

-

Taxonomische Zusammensetzung und Abundanz der Chaetognatha im Benguela – Auftriebsgebiet vor Namibia

vorgelegt von

Marvin Reymers

Geboren am 25.01.1987

Bachelorarbeit

im Studiengang Bachelor of Science Biologie der

Universität Hamburg

Erscheinungsjahr

2013

1. Gutachter: Vetr.-Prof. Dr. Justus van Beusekom

2. Gutachter: Dr. Rolf Koppelman

Inhaltsverzeichnis

i.	Abstract.....	I
ii.	Zusammenfassung.....	II
1.	Einleitung.....	1
2.	Material und Methoden.....	4
	2.1 Standorte.....	4
	2.2 Probennahme und Bearbeitung	5
	2.2.1 Hydrographie	5
	2.2.2 Probennahme	6
	2.2.3 Taxonomie	7
	2.2.4 Auswertung.....	7
3.	Ergebnisse.....	9
	3.1 Hydrographie.....	9
	3.2 Abundanz und Verteilung	10
	3.2.1 Abundanz.....	10
	3.2.2 Artenzusammensetzung.....	12
	3.2.3 Diversität, Dominanz und Gleichverteilung.....	20
4.	Diskussion	20
	4.1 Abiotische Parameter	21
	4.2 Taxonomische und räumliche Verteilung der Chaetognatha	21
	4.3 Fazit.....	23
5.	Referenzen	25
6.	Danksagung	30

i. Abstract

Chaetognatha are planktonic predators and are an important component in the pelagic food web due to their high abundance and trophic position. In this study, the horizontal and vertical distribution of Chaetognatha species were investigated along a transect off the mouth of the Kunene river in the upwelling region at the coast of North Namibia. The results were compared with the Chaetognatha distribution off Walvis Bay (Central Namibia). At three stations (shelf, shelf-break and open ocean) zooplankton samples were taken by the use of a multiple closing net (1m² Doppel-MOCNESS). Abiotic parameters (temperature, salinity, oxygen) were measured with a CTD. Twenty-two species in eleven groups were identified. They were categorized in epipelagic, shallow-mesopelagic and deep-mesopelagic by calculating the WMD (weighted mean depth). Highest abundances were detected on the shelf and in epipelagic zone. The diversity increased from the coast towards the open ocean. The Walvis Bay transect showed a similar distribution pattern, but a different species composition, especially in the upper 200 m. This study will help to better understand the trophic system by providing information about the distribution and composition of a main zooplankton predator in the Benguela upwelling system.

ii. Zusammenfassung

Chaetognatha sind räuberische Planktonorganismen, die aufgrund ihrer Abundanz und trophischen Stellung eine wichtige Rolle im pelagischen Nahrungsnetz spielen. In dieser Arbeit wurde die horizontale und vertikale Verteilung von Chaetognatha-Arten entlang eines Transektes vor der Kunene-Flussmündung im Auftriebsgebiet vor der Küste Nord-Namibias untersucht. Außerdem wurde ein Vergleich mit der Verteilung entlang des Walvis Bay Transektes vor Zentral-Namibia im Oktober 2010 vorgenommen. Im Februar 2011 wurden vor der Kunene- Flussmündung an drei Stationen, auf dem Schelf, dem Schelfhang und dem offenen Ozean abiotische Daten mit Hilfe einer CTD und Zooplanktonproben mittels eines Multischließnetzes (1m² Doppel-MOCNESS) gewonnen. Es wurden 22 Arten aus 11 Gruppen nachgewiesen. Diese wurden mittels ihrer gewichteten mittleren Tiefe (WMD = weighted mean depth) in epipelagisch, flach-mesopelagisch und tief-mesopelagisch eingeteilt. Die Verteilung zeigte die größte Abundanz auf dem Schelf und im Epipelagial, aber eine zunehmende Diversität von der Küste in Richtung offener Ozean. Im Vergleich mit dem Walvis Bay Transekt zeigte sich das gleiche Verteilungsmuster, aber eine andere taxonomische Zusammensetzung, vor allem in den oberen 200 m. Diese Arbeit soll zum

besseren Verständnis des trophischen Systems im Benguela Auftriebsgebiet beitragen, indem Informationen zur Verteilung und Zusammensetzung eines Top-Zooplankton Prädators hinzugefügt wird.

1. Einleitung

Bei Auftriebsgebieten handelt es sich um einzigartige Regionen, die sich durch hohe Primär- und Sekundärproduktivität (Margalef, 1978) und hohes Fischreichtum auszeichnen. Mit einem nur 0,2 %-igen Anteil an der Fläche der Weltmeere werden dort 20 % des kommerziellen Fischfangs getätigt (Pauly & Christensen, 1995).

Das Prinzip des Auftriebs wurde 1905 vom schwedischen Physiker Ekman beschrieben. Nach ihm wurde das Phänomen der Ekman-Spirale benannt, die im Folgenden erklärt wird. Oberflächenwasser wird durch Wind horizontal bewegt und zusätzlich durch die Corioliskraft um 45° abgelenkt. Auf der Südhalbkugel erfolgt die Ablenkung nach links, auf der Nordhalbkugel entsprechend nach rechts. In der Wassersäule wird die Ablenkung durch Reibungskräfte mit zunehmender Tiefe immer schwächer (Ekman, 1905). Liegt nun ein küstenparalleler Wind vor, so wird das Wasser im Mittel um 90° abgelenkt und dieses abgelenkte Oberflächenwasser wird durch nachfließendes Tiefenwasser ersetzt. Dieses Tiefenwasser ist sehr nährstoffreich und führt in der euphotischen Zone zu einer erhöhten Primärproduktion (Cole & McGlade, 1998 und Verweise darin).

Das Benguela Auftriebsgebiet ist eines der wichtigsten östlichen Auftriebsgebiete und erstreckt sich von $15-37^\circ\text{S}$ und $0-20^\circ\text{O}$ (Hutchings *et al.*, 2009; Abb. 1). Es ist das einzige östliche Auftriebsgebiet das nördlich und südlich durch warmes tropisches Wasser begrenzt ist (Carter, 2011). Im Norden begrenzt die ABFZ (Angola Benguela Frontal Zone) und im Süden der Agulhas-Strom. Bedeutsam für die Region ist auch die Anwesenheit von Sauerstoffminimumzonen (SMZ) (Monteiro & van der Plas, 2006). Als Sauerstoffminimum gilt ein Sauerstoffgehalt von weniger als $45 \mu\text{mol l}^{-1}$ (1 ml l^{-1}) (Wishner *et al.*, 2008). Solche Zonen werden zum einen von Strömungen wie dem sauerstoffarmen SACW (South Atlantic Central Water) geformt, der vom Angola Dome nach Süden entlang der namibischen Küste fließt. Zum anderen entstehen sie durch herabsinkendes organisches Material, das im Tiefenwasser unter Sauerstoffzehrung von Mikroorganismen abgebaut wird (Hutchings, 2009). Die Anwesenheit einer solchen SMZ kann die Abundanz und die Verteilung von Plankton beeinflussen (Wishner *et al.*, 1995 und Verweise darin). Aber auch die SMZ wird beeinflusst, z.B. durch veränderte Strömungsverhältnisse, Auftriebsereignisse, erhöhte Planktonproduktivität bzw. Absterben von Plankton (Hutchings, 2009). Weiterhin ist für Benguela Region charakteristisch, dass der Auftrieb ganzjährig aktiv ist, mit erhöhter

Aktivität von Oktober bis Dezember und niedriger Aktivität in Juli und August (Shannon, 1985). Es gibt vier Hauptauftriebszellen entlang der namibischen Küste, vor Lüderitz (26 - 28°S), welche auch gleichzeitig die Stärkste in der Region ist, Walvis Bay (23°S), Cape Frio (18°S) und dem Kunene Fluss (17°S) (Duró & Gili, 1996).

Die Region im Bereich der Kunene-Flussmündung verdient besondere Aufmerksamkeit, denn hier findet nicht nur Auftrieb statt, sondern es verläuft die ABFZ von ~14-16°S, die die nördliche Grenze des Benguela Auftriebsgebiet bildet. Die Zone bildet sich aus dem nach Norden fließenden, kalten und nährstoffreichen Benguelastrom und dem nach Süden fließenden, warmen und nährstoffarmen Agulhasstrom (Glück *et al.*, 2012 und Verweise darin). Und die ABFZ ist nicht lokal, sondern verlagert sich saisonal, oder auch zwischensaisonal auf einer Nord-Süd-Achse. Solch eine Verlagerung führt zu drastischen Veränderungen bei der Temperatur, dem Salz- und Sauerstoffgehalt (Mohrholz *et al.*, 2008)

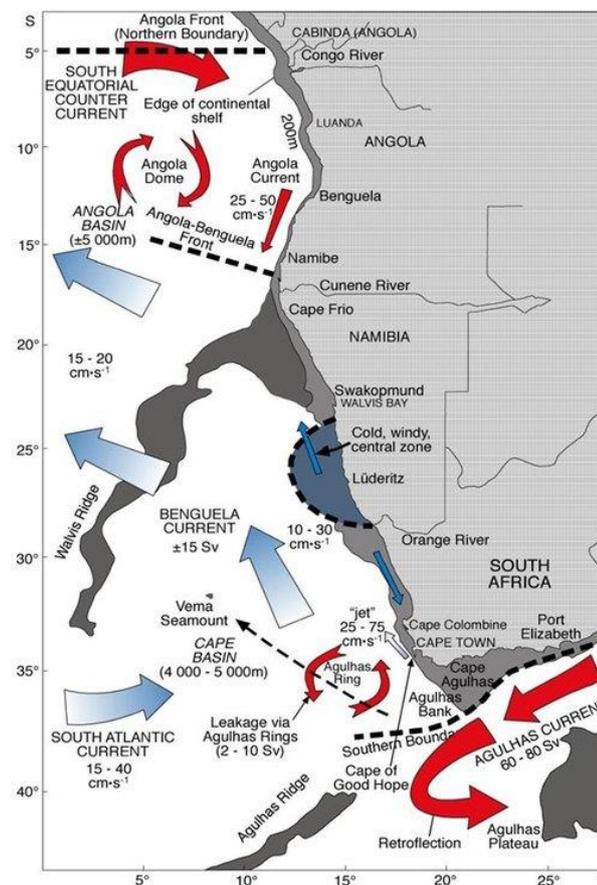


Abbildung 1: Benguela-Strömungssystem mit warmen Oberflächenströmen (rot) und kalten Unterströmungen (blau) (nach Shannon & O'Toole, 2003)

Das Zooplankton spielt im marinen Nahrungsnetz eine wichtige Rolle als Primärkonsument des Phytoplanktons und als Energietransporter in höhere trophische Ebenen (Lalli & Parsons, 1997). Die Chaetognatha zählen zum karnivoren Zooplankton (Kapp, 2004). Sie existieren schon seit 542 Millionen Jahren auf der Erde (Szaniawski, 2005).

Zu dem Phylum der Chaetognatha gehören über 120 Arten (Jennings *et al.*, 2010; Harzsch & Wanninger, 2010 und Verweise darin). Eine molekulare systematische Einordnung der Chaetognatha erweist sich als schwierig (Papillon *et al.*, 2004; Marlétaz & Le Parco, 2008 und Verweise darin). Einige morphologische Merkmale, wie eine sekundäre Mundbildung und die Bildung eines Mesoderms lassen eine Zuordnung zu den Deuterostomia zu. Wiederum andere Studien meinen, dass die Chaetognatha aus der Stammreihe der Triploblasten stammen, noch vor der Aufteilung in Deuterostomia und Protostomia (Helfenbein *et al.*, 2004 und Verweise darin).

Chaetognatha sind schlanke, wurmförmige, durchsichtige Organismen und werden 2 – 120 mm groß. Sie haben sich ausgezeichnet an ihre carnivore Lebensweise und das Leben im Pelagial angepasst (Kapp, 2004). Deutlich gliedert sich der Körper in Kopf, Rumpf und Schwanz auf. Am Kopf sitzen die auffälligen und namensgebenden Greifhaken, die den Chaetognatha ihren deutschen Namen Borstenkiefer gegeben haben (Kieneke & Riemann, 2009). Das äußere Bild wird zudem von Seitenflossen bestimmt, von denen entweder ein, oder wie bei *Sagitta*, zwei Paare vorkommen. Sämtliche Flossen, auch die Schwanzflosse, sind horizontal ausgerichtet und mit Strahlen versteift. Sie dienen der präzisen Bewegung und als Tragflächen (Kapp, 2004). Chaetognatha sind zwittrige Organismen, bei denen zuerst die männlichen Gonaden reifen, die sich paarig im Schwanz befinden. Die ebenfalls paarig vorkommenden Ovarien können sich, je nach Art, über den ganzen Rumpf erstrecken. Bei der Fortpflanzung platzen die Samenblasen, die sich außen am Schwanz befinden, auf und entlassen reife Spermien in die weibliche Öffnung des Fortpflanzungspartners (Kieneke & Riemann, 2009).

Chaetognatha leben in der Regel und hauptsächlich im marinen Pelagial. Trotzdem erstreckt sich ihr Vorkommen über die ganze Wassersäule bis dahin, dass sich einige Arten an das benthische Leben angepasst haben (Kieneke & Riemann, 2009). Seit 2005 kennt man sogar eine Art die im interstitiellen Raum lebt (Kapp & Giere, 2005). Faktoren die die Verteilung der Chaetognatha beeinflussen sind Temperatur, Lichtverhältnisse, Alter der Arten und

Vorkommen der Beute (Casanova, 1999; Giesecke & Gonzáles, 2004). Vor allem das Vorkommen entsprechend einer Wassertemperatur gilt als guter Wassermassenanzeiger (Pierrot-Bults, 1982).

Zu den Hauptbeuteorganismen der Chaetognatha zählen die Copepoden. Diese werden, wie andere Beute auch, mit den Greifhaken gepackt und durch Injektion des Giftes Tetrodotoxin gelähmt (Thuesen, 1988; Casanova, 1999 und Verweise darin). Mit zunehmender Größe erweitert sich das Beuteschema, so das auch Euphausiacea, Polychaeta und Fischlarven erbeutet werden können (Pearre, 1982; Giesecke & Gonzáles, 2004). Bei geringer Beuteabundanz, oder wenn auch einfach nur die Möglichkeit besteht, werden auch andere Chaetognatha erbeutet (Feigenbaum & Maris, 1984; Pearre, 1982).

Es gab schon viele Untersuchungen zu den Chaetognatha im Benguela Auftriebsgebiet (Clark *et al.*, 2001; Duró *et al.*, 1994; Gibbons, 1994). Jedoch fehlt es an der räumlichen Auflösung in diesem von sehr starken saisonalen Unterschieden geprägten Auftriebsgebiet. Mit dieser Arbeit soll die horizontale und vertikale Verteilung, so wie die taxonomische Zusammensetzung vor der Kunene-Flussmündung untersucht werden. Um Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der Region festzustellen, soll noch ein Vergleich mit der Arbeit über die Verteilung der Chaetognatha entlang des Walvis Bay Transektes von Bohatá & Koppelman (2013) vorgenommen werden.

2. Material und Methoden

2.1. Standorte

Zooplanktonproben wurden von dem Forschungsschiff *Maria S. Merian* während der Ausfahrt 17/3 im Februar 2011 vor der namibischen Küste genommen. Die Beprobung erfolgte entlang eines Transektes vor der Kunene-Flussmündung (Abb. 1). Die Proben für die Chaetognatha-Untersuchung stammten von drei Stationen: auf dem Schelf (Station 305), am Schelfhang (Station 307) und im ozeanischen Bereich (Station 309). Station 305 liegt etwa 33 km von der Küste entfernt, mit einer mittleren Tiefe von 150 m (Tabelle 1). Station 307 liegt mit ca. 52 km Küstenentfernung am Schelfrand und hat eine mittlere Tiefe von 820 m. Station 309 liegt ca. 99 km vor der Küste und bei einer Tiefe von ca. 3180 m im ozeanischen Bereich.

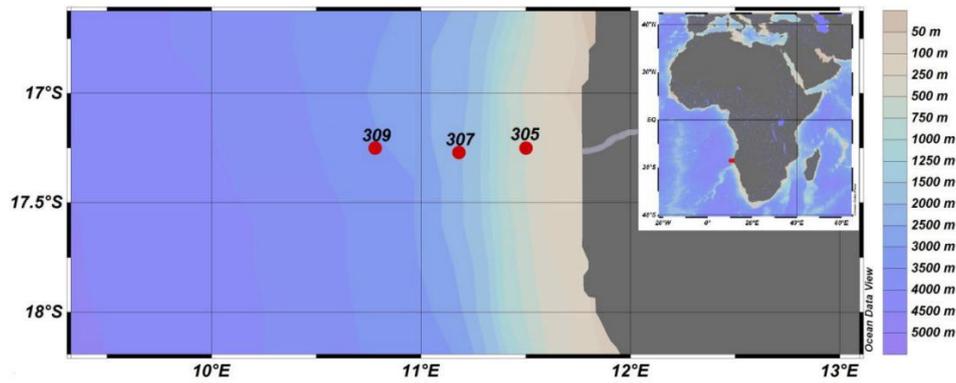


Abbildung 2: Beprobte Stationen auf dem Kunene-Transect vor der Küste Namibias. Verschiedene Wassertiefen sind farblich unterschiedlich markiert. Die Kunene-Flussmündung wurde mit Photoshop betont. Die eingezeichnete Flussbreite ist nicht maßstabsgetreu.

2.2. Probennahme und Bearbeitung

2.2.1. Hydrographie

Per CTD (Conductivity, Temperature and Depth) Rosette der Firma Seabird (SBE 911+) wurden während der Ausfahrt hydrographische Daten (Temperatur, Salinität und Sauerstoffgehalt) an den jeweiligen Stationen gemessen (Abbildung 3).



Abbildung 3: CTD-Rosette – Abbildung modifiziert nach André Eckhardt (2013; Internetquelle 1)

Diese Messungen liefern Daten der herrschenden abiotischen Bedingungen, wie z.B. die Stärke des derzeitigen Auftriebs. Die CTD misst kontinuierlich Daten, was eine hohe vertikale Auflösung der zu messenden Parameter in der Wassersäule erlaubt und klare Gradienten wie z.B. den Beginn der Sauerstoffminimumzone (SMZ) erkennen lässt. Eine SMZ ist per Definition ein Bereich, in dem weniger als 45 $\mu\text{mol/L}$ Sauerstoff (Loick *et al.*, 2005) vorkommen.

2.2.2. Probennahme

Die Zooplanktonproben wurden mit einem 1m² Doppel-MOCNESS (Multiple Opening and Closing Net and Environmental Sensing System; Wiebe *et al.*, 1985), gefangen. Es besteht aus 2*9 parallelen Netzen, mit einer Maschenweite von 333 µm. Einzelne Netze können in verschiedenen Tiefen geöffnet bzw. geschlossen werden. Geschleppt wurde mit einer Geschwindigkeit von 2 Knoten (1 Knoten = 1,852 km/h). Bei einem angestrebten Gerätewinkel von 45° beträgt die Netzöffnung 1 m². Das gefilterte Volumen wurde durch einen Flow-Meter, befindlich oberhalb der Netzöffnung, unter Berücksichtigung des Gerätewinkels ermittelt. Die Fier- und Hievgeschwindigkeit betrug 0,5 m*s⁻¹, wobei oberhalb von 200 m auf 0,2-0,3 m*s⁻¹ gedrosselt wurde. Beide Netzseiten wurden in der Regel zusammen geschlossen. Die linke Netzseite wurde vorwiegend für Analysen der Biomasse und der taxonomischen Zusammensetzung und die rechte Netzseite für physiologische Experimente und biochemische Analysen genutzt.

Gehievte Netze wurden mit Seewasser gespült. Die Proben für taxonomische Analysen und Biomassenbestimmung wurden in eine gefilterte und mit Natriumtetraborat gepufferte 4 %-ige Formaldehyd-Seewasserlösung überführt.



Abbildung 4: 1m² Doppel-MOCNESS mit 2*9 parallel verlaufenden Netzen und einer Maschenweite von 333 µm. Abbildung modifiziert nach Dr. Volker Mohrholz (2013; Internetquelle 1)

Im Labor wurden die Proben zunächst durch eine Siebkette fraktioniert und in fünf Größenfraktionen aufgeteilt (<0,5, 0,5-1, 1-2, 2-5, >5 mm). Anschließend wurden die Fraktionen in formolfreie Sortierlösung (94,5 % Frischwasser, 5 % Propylenglycol und 5% Propylenphenoxetol) nach Steedman (1976) überführt. Für die taxonomische Bestimmung wurden umfangreiche Proben ggf. mit einem Motoda Plankton Splitter fraktioniert. Die Auszählung und Artbestimmung erfolgte in einer Petrischale unter einem Binokular Leica MZ 165 C (Leica Microsystems, Schweiz AG).

Tabelle 1: Probennahmedaten der MOCNESS-Einsätze; Lokalzeit = UTC + 2 Stunden; T = Tag; grau hinterlegt sind zwei Tiefenintervalle die aus zeitlichen Gründen nicht ausgewertet wurden

Station	Lokation	Pos Lat.	Pos Long.	Datum	UTC	Wassertiefe [m]	Fangintervalle [m]
305	Schelf	17°31,9'S	11°50,83'O	19.02.11	12:41	153	100-50
305		17°31,98'S	11°50,85'O	19.02.11	12:42	155	50-25
305		17°32,02'S	11°50,85'O	19.02.11	12:44	150	25-0
307	Schelfhang	17°32,82'S	11°22,65'O	20.02.11	12:10	862	600-400
307		17°32,82'S	11°22,65'O	20.02.11	12:25		400-200
307		17°32,82'S	11°22,65'O	20.02.11	12:31	829	200-100
307		17°32,82'S	11°22,65'O	20.02.11	12:35	833	100-50
307		17°32,82'S	11°22,65'O	20.02.11	12:36	835	50-25
307		17°32,82'S	11°22,65'O	20.02.11	12:41	806	25-0
309	Ozeanisch	17°16,97'S	10°48,65'O	21.02.11	13:05	3776	1000-800
309		17°17,30'S	10°48,93'O	21.02.11	13:17	3815	800-600
309		17°17,64'S	10°49,22'O	21.02.11	13:30	3816	600-400
309		17°18,00'S	10°49,54'O	21.02.11	13:45	3961	400-200
309		17°18,18'S	10°49,79'O	21.02.11	13:52	3810	200-100
309		17°18,28'S	10°49,79'O	21.02.11	13:55	3828	100-50
309		17°18,31'S	10°49,82'O	21.02.11	13:57	3935	50-25
309		17°18,38'S	10°49,88'O	21.02.11	14:00	3560	25-0

2.2.3. Taxonomie

Zur Bestimmung der Chaetognatha wurden die Schlüssel von Casanova (1999) und Bohatá (2011) verwendet. Die ermittelten Daten wurden in Microsoft Excel 2007 archiviert und weiter bearbeitet.

2.2.4. Auswertung

Die grafische Darstellung erfolgte mit dem Programm SigmaPlot (Version 11).

Für ein besseres Verständnis wurden die Abundanzen der Individuen pro 1000 m³ (Konzentration der Individuen) mit folgender Formel berechnet:

$$\text{Konzentration [Ind. } 1000 \text{ m}^{-3}] = \frac{\text{ausgezählte Individuen} * \text{Teilungsfaktor} * 1000}{\text{filtriertes Volumen}}$$

Um eine Gemeinschaftsanalyse durchzuführen wurden Bestände von Individuen m^{-2} wie folgt ermittelt:

$$\text{Bestand [Ind. } \text{m}^{-2}] = \frac{\text{Konzentration [Ind. } 1000 \text{ m}^{-3}] * \text{Tiefenintervall}}{1000}$$

Zur Bestimmung der vertikalen Verteilung, wurde die mittlere gewichtet Tiefe (WMD, weighted mean depth) (Perry *et al*, 1993) mit folgender Formel berechnet:

$$\text{WMD} = \frac{\sum(N_{T_i} * T_i)}{\sum N_{T_i}}$$

Wobei N_{T_i} die Abundanz in der Tiefenschicht i ist und T_i die mittlere Tiefe der Fangintervalle in Metern.

Die Vielfalt von Arten pro Station wurde mit dem Shannon-Weaver Index (H) berechnet (Shannon, 1949):

$$\bar{H} = -\sum \left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

Mit N als Gesamt-Abundanz aller Arten und n_i = Abundanz der Art. Der Index variiert zwischen 0 und 5. Dabei besagt 0 das nur eine Spezies in der Gemeinschaft vorhanden ist.

Um zu überprüfen wie die Abundanzen sich in der Gemeinschaft unterscheiden, wurde Gleichverteilung (J) zu jeder Station berechnet, mit Hilfe der Formel von Pielou's (1975) zusammen mit dem Shannon-Weaver Index (H):

$$J = \frac{\bar{H}}{\ln N}$$

Die Indexwerte gehen von 0 bis 1. Null bedeutet, dass die Arten in gleicher Abundanz vorkommen und Eins, dass die Abundanz von einer Art gestellt wird.

Eine Dominanzanalyse wurde nach dem Simpson (1949) Index berechnet:

$$D = \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

Mit S als Anzahl aller Spezies an der Station, n ist die Nummer an Individuen von i Arten und N ist die Gesamtzahl an Individuen der Chaetognatha-Gemeinschaft. Der Dominanzindex reicht von 0 bis 1, wobei 1 die totale Dominanz (nur eine Art in der Gemeinschaft) darstellt.

3. Ergebnisse

3.1. Hydrographie

Temperatur, Sauerstoff und Salinität zeigten im Oberflächenwasser von 0 – 25 m konstante Werte, danach eine rapide Abnahme bis ~60 m. Darunter war der Verlauf der Tiefenprofile unterschiedlich.

An der Küste bei Station 305 (Abb. 5a) betrug die Temperatur im Oberflächenwasser bis 30 m ~20,6°C, nahm bis ~60 m auf ~15,2°C ab und sank danach nur noch leicht auf 14,6°C ab. Der Sauerstoffgehalt lag ab 63 m unter 45 $\mu\text{mol l}^{-1}$ und bildete dort somit eine Sauerstoffminimumzone (SMZ). Im Oberflächenwasser lag der Gehalt über 200 $\mu\text{mol l}^{-1}$, nahm aber ab 30 m rapide ab. Die Salinität lag nahezu konstant bei ~35,7.

Am Schelfhang (Abb. 5b) lag die Temperatur bis ~20 m bei 22,9°C, nahm bis 93 m leicht auf 15,9°C ab und sank bis 922 m auf ~4,1°C. Der Sauerstoffgehalt blieb bis 43 m auf über 200 $\mu\text{mol l}^{-1}$, nahm danach rapide ab und bildete ab 71 – 515 m eine SMZ. Unterhalb von 515 m stieg der Sauerstoffgehalt wieder an auf ~145 $\mu\text{mol l}^{-1}$ in 922 m. Die Salinität blieb im Schnitt bei 34,9.

Im ozeanischen Bereich (Abb. 5c) lag die Temperatur im Oberflächenwasser bei ~22,9°C bis 33 m. Darunter erfolgte eine gleichmäßige Abnahme bis in ~1000 m auf 3,8°C. Der Sauerstoffgehalt blieb bis in 45 m bei über 200 $\mu\text{mol l}^{-1}$. Fiel dann rapide ab und bildete eine SMZ, die bis ~500 m vorherrschte. Danach stieg der Sauerstoffgehalt bis in ~1500 m auf 200 $\mu\text{mol l}^{-1}$ an und stellte sich auf diesen Wert ein. Die Salinität zeigte nach oberflächennaher Konstanz (35,4) eine schnelle Abnahme zum Minimum (34,4) in ~800 m Tiefe und danach eine Zunahme auf 34,9 die ab 1700 m herrschte.

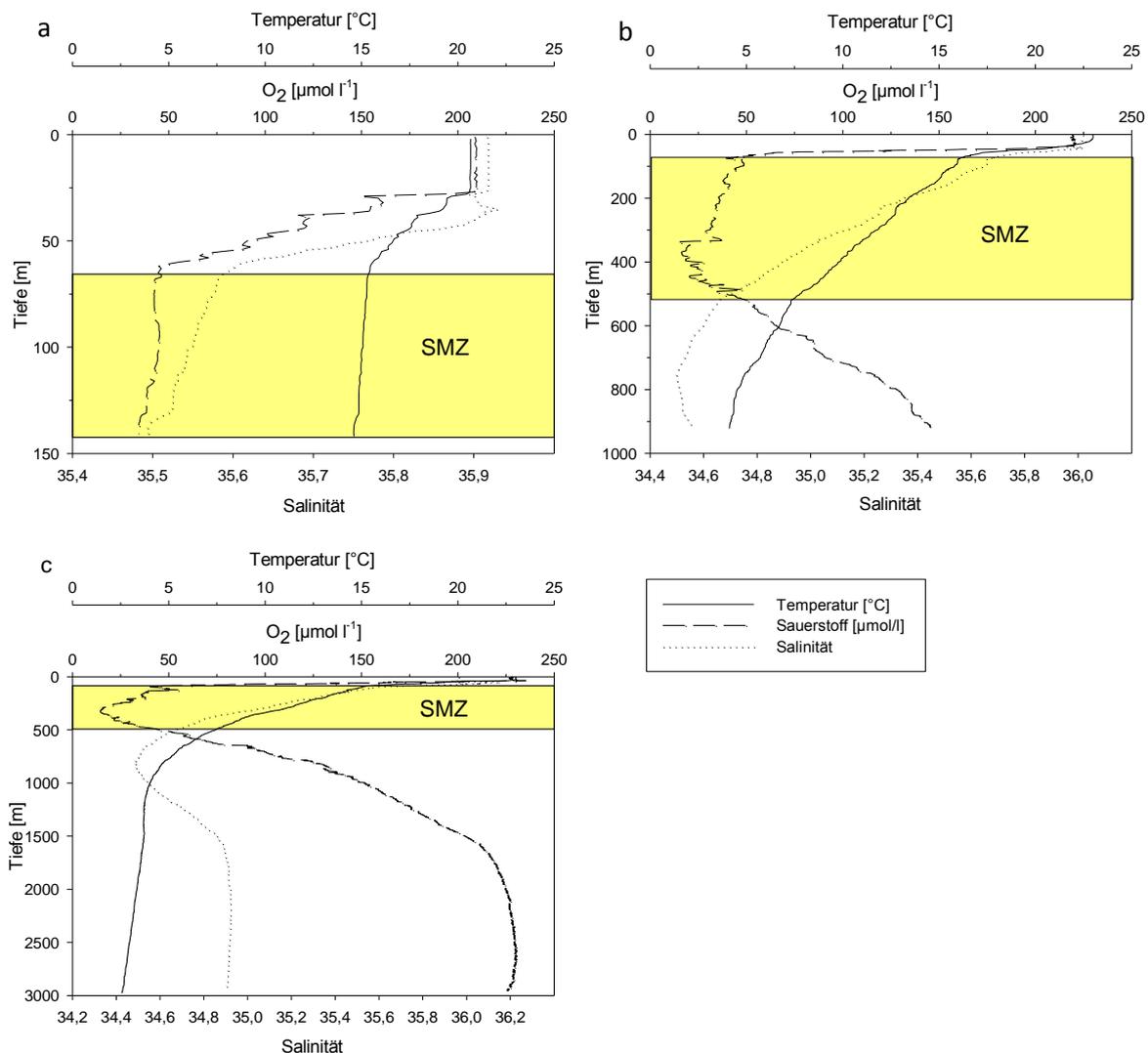


Abbildung 5: Temperatur-, Sauerstoff- und Salinitätsgehalte der Stationen des Kunene-Transekts; (a) Schelf, (b) Schelfhang und (c) ozeanische Station; farblich hinterlegt wurde die Sauerstoffminimumzone (SMZ), wo die Sauerstoffkonzentration unter $45 \mu\text{mol l}^{-1}$ liegt

3.2. Abundanz und Verteilung

3.2.1. Abundanz

An der Küstenschelfstation (Abb. 6a) zeigte sich in den ersten 50 m die größte Chaetognatha-Abundanz aller Stationen mit $9600 \text{ Individuen } 1000 \text{ m}^{-3}$ auf den ersten 25 m und $12400 \text{ Ind. } 1000 \text{ m}^{-3}$ zwischen 25 und 50 m. Darauf folgend nahmen die Zahlen bis 100 m rapide ab, was mit dem Beginn der Sauerstoffminimumzone (SMZ) ab 66 m einhergeht. Zwischen 50 und 100 m kamen nur noch $200 \text{ Ind. } 1000 \text{ m}^{-3}$ vor.

Am Schelfhang zeigten sich die größten Abundanzen über und unterhalb der SMZ die von 73 – 513 m verlief (Abb. 6b). Zwischen 0 – 50 m stieg die Abundanz von 3000 auf

4300 Ind. 1000 m^{-3} an. Fiel dann jedoch auf 1300 Ind. 1000 m^{-3} in 100 m ab. Ab dort herrschte eine minimale Abundanz von unter 60 Ind. 1000 m^{-3} bis bei 400 - 600 m wieder 4000 Ind. 1000 m^{-3} vorkamen. Eine präzise Auflösung, ob die Abundanz erst unterhalb der SMZ wieder zunahm, konnte wegen des relativ groben Fangintervalls von 200 m nicht erreicht werden.

Die ozeanische Station (Abb. 6c) wies die größte Abundanz in den oberen 25 m mit 3700 Ind. 1000 m^{-3} auf. Selbst in der SMZ (134 – 503 m) kam eine recht hohe Abundanz mit 1600 Ind. 1000 m^{-3} zwischen 200 – 400 m vor. Ab 400 m nahm die Konzentration bis 800 m stetig ab. Der Tiefenverlauf der Abundanzen bis 200 m konnte nicht eindeutig bestimmt werden, weil die Fangintervalle 25 – 50 m und 100 – 200 m nicht untersucht wurden.

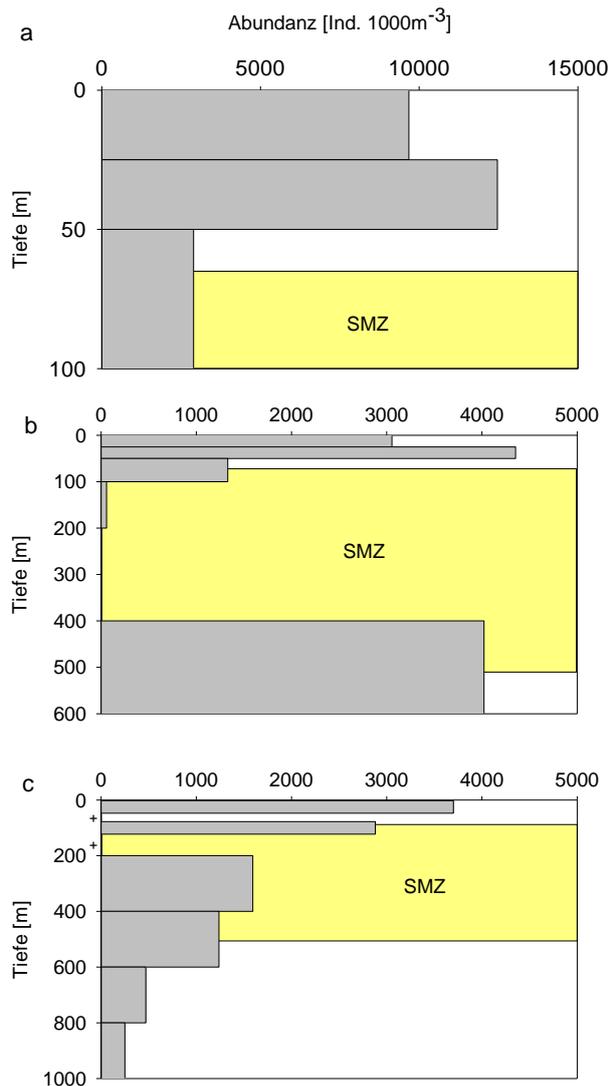


Abbildung 6: Abundanz und vertikale Verteilung der Chaetognatha entlang des Kunene-Transektes; (a) Schelf, (b) Schelfhang und (c) ozeanische Station; farblich hinterlegt wurde die Sauerstoffminimumzone (SMZ); die mit einem + markierten Tiefen in c besagen, dass dort keine Chaetognatha ausgezählt bzw. bestimmt wurden

3.2.2. Artenzusammensetzung

Insgesamt wurden 22 Chaetognatha-Arten entlang des Kunene-Transektes bestimmt. Sie wurden nach Casanova (1999) in elf Gruppen eingeteilt, wovon eine für Ungruppierte steht (Tab. 2).

Bei der Bestimmung der *Serratodentata*-Gruppe konnten im Wesentlichen nur Adulte anhand der Reife der Samenblasen und Ovarien einer Art zugeordnet werden. Alle Juvenilen dieser Gruppe konnten wegen mangelnder Reife der Gonaden nur der allgemeinen *Serratodentata*-Gruppe zugeordnet.

Tabelle 2: Identifizierte Gruppen und Arten; bestimmt nach Casanova (1999) und Bohatá (2011)

	Gruppe	Arten	
Eukrohniidae	<i>Hamata</i>	<i>Eukrohnia flaccicoeca</i> (Casanova, 1986) <i>Eukrohnia hamata</i> (Möbius, 1875) <i>Eukrohnia macroneura</i> (Casanova, 1986)	
	<i>Fowleri</i>	<i>Eukrohnia bathypelagica</i> (Alvariño, 1962) <i>Eukrohnia fowleri</i> (Ritter-Záhony, 1909)	
Krohnittidae	<i>Krohnitta</i>	<i>Krohnitta subtilis</i> (Grassi, 1881)	
Pterosagittidae	<i>Pterosagitta</i>	<i>Pterosagitta draco</i> (Krohn, 1853)	
Sagittidae	<i>Lyra</i>	<i>Sagitta lyra</i> (Krohn, 1953) <i>Sagitta maxima</i> (Conant, 1896)	
		<i>Serratodentata</i>	<i>Sagitta bierii</i> (Alvariño, 1961) <i>Sagitta serratodentata</i> (Tokioka, 1940) <i>Sagitta tasmanica</i> (Thomson, 1947)
	<i>Hexaptera</i>		<i>Sagitta enflata</i> (Grassi, 1881) <i>Sagitta hexaptera</i> (d'Orbigny, 1843)
			<i>Minima</i>
	<i>Planctonis</i>	<i>Sagitta zetesios</i> (Fowler, 1905) <i>Sagitta planctonis</i> (Steinhaus, 1896)	
		<i>Hispida</i>	
	Ungruppiert	<i>Sagitta macrocephala</i> (Fowler, 1905) <i>Sagitta friderici</i> (Ritter-Záhony, 1911)	

Auf dem Schelf wurden acht Gruppen mit elf Arten nachgewiesen (Abb. 7). Am Schelfhang wurden sechs Gruppen mit sieben Arten und im ozeanischen Bereich zehn Gruppen mit 20 Arten gefunden. Einige Arten wie *S. lyra* waren in den mesopelagischen Tiefen nur einzeln vertreten.

Mit Hilfe der mittleren gewichteten Tiefe wurden die Arten in epipelagisch (0 – 200 m), flach-mesopelagisch (200 – 600 m) und tief-mesopelagisch (600 m – 1000 m) eingeteilt. So konnten 14 epipelagische Arten, 15 flach-mesopelagische Arten und 11 tief-mesopelagische Arten (Tabelle 3) identifiziert werden.

Tabelle 3: Vorkommen von Arten in verschiedenen Tiefen entlang des Kunene-Transektes

Arten \ Tiefen der Verbreitung	<i>P. draco</i>	<i>S. bierni</i>	<i>S. minima</i>	<i>S. ferox</i>	<i>S. serratodentata</i>	<i>K. subtilis</i>	<i>S. hexaptera</i>	<i>S. friderici</i>	<i>S. planctonis</i>	<i>E. bathypelagica</i>	<i>S. macrocephala</i>	<i>S. lyra</i>	<i>S. tasmanica</i>	<i>S. enflata</i>	<i>S. decipiens</i>	<i>S. sibogae</i>	<i>E. flaccicoeca</i>	<i>E. macroneura</i>	<i>S. maxima</i>	<i>S. zetesios</i>	<i>E. hamata</i>	<i>E. fowleri</i>
Epipelagisch 0 - 200 m	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Flach- mesopelagisch 200 - 600 m						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Tief- mesopelagisch 600 - 1000 m										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Die *Hexaptera*-Gruppe war an allen drei Stationen anzutreffen (Abb. 7). Sie bildete die dominante Gruppe auf dem Schelf (65 %) und dem Schelfhang (30 %). Die größte Abundanz war auf dem Schelf zu finden, wo sie bis 100 m vorkamen (Abb. 8). Doch kamen sie hauptsächlich und auf jeder Station in den oberen 50 m vor. Aus dieser Gruppe wurden die Arten *S. enflata* und *S. hexaptera* identifiziert. Von den beiden stellte *S. enflata* immer den größten Anteil.

An jeder der untersuchten Stationen waren ebenfalls Vertreter von *P. draco* in den obersten 25 m anzutreffen (Abb. 9). Auf dem Schelf und an der ozeanischen Station kamen sie mit 53 Ind. 1000 m⁻³ auch fast zu gleichen Teilen vor. An der ozeanischen Station waren sie mit 4 Ind. 1000 m⁻³ auch in 50 – 100 m zu finden. Das Minimum kam auf dem Schelfhang mit nur 9 Ind. 1000 m⁻³ vor.

Am Schelfhang war ebenfalls die *Lyra*-Gruppe mit 20 % stark vertreten. Von deren Vertretern war *S. lyra* die dominantere Art, denn *S. maxima* wurde nur an der ozeanischen Station in 400 – 800 m mit 4 Ind. 1000 m⁻³ gefunden. Deren Abundanz nahm zur ozeanischen Station zu (1300 Ind. 1000 m⁻³). Mit ihren größten Abundanzen (50 – 100 m) liegen sie an jeder Station unter den Maxima der *Hexaptera*-Gruppe. Sie kamen aber auch bis 800 m an der ozeanischen Station vor (Abb. 9).

Die größte Abundanz (3400 Ind. 1000 m⁻³) der *Serratodentata*-Gruppe war auf dem Schelf in 25 – 50 m zu finden (Abb. 9). Sie kamen noch in geringerer Abundanz über- und unterhalb dieses Intervalls vor. Der Schelfrand zeigte minimale Abundanzen von 63 Ind. 1000 m⁻³ in

0 – 25 m und weniger als 30 Ind. 1000 m⁻³ darunter. An der ozeanischen Station waren die Abundanzen von 0 – 400 m mit im Schnitt 360 Ind. 1000 m⁻³ fast gleich. An jeder Station konnte ein Großteil der Individuen nur der Hauptgruppe zugeordnet werden. Nur Adulte von *S. tasmanica*, *S. serratodentata* und *S. bierii* konnten bis zur Art identifiziert werden, wobei *S. bierii* nur auf dem Schelf vorkam.

An der ozeanischen Station war die *Hamata*-Gruppe mit 25% dominierend (Abb. 9). Ihre größten Abundanzen wurden in den mesopelagischen Tiefen unterhalb von 200 m gefunden. Ihre maximale Abundanz (700 Ind. 1000 m⁻³) war jedoch in der Tiefe von 400 – 600 m zu finden. Diese Verteilung wurde von verschiedenen Arten gestellt. Nur am Schelfhang konnten Individuen, die hauptsächlich in 400 – 600 m gefunden werden, nicht bis zur Art bestimmt werden. An der ozeanischen Station stellte *S. macroneura* von 200 – 600 m den größten Anteil, kam aber auch in geringerer Konzentration in tieferen Schichten vor. Zwischen 400 – 600 m teilten sich *E. bathypelagica* und *E. flaccicoeca* den übrigen Anteil. Von *E. bathypelagica* wurden auch 15 Ind. 1000 m⁻³ in 0 – 25 m gefunden.

Vertreter der *Minima*-Gruppen wurde an allen Stationen nachgewiesen, wo sie sich hauptsächlich zwischen 25 und 100 m aufhielten. Auf dem Schelf wurde die größte Abundanz (400 Ind. 1000 m⁻³ in 25 – 50 m) aller Stationen gefunden. Diese Abundanz wurde größtenteils von *S. minima* gestellt und durch wenige Individuen der *Minima*-Gruppe, die in 50 – 100 m gefunden wurden, ergänzt (Abb. 9). Die Abundanz am Schelfhang wurde von der *Minima*-Gruppe dominiert. *S. minima* kam in sehr geringer Abundanz (9 Ind. 1000 m⁻³) in 0 – 25 m vor. Und mit 50 Ind. 1000 m⁻³ trug stellte *S. minima* ein Drittel der Gesamtabundanz in der Tiefenstufe von 50 – 100 m. An der ozeanischen Station wurden *S. decipiens* und *S. sibogae* gefunden, die beide aber erst in 200 – 400 m auftauchten (Abb. 9).

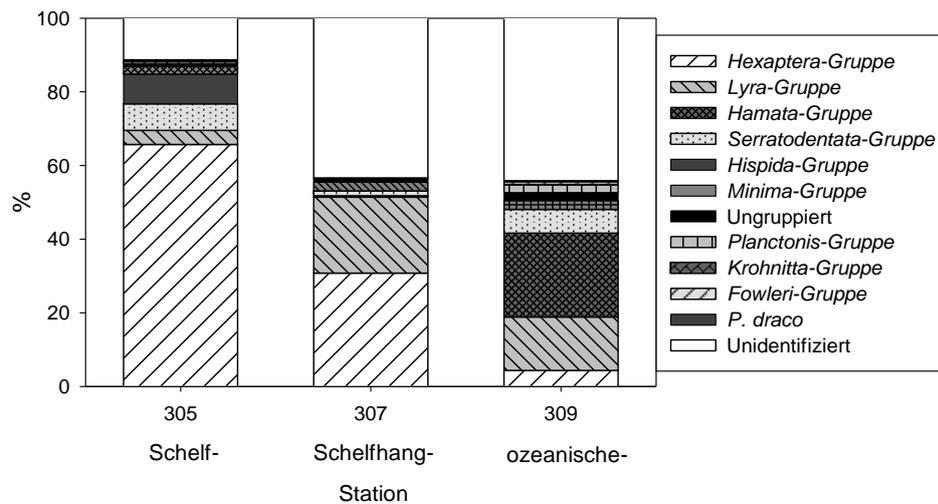


Abbildung 7: Relative Zusammensetzung der Chaetognatha Gemeinschaft entlang des Kunene-Transektes

Die *Krohnitta*-Gruppe wurde nur auf dem Schelf und an der ozeanischen Station angetroffen, wobei die größte Abundanz auf dem Schelf vorkam (Abb. 9). Hier trat die Gruppe mit 140 Ind. 1000 m^{-3} in 0 – 25 m auf und die Art *K. subtilis* mit 50 Ind. 1000 m^{-3} in 50 – 100 m. Die ozeanische Station bot ein umgekehrtes Bild. *K. subtilis* kam von 0 – 400 m vor. In 0 – 25 m waren 7 Ind. 1000 m^{-3} vertreten, unterhalb bis 100 m waren es 4 Ind. 1000 m^{-3} . In 200 – 400 m konnten noch 4 Ind. 1000 m^{-3} der *Krohnitta*-Gruppe nachgewiesen werden.

Die *Planctonis*-Gruppe war nur am Schelfrand und an der ozeanischen Station zu finden (Abb. 9). Der Schelfrand zeigte die größte Abundanz mit 140 Ind. 1000 m^{-3} , die Individuen konnten aber nur der allgemeinen *Planctonis*-Gruppe zugeordnet werden. An der ozeanischen Station erstreckte sich die Gruppe von 0 – 1000 m, mit einem Maximum bei 400 – 600 m mit 38 Ind. 1000 m^{-3} . Es kamen *S. planctonis* und *S. zetesios* vor. Dabei wurde *S. planctonis* schwerpunktmäßig bis 400 m gefunden (32 Ind. 1000 m^{-3}). Zwischen 400 und 600 m konnten 9 Ind. 1000 m^{-3} nachgewiesen werden. *S. zetesios* kam ab dieser Tiefe vor und bildete eine maximale Abundanz von 29 Ind. 1000 m^{-3} .

Die *Hispida*-Gruppe wurde nur auf dem Schelf gefunden, dort aber in recht großer Zahl (720 Ind. 1000 m^{-3}) und nur bis 50 m. Eindeutig konnte *S. ferox* identifiziert werden (Abb. 9).

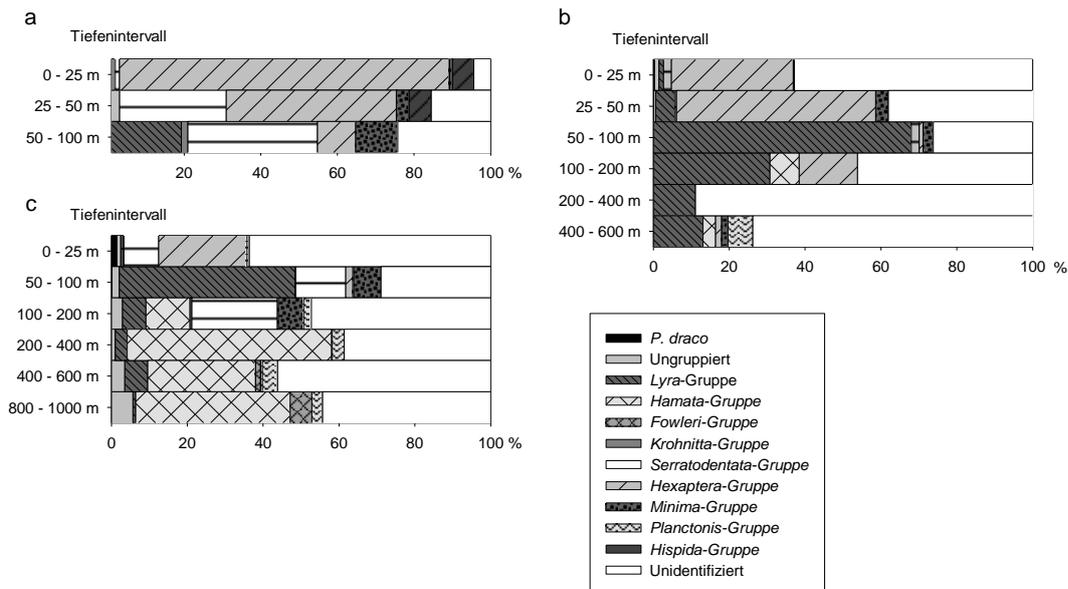


Abbildung 8: Relative Zusammensetzung der Chaetognatha-Gemeinschaft der einzelnen untersuchten Stationen des Kunene-Transekts; (a) Schelf, (b) Schelfhang und (c) ozeanische Station; zur Übersichtlichkeit wurden nur die Gruppen abgebildet, die enthaltenen Arten werden in Tabelle 2 aufgeführt

Aus der *Fowleri*-Gruppe wurde nur *E. fowleri* gefunden und das nur auf der ozeanischen Station ab 600 m und in geringer Abundanz von bis zu 14 Ind. 1000 m^{-3} in 800 – 1000 m (Abb. 9).

Keiner Gruppe zugeteilt waren *S. friderici* und *S. macrocephala*. Beide zeigten unterschiedliche Abundanzen und vertikale Verteilungen (Abb. 9). *S. friderici* war an jeder Station in der epipelagischen Schicht zu finden. An der ozeanischen Station sogar bis in die flach-mesopelagische Tiefe. Die größte Abundanz war auf dem Schelf mit $395\text{ Ind. }1000\text{ m}^{-3}$ zu finden. An den anderen Stationen sank die Konzentration auf unter $60\text{ Ind. }1000\text{ m}^{-3}$. *S. macrocephala* war nur an der ozeanischen Station zu finden (Abb. 9), mit der größten Abundanz von $16\text{ Ind. }1000\text{ m}^{-3}$ in 600 – 800 m.

Zu beachten ist auch, dass am Schelfhang und der ozeanischen Station über 40% der Chaetognatha nicht identifiziert wurden (Abb. 7). Entweder waren sie zu beschädigt oder zu jung, um nur einer Gruppe oder Art zugeordnet werden zu können.

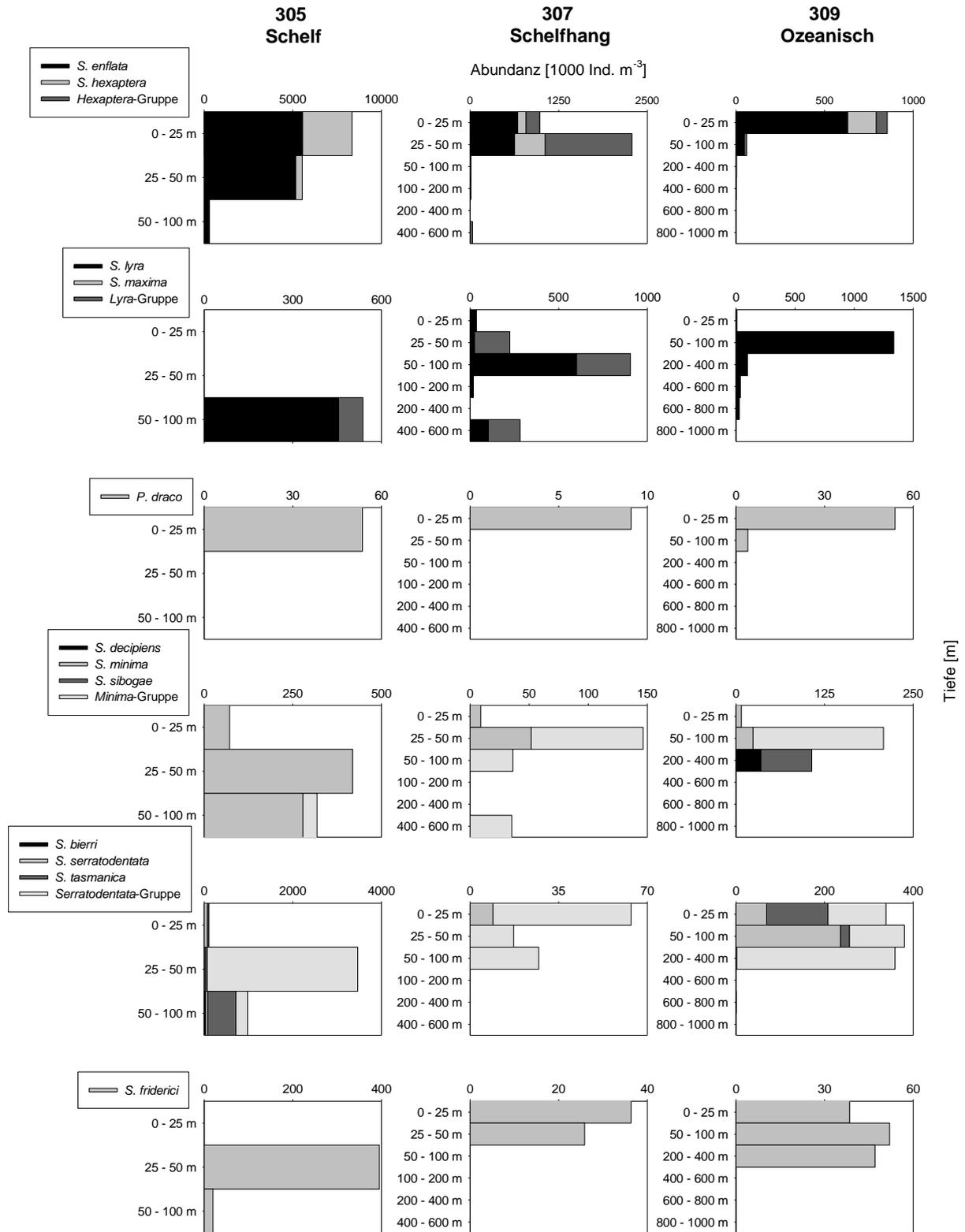


Abbildung 9: Abundanzen und Tiefenverteilung gefundener Chaetognatha-Arten auf den untersuchten Stationen; zu beachten sind die unterschiedlichen Tiefenintervalle auf Station 309 – Ozeanisch, dort wurden die Intervalle 25 – 50 m und 100 – 200 m nicht untersucht

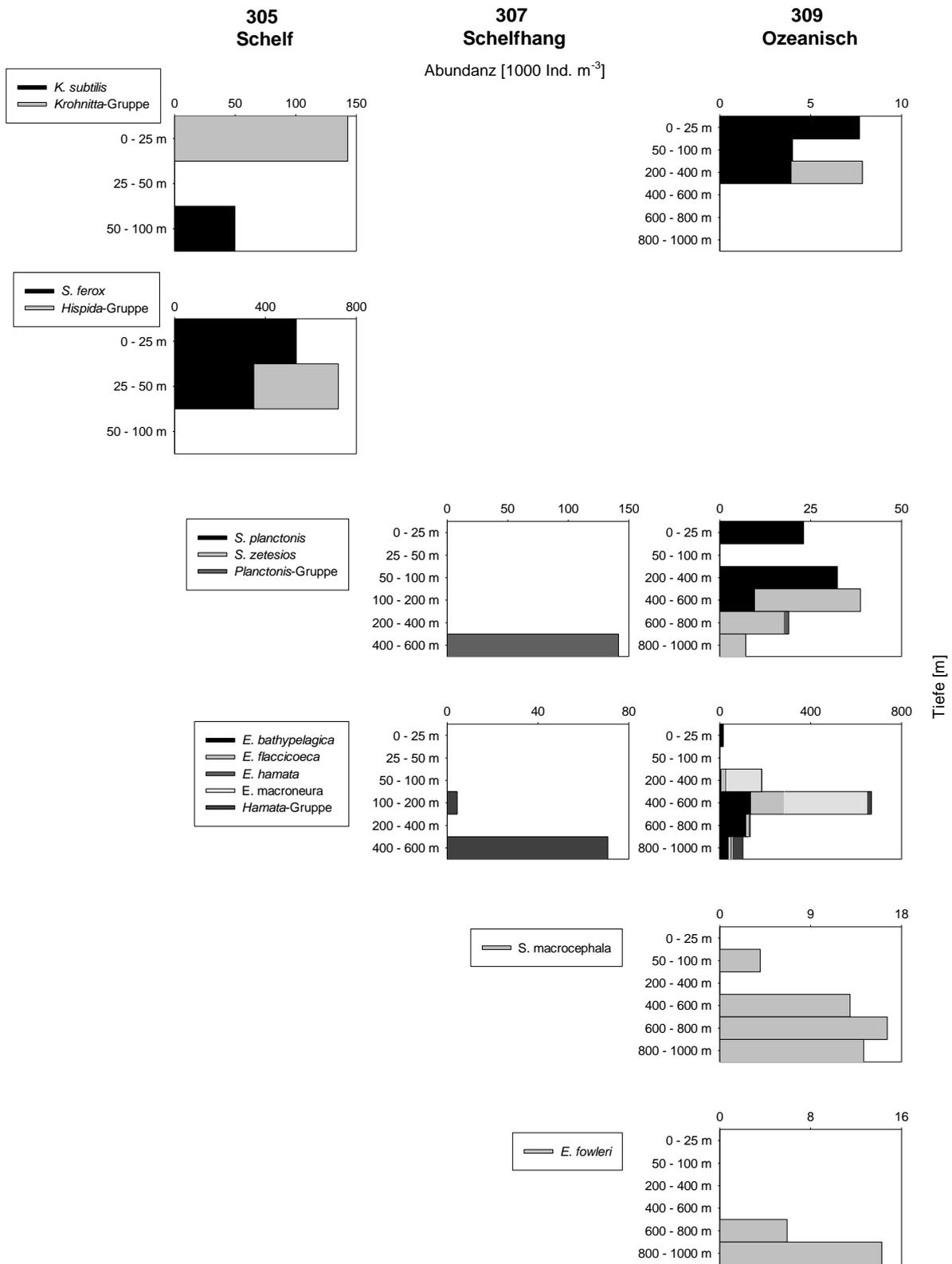


Abbildung 9: Fortsetzung

3.2.3. Diversität, Dominanz und Gleichverteilung

Der Shannon-Weaver-Index nahm vom Schelf mit 1,34 zur ozeanischen Station mit 2,19 zu. Bei der Gleichverteilung wurde ebenfalls eine Zunahme zum offenen Ozean festgestellt, mit 0,73 als Wert für den ozeanischen Bereich. Der höchste Dominanz-Index (0,59) wurde auf dem Schelf (Tab. 4) nachgewiesen und durch die *Hexaptera*-Gruppe geprägt. Zum offenen Ozean (0,16) nahm der Dominanz-Index mit steigender Gruppen- bzw. Artzahl ab.

Tabelle 4: Anzahl der Arten, Werte des Shannon-Weaver-Indexes H, der Gleichverteilung J und des Dominanz-Indexes D

	Schelf	Schelfhang	Ozeanisch
Artenanzahl	14	15	11
Shannon-Weaver-Index [H]	1,34	1,22	2,19
Gleichverteilung [J]	0,56	0,63	0,73
Dominanz-Index [D]	0,42	0,33	0,16

4. Diskussion

Chaetognatha spielen eine wichtige Rolle in marinen Ökosystemen. Sie sind Top-Prädatoren im Plankton und Nahrungskonkurrenten von Quallen und Fischlarven (Bohatá, 2013). Schon allein mit ihrem Anteil von bis zu 22 % der Copepodenbiomasse im globalen Ozean tragen sie wesentlich zur allgemeinen Zooplanktonbiomasse bei (Reeve, 1970). Doch sollte nicht nur der Anteil an den Copepoden beachtet werden. Ihr Volumenteil kann um einiges höher sein. Grice und Hart (1962) haben ermittelt, dass ein Chaetognatha Anteil von 1 – 6 % an der Copepodenzahl einem Volumenanteil von 25 % entspricht.

Auch im Benguela-Auftriebsgebiet nehmen die Chaetognatha eine wichtige Stellung ein. Vor der Küste Namibias tragen sie mit 0,1 – 8 % zur numerischen Abundanz des Mesozooplanktons bei (Martin, unveröffentlichte Ergebnisse). Die Bandbreite der Werte entsteht durch den starken Einfluss verschiedener Faktoren wie Region, Tiefe und Jahres-/Tageszeit. Im Mittel konnte ein Anteil von 3,8 % nachgewiesen werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die taxonomische und räumliche Zusammensetzung der Chaetognatha-Gemeinschaft im Auftriebsgebiet vor Namibia entlang des Kunene-Transektes untersucht. Im Verlauf der Diskussion werde ich zeigen, dass die Verteilung zwar ähnlich war

wie auf dem südlicher gelegenen Walvis-Bay-Transekt (Bohatá und Koppelman, 2013), aber bei genauerer Betrachtung die Zusammensetzung eine andere ist.

4.1. Abiotische Parameter

Entlang des Kunene-Transekts konnte eine Zunahme der Oberflächentemperatur von Küste (20°C) bis zur ozeanischen Station (23°C) festgestellt werden. Das warme Wasser entstammt vermutlich einer Südverschiebung des ABFZ (Angola Benguela Frontal Zone) (Mohrholz *et al.* 2011). Das an der Küste deutliche kühlere Wasser und auch die Sauerstoff- und Salinitätswerte lassen wiederum auf Auftrieb aus von Tiefen 50 bis 80 m schließen (Mohrholz *et al.* 2011). An jeder Station konnte auch die Sauerstoffminimumzone bestehend aus sauerstoffarmen, SACW (South Atlantic Central Waters) in 100 – 500 m festgestellt werden. Das Salinitätsminimum, das am Schelfhang und an der ozeanischen Station in 800 m (Abb. 5 b+c) erkennbar ist, lässt sich durch den Einstrom von AAIW (Antarctic Intermediate Water) erklären (Mohrholz *et al.* 2011).

4.2. Taxonomische und räumliche Verteilung der Chaetognatha

Von den weltweit 120 bekannten Chaetognatha-Arten (Jennings *et al.*, 2010; Harzsch & Wanninger, 2010 und Verweise darin) konnten im Rahmen dieser Arbeit 22 Arten in 11 Gruppen identifiziert werden.

Im Zuge der Probenaufbereitung nach dem Fang kam es zu Beschädigungen von wesentlichen Bestimmungsmerkmalen der Chaetognatha. Oft waren die Flossensäumen gestutzt, häufig fehlte der Kopf oder der Körper war zerrissen. Hauptsächlich entstanden die Beschädigungen beim Durchsieben. Einerseits beim Durchlaufen einer Siebkette zur Größenfraktionierung und andererseits bei der späteren Untersuchung der Proben. Trotz dieser Schwierigkeiten konnte jedoch ein Großteil der Chaetognatha einer Art oder zumindest der Hauptgruppe zugeordnet werden.

Die hier gefundene Zusammensetzung der Chaetognatha entspricht der, die von Duró und Gili (1996) beschrieben wurde. Sie hatten ihre Untersuchung vor der namibischen Küste in einer Zeit geringen Auftriebs vorgenommen (April, 1986). Ebenfalls stimmt das Verteilungsmuster überein, die höchsten Konzentrationen traten Oberflächennah und auf dem Schelf auf. Diese Verteilung entspricht auch der die von Bohatá & Koppelman (2013) auf dem Walvis-Bay-

Transekt (23°S) beschrieben wurde (Tabelle 5). Die letzte Gemeinsamkeit mit Ihren Ergebnissen ist eine ähnliche Chaetognatha-Zusammensetzung unter 200 m. Ab dort stellte die *Hamata*-Gruppe mit ihren mesopelagischen Arten (*E. hamata*, *E. flaccioeca*, *E. macroneura*, *E. bathypelagica* und *E. hamata*) den größten Anteil (Abb. 8). Diese Übereinstimmung lässt sich durch die stabileren Verhältnisse der abiotischen Parameter (Temperatur und Sauerstoffgehalt) in den unteren Wasserschichten erklären. Der Einfluss der Salinität auf die Chaetognatha Verteilung ist nach Cheney (1985) und McLaren (1968) höchstwahrscheinlich nur gering. Auffällig ist aber die insgesamt niedrigere Abundanz an der Küste von 10100 Ind. m⁻³ in meiner Untersuchung gegenüber 16444 Ind. m⁻³ (Tabelle 5), die in der Untersuchung von Bohatá (2011) nachgewiesen wurden. Der Grund dafür ist der zeitliche Unterschied zwischen den Probennahmen. Bohatá (2011) hat die Proben im November 2010 gewonnen, gegen Ende einer Auftriebsphase und meine Proben wurden im Februar 2011 genommen, als nur minimaler Auftrieb stattfand (Martin, eingereichtes Manuskript). Einen eklatanten Unterschied bildet noch die Zusammensetzung im Epipelagial. In der Untersuchung von Bohatá & Koppelman (2013) dominierte die *Serratodentata*-Gruppe auf dem Schelf und dem Schelfhang. Die Gruppe kam aber auch im offenen Ozean vor. Grund für die hohe *Serratodentata* Abundanz war die Auftriebsaktivität, diese sorgte durch Auftrieb von kaltem Tiefenwasser für Bildung einer kühlen oberen Wasserschicht (~16°C) in der sich die Art bevorzugt aufhält (Casanova, 1999). In meiner Untersuchung stellten dagegen die *Hexaptera*- und die *Lyra*-Gruppe den größten Anteil im Bereich bis 200 m Tiefe. Dabei war eine vertikale Sukzession der Gruppen zu erkennen. Die *Hexaptera*-Gruppe kam in den oberen 50 m vor und darunter bis 200 m die *Lyra*-Gruppe. Eine besonders hohe Dominanz (D = 0,56) war auf dem Schelf zu beobachten, verursacht durch die Art *Sagitta enflata* aus der *Hexaptera*-Gruppe. *S. enflata* ist eine epipelagische Art die warmes Wasser bevorzugt (Alvariño, 1964) und in diesem Untersuchungsgebiet schon von Venter (1969) gefunden wurde, aber nur mit einem Anteil von weniger als 0,5 % aller Individuen. Ein ähnlich hohes Aufkommen von *S. enflata* wie in meinen Proben wurde schon von Duró und Gili (1996) beschrieben. Die Ursache dafür ist in der Verschiebung der ABFZ nach Süden zu sehen. Diese Verschiebung tritt jährlich auf wenn der Auftrieb in der Region vor Namibia nachlässt (Duró & Gili, 1996).

Tabelle 5: Vergleichende Chaetognatha Abundanzen in der Untersuchung von Bohatá (2011; Walvis Bay – Oktober 2010) und diese Untersuchung (Kunene – Februar 2011)

Station	Mittlere Abundanz [Ind. 1000 m ⁻³]		Bestand [Ind. m ⁻²]		Tiefe [m]
	Walvis Bay - Okt. 10	Kunene - Feb. 11	Walvis Bay - Okt. 10	Kunene - Feb. 11	
Innenschelf	16444	10100	1644	1010	100
Außenschelf	5518		828		150
Schelfhang	42952	613	1502	368	350
Ozeanisch	2408	788	2408	788	1000

Änderungen in den abiotischen Parametern können sich vermutlich schon stark auf die Gruppenzusammensetzung auswirken. Vor Chile wurde von Giesecke & Gonzales (2004) die Zusammensetzung der Chaetognathagemeinschaft von Sommer und Winter verglichen. Es zeigte sich, dass die im Sommer dominanten *S. enflata* während des Winters durch *S. bierii* ersetzt wurden. Im Winter gab es dort weniger Sauerstoff und weniger Nahrung. Der Grund für ein vermehrtes Auftreten von *S. bierii* liegt vermutlich in deren Fähigkeit unter geringem Sauerstoffgehalt zu überleben (Bieri, 1959).

4.3. Fazit

Es zeigte sich, dass die Chaetognatha unterschiedlich an verschiedene Umweltparameter angepasst sind und dass schon geringe Veränderungen der Parameter, wie Wassertemperaturschwankungen um wenige Grad, dazu führen können, dass sich die Zusammensetzung der Chaetognathagemeinschaft im Epipelagial rapide verändert.

Das Benguela Auftriebsgebiet stellt ein sehr dynamisches System dar, mit vielen Regionen die ganz individuelle Eigenheiten haben. So wie vor der Kunene-Flussmündung, die eine Grenzregion zwischen dem südlich gelegenen kühlen Benguelastrom und dem im Norden liegenden Angola Dom darstellt. Mit den in dieser Arbeit erhobenen Daten konnte eine Momentaufnahme erstellt werden, die für spätere Untersuchungen als Vergleich dienen kann.

Weitere Untersuchungen zur vertikalen Verteilung der Reifestadien wären wünschenswert, konnten aber im Rahmen einer zeitlich begrenzten Bachelor-Arbeit nicht geleistet werden. Mit Hilfe dieser Erkenntnisse könnten dann Unterschiede zwischen Juvenilen und Adulten herausgearbeitet werden (siehe Duró & Gili, 1996; Bohatá & Koppelman, 2013). Die entstehende Verteilung orientiert sich in der Regel daran, wo die Beuteorganismen vorkommen und weniger an den abiotischen Parametern (Duró *et al.*, 1994; Marazzo &

Nogueira, 1996; Gibbons, 1992). Interessant wären auch noch Mageninhaltsanalysen der verschiedenen Arten, um einen Einblick in das Fressverhalten zu erhalten – Art, Größe und Häufigkeit der Beute. Denn dabei gibt es auch Unterschiede, größere Chaetognatha scheinen vermehrt andere Chaetognatha zu fressen als kleinere (Feigenbaum & Maris, 1984). Obwohl auch nachgewiesen ist, dass kleinere Chaetognatha ebenfalls andere Chaetognatha konsumieren (Pearre, 1976). Allerdings ist der Nachweis schwierig, da die gefundenen Überreste entsprechend kleiner sind (Giesecke & Gonzáles, 2004).

5. Referenzen

- Alvariño, A. (1964) Bathymetric distribution of chaetognaths. *Pacific Science* 18: 64-82
- Alvariño, A. (1965) Chaetognaths. In: Barnes, H. (Ed.) *Oceanography and Marine Biology* George, Allen and Unwin Press, London, pp. 115-194
- Bieri, R. (1959) The distribution of the planktonic Chaetognatha in the Pacific and their relationship to the water masses. *Limnology and Oceanography*, 4, pp. 1-28
- Bohatá, K. (2011) Biomass, abundance and trophic position of Chaetognatha species in the Namibian Upwelling Region. Including a key for the identification of species. M.Sc. Thesis, Universität Hamburg. 45 + 23 pp.
- Bohatá, K., Koppelman, R. (2013) Chaetognatha of the Namibian Upwelling Region: Taxonomy, Distribution and Trophic Position. *PLoS ONE* 8(1): e53839
- Casanova, J.P. (1999) Chaetognatha. In: Boltovskoy, D. (Ed.) *South Atlantic Zooplankton*. Vol. 2. Backhuys Publishers, Leiden, pp. 1353-1374
- Cheney, J. (1985) Spatial and temporal abundance patterns of oceanic chaetognaths in the western North Atlantic - 1. Hydrographic and seasonal abundance patterns. *Deep-Sea Research* 32: 1041-1059
- Clark, D.R., Aazem, K.V., Hays, G.C. (2001) Diel migration and feeding patterns of the Chaetognatha, *Sagitta friderici*, off the west coast of South Africa. *Journal of Plankton Research* 23: 365-372
- Cole, J., McGlade, J. (1998) Clupeoid population variability, the environmental and satellite imagery in coastal Upwelling systems. *Fish Biology and Fisheries* 8: 445-471
- Duró, A., Gili, J.M., Andreu, P. (1994) Influence of the pycnocline on the vertical migration of chaetognaths in the northern Benguela. *Journal of Plankton Research* 16: 1149-1165
- Duró, A., Gili J.M. (1996): Mesoscale spatial heterogeneity in chaetognaths populations during upwelling abatement in the northern Benguela region. *Marine Ecology Progress Series* 140: 41-58
- Ekman, V.W. (1905) On the influence of the earth's rotation on ocean currents. *Archive Mathematics Astronomy and Physics*, 2: 1-52

- Feigenbaum, D. L., Maris, R. C. (1984): Feeding in the Chaetognatha. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 22: 343 – 392
- Gibbons, M.J. (1992) Deal feeding and vertical migration of *Sagitta serratodentata* Krohn *tasmanica* Thomson (Chaetognatha) in the Southern Benguela. *Journal of Plankton Research* 14: 249-259
- Giesecke R., González H.E. (2004): Feeding of *Sagitta enflata* and vertical distribution of chaetognaths in relation to low oxygen concentrations. *Journal of Plankton Research* 26: 475-486
- Glück, F.U., Stöhr, S., Bochert, R., Zettler, M.L. (2012) Brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea) from the continental shelf off Angola and Namibia. *Zootaxa* 3475: 1-20
- Harzsch, P., Wanninger, A. (2010) Evolution of invertebrate nervous systems: the Chaetognatha as a case study. *Acta Zoologica* 91: 35-43
- Helfenbein, K.G., Fourcade, H.M., Vanjani, R.G., Boore, J.L. (2004) The mitochondrial genome of *Paraspadella gotoi* is highly reduced and reveals that chaetognaths are sister group to protostomes. *PNAS* 101: 10639-10643
- Hutchings, L., van der Lingen C.D., Shannon L.J., Crawford R.J.M., Verheye H.M.S., Bartholomae C.H., van der Plas A.K., Louw, D., Kreiner A., Ostrowski M., Fidel Q., Barlow R.G., Lamont T., Coetzee J., Shillington F., Veitch J., Currie J.C., Monteiro P.M.S. (2009) The Benguela Current: An ecosystem of four components. *Progress in Oceanography* 83: 15-32.
- Jennings, R.M., Bucklin, A., Pierrot-Bults, A. (2010) Barcoding of Arrow Worms (Phylum Chaetognatha) from Three Oceans: Genetic Diversity and Evolution within an Enigmatic Phylum. *PloS ONE* (5)4: e09949
- Kapp, H. (2004) Chaetognathen oder Pfeilwürmer – Leben und Entwicklung im Pelagial. *Natur und Museum* 134: 398-406
- Kapp, H., Giere, O. (2005) *Spadella interstitialis* sp. nov., a meiobenthic chaetognath from Mediterranean calcareous sands. *Meiofauna Marina* 14: 109-114
- Kieneke, A., Riemann, O. (2009) Pfeilschnelle Räuber im Meeresplankton: Die Chaetognathen. *Mikrokosmos* 98: 221-228

- Lalli, C.M., Parsons, T.R. (1997) An Introduction. *Biological Oceanography*. Pergamon Press, Oxford, 314 ff.
- Loick, N., Ekau, W. und Verheye, H.M. (2005) Water-body preferences of dominant calanoid copepod species in Angola-Benguela frontal zone. *African Journal of Marine Science* 27(3): 597-608
- Marazzo, A., Nogueira, C.S.R. (1996) Composition, spatial and temporal variations of Chaetognatha in Guanabara Bay, Brazil. *Journal of Plankton Research* 18: 2367-2376
- Margalef, R. (1978) What is an upwelling ecosystem? In: Boje, R., Tomczak, M. (Eds.) *Upwelling ecosystems*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 12-14
- Marlétaz, F., Le Parco, Y. (2008) Careful with understudied phyla: The cases of chaetognath. *BMC Evolutionary Biology*, 8 (1), 251
- Martin, B., Eggert, A., Mohrholz, V., Schmidt, M., Diekmann, R., Koppelman, R. (2013) Spatio-temporal variability of mesozooplankton biomass and environmental control in the northern Benguela Upwelling System: field investigations and model simulation. *Marine Ecology*
- McLaren, I.A., Walker, D.A., Corkett, C.J. (1968) Effects of salinity on mortality and development rate of eggs of copepod *Pseudocalanus minutus*. *Canadian Journal of Zoology* 46: 1267-1269
- Mohrholz, V., Heene, T., Muller, A., Hansen, A. (2011) GENUS TP2 hydrographic cruise report – MSM17/3
- Mohrholz, V., Bartholomae, C.H., van der Plas, A.K., Lass, H.U. (2008) The seasonal variability of the northern Benguela undercurrent and its relation to the oxygen budget on the shelf. *Continental Shelf Research* 28: 424-441
- Papillon, D., Perez, Y., Caubit, X., Le Parco, Y. (2004) Identification of chaetognaths as protostomes is supported by the analysis of their mitochondrial genome. *Molecular Biology and Evolution* 21: 2122-2129
- Pauly, D., Christensen, V. (1995) Primary production required to sustain global fisheries. *Nature* 374: 255-257

- Pearre, S. Jr. (1976) Gigantism and partial parasitic castration of Chaetognatha infected with larval trematodes. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 56: 503-513
- Pearre, S. Jr. (1982) Feeding by Chaetognatha: Aspects of Inter- and Intra-Specific Predation. *Marine ecology Progress Series* 7: 33-45.
- Perry, R.I., Harding, G.C., Loder, J.W., Tremblay M.J., Sinclair, M.M. *et al.* (1993) Zooplankton distribution at the Georges Bank frontal system: retention or dispersion? *Continental Shelf Research* 13(4): 357-383
- Pierrot-Bults, A.C. (1982) Vertical distribution of Chaetognatha in the central northwest Atlantic near Bermuda. *Biology and Oceanography*, 2: 31-60
- Reeve, M.R. (1970) The biology of Chaetognatha. I. Quantitative aspects of growth and egg production in *Sagitta hispida*. In: Steele, J.H. (Ed.) *Marine food chains*, Oliver and Boyd, Edinburgh, pp. 186-189
- Shannon, C.E., Weaver, W. (1949) *The mathematical theory of communication*. Champaign, IL: University of Illinois Press
- Shannon, L.V. (1985) The Benguela ecosystem. Part 1. Evolution of the Benguela, physical features and processes. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 23: 105-182
- Shannon, L.V., O'Toole, M.J. (2003) Sustainability of the Benguela: ex Africa semper aliquid novi. In: Hempel, G., Sherman, K. (Eds.) *Large Marine Ecosystems of the World: Trends in Exploitation, Protection and Research*, pp. 227-253
- Steedman, H.F. (1976) General and applied data on formaldehyde fixation and preservation of marine zooplankton. In: Steedman, H.F. (Ed.) *Zooplankton Fixation and Preservation*, UNESCO press, Paris, pp. 103-154
- Szaniawski, H. (2002) New evidence for the protocondont origin of chaetognaths. *Acta Palaentologica Polonica* 47: 405-419
- Thuesen, E.V., Kogure, K., Hashimoto, K., Nemoto, T. (1988) Poison arrowworms: a tetrodotoxin venom in the marine phylum of Chaetognatha. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 116: 249-256

- Wiebe, P.H., Morton, A.W., Bradley, A.M., Backus, R.H., Craddock, J.E., Barber, V., Cowles, T.J. und Flierl, G.R. (1985) New development in the MOCNESS, an apparatus for sampling zooplankton and micronekton. *Marine Biology* 87: 313-323
- Wishner, K.F., Ashjian, C.J., Gelfman, C., Gowing, M.M., Kann, L., Levin, L.A., Mullineaux, L.S., Saltzman, J. (1995) Pelagic and benthic ecology of the lower interface of the Eastern Tropical Pacific oxygen minimum zone. *Deep-Sea Research* 42: 93-115
- Wishner, K.F., Gelfman, C., Gowing, M.M., Outram, D.M., Rapien, M., Williams, R.L. (2008) Vertical zonation and distributions of calanoid copepods through the lower oxyline of the Arabian Sea oxygen minimum zone. *Progress in Oceanography*, 78: 163-191

Internetquelle

1. <http://genus.mmkh.de/genus/> (letzter Besuch: 10.06.2013)

6. Danksagung

Ich bedanke mich bei Vetr. Prof. Dr. Justus van Beusekom und Dr. Rolf Koppelman für die Betreuung meiner Bachelorarbeit.

Besonderer Dank gilt Dr. Rolf Koppelman für seine Unterstützung und Bereitschaft sich meine Probleme anzuhören und sie gemeinsam zu lösen.

Weiterhin danke ich der Doktorandin Karolina Bohatá dafür, dass sie mir bei der nicht immer einfachen Bestimmung der Chaetognatha geholfen hat und dass sie mir ihre gesammelten wissenschaftlichen Texte zur Verfügung gestellt hat.

Auch danke ich Dr. Bettina Martin für die Bereitstellung der Proben und wichtiger Daten.

Allen Genannten danke ich dafür dass ihre Türen stets offen waren.

Hiermit bestätige ich, dass die vorliegende Arbeit von mir selbständig verfasst wurde und ich keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel – insbesondere keine im Quellenverzeichnis nicht benannten Internet-Quellen – benutzt habe und die Arbeit von mir vorher nicht einem anderen Prüfungsverfahren eingereicht wurde. Die eingereichte schriftliche Fassung entspricht der auf dem elektronischen Speichermedium. Ich bin damit einverstanden, dass die Bachelorarbeit veröffentlicht wird.

Unterschrift _____