. *Het Zeepaard* 67(1): 27-32

Faasse MA, Bayha KM (2006) The ctenophore *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz 1865 in coastal waters of the Netherlands: an unrecognized invasion? *Aquatic Invasions* 1(4): 270-277

Faasse, MA (1992) 't Snorkeltje. *De Luchtbel* 16(8): 7-9

Fossa, JH (1992) Mass occurrence of *Periphylla periphylla* (Scyphozoa, Coronatae) in a Norwegian fjord. *Sarsia* 77: 237-251

Ghabooli S, Shiganova TA, Zhan A, Cristescu ME, Eghtesadi-Araghi P, MacIsaac HJ (2011) Multiple introductions and invasion pathway for the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in Eurasia. *Biological Invasions* 13:679-690

Graham WM, Pagès F, Hamner WM (2001) A physical context for gelatinous zooplankton aggregations: a review. *Hydrobiologia* 451: 199-212

Greve W (1994) The 1989 German Bight invasion of *Muggiaea atlantica*. *ICES Journal of Marine Science* 51: 355-358

Greve W (1970) Cultivation experiments on North Sea ctenophores. *Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen* 20, 304-317

Gröndahl F, Hernroth L (1987) Release and growth of *Cyanea capillata* (L.) ephyrae in the Gullmar Fjord, western Sweden. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 106: 91-101

Hamner WM, Hamner PP, Strand SW (1994) Sun-compass migration by *Aurelia aurita* (Scyphozoa): population retention and reproduction in Saanich Inlet, British Columbia *Marine Biology* 119: 347-356

Hansson HG (2006) Ctenophores of the Baltic and adjacent Seas – the invader *Mnemiopsis* is here! *Aquatic Invasions* 1 (4): 295-298

Haraldsson M, Jaspers C, Tiselius P, Aksnes DL, Andersen T, Titelman J (2013) Environmental constraints of the invasive *Mnemiopsis leidyi* in Scandinavian waters. *Limnology and Oceanography* 58(1): 37-48

Haslob H, Clemmesen C, Schaber M, Hinrichsen H-H, Schmidt JO, Voss R, Kraus G, Köster FW (2007) Invading *Mnemiopsis leidyi* as a potential threat to Baltic fish. *Marine Ecology Progress Series* 349: 303-306

Hay SJ, Hislop JRG, Shanks AM (1990) North Sea scyphomedusae; summer distribution, estimated biomass and significance particularly for 0–group gadoid fish. *Netherlands Journal of Sea Research* 25: 113-130

Hayward PJ, Ryland JS (2011) Handbook of the Marine Fauna of North-West Europe. Oxford University Press, New York, 800 pp.

Heard J (2005) *Cyanea capillata*. Lion's mane jellyfish. Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Sub-programme [on-line]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. [cited 05/09/2012]. Available from: <http://www.marlin.ac.uk/speciesinformation.php?speciesID=3109>

Heiber R. (1988) Die Faunengemeinschaft einer großen Stromrinne des Wurster Wattengebietes (Deutsche Bucht). (Diss.), Bonn, 398 pp.

Helmholz H, Johnston BD, Ruhnau C, Prange A (2010) Gill cell toxicity of northern boreal scyphomedusae *Cyanea capillata* and *Aurelia aurita* measured by an in vitro cell assay. *Hydrobiologia* 645: 223-234

Holst S (2012) Effects of climate warming on strobilation and ephyra production of North Sea scyphozoan jellyfish. *Hydrobiologia* 690: 127-140

Holst S (2008) Grundlagen der Populationsentwicklung verschiedener Scyphozoa (Cnidaria) in der Deutschen Bucht. Diss., Universität Hamburg, Germany

Holsteijn H (2002) Toch nog een beetje nieuw: *Bolinopsis infundibulum* (Müller, 1776) en *Beroe cucumis* (Fabricius, 1780) aan onze kust. *Het Zeepaard* 62(5): 142-150

Hosia A, Falkenhaug T, Naustvoll L-J (2014) Trends in abundance and phenology of *Aurelia aurita* and *Cyanea spp.* at a Skagerrak location, 1992–2011. *Marine Ecology Progress Series* 498: 103-115

Hosia A, Titelman J (2011) Intraguild predation between the native North Sea jellyfish *Cyanea capillata* and the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi*. *Journal of Plankton Research* 33(3): 535-540

Houghton JDR, Doyle TK, Davenport J, Lilley MKS, Wilson RP, Hays GC (2007) Stranding events provide indirect insights into the seasonality and persistence of jellyfish medusae (Cnidaria: Scyphozoa). *Hydrobiologia* 589: 1-13

Hydro Meteo Centrum Zeeland (2006) Waterkwaliteit Grevelingenmeer. Rijkswaterstaat Directie Zeeland. <http://www.hmcz.nl>, in: Faasse MA, Bayha KM (2006) The ctenophore *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz 1865 in coastal waters of the Netherlands: an unrecognized invasion? *Aquatic Invasions* 1(4): 270-277

Jarms G, Tiemann H, Båmstedt U (2002) Development and biology of *Periphylla periphylla* (Scyphozoa, Coronatae) in a Norwegian fjord. *Marine Biology* 141 (4): 647-657

Javidpour J, Molinero JC, Peschutter J, Sommer U (2009) Seasonal changes and population dynamics of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* after its first year of invasion in the Kiel Fjord, Western Baltic Sea. *Biological Invasions* 11:873–882

- Javidpour J, Sommer U, Shiganova T (2006) First record of *Mnemiopsis leidy* A. Agassiz 1865 in the Baltic Sea. *Aquatic Invasions* 1(4): 299-302
- Kellnreiter F, Pockberger M, Asmus R, Asmus H (2013) Feeding interactions between the introduced ctenophore *Mnemiopsis leidy* and juvenile herring *Clupea harengus* in the Wadden Sea. *Biological Invasions* 15: 871-884
- Kremer, P (1994) Patterns of abundance for *Mnemiopsis* in US coastal waters: a comparative overview. *ICES Journal of Marine Science* 51: 347–354
- Kremer P (1979) Predation by the Ctenophore *Mnemiopsis leidy* in Narragansett Bay, Rhode Island. *Estuaries* 2(2): 97-105
- Kovalev, AV, Piontkovski SA (1998) Interannual changes in the biomass of the Black Sea gelatinous zooplankton. *Journal of Plankton Research* 20: 1377-1385
- Kube S, Postel L, Honnef C, Augustin CB (2007) *Mnemiopsis leidy* in the Baltic Sea – distribution and overwintering between autumn 2006 and spring 2007. *Aquatic Invasions* 2(2): 137-145
- Legovic T (1987) A recent increase in jellyfish populations: a predator-prey model and its implications. *Ecological Modelling* 38: 234-256.
- Lehmann A, Javidpour J (2010) Potential pathways of invasion and dispersal of *Mnemiopsis leidy* A. Agassiz 1865 in the Baltic Sea. *Hydrobiologia* 649: 107-114
- Lehtiniemi M, Lehmann A, Javidpour J, Myrberg K (2012) Spreading and physical biological reproduction limitations of the invasive American comb jelly *Mnemiopsis leidy* in the Baltic Sea. *Biological Invasions* 14: 341-354
- Lenz J (1973) On the occurrence of the ctenophore *Bolinopsis infundibulum* (Müller) in the western Baltic. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 35: 32-35
- Lucas CH (2001) Reproduction and life history strategies of the common jellyfish, *Aurelia aurita*, in relation to its ambient environment. *Hydrobiologia* 451: 229-246
- Lynam CP, Attrill MJ, Skogen MD (2009) 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(6): 1153-1159
- Lynam CP, Hay SJ, Brierley AS (2005) Jellyfish abundance and climatic variation: contrasting responses in oceanographically distinct regions of the North Sea, and possible implications for fisheries. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85: 435-450
- Mayer AG (1912) Ctenophores of the Atlantic Coast of North America. Carnegie Institute Publishing, Washington, in: Faasse MA, Bayha KM (2006) The ctenophore *Mnemiopsis leidy* A. Agassiz 1865 in coastal waters of the Netherlands: an unrecognized invasion? *Aquatic Invasions* 1(4): 270-277

- Mianzan HW (1999) Ctenophora. In: Boltovskoy D. (ed.), South Atlantic Zooplankton. Backhuys, Leiden, The Netherlands, pp. 561–573, in: Faasse MA, Bayha KM (2006) The ctenophore *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz 1865 in coastal waters of the Netherlands: an unrecognized invasion? *Aquatic Invasions* 1(4): 270-277
- Mills CE (2001) Jellyfish blooms: are populations increasing globally in response to changing ocean conditions? *Hydrobiologia* 451: 55-68
- Mills CE (1995) Medusae, siphonophores, and ctenophores as planktivorous predators in changing global ecosystems. *ICES Journal of Marine Science* 52: 575-581
- Moriarty PE, Andrews KS, Harvey CJ, Kawase M (2012) Vertical and horizontal movement patterns of scyphozoan jellyfish in a fjord-like estuary. *Marine Ecology Progress Series* 455: 1-12
- Möller H (1980) Population Dynamics of *Aurelia aurita* Medusa in Kiel Bight, Germany (FRG). *Marine Biology* 60: 123–128.
- Mutlu E, Bingel F, Gucu AC, Melnikov VV, Niermann U, Ostrovskaya NA, Zaika VE (1994) Distribution of the new invader *Mnemiopsis sp.* and the resident *Aurelia aurita* and *Pleurobrachia pileus* populations in the Black Sea in the years 1991-1993. *ICES Journal of Marine Science* 51: 407-421
- Nordkurier (1997) Wenn die Medusen beim Baden stören - Quallen verderben Feriengästen an Nord- und Ostsee oft das Schwimmvergnügen. (02.08.97), in: Schernewski G, Dolch T (2004) The Oder Estuary – against the background of the European Water Framework Directive. Institut für Ostseeforschung Warnemünde. *Meereswissenschaftliche Berichte* 57: 288 pp.
- Olesen NJ, Purcell JE, Stoecker DK (1996) Feeding and growth by ephyrae of scyphomedusae *Chrysaora quinquecirrha*. *Marine Ecology Progress Series* 137: 149-159
- Oliveira OMP (2007) The presence of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in the Oslofjorden and considerations on the initial invasion pathways to the North and Baltic Seas. *Aquatic Invasions* 2(3): 185-189
- OSPAR Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic. Quality Status Report 2000, London. Chapter 2 Geography, Hydrography and Climate
- Passano LM (1982) Electrical conduction and behaviour in “simple” invertebrates. Scyphozoa and Cubozoa. In: Shelton GAB (ed) Oxford University Press, Oxford, pp 149-202, in: Arai MN (1997) A Functional Biology of Scyphozoa. Chapman & Hall, London, 316 pp.
- Pavans De Cecatty M., Thinny Y (1962) C. R. Acad. Sci. Paris 254: 3241 – 3243, in: Lehrbuch der speziellen Zoologie, Kaestner, A. (Begr.), Gruner, H-E (Hrsg.), 5. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Jena 1993

- Pereladov MV (1983) Some observations on biota in Sudak Bay, Black Sea. Third all Russian conference on marine biology. Kiev, *Naukova Dumka* 1: 237–238, in: Ivanov VP, Kamakin AM, Ushvtzev VB, Shiganova T, Zhukova O, Aladin N, Wilson SI, Harbison GR, Dumont HJ (2000) Invasion of the Caspian Sea by the comb jellyfish *Mnemiopsis leidyi* (Ctenophora). *Biological Invasions* 2: 255-258
- Postma R (2012) Die Suche nach dem Goldenen Schnitt für das Ems-Ästuar, Programm 'Naar een Rijke Waddenzee', Leeuwarden
- Purcell JE, Hoover RA, Schwarck NT (2009) Interannual variation of strobilation by the scyphozoan *Aurelia labiata* in relation to polyp density, temperature, salinity, and light conditions *in situ*. *Marine Ecology Progress Series* 375: 139-149
- Purcell JE (2005) Climate effects on formation of jellyfish and ctenophore blooms: a review. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85: 461-476
- Purcell JE, Shiganova TA, Decker MB, Houde ED (2001) The ctenophore *Mnemiopsis* in native and exotic habitats: U.S. estuaries versus the Black Sea basin. *Hydrobiologia* 451: 145-176
- Purcell JE, Malej A, Benović A (1999) Potential links of jellyfish in eutrophication and fisheries. *Coastal and Estuarine Studies* 55: 241-263
- Rappé G (1988) Een kwalenonderzoekje. *De Strandvlo* 8(2): 116
- Reusch TBH, Bolte S, Sparwel M, Moss AG, Javidpour J (2010) Microsatellites reveal origin and genetic diversity of Eurasian invasions by one of the world's most notorious marine invader, *Mnemiopsis leidyi* (Ctenophora). *Molecular Ecology* 19, 2690-2699
- Riisgård HU, Madsen CV, Barth-Jensen C, Purcell JE (2012) Population dynamics and zooplankton-predation impact of the indigenous scyphozoan *Aurelia aurita* and the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in Limfjorden (Denmark). *Aquatic Invasions* 7(2): 147-162
- Riisgård HU, Bøttiger L, Madsen CV, Purcell JE (2007) Invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in Limfjorden (Denmark) in late summer 2007 - assessment of abundance and predation effects. *Aquatic Invasions* 2(4): 395-401
- Russell FS (1970) The medusae of the British Isles II. Pelagic Scyphozoa with a supplement to the first volume on hydromedusae. Cambridge University Press, Cambridge
- Russell FS (1953) The Medusae of the British Isles Vol. I: Anthomedusae, Leptomedusae, Limnomedusae, Trachymedusae, and Narcomedusae. Cambridge University Press, Cambridge
- Selander E, Møller LF, Sundberg P, Tiselius P (2010) Parasitic anemone infects the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in the North East Atlantic. *Biological Invasions* 12: 1003-1009
- Shiganova TA, Mirzoyan ZA, Studenikina EA, Volovik SP, Siokou-Frangou I, Zervoudaki S, Christou ED, Skirta AY, Dumont HJ (2001) Population development of the invader ctenophore *Mnemiopsis leidyi*, in the Black Sea and in other seas of the Mediterranean basin. *Marine biology* 139: 431-445

Shiganova TA (1998) Invasion of the Black Sea by the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* and recent changes in pelagic community structure. *Fisheries Oceanography* 7: 3/4: 305-310

Sørnes TA, Aksnes DL, Bamstedt U, Youngbluth M (2007) Causes for mass occurrences of the jellyfish *Periphylla periphylla*: a hypothesis that involves optically conditioned retention. *Journal of Plankton Research* 29 (2): 157-167

Sorokin YI (2002) The Black Sea Ecology and Oceanography. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, 875 pp.

Tendal OS, Jensen KR, Riisgård HU (2007) Invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* widely distributed in Danish waters. *Aquatic Invasions* 2(4): 455-460

Titelman J, Gandon L, Goarant A, Nilsen T (2007) Intraguild predatory interactions between the jellyfish *Cyanea capillata* and *Aurelia aurita*. *Marine Biology* 152 (4): 745-756

Tulp AS (2006) *Mnemiopsis leidyi* (Agassiz, 1865) (Ctenophora, Lobata) in de Waddenzee. *Het Zeepaard* 66(6): 183-189

Tyrrell WR, Henderson EW, Slesser G (1990) Residual transport within the Fair Isle Current observed during the Autumn Circulation Experiment (ACE). *Continental Shelf Research*, 10(6): 521-543, in: Klein H, Lange W, Mittelstaedt E (1994) Tidal and residual currents in the northern North Sea: Observations. *Deutsche Hydrografische Zeitschrift* 46(1): 5-27

Umweltbundesamt (2009) Klimawandel und Marine Ökosysteme. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau

Van der Molen J, van Beek J, Augustine S, Vansteenbrugge L, van Walraven L, Langenberg V, van der Veer HW, Hostens K, Pitois S, Robbens J (2014) Modelling survival and connectivity of *Mnemiopsis leidyi* in the southern North Sea and Scheldt estuaries. *Ocean Science Discussions* 11: 1561-1611

Van der Veer HW, Oorthuysen W (1985) Abundance, growth and food demand of the Scypho-medusa *Aurelia aurita* in the western Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* 19 (1): 38-44

Van der Veer HW, Sadée CFM (1984) Seasonal occurrence of the ctenophore *Pleurobrachia pileus* in the western Dutch Wadden Sea. *Marine Biology* 79, 219-227

Van Ginderdeuren K, Hostens K, Hoffman S, Vansteenbrugge L, Soenen K, De Blauwe H, Robbens J, Vincx M (2012) Distribution of the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in the Belgian part of the North Sea. *Aquatic Invasions* 7(2): 163-169

Vanhaelen M-Th (2001) Kwallenbericht 1: Koksijde, mei en juni 2001. *De Strandvlo* 21(4): 154-155

Van Walraven L, Langenberg VT, van der Veer HW (2013) Seasonal occurrence of the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in the western Dutch Wadden Sea. *Journal of Sea Research* 82: 86-92

Verwey, J., 1942. Die periodizität im Auftreten und die activen und passiven Bewegungen der Quallen. *Archives Neerlandaises de Zoologie* 6: 363-468, in: Barz K, Hirche H-J (2007) Abundance, distribution and prey composition of scyphomedusae in the southern North Sea. *Marine Biology* 151: 1021-1033

Viitasalo S, Lehtiniemi M, Katajisto T (2008) The invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* overwinters in high abundances in the subarctic Baltic Sea. *Journal of Plankton Research* 30(12): 1431-1436

Vorberg R (2000) Monitoring der Fische im Wattenmeer. In: Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer (Hrsg.): Wattenmeermonitoring 1999 Schwerpunktthema: Der Mensch im Nationalpark Schriftenreihe des Nationalparks Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer, Tönning: 12-14.

Weisse T, Gomoiu M-T (2000) Biomass and size structure of the scyphomedusa *Aurelia aurita* in the northwestern Black Sea during spring and summer. *Journal of Plankton Research* 22(2): 223-239

Wenzel B (2010) Gasttiere des Meeres. Die Neue Brehm-Bücherei Bd. 213, Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben

Werner B (1993) Stamm Cnidaria. In: Lehrbuch der Speziellen Zoologie. Kaestner A (Begr.), Gruner H-E (Hrsg.), 5. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Jena: 11-305.

Youngbluth M, Båmstedt U (2001) Distribution, abundance, behavior and metabolism of *Periphylla periphylla*, a mesopelagic coronate medusa that thrives in some Norwegian fjords. *Hydrobiologia* 451: 321-333

Zelickman EA (1972) Distribution and ecology of the pelagic hydromedusae, siphonophores and ctenophores of the Barents Sea based on perennial plankton collections. *Marine Biology (Berlin)* 17: 256-264

Webadressen:

<http://www.bsh.de>

<http://nordwestreisemagazin.de/ebbeflut.htm>

9. Abbildungsverzeichnis

Abb.1. Probenstandorte der Untersuchungen (Westerems vor Borkum, Jadebusen vor Wilhelmshaven) (www.bsh.de, Foto A. Stollenz)	7
Abb 2.. Probenstandort der Fangfahrten vor Borkum (www.bsh.de, Foto A. Stollenz)	8
Abb.3. Probenstandort für die Strandbegehung vor Borkum (www.bsh.de, Foto A. Stollenz)	8
Abb.4. Probenstandort für die Fangfahrten im Jadebusen und den Standort Nassauhafen (www.bsh.de, Foto A. Stollenz)	9
Abb. 5. Systematik der untersuchten Arten. Nach Werner (1993)	10
Abb. 6. Gastralraum der Scyphomeduse. A: Semaestomea, B: Rhizostomea. Nach Russell (1970), verändert.	12
Abb. 7. Schemazeichnung einer Meduse. Nach Delage & Hérouard (1909), in Werner (1993), verändert	13
Abb. 8. Schemazeichnung einer Nesselkapsel. A: Ruhezustand, B: entladener Zustand. Nach Westfall (1970), in Werner (1993), verändert.	14
Abb. 9. A: atriche Isorhize, B: holotriche Isorhize, C: heterotriche microbasiische Eurytele. Aus Werner (1993)	14
Abb. 10. Entwicklungszyklus der Scyphozoa (http://biodidac.bio.uottawa.ca/thumbnails/filedet.htm?File_name=SCYP001B&File_type=cdr)	17
Abb. 11. <i>Cyanea capillata</i> vor Borkum (Foto: A. Stollenz)	19
Abb. 12. <i>Cyanea lamarcki</i> vor Borkum (Foto: A. Stollenz)	20
Abb. 13. <i>Chrysaora hysoscella</i> vor Borkum (Foto: A. Stollenz)	21
Abb. 14. <i>Aurelia aurita</i> im Grevelinger Meer (Foto: A. Stollenz)	22
Abb. 15. <i>Rhizostoma octopus</i> vor Borkum (Foto: A. Stollenz)	22
Abb. 16. Schematischer Aufbau Ctenophora ((Cydippida). Nach Kaestner (1965), in Werner (1993), verändert	24

Abb. 17. Entwicklung der Ctenophora vom Vierzellen- bis zum Sechzehnzellenstadium A: Vierzellenstadium, B: Achtzellenstadium, C: Sechzehnzellenstadium mit Micromeren. Nach Korschelt & Heider (1936), in Werner (1993), verändert	25
Abb. 18. <i>Mnemiopsis leidyi</i> vor Borkum (Foto: A. Stollenz)	27
Abb. 19. <i>Pleurobrachia pileus</i> , gefangen im Jadebusen (Foto: A. Stollenz)	28
Abb. 20. <i>Beroe glacilis</i> , beobachtet im Jadebusen (Foto: A. Stollenz)	29
Abb. 21. Schemazeichnung eines Hydroidpolypen A: Beispiel eines stolonialen Stockes, B: Beispiel eines monopodialen Stockes (Athecata), C: Beispiel eines verzweigten sympodialen Stockes. (Werner 1993)	31
Abb. 22. Schemazeichnung einer Hydromeduse. Nach Hayward & Ryland (2011), verändert	32
Abb. 23. <i>Aequorea</i> spp. (http://jellieszone.com/aequorea.htm)	33
Abb. 24. <i>Cosmetira pilosella</i> , gefangen im Jadebusen (Foto: A. Stollenz)	33
Abb. 25. <i>Bougainvillia superciliaris</i> , gefangen im Jadebusen (Foto: A. Stollenz)	34
Abb. 26. Tropfpipette mit 8 mm-Schlauch zum Aufnehmen von Ephyren	40
Abb. 27. Auswertung der Proben mit einem Analysesieb	41
Abb. 28. Becherglasaquarium zur Aufzucht und Hälterung von Scyphozoa	43
Abb. 29. Abundanz der Scyphozoa 2005–2007 in beiden Untersuchungsgebieten bei den Fangfahrten. Eingefügt wurde die durchschnittliche Wassertemperatur der Beprobungen pro Monat.	47
Abb. 30. Abundanz der Scyphozoa 2005–2007 am Probenstandort Borkum bei den Fangfahrten.	48
Abb. 31. Abundanz der Scyphozoa im Untersuchungszeitraum 2005 an beiden Probenstandorten bei den Fangfahrten. Gezeigt wird die Abundanz aller Arten in den Probennahmemonaten.	48
Abb. 32. Abundanz der Scyphozoa vor Borkum in den Proben des Jahres 2005.	49
Abb. 33. Abundanz der Scyphozoa im Jadebusen in den Proben des Jahres 2005.	50

Abb. 34. Artenverteilung der Fangfahrten der Jahre 2005–2007.	51
Abb. 35. Mittlere Schirmdurchmesser aller untersuchten Individuen an beiden Standorten (J = Jadebusen, B = Borkum).	52
Abb. 36. Schirmdurchmesser von <i>Chrysaora hysoscella</i> vor Borkum und im Jadebusen in den Monaten Juni bis September, durchschnittliche Werte aller Untersuchungen (J = Jadebusen, B = Borkum).	53
Abb. 37. Schirmdurchmesser von <i>Cyanea lamarcki</i> vor Borkum und im Jadebusen in den Monaten März bis August, durchschnittliche Werte aller Untersuchungen (J = Jadebusen, B = Borkum).	54
Abb. 38. Maximaler Schirmdurchmesser aller Untersuchungen für drei Scyphozoa-Arten der Jahre 2005, 2006 und 2007.	55
Abb. 39. Maximaler Schirmdurchmesser der Arten an beiden Standorten.	56
Abb. 40. Größenwachstum von <i>Cyanea lamarcki</i> im Jahre 2005 (Fangfahrten und Strandbegehung = blau, Fangfahrten im Jadebusen = grün).	57
Abb. 41. Größenwachstum von <i>Chrysaora hysoscella</i> im Jahre 2005 an beiden Standorten.	58
Abb. 42. Abundanz und Artenverteilung bei Fangfahrt und Strandbegehung.	59
Abb. 43. Größenverteilung von <i>Cyanea lamarcki</i> am 28.05.07 im Untersuchungsgebiet Strandabschnitt Borkum.	60
Abb. 44. Größenverteilung von <i>Cyanea lamarcki</i> 15.05.05 bei einer Fangfahrt vor Borkum.	61
Abb. 45. Größenverteilung von <i>Chrysaora hysoscella</i> am 24.06.05 bei einer Fangfahrt vor Borkum.	62
Abb. 46. Größenverteilung von <i>Chrysaora hysoscella</i> am 16.07.06 am Strandabschnitt Borkum.	63
Abb. 47. Größenverteilung von <i>Cyanea lamarcki</i> am 28.04.08 im Untersuchungsgebiet Strandabschnitt Borkum.	64
Abb. 48. Größenverteilung von <i>Rhizostoma octopus</i> am 21.08.05 bei einer Fangfahrt vor Borkum.	65
Abb. 49. Größenverteilung von <i>Rhizostoma octopus</i> am 27.09.06 bei einer Fangfahrt im Jadebusen.	65
Abb. 50. Wassertemperatur während der Fangfahrten 2005 – 2007 in beiden Untersuchungsgebieten. Die Jahreszahlen hinter den Monaten markieren den Beginn des jeweiligen Fangjahres (J = Jadebusen).	66
Abb. 51. Salinität während der Fangfahrten 2005–2006 (J = Jadebusen).	67

Abb. 52. Sauerstoffgehalt des Meerwassers während der Fangfahrten 2005–2007. (J = Jadebusen)	68
Abb. 53a. Wellenhöhe während der Fangfahrten 2005–2007 (J = Jadebusen).	69
Abb. 53b. Wellenhöhe während der Fangfahrten 2005–2007.	70
Abb. 54. Windstärke während der Fangfahrten.	72
Abb. 55. Vergleich der Abundanz der Scyphozoa am Strandabschnitt im Vergleich zur Windstärke.	72
Abb. 56. Vergleich der Abundanz der Scyphozoa im Borkumer Untersuchungsgebiet mit der Windrichtung.	73
Abb. 57a. Vergleich der Unterwassersichttiefe und der Abundanz 2005–2007. (J = Jadebusen).	75
Abb. 57b. Vergleich der Unterwassersichttiefe und der Abundanz 2005–2007.	75
Abb. 58. Vergleich der Bewölkung und der Abundanz 2005–2007 (J = Jadebusen).	76
Abb. 59. Wachstum von <i>Cyanea capillata</i> bei 6 °C im Hälterungszeitraum von 17 Wochen. Dargestellt sind der minimale (orange), der mittlere (blau) und der maximale (grün) Wert des Schirmdurchmessers.	78
Abb. 60. Wachstum von <i>Cyanea capillata</i> bei 12°C im Hälterungszeitraum von 17 Wochen. Dargestellt sind der minimale (orange), der mittlere (blau) und der maximale (grün) Wert des Schirmdurchmessers.	79
Abb. 61. Mittlerer Schirmdurchmesser von <i>Cyanea capillata</i> bei 6 °C (blau) und 12 °C (grün).	80
Abb. 62. Maximaler Schirmdurchmesser von <i>Cyanea capillata</i> bei 6 °C (blau) und 12 °C (grün).	80
Abb. 63. Tentakelbildung bei Ephyren von <i>Cyanea capillata</i> .	81
Abb. 64. Wachstum von <i>Aurelia aurita</i> im Hälterungszeitraum von 14 Wochen. Dargestellt sind der minimale (orange), der mittlere (blau) und der maximale (grün) Wert des Schirmdurchmessers.	82
Abb. 65. Abundanz von <i>Mnemiopsis leidyi</i> während der Fangfahrten 2009.	84
Abb. 66. Abundanz von <i>Mnemiopsis leidyi</i> während der Fangfahrten 2011.	85
Abb. 67. Biomasse und Abundanz von <i>Mnemiopsis leidyi</i> während der Fangfahrten 2009.	86
Abb. 68. Biomasse und Abundanz von <i>Mnemiopsis leidyi</i> während der Fangfahrten 2011. Eingetragen sind nur die Fangdaten, bei denen <i>M. leidyi</i> erfolgreich beprobt wurde.	87

Abb. 69. Biomasse der Individuen von <i>Mnemiopsis leidyi</i> während der Fangfahrten 2009 und 2011 (Mittelwert).	88
Abb. 70. Maximalgröße von <i>Mnemiopsis leidyi</i> während der Fangfahrten 2009 und 2011. Gemessen wurde die Länge vom apikalen bis zum oralen Pol.	88
Abb. 71. Gelatinöses Zooplankton während der Fangfahrten 2011 (ohne Scyphozoa).	89
Abb. 72. Räuber – Beute – Verhältnis von <i>B. gracilis</i> und <i>M. leidyi</i> während des Probennahmezeitraums 2011.	90
Abb. 73. Gelatinöses Zooplankton im Nassauhafen von Januar bis April 2011.	91
Abb. 74. Abundanz (gelb) von <i>M. leidyi</i> in Abhängigkeit von der Wassertemperatur (blau) 2009 und 2011.	92
Abb. 75. Abundanz von <i>M. leidyi</i> in Abhängigkeit von der Wellenhöhe während der Jahre 2009 und 2011.	92
Abb. 76. Abundanz von <i>M. leidyi</i> in Abhängigkeit von der Sichttiefe 2009 und 2011.	93
Abb. 77. Abundanz von <i>M. leidyi</i> in Abhängigkeit von der Windstärke in den Jahren 2009 und 2011.	94
Abb. 78. Abundanz von <i>M. leidyi</i> in Abhängigkeit von der Windrichtung in den Jahren 2009 und 2011.	95
Abb. 79. Abundanz von <i>M. leidyi</i> in Abhängigkeit vom Bewölkungsgrad in den Jahren 2009 und 2011.	96
Abb. 80. Wassertemperatur im Winter 2009/2010 im Jadebusen. (NLWKN Brake Oldenburg)	112
Abb. 81. Wassertemperatur im Winter 2010/2011 im Jadebusen. (NLWKN Brake Oldenburg)	113

10. Tabellenverzeichnis

Tab. 1. Funde von <i>Rhizostoma octopus</i> vor Borkum während der Fangfahrten und Strandbegehungen am West- und Nordstrand	51
Tab. 2. Vergleich der Abundanzen zwischen Fangfahrten vor Borkum und Strandabschnitt sowie der Windstärke in Beaufort und der Windrichtung	71
Tab. 3. Nachweise von <i>Mnemiopsis leidyi</i> 2006 und 2007	83

11. Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Gerd Liebezeit, AG Meereschemie des ICBM Terramare Wilhelmshaven, für die freundliche Überlassung des Themas, seine Unterstützung und seine Geduld bedanken. Sobald ich eine Frage oder eine Anregung zum Thema hatte, nahm er sich stets Zeit für mich.

Mein nächster Dank gilt Herrn Prof. Dr. Hans Dahms, Kaohsiung Medical University, Kaohsiung, Taiwan R.O.C., für Beratungen, welche sich über den gesamten Verlauf der Arbeit erstreckten und seine Bereitschaft, die Arbeit des Zweitgutachters zu übernehmen.

Danken möchte ich Prof. Dr. Peter Schupp, AG Umweltbiochemie des ICBM – Terramare Wilhelmshaven, für seine Bereitschaft, an der Disputation in Vertretung von Prof. Dr. Hans Dahms teilzunehmen.

Bedanken möchte ich mich bei Frau Dr. Maren Striebel und Frau Dr. Stefanie Moorthi, AG Planktologie des ICBM – Terramare Wilhelmshaven, für hilfreiche Unterstützung bei statistischen Fragen.

In diesem Zusammenhang möchte ich mich auch bei Frau Tabea Heide bedanken, welche mir ebenfalls in der Statistik wichtige Kenntnisse vermittelte.

Ich danke Herrn Helmo Nicolai, Werkstattleiter ICBM – Terramare Wilhelmshaven, Herrn Julius Schmidt (Wilhelmshaven), Herrn Matthias Akkermann (Borkum), Herrn Karl-Wilhelm Sträter (Borkum) sowie Herrn Thomas Hintze (Borkum) für die Durchführung von Bootsfahrten zur Probennahme.

Herr Rudolf Ellen, Werkstatt ICBM – Terramare Wilhelmshaven, möchte ich für die Anfertigung der Fangnetze sowie der Teile für die Becherglasaquarien danken.

Bei Frau Dipl. – Biol. Elke Ahrensfield möchte ich mich für die Überlassung von Labormaterial und Meßinstrumenten sehr herzlich bedanken.

Mein besonderer Dank gilt meiner Frau Tanja, welche mir mit ihrer Zuneigung und Geduld über so manche schwierige Phase hinweghalf.

12. Anhang

12.1. Meßprotokoll für Strandbegehungen

Meßprotokoll

Probenort	Koordinaten Beginn	Koordinaten Ende	Datum

Probe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ges.
Aurelia aurita											
max. Größe (cm)											
Cyanea lamarcki											
max. Größe (cm)											
Cyanea capillata											
max. Größe (cm)											
Chrysaora hysoscella											
max. Größe (cm)											
Rhizostoma octopus											
max. Größe (cm)											

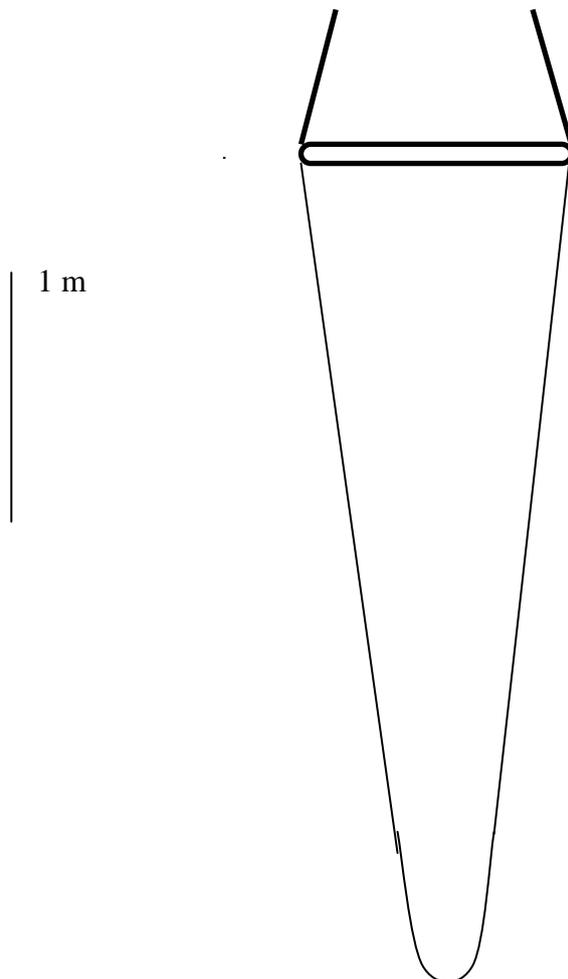
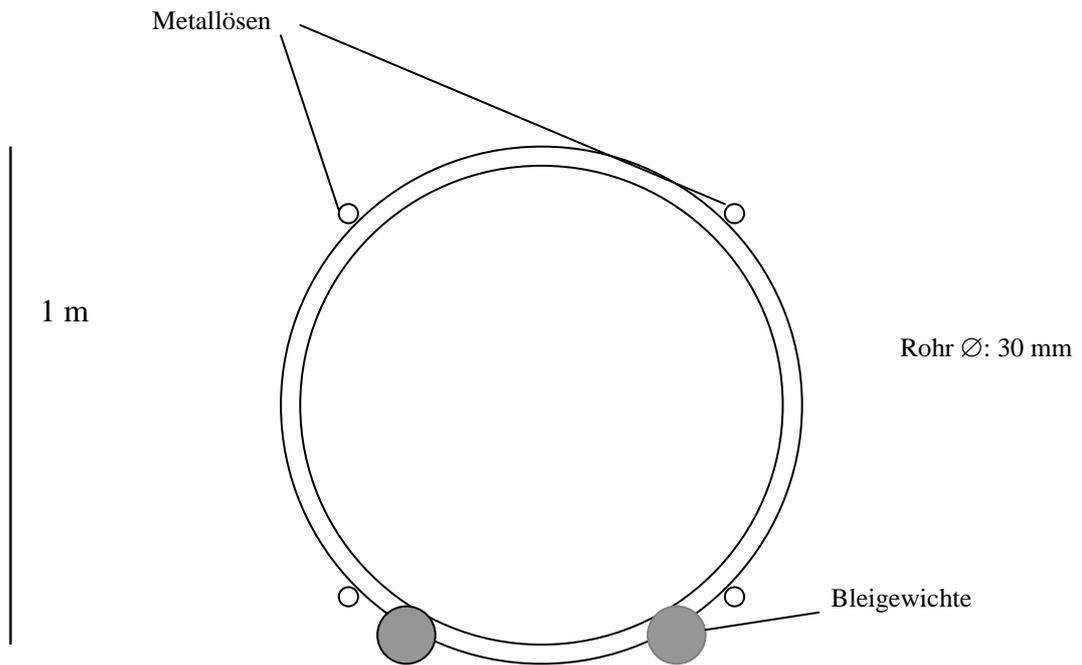
Abiotische Faktoren

Hochwasser:
Wassertemperatur:
Salinität:
Sauerstoff:
Sichtweite (m):
Seegang:

Wetter

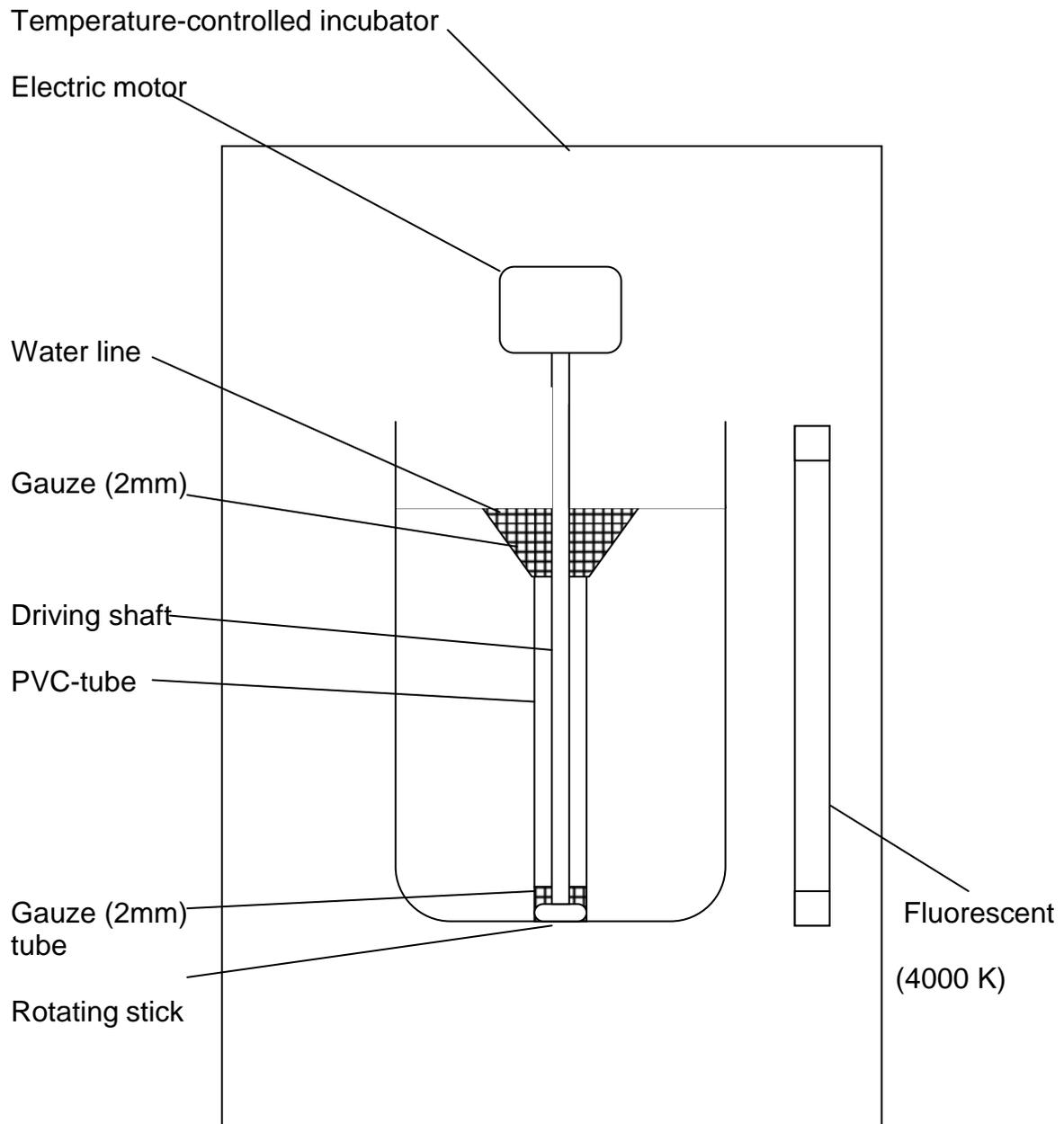
Temperatur (°C):
Luftdruck (hPa):
rel. Luftfeuchte (%):
Wind (kmh/ Bft)
Windrichtung
Bewölkungsgrad:

12.2. Fangnetz für die Probennahme der Scyphozoa



12.3. Neuartiges Aquarium zur Medusenhaltung

A rotation-system for the maintenance and cultivation of gelatinous plankton



12.4. Probennahmeprotokolle

12.4.1. Medusenerhebung Scyphozoa auf Borkum

MEDUSENERHEBUNG VOM 14./15.05.05 AUF BORKUM

Medusenzählung

Am 14.05.05 wurde an einem 1000 m langen Strandabschnitt eine Zählung der dort angespülten Medusen inklusive Größenvermessung vorgenommen. Die Zählung begann um 1330, Hochwasser war um 1534. Die Ergebnisse sind nachfolgend tabellarisch aufgelistet.

Art	Größe (Ø mm)	
Cyanea lamarcki	55	45
	42	85
	85	60
	44	90
	67	125
	65	57
	77	73
	50	
	40	
	42	
	50	
Anzahl: 18		Mw. 64.0

(Mw.= Mittelwert)

Medusenfahrt

Am 15.05.05 wurde eine neue Ausfahrt zum Medusenfang unternommen. Um 1025 wurde bei der Sperrgebietstone Fischerbalje das Netz ins Wasser gelassen und nach einer Stunde um 1125 nach 7000 m Fahrt wieder an Bord geholt. Die Ergebnisse sind tabellarisch aufgelistet.

Art	Größe (Ø mm)		
Cyanea lamarcki	70	50	32
	54	60	23
	37	36	34
	32	40	27
	30	33	20
	47	39	32
	35	36	20
	35	54	18
	30	38	24
	30	32	
	27	18	
	20	30	
Anzahl: 33			Mw. 34.6

Wassertemp. (°C):	12.2	Lufttemp. (°C):	17,1	Windrichtung:	NNO
Salinität (‰):	28.2	Luftdruck (hPa):	1014	Windstärke (Bf):	2
Sauerstoff (mg/l):	11.5	Luftfeuchte (%):	74	Bewölkung:	4/8
Wellenhöhe (m)	0.2				

MEDUSENERHEBUNG VOM 24./25.6.05 AUF BOKUM

Medusenfahrt

Am 24.06.05 wurde eine Medusenfahrt unternommen. Um 1330 wurde in der Höhe Fischerbalje das Netz ins Wasser gelassen und bei durchschnittlich 1 kn Fahrt bis 1430 gefischt. Bemerkenswert war, dass nur eine einzige Art, *Chrysaora hysocella*, gefangen wurde. Die Ergebnisse sind nachfolgend tabellarisch aufgelistet.

Art Größe (Ø mm)
Chrysaora hysocella

45	80	84	74
100	69	67	60
54	70	77	46
52	121	80	42
36	87	81	44
24	107	71	15
32	84	84	20
30	82	68	20
24	55	62	20
40	74	68	10
Anzahl: 40			Mw. 59.0

Medusenzählung

Am 25.06.05 wurde erneut an einem 1000 m langen Strandabschnitt eine Zählung der dort angespülten Medusen inklusive Größenvermessung vorgenommen. Die Zählung begann um 20:00. Die Ergebnisse sind nachfolgend tabellarisch aufgelistet.

Art Größe (Ø mm) Art Größe (Ø mm) Art Größe (Ø mm)

C. hysocella	100	Cyanea lamarcki	110	Cyanea cappilata	77
	95		63		95
	140		67		
	47		80		
	99		125		
	73		80		
	59		78		
	60		70		
	62		130		
	115		65		
	37		53		
Anzahl: 11	Mw 80.6.	Anzahl: 11	Mw.83.7	Anzahl: 2	Mw.86.0

Wassertemperatur (°C):	21.0	Lufttemperatur (°C):	24.2
Sichtweite (m):	3.0	Luftdruck (hPa):	1016
See:	1 (30 cm)	Luftfeuchte (%):	64
		Windrichtung:	NO
		Windstärke (Beauf.):	3 - 4
		Bewölkungsgrad:	0/8

MEDUSENERHEBUNG VOM 24./25.07.05 AUF BORKUM

Medusenfahrt

Am 24.07.05 wurde eine Medusenfahrt unternommen. Um 1630 wurde das Netz ins Wasser gelassen und bei 1,4 kn Fahrt bis 1710 gefischt. Es ist anzumerken, dass eine stärkere Strömung als gewöhnlich herrschte und die See sehr kabbelig war. Die Ergebnisse sind tabellarisch aufgelistet.

Art	Größe (Ø mm)
Chrysaora hysoscella	53
	64
Anzahl: 2	Mw. 58.5

Medusenzählung

Am 25.07.05 wurde erneut am 1000m-Strandabschnitt eine Zählung der dort angespülten Medusen inklusive Größenvermessung vorgenommen. Die Zählung begann um 19:00. Die Ergebnisse sind nachfolgend tabellarisch aufgelistet.

Art	Größe (Ø mm)
Chrysaora hysoscella	90
Aurelia aurita	220
Anzahl: 2	

Wassertemperatur (°C):	18.0	Lufttemperatur (°C):	19.0
Salinität (‰):	30.8	Luftdruck (hPa):	1009
Sichtweite (m):	1.0	Luftfeuchte (%):	60
See:	2	Windrichtung:	W
Wellenhöhe (m):	0.5	Windstärke (Beauf.):	2
		Bewölkungsgrad:	7/8

Anmerkung: Das Sauerstoffmeßgerät zeigte nacheinander folgende Werte:

20.2, 9.2, 8.9, - 1.0, 0.8, -1.0

Eine vernünftige Messung ließ sich nicht zustande bringen. Das Meßgerät ist defekt.

MEDUSENERHEBUNG VOM 21./22.08.05 AUF BORKUM

Medusenfangfahrt

Am 21.08.05 wurde eine Medusenfangfahrt unternommen. Um 1435 wurde das Netz ins Wasser gelassen und nach einer Stunde Fahrt um 1535 wieder aus dem Wasser geholt. Bereits bei der Ausfahrt und während des Fanges konnten im Wasser zahlreiche Medusen gesichtet werden, so dass ein ergiebiger Fang erwartet werden konnte. Die Ergebnisse sind tabellarisch aufgelistet.

Art	Größe (Ø mm)			
Rhizostoma octopus	230	260	220	170
	300	140	200	210
	300	340	310	260
	290	220	200	270
	190	240	210	280
	280	250	200	310
	290	320	230	280
	210	210	210	200
	160	180	190	330
	250	280	170	260
	250	160	200	
Anzahl: 43				Mw. 238.6

Medusenzählung

Am 22.08.05 wurde erneut am 1000m-Strandabschnitt eine Zählung der dort angespülten Medusen inklusive Größenvermessung vorgenommen. Die Ergebnisse sind tabellarisch aufgelistet.

Art	Größe (Ø mm)
Chrysaora hysoscella	120
	36
Anzahl: 2	Mw. 78

Wassertemperatur (°C):	18.6	Lufttemperatur (°C):	24.6
Salinität (‰):	28.6	Luftdruck (hPa):	1022
Sauerstoff (%):	11.5	Luftfeuchte (%):	81
Sichtweite (m):	1.5	Windrichtung:	NW
See	1	Windstärke (Beauf.):	2
Wellenhöhe (m)	0.2 - 0.4	Bewölkungsgrad:	8/8

MEDUSENERHEBUNG VOM 13.-16.09.05 AUF BORKUM

Medusenfahrt

Am 13.09. wurde eine weitere Medusenfahrt durchgeführt. Um 1227 wurde das Netz ins Wasser gelassen und nach einer Stunde Fahrt um 1327 wieder an Bord gezogen. Die Ergebnisse sind nachfolgend aufgelistet.

Art	Größe (Ø mm)	Art	Größe (Ø mm)
Chrysaora hysoscella	110	Rhizostoma octopus	255
	73		170
	130		250
	118		115
	75		245
	124		320
	60		
Anzahl: 7	Mw. 98.6	Anzahl: 6	Mw. 225.8

Medusenzählung

Am 16.09. wurde erneut am 1000m-Strandschnitt eine Zählung der dort angespülten Medusen inklusive Größenmessung vorgenommen. Die Ergebnisse sind tabellarisch aufgelistet.

Art	Größe (Ø mm)
Chrysaora hysoscella	104
	117
	155
	115
	69
	67
	87
	177
	180
Anzahl: 9	Mw. 119.0

Wassertemperatur (°C):	19.5	Lufttemperatur (°C)	21.7
Salinität (‰):	28.9	Luftdruck (hPa):	1022
Sauerstoff (%):	9.6	Luftfeuchte (%):	57
Sichtweite (m):	2	Windrichtung:	S
See:	1	Windstärke (Beauf.):	2
Wellenhöhe (m):	0.2	Bewölkungsgrad:	5/8

MEDUSENERHEBUNG VOM 15./16.07.06 AUF BORKUM

Am 16.07.06 wurde eine Medusenzählung am 1000m-Strandabschnitt vorgenommen. Die Ergebnisse sind tabellarisch aufgelistet.

Art	Ø (mm)			
Chrysaora hysoscella	77	79	59	51
	52	63	65	99
	60	76	133	54
	60	47	62	55
	61	71	51	75
	80	68	104	53
	76	46	58	52
	63	63	63	47
	51	110	75	55
	130	54	55	64
	60	68	62	135
	55	64	65	147
	50	110	50	66
	71	139	52	73
	69	49	56	57
	64	95	48	75
	62	38	59	79
	61	46	29	78
	69	51	60	
	49	69	53	
	97	67	136	
Anzahl: 81				Mw. 69.1

Aurelia aurita	117
----------------	-----

Cyanea lamarcki	77
-----------------	----

Die Medusenfangfahrt vom 16.07.06 von 1520-1620 brachte folgende Ergebnisse:

Art	Ø (mm)	Art	Ø (mm)
Chrysaora hysoscella	121	Cyanea lamarcki	39
	122		
	78		
	35		
	44		
Anzahl: 5	Mw. 80	Anzahl: 1	

Wassertemperatur (°C):	20.7	Lufttemperatur (°C):	24.0
Salinität (‰):	30.2	Luftdruck (hPa):	1033
Sauerstoff (mg/l):	9.0	Luftfeuchte (%):	51
Sichtweite (m):	1.3	Windrichtung:	NO
See:	2	Windstärke (Beauf.):	4-5
Wellenhöhe (m):	0.5	Bewölkungsgrad:	0/8

MEDUSENERHEBUNG VOM 16./18./19.09.06 AUF BORKUM

Medusenfahrt

Am 18.09.06 wurde eine Medusenfahrt unternommen. Um 1105 wurde das Netz ins Wasser gelassen und nach einer Stunde Fahrt um 1205 wieder aus dem Wasser geholt. Bereits bei der Ausfahrt und während des Fanges konnten im Wasser einige Medusen gesichtet werden, und zwar *Rhizostoma octopus*. Die Ergebnisse sind tabellarisch aufgelistet.

Art	Größe (Ø mm)	Art	Größe (Ø mm)
Rhizostoma octopus	193	Chrysaora hysoscella	84
	210		
	290		
	174		
	200		
	164		
	144		
	158		
	124		
Anzahl: 9	Mw.: 184,1		

Medusenzählung

Am 16.09.06 um 1400 wurde erneut am 1000m-Strandabschnitt eine Zählung der dort angespülten Medusen inklusive Größenvermessung vorgenommen. Die Ergebnisse sind tabellarisch aufgelistet.

Art	Größe (Ø mm)
Rhizostoma octopus	186
Anzahl: 1	

Am 19.09.06 um 1830 wurde an einem zweiten Strandabschnitt (200 m) bei Buhne 21 eine weitere Zählung vorgenommen. Die Ergebnisse sind tabellarisch aufgelistet.

Art	Größe (Ø mm)
Chrysaora hysoscella	70
Anzahl: 1	

Wassertemperatur (°C):	19.0	Lufttemperatur (°C):	17.5
Salinität (‰):		Luftdruck (hPa):	1012
Sauerstoff (%):		Luftfeuchte (%):	79
Sichtweite (m):	3.0	Windrichtung:	NW
See	1	Windstärke (Beauf.):	2
Wellenhöhe (m)	0.3 - 0.4	Bewölkungsgrad:	8/8

MEDUSENERHEBUNG VOM 31.03.07 AUF BORKUM

Medusenfahrt

Am 31.03.07 wurde eine Medusenfahrt unternommen. Um 1230 wurde das Netz ins Wasser gelassen und nach einer dreiviertel Stunde Fahrt um 1315 wieder aus dem Wasser geholt. Es wurden allerdings außer fünf Exemplaren von *Pleurobrachia pileus* keine Scyphomedusen gefangen. Auch die erwartete Art *Mnemiopsis leidyi* ist noch nicht aufgetreten.

Medusenzählung

Am 31.03..07, also am selben Tag wurde um 1900 erneut am 1000m-Strandabschnitt eine Zählung der dort angespülten Medusen inklusive Größenvermessung vorgenommen. Die Ergebnisse sind tabellarisch aufgelistet.

Art	Größe (Ø mm)
Cyanea lamarcki	111
	86
	97
Anzahl: 3	

Wassertemperatur (°C):	8.7	Lufttemperatur (°C):	12.7
Salinität (‰):		Luftdruck (hPa):	1022
Sauerstoff (%):		Luftfeuchte (%):	78
Sichtweite (m):	0.6	Windrichtung:	O
See	1	Windstärke (Beauf.):	4-5
Wellenhöhe (m)	0.4	Bewölkungsgrad:	0/8

MEDUSENERHEBUNG VOM 26./28.05.07 AUF BORKUM

Medusenfahrt vom 26.05.07

Am 26.05.07 wurde eine Medusenfahrt unternommen, wobei das Netz diesmal nur 40 min. im Wasser blieb. Um 1300 wurde das Netz ins Wasser gelassen und um 1340 wieder an Bord gezogen. Niedrigwasser war um 1303. Die Ergebnisse sind tabellarisch aufgelistet.

Art		Größe (Ø mm)				Art		Größe (Ø mm)	
Cyanea lamarcki		101	113	84	73	55	Aurelia aurita		152
		65	59	45	51	55			
		42	43	52	38	42			
		38	36						
Anzahl: 17						Mw. 58,4			

Medusenzählung

Am 28.05.07 wurde erneut am 1000m-Strandabschnitt eine Zählung der dort angespülten Medusen inklusive Größenmessung vorgenommen. Die Ergebnisse sind tabellarisch aufgelistet.

Art		Größe (Ø mm)									Art		Größe (Ø mm)	
Cyanea lamarcki		87	166	85	124	153	90	93	69	106	69	Aurelia aurita	177	
		179	73	47	96	77	142	90	69	93	85		227	
100	158	103	58	59	110	52	93	93	99	117	105		148	
110	93	130	122	76	115	124	150	117	122	85	148		252	
94	89	145	180	42	89	90	140	69	76	116	110		155	
86	82	125	99	87	110	151	105	76	80	68	90			
145	58	121	60	94	79	100	93	180	102	105	126			
110	122	88	90	85	68	150	48	81	106	85	120			
130	74	85	96	76	70	168	97	122	71	87	82			
120	80	147	119	130	130	120	96	113	99	152	108			
142	76	137	76	95	79	110	94	102	99	88	110			
93	146	87	69	117	90	73	132	95	81	120				
112	124	125	48	88	70	110	89	84	90	109				
96	125	124	126	106	142	57	142	90	85	136				
66	86	118	165	85	70	69	96	147	120	49				
76	88	88	104	97	48	110	93	107	120	90				
85	94	170	70	63	52	151	85	82	94	89				
109	114	110	122	99	110	130	117	145	125	122				
110	108	113	128	116	69	159	76	73	122	120				
115	82	115	85	99	78	102	121	123	102	88				
85	95	120	58	142	68	117	104	80	100	130				
73	52	99	117	61	76	87	128	59	127	90				
87	133	84	115	105	106	90	115	34	140	142				
Anzahl: 260									Mw.101,8			Anzahl: 5	Mw.191,8	

Wassertemperatur (°C):	17.5	Lufttemperatur (°C):	14.7
Salinität (‰):		Luftdruck (hPa):	1007
Sauerstoff (mg/l):		Luftfeuchte (%):	
Sichtweite (m):	1.0	Windrichtung:	N
See:	1	Windstärke (Bft.):	3 - 4
Wellenhöhe:	30 - 40 cm	Bewölkungsgrad:	7/8

MEDUSENERHEBUNG VOM 28.08./01.09.07 AUF BORKUM

Medusenfangfahrt

Am 28.08.07 wurde eine Ausfahrt zum Quallenfang unternommen. Um 1535 wurde das Netz ins Wasser gelassen und um 1635 wieder an Bord geholt. Dabei wurden neben zwei Scyphozoen auch 40 - 50 Exemplare von Mnemiopsis leidyi gefangen, deren exakte Anzahl jedoch wegen Beschädigung der Quallensubstanz während des Fanges nicht genau bestimmt werden konnte. Die Ergebnisse sind tabellarisch aufgelistet.

Art	Größe (Ø mm)	Art	Größe (Ø mm)
Cyanea lamarcki	25	Chrysaora hysoscella	50
Anzahl: 2			

Art	Größe (Ø mm)
Mnemiopsis leidyi	ca. 30 - 50
Anzahl: 40 - 50	

Medusenzählung

Am 28.08.07 wurde erneut am 1000m-Strandabschnitt eine Zählung der dort angespülten Medusen inklusive Größenvermessung vorgenommen. Die Ergebnisse sind tabellarisch aufgelistet.

Art	Größe (Ø mm)
Chrysaora hysoscella	178
	120
	80
Anzahl: 3	Mw. 126

Am 01.09.07 wurde eine erneute Zählung am 1000m-Strandabschnitt vorgenommen. Diese Zählung brachte jedoch keine Ergebnisse.

Wassertemperatur (°C):	18.2	Lufttemperatur (°C):	19.6
Salinität (‰):		Luftdruck (hPa):	1022
Sauerstoff (%):	10.4	Luftfeuchte (%):	47
Sichtweite (m):	0.4	Windrichtung:	NW
See	1	Windstärke (Beauf.):	3 - 4
Wellenhöhe (m)	0.5	Bewölkungsgrad:	2/8

12.4.2. Fangfahrten Scyphozoa in der Jade

MEDUSENFANGFAHRT VOM 11.04.05 IN DER JADE

Am 11.04. wurde die erste Fangfahrt in die Jade unternommen. Das Netz wurde um 1315 ins Wasser gelassen und um 1415 wieder eingeholt. Die Ergebnisse sind tabellarisch aufgelistet.

Art	Größe (Ø mm)	Art	Größe (Ø mm)
Cyanea lamarcki	36	Aurelia aurita	30
	15		
	20		
	20		
Anzahl: 4	Mw: 22,8	Anzahl: 1	Mw:

Zusätzlich befanden sich ca 20 Individuen von *Pleurobrachia pileus* im Netz.

Wassertemperatur(°C):	7	Lufttemperatur°C):	15.6
Sauerstoffgehalt (mg/l):	12.5	Luftdruck (hPa):	1020
		Luftfeuchtigkeit (%):	35
		Windstärke (Beauf.):	3
		Bewölkungsgrad:	0/8

MEDUSENFANGFAHRT VOM 25.04.05 IN DER JADE

Am 25.04. wurde erneut eine Medusenfangfahrt unternommen. Das Netz wurde um 1440 ins Wasser gelassen und nach einer Stunde wieder aus dem Wasser geholt. Die Ergebnisse sind tabellarisch aufgelistet.

Art	Größe (Ø) mm
Cyanea lamarcki	80
	80
	55
	30
	40
	35
Anzahl: 6	Mw. 53,3

Wassertemperatur (°C):	10.5	Lufttemperatur (°C):	15.5
See: 2 (50 cm)		Luftdruck (hPa):	1003
		Luftfeuchte (%):	20
		Windstärke (Beauf.):	4
		Bewölkungsgrad	0/8

MEDUSENFANGFAHRT VOM 07.06.05 IN DER JADE

Am 07.06. wurde eine erneute Fangfahrt in der Jade durchgeführt. Um 1529 wurde das Netz ins Wasser gelassen und um 1620 wieder an Bord geholt. Es wurde jedoch nichts gefangen. Es ist anzumerken, dass die See sehr bewegt war (Wellenhöhe 0,6 - 0,9 m).

Wassertemperatur (°C):	Lufttemperatur (°C):	14.6
See: 4	Luftdruck (hPa):	
	Luftfeuchte (%):	73.6
	Windstärke (Beauf.):	5 - 6
	Bewölkungsgrad:	

MEDUSENFANGFAHRT VOM 16.06.05 IN DER JADE

Am 16.06.05 wurde eine neue Medusenfangfahrt unternommen. Um 1530 wurde das Netz ins Wasser gelassen und nach einer Stunde wieder an Bord geholt. Es befanden sich zwei *Cyanea lamarcki* im Netz. Nach einer weiteren Stunde Medusenfang wurden noch sieben weitere Medusen gefangen, davon fünf *Chrysaora hysoscella*. Es ist das erste Mal in dieser Saison, dass *Chrysaora hysoscella* gefangen wurde.

Fang 1

Art	Größe (Ø mm)
Cyanea lamarcki	70
	60
Anzahl: 2	Mw: 65

Fang 2

Art	Größe (Ø mm)	Art	Größe (Ø mm)
Cyanea lamarcki	110	Chrysaora hysoscella	20
	60		70
			30
			20
			50
Anzahl: 2 (4)	Mw: 85 (75)	Anzahl: 5	Mw: 38

(Mw = Mittelwert)

(Zahl in Klammern = Gesamtzahl und -mittelwert *Cyanea lamarcki*)

Wassertemp. (°C):	16.8	Lufttemp. (°C):	20,1	Windrichtung:	W
Salinität (‰):	31.3	Luftdruck (hPa):	1020	Windstärke (Bf):	4
Sauerstoff (mg/l):	10.3	Luftfeuchte (%):		Bewölkung:	8/8
See:	2 (50 cm)				

MEDUSENFANGFAHRT VOM 11.07.05 IN DER JADE

Am 11.07.05 wurde in der Jade eine erneute Ausfahrt zum Medusenfang unternommen. Das Netz wurde um 1515 ins Wasser gelassen und nach einer Stunde Fangfahrt um 1615 wieder aus dem Wasser geholt. Hochwasser war um 1556. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet:

Art	Größe (Ø mm)	Art	Größe (Ø mm)
Chrysaora hysoscella	25	Aurelia aurita	95
	18		55
Anzahl: 2	Mw. = 21.5	Anzahl: 2	Mw. = 75

Wassertemperatur (°C):	20.5	Lufttemperatur (°C):	25
Sauerstoffgehalt (mg/l):	9.3	Luftdruck (hPa):	1027
Salinität (‰):	31.2	Luftfeuchte (%):	50
Sichtweite (m)	0.3	Windrichtung:	NNW
See:	1 (30 cm)	Windstärke (Beauf.):	4
		Bewölkungsgrad:	0/8

MEDUSENFANGFAHRT VOM 30.08.05 IN DER JADE

Am 30.08.05 wurde eine erneute Medusenfangfahrt in der Jade unternommen. Das Netz wurde um 1210 ins Wasser gelassen und um 1225 wieder an Bord gezogen. Hochwasser war um 1059. Die Ergebnisse sind nachfolgend tabellarisch aufgelistet.

Art	Größe (Ø mm)	Art	Größe (Ø mm)
Rhizostoma octopus	270	Chrysaora hysoscella	100
	135		55
	150		49
	230		38
	200		30
	145		29
	190		32
	130		
	130		
	85		
	85		
	80		
Anzahl: 12	Mw.= 152.5	Anzahl: 7	Mw.= 47.6

Wassertemperatur (°C):	17.9	Lufttemperatur (°C):	21.9
Sauerstoffgehalt (%):	9.5	Luftdruck (hPa):	1026
Salinität (‰):	30.2	Luftfeuchte (%):	
Sichtweite (m):	0.5	Windrichtung:	0
See:	0 (10 cm)	Windstärke (Beauf.):	1
		Bewölkungsgrad:	3/8

MEDUSENFANGFAHRT VOM 12.10.05

Am 12.10.05 wurde erneut eine Ausfahrt zum Fang von Medusen in der Jade unternommen. Das Netz wurde um 1115 ins Wasser gelassen und nach einer Stunde Fangfahrt um 1215 wieder an Bord geholt. Es wurden keine Medusen gefangen.

Wassertemperatur (°C):	14.3	Lufttemperatur (°C):	14.3
Sauerstoffgehalt (%):	9.7	Luftdruck (hPa):	1017
Salinität (‰):	30.9	Luftfeuchte (%):	85
Sichtweite (m):	0.3	Windrichtung:	SE
See:	2 (50 cm)	Windstärke (Beauf.):	5
		Bewölkungsgrad:	0/8

MEDUSENFANGFAHRT VOM 27.09.06 IN DER JADE

Am 27.09.06 wurde eine erneute Medusenfangfahrt in der Jade unternommen. Das Netz wurde um 1445 ins Wasser gelassen und um 1545 wieder an Bord gezogen. Hochwasser war um 1626. Die Ergebnisse sind nachfolgend tabellarisch aufgelistet.

Art	Größe (Ø mm)	
Rhizostoma octopus	150	196
	150	245
	151	144
	163	89
	160	126
	200	129
	179	125
	168	138
	77	195
	218	144
	144	120
	152	
Anzahl: 23	Mw.= 154,9	

Wassertemperatur (°C):	18.5	Lufttemperatur (°C):	23.9
Sauerstoffgehalt (%):		Luftdruck (hPa):	1015
Salinität (‰):		Luftfeuchte (%):	73
Sichtweite (m):	0.6	Windrichtung:	W
See:	1 (0.4 m)	Windstärke (Beauf.):	3
		Bewölkungsgrad:	5/8

MEDUSENFANGFAHRT VOM 13.02.07 IN DER JADE

Am 13.02.07 wurde eine erneute Medusenfangfahrt in der Jade unternommen. Das Netz wurde um 1125 ins Wasser gelassen und um 1225 wieder an Bordgezogen. Es wurden jedoch keine Scyphozoa-Medusen und auch keine *Mnemiopsis*-Quallen gefangen. Es wurden jedoch 15 Exemplare von *Pleurobrachia pileus* gefangen.

Wassertemperatur (°C):	3.2	Lufttemperatur (°C):	5.2
Sauerstoffgehalt (mg/l):	12.2	Luftdruck (hPa):	1000.7
Salinität (‰):		Luftfeuchte (%):	97.6
Sichtweite (m):	0.5	Windrichtung:	NW
See:	1 (0.2 m)	Windstärke (Bft):	3
Strömungsmesser (U):	11232	Bewölkung:	8/8

12.4.3. Probennahme Ctenophora in der Jade 2009 und 2011

Fangergebnisse von Mnemiopsis leidyi in der Jade vom 17.04.09

Datum	17.04.09
Fangzeiten:	1. Zug 1628
Hochwasser:	
Windrichtung	NO
Windstärke (Bft)	6
Bewölkung	1/8
Wellenhöhe (cm)	50
Sicht (cm)	30
Wassertemp. (°C)	
Salinität (‰)	29.6

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)				200.8
Anzahl M.I.				10
Max. Größe (mm)				30

Fangergebnisse von Mnemiopsis leidyi in der Jade vom 28.05.09

Datum	28.05.09
Fangzeiten:	1. Zug 1307
Hochwasser:	
Windrichtung	W
Windstärke (Bft)	5-6
Bewölkung	2/8
Wellenhöhe (cm)	40
Sicht (cm)	40
Wassertemp. (°C)	13.0

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)				447
Anzahl M.I.				24
Max. Größe (mm)				57

Fangergebnisse von Mnemiopsis leidyi in der Jade vom 12.06.09

Datum	12.06.09		
Fangzeiten:	1. Zug	2. Zug	3. Zug
Hochwasser: 1600	1500 – 1518	1528 – 1550	1600 – 1618
Windrichtung WNW	18 min.	12 min.	18 min.
Windstärke (Bft) 6			
Bewölkung 5/8			
Wellenhöhe (cm) 60			
Sicht (cm) 25			
Wassertemp. (°C) 16			

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)				84,9 mg
Anzahl M.I.				6
Max. Größe (mm)				30
				2 C.lamarcki 80 mm 40 mm
				1 C.hysoscella 25 mm.

Fangergebnisse von Mnemiopsis leidyi in der Jade vom 02.07.09

Datum	02.07.09		
Fangzeiten:	1. Zug	2. Zug	3. Zug
Hochwasser: 1100	0913 – 0958		
Windrichtung NO	45 min.		
Windstärke (Bft) 2-3			
Bewölkung 4/8			
Wellenhöhe (cm) 30			
Sicht (cm) 50			
Wassertemp. (°C) 20			
Salinität (‰)			

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	26.1			26.1
Anzahl M.I.	6			6
Max. Größe (mm)	30			
				10 P.pileus 12 Anthomedusae

Fangergebnisse von Mnemiopsis leidyi in der Jade vom 15.07.09

Datum	15.07.09		
Fangzeiten:	1. Zug	2. Zug	3. Zug
Hochwasser: 1800	1615 – 1635	1646 – 1706	1716 – 1736
Windrichtung SW	20 min.	20 min.	20 min.
Windstärke (Bft) 6			
Bewölkung 2/8			
Wellenhöhe (cm) 40			
Sicht (cm) 30			
Wassertemp. (°C) 18,9			
Salinität (‰)			

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	8.5	9.5	10.4	28.4
Anzahl M.l.	2	2	3	7
Max. Größe (mm)	13	15	27	

Fangergebnisse von Mnemiopsis leidyi in der Jade vom 24.07.09

Datum	24.07.09		
Fangzeiten:	1. Zug	2. Zug	3. Zug
Hochwasser:	1322 – 1342	1348 – 1408	1416 – 1436
Windrichtung SO	20 min.	20 min.	20 min.
Windstärke (Bft) 3			
Bewölkung 2/8			
Wellenhöhe (cm) 30			
Sicht (cm) 80			
Wassertemp. (°C) 16,9			
Salinität (‰)			

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	52.3	137.1	146.8	336.2
Anzahl M.l.	18	34	46	98
Max. Größe (mm)	36	63	48	

Fangergebnisse von Mnemiopsis leidyi in der Jade vom 10.08.09

Datum	10.08.09		
Fangzeiten:	1. Zug	2. Zug	3. Zug
Hochwasser: 1700	1510 – 1530	1537 – 1559	1606 – 1626
Windrichtung NNO	20 min.	22 min.	20 min.
Windstärke (Bft) 3			
Bewölkung 5/8			
Wellenhöhe (cm) 10			
Sicht (cm) 50			
Wassertemp. (°C) 21			
Salinität (‰)			

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	73.1	36.6	13.6	123.3
Anzahl M.l.	18	12	5	35
Max. Größe (mm)	48	53		

Fangergebnisse von Mnemiopsis leidyi in der Jade vom 07.09.09

Datum	07.09.09		
Fangzeiten:	1. Zug	2. Zug	3. Zug
Hochwasser: 1630	1427 – 1454	1458 – 1518	1526 – 1547
Windrichtung SW	27 min.	20 min.	21 min.
Windstärke (Bft) 3 – 4			
Bewölkung 4/8			
Wellenhöhe (cm) 55			
Sicht (cm) 50			
Wassertemp. (°C) 17,0			
Salinität (‰)			

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	150.0	302.8	188.2	641.0
Anzahl M.l.	57	89	82	228
Max. Größe (mm)	60	80	53	

Fangergebnisse von Mnemiopsis leidyi in der Jade vom 05.10.09

Datum	05.10.09		
Fangzeiten:	1. Zug 346 – 1406 20 min.	2. Zug 1412 – 1432 20 min.	3. Zug 1436 - 1456 20 min.
Hochwasser:	14:27		
Windrichtung	S		
Windstärke (Bft)	4		
Bewölkung	6/8		
Wellenhöhe (cm)	50		
Sicht (cm)	40		
Wassertemp. (°C)	14.0		
Salinität (‰)			

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	475.0	508.9	997.8	1981.7
Anzahl M.l.	162	166	293	621
Max. Größe (mm)	50	58	57	

Fangergebnisse von Mnemiopsis leidyi in der Jade vom 02.11.09

Datum	02.11.09			
Fangzeiten:	1. Zug	2. Zug	3. Zug	
Hochwasser:	12:00	1016 – 1036	1042 – 1102	1108 – 1128
Windrichtung	S	20 min.	20 min.	20 min.
Windstärke (Bft)	3			
Bewölkung	6/8			
Wellenhöhe (cm)	30			
Sicht (cm)	20			
Wassertemp. (°C)	9,4			
Salinität (‰)				

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	120.4	136.0	197.0	453.4
Anzahl M.l.	40	76	94	210
Max. Größe (mm)	63	44	48	

Fangergebnisse von *Mnemiopsis leidyi* in der Jade vom 07.12.09

Datum	07.12.09		
Fangzeiten:	1. Zug	2. Zug	3. Zug
Hochwasser:	1433 – 1453	1457 – 1517	1522 – 1546
Windrichtung SSW	20 min.	20 min.	24 min.
Windstärke (Bft) 3			
Bewölkung 4/8			
Wellenhöhe (cm) 50			
Sicht (cm) 35			
Wassertemp. (°C) 6,8			
Salinität (‰)			

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g) M. l. Beroe (cucumis?)	1.4	9.4	26.6	37.4
Anzahl M.l Beroe (cucumis?).	1	7	17	25
Max. Größe (mm) Beroe (cucumis?)	31	30	34	4
		17	28	

Fangergebnisse von *Mnemiopsis leidyi* in der Jade vom 01.06.11

Datum	01.06.11		
Fangzeiten:	1. Zug 1510-1530	2. Zug 1536-1556	3. Zug 1604-1624
Windrichtung			
Windstärke (Bft)	5		
Bewölkung			
Wellenhöhe (cm)			
Sicht (cm)			
Wassertemperatur (°C)	16.0		

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)				
Anzahl M.I.				
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)				
Anzahl Beroe				
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	6.2	9.0	13.0	28.2
Anzahl Pl.p.	6	7	9	22
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)				
Anzahl Hydro				
Max. Größe (mm)				

Fangergebnisse von Mnemiopsis leidyi in der Jade vom 28.06.11

Datum	28.06.11
Fangzeiten:	1. Zug 2. Zug 3. Zug 1000 - 1020 1040 - 1100 1135 - 1155
Windrichtung	SE
Windstärke (Bft)	3-4
Bewölkung	2/8
Wellenhöhe (cm)	40
Sicht (cm)	30
Wassertemperatur (°C)	17.0

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)				
Anzahl M.l.				
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)				
Anzahl Beroe				
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	1.6	1.6		3.2
Anzahl Pl.p.	1	1	0	2
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)				
Anzahl Hydro				
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	4.0	7.1		11.1
Anzahl Sarsia	11	17	7	35
Max. Größe (mm)				

Fangergebnisse von Mnemiopsis leidyi in der Jade vom 01.08.11

Datum	01.08.11
Fangzeiten:	1. Zug 2. Zug 3. Zug 1330 - 1350 1407 - 1427 1437 - 1457
Windrichtung	N
Windstärke (Bft)	2
Bewölkung	8/8
Wellenhöhe (cm)	10
Sicht (cm)	20
Wassertemperatur (°C)	17.0

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	3.1			3.1
Anzahl M.l.	1			1
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)				
Anzahl Beroe				
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)		4.6	0.5	5.1
Anzahl Pl.p.		1	1	2
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	1.3	0.5	0.6	2.2
Anzahl Hydro	3	1	3	7
Max. Größe (mm)				

Fangergebnisse von Mnemiopsis leidyi in der Jade vom 16.08.11

Datum	16.08.11
Fangzeiten:	1. Zug 2. Zug 3. Zug 1025 - 1045 1115 - 1135 1204 - 1224
Windrichtung	SW
Windstärke (Bft)	3
Bewölkung	8/8
Wellenhöhe (cm)	30
Sicht (cm)	30
Wassertemperatur (°C)	17.7

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)		0.7	12.2	12.9
Anzahl M.I.		1	2	3
Max. Größe (mm)			40	
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)		1.7		1.7
Anzahl Beroe		2		2
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)				
Anzahl Pl.p.				
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)		0.3	1.4	1.7
Anzahl Hydro		1	2	3
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	0.1	3.1		3.2
Anzahl Sarsia	1	6		7
Max. Größe (mm)				

Fangergebnisse von Mnemiopsis leidyi in der Jade vom 31.08.11

Datum	31.08.11
Fangzeiten:	1. Zug 2. Zug 3. Zug 1420 -1440 1508 - 1528 1600 - 1620
Windrichtung	WNW
Windstärke (Bft)	3
Bewölkung	7/8
Wellenhöhe (cm)	20
Sicht (cm)	30
Wassertemperatur (°C)	17.5

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	44.0	11.3	9.5	64.8
Anzahl M.l.	10	5	1	16
Max. Größe (mm)	57	30	45	
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)		2.1		2.1
Anzahl Beroe		1		1
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)		2.7		2.7
Anzahl Pl.p.		1		1
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)		2.7	2.9	5.6
Anzahl Hydro		5	5	10
Max. Größe (mm)				

Fangergebnisse von Mnemiopsis leidyi in der Jade vom 16.09.11

Datum	16.09.11
Fangzeiten:	1. Zug 2. Zug 3. Zug 1417 - 1437 1443 - 1503 1512 - 1534
Windrichtung	SE
Windstärke (Bft)	3
Bewölkung	2/8
Wellenhöhe (cm)	10
Sicht (cm)	15
Wassertemperatur (°C)	15.9

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	0.2	2.7	1.6	4.5
Anzahl M.I.	1	2	2	5
Max. Größe (mm)	10			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	-	5.4	1.0	6.4
Anzahl Beroe	-	6	2	8
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)				
Anzahl Pl.p.				
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	0.7	2.2	0.9	3.8
Anzahl Hydro	5	6	1	12
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)				
Anzahl Sarsia				
Max. Größe (mm)				

Fangergebnisse von *Mnemiopsis leidyi* in der Jade vom 27.09.11

Datum	27.09.11
Fangzeiten:	1. Zug 2. Zug 3. Zug 1607 - 1627 1658 - 1718 1752 - 1820
Windrichtung	SE
Windstärke (Bft)	2
Bewölkung	3/8
Wellenhöhe (cm)	5
Sicht (cm)	15
Wassertemperatur (°C)	15.4

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)				
Anzahl M.I.				
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	1.5	5.2	5.6	12.3
Anzahl Beroe	4	5	7	16
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	1.6	1.6		3.2
Anzahl Pl.p.	1	1	0	2
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	2.0	2.9	3.4	8.3
Anzahl Hydro	8	10	8	26
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	4.0	7.1		11.1
Anzahl Sarsia	11	17	7	
Max. Größe (mm)				

Fangergebnisse von Mnemiopsis leidyi in der Jade vom 24.11.11

Datum	24.11.11
Fangzeiten:	1. Zug 2. Zug 3. Zug 1324 - 1344 1418 - 1438 1513 - 1533
Windrichtung	SW
Windstärke (Bft)	5-6
Bewölkung	8/8
Wellenhöhe (cm)	50
Sicht (cm)	30
Wassertemperatur (°C)	6.3

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)		5.6		5.6
Anzahl M.l.		2		2
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)				
Anzahl Beroe				
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)				
Anzahl Pl.p.				
Max. Größe (mm)				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe ges.
Biomasse (g)	0.5	0.7	1.0	2.2
Anzahl Hydro	9	5	3	17
Max. Größe (mm)				

Hiermit erkläre ich, dass ich die Dissertation selbstständig verfasst habe, die benutzten Hilfsmittel vollständig angegeben sind und dass die Dissertation weder in ihrer Gesamtheit noch in Teilen einer anderen Hochschule zur Begutachtung in einem Promotionsverfahren vorliegt oder vorgelegen hat.