

Universität Hamburg
Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaften

**Untersuchungen zur Benthosbesiedelung auf dem Schelf
und am Schelfhang im Auftriebsgebiet vor Namibia mit
Hilfe eines ferngesteuerten Tauchfahrzeugs
(Remotely Operated Vehicle, ROV)**

Bachelorarbeit

vorgelegt von

Johanna Werner

Matrikelnr.: 6116977

Juli 2012

1. Gutachter: Prof. Dr. Christian Möllmann
2. Gutachter: Dr. Rolf Koppelman

Hiermit bestätige ich, dass die vorliegende Arbeit von mir selbstständig 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.

Ort, Datum, Unterschrift

Inhaltsverzeichnis

Begriffserklärung	5
Zusammenfassung	6
Abstract	7
1. Einleitung	8
2. Material und Methoden	11
2.1 Untersuchungsgebiet	11
2.2 Remotely Operated Vehicle(ROV)	12
2.3 Positionen der ROV-Tracks	14
2.3.1 Terrace Bay, Schelf-Station (Station 277)	15
2.3.2 Rocky Point oberer Schelf (Station 282)	15
2.3.3 Rocky Point unterer Schelf (Station 285)	16
2.3.4 Kunene Schelf (Station 305)	16
2.3.5 Kunene oberer Hang (Station 314)	17
2.3.6 Kunene unterer Hang (Station 315)	17
2.4 Bestimmungen der Taxa und Abundanzberechnung	18
2.4.1 Erfassung der Bakterienmatten	18
2.4.2 Erfassung größerer Einzeltiere	18
2.4.3 Erfassung von massenhaft auftretenden Tieren	19
2.4.4 Gemeinschaftsanalyse	20
3. Ergebnisse	21
3.1 Beschreibung der Untersuchungsgebiete	21
3.2 Faunistische Zusammensetzung	21
3.2.1 Fauna am Terrace Bay Station 277	21
3.2.2 Fauna am Rocky Point, oberer Schelf, Station 282	22
3.2.3 Fauna am Rocky Point, unterer Schelf, Station 285	23
3.2.4 Fauna vor Kunene im Schelf, Station 305	24
3.2.5 Fauna vor Kunene am oberer Hang, Station 314	25
3.2.6 Fauna vor Kunene am unterer Hang, Station 315	26
3.3 Vergleich der Untersuchungsergebnisse der Stationen	27
3.3.1 Gemeinschaftsanalyse der Fauna	27
4. Diskussion	29
4.1 Bakterienmatten	29
4.2 Cnidaria (Medusen, Pennatulacea, Actinaria)	31
4.2.1 Meduse	31
4.2.2 Pennatulacea	33

4.2.3	Actinaria	34
4.3	Mollusca	35
4.4	Crustacea	35
4.5	Echinodermata (Asteroidea)	35
4.6	Fischfauna	36
4.6.1	Meergrundel (<i>Sufflogobius bibarbatus</i>).....	36
4.6.2	Weitere Fischarten	38
4.7	Gemeinschaftsanalyse.....	39
4.8	Fazit.....	39
5.	Danksagung	40
6.	Literaturverzeichnis	41
6.1	Quelle des Abbildungsverzeichnisses.....	43
7.	Anhang.....	44

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Hauptströmungen im Untersuchungsgebiet (Shannon und O'Toole 2003)	8
Abbildung 2: Stationen im namibischen Auftriebsgebiet	12
Abbildung 3: ROV (Remotely Operated Vehicle)	13
Abbildung 4: ROV beim Aussetzen (a) und bei der Beprobung (b)	13
Abbildung 5: Begradigte Route zur Strecken Abschätzung.....	14
Abbildung 6: Route des ROV's am Terrace Bay, Station 277	15
Abbildung 7: Route des ROV'am oberen Schelf des Rocky Point, Station 282	15
Abbildung 8: Route des ROV's am unteren Schelf des Rocky Point, Station 285.....	16
Abbildung 9: Route des ROV's im Schelf vor Kunene, Station	16
Abbildung 10: Route des ROV's am oberen Hang vor Kunene, Station 314.....	17
Abbildung 11: Route des ROV's am unteren Hang vor Kunene, Station 315.....	17
Abbildung 12: Abundanzabschätzung auf gerader Strecke	19
Abbildung 13: Medusae am Terrace Bay, Station 277	21
Abbildung 14: <i>Sufflogobius bibarbatus</i> am oberen Schelf, Rocky Point, Station 282	22
Abbildung 15: Bakterienmatten u. Asteroidea, oberen Schelf, Rocky Point, Station 282.....	22
Abbildung 16: Bakterienmatte u. Gastropoda, oberen Schelf, Rocky Point, Station 282	23
Abbildung 17: Taxaverteilung am oberen Schelf, Rocky Point, Station 282	23
Abbildung 18: Taxaverteilung am unteren Schelf, Rocky Point, Station 285	24
Abbildung 19: Taxaverteilung im Schelf vor Kunene, Station 305.....	25
Abbildung 20: Taxaverteilung am oberen Hang vor Kunene, Station 314	25
Abbildung 21: <i>Coelorinchus braueri</i> am Hang vor Kunene	26
Abbildung 22: Taxaverteilung am unteren Hang vor Kunene, Station 315	26
Abbildung 23: Actinaria am unteren Hang vor Kunene, Station 315.....	27
Abbildung 24: <i>Thiomargarita namibiensis</i> anaerob im Sediment und aerob in der Wassersäule (Schulz 2001)	30
Abbildung 25: Struktur des inneren und äußeren Schelfs und des Kontinentalhangs vor Namibia (Bremner 1987)	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stationsdaten der sechs Beprobungsgebiete UTC+2h = Lokalzeit	11
Tabelle 2: Bedeckung des Meeresbodens durch Bakterienmatten in Kategorien.....	18
Tabelle 3: Nicht bestimmbar Fische u. gesichteter Müll pro 100 m Beobachtungsstrecke ..	28
Tabelle 4: Überblick der Taxaanzahl, Dominanz, Diversität und Verteilung	28

Begriffserklärung

Anoxie	Sauerstoffmangel (Hentschel und Wagner 1999)
Benthos	alle auf aquatischen Böden lebenden Organismen (Tardent 2005)
Biomasse	das Gewicht von Pflanzen oder Tieren bezogen auf ein Gebiet (Purves 2004)
Chemolithotroph	Organismen, die Kohlendioxid als Kohlenstoffquelle nutzen und ihre Energie aus anorganischen Stoffen gewinnen (Purves 2004)
Detritus	Zerfallene organische Schwebstoffe (Purves 2004)
Diatomeen	Kieselalgen sind Primärproduzenten, die neben den Dinoflagellaten den Hauptbestandteil an Phytoplankton stellen (Tardent 2005)
Epipelagial	die obersten 200 m in der Wassersäule (Tardent 2005)
Euphotische Zone	obere Meeresschicht, in die Sonnenlicht dringt und somit Photosynthese betrieben werden kann (Tardent 2005)
Habitat	Lebensraum eines Organismus (Purves 2004)
Hypoxie	wenig gelöster Sauerstoff ($<0,5 \text{ ml/L O}_2$) (Steffani 2011)
Pelagial	Gesamtheit der marinen Wassersäule, diese wird unterteilt in: Epipelagial (0 – 200 m tief), Mesopelagial (- 200 bis -1000 m), Bathypelagial (-1000 bis -5000 m) und Abyssopelagial (>-5000 m) (Tardent 2005)
Phytoplankton	Pflanzliche Organismen die im freien Wasser treiben (Purves 2004)
Population	Individuen der gleichen Art, die sich untereinander fortpflanzen und gleichzeitig im selben Habitat leben (Purves 2004)
Primärproduzenten	autotrophe Organismen, die aus einfachen anorganischen Molekülen Biomasse synthetisieren (Purves 2004)
Schelf	flacher und küstennaher Meeresboden, der aus den Randbereichen der Kontinentalschollen gebildet wird. Die Meerestiefe überschreitet selten 200 m (Tardent 2005)
Seston	im Wasser filtrierbare schwebende Teilchen, wie lebende Organismen, Detritus und anorganische Partikel (Purves 2004)
Taxon (Plural Taxa)	systematische Gruppe die als Einheit gegliedert wurden in einem taxonomischen System, z.B. Gattung, Familie, Klasse oder Ordnung (Purves 2004)
Trophische Ebene	enthalten alle Organismen, die ihre Energie aus der gleichen Stufe des Nahrungsnetzes beziehen (Purves 2004)

Zusammenfassung

Das Auftriebsgebiet vor Namibia ist gekennzeichnet durch eine hohe Produktivität in räumlich getrennten Auftriebszellen und aus dem Abbau organischen Materials resultierende Sauerstoffminimumzonen. Ziel dieser Arbeit war die Analyse der Benthosgemeinschaft in dem Auftriebsgebiet vor Namibia, um zu prüfen, ob sich die verschiedenen Produktionsregimes auch in der Benthosbesiedelung widerspiegeln. Während der Expedition 17/3 des Forschungsschiffs MARIA S. MERIAN wurde im Februar 2011 das Auftriebsgebiet zwischen Lüderitz und Kunene untersucht. Der Meeresboden wurde mit Hilfe eines ferngesteuerten Tauchfahrzeugs (Remotely Operated Vehicle, ROV) an sechs Stationen visuell erkundet. Die Standorte der vom ROV beprobten Stationen unterschieden sich in Tiefe und Position auf dem Schelf und am Schelfhang vor Namibia. Hierdurch variieren die sechs Gebiete in Sedimentstruktur und Fauna.

Die 100 m tiefe Station am Terrace Bay weist ein schlammiges Sediment auf. Das Gebiet wird durch Medusae dominiert, die ihre Tentakel in Richtung Meeresoberfläche strecken.

Auf den Aufzeichnungen des ROV's an den Stationen am Rocky Point ist eine feste Ablagerungsstruktur des Meeresbodens auszumachen. Meergrundeln (*Sufflogobius bibarbatus*) sind zwischen und auf Bakterienmatten zu beobachten. Die an die Bedingungen im Schelf gut angepassten Fische verstecken sich vor ihren Fressfeinden in diatomeenschlammreichen Gebieten, die durch Hypoxie und hohe Sulfidkonzentrationen gekennzeichnet sind. Diese Spezialisierung lässt ihre Population trotz erhöhten Räuberdrucks seit dem Zusammenbruch der Sardinen- und Anchovisbestände wachsen. Die *Sufflogobius bibarbatus* ernähren sich von Medusae und integrieren damit die wachsenden Bestände der Cnidaria in den Nahrungskreislauf.

Das Gebiet der Station am Kunene River ist durch ein massives Auftreten von Pennatulacea und Gastropoda charakterisiert. Reichlicher Partikelregen bedeckt den schlammigen Meeresboden. Die beiden tiefer gelegenen Stationen am Hang vor Kunene weisen ein sandigeren Meeresgrund und ein breites Artenspektrum auf. So ist an der Station am unteren Hang vor Kunene die höchste Diversität und Gleichverteilung zu beobachten. Auf den ROV-Aufnahmen können verschiedene Fischarten, Pennatulacea, Crustacea und Gastropoda ausgemacht werden.

Insgesamt konnte eine große Heterogenität in der Benthosbesiedelung nachgewiesen werden die von Bakterienmatten auf dem Schelf bis zu unterschiedlichen Fischarten am Hang im Auftriebsgebiet reicht. Diese Arbeit liefert quantitative und damit vergleichbare Daten zu der Besiedelung am Meeresboden im Benguela Auftriebsgebiet.

Abstract

The Benguela upwelling system is characterized by its high productivity in regional separated upwelling cells and from decomposition of organic material resulting oxygen minimum zones. Aim of this study was the analysis of the benthic community in the upwelling system on the Namibian shelf, in order to examine whether or not the different productivity regimes are reflected in the benthic community. During the expedition 17/3 of the research vessel MARIA S. MERIAN in February 2011, the northern Benguela region was subject to scientific research in the region between Lüderitz and Kunene. With the help of a remotely controlled diving vehicle (Remotely Operated Vehicle, ROV) the seabed was visually explored at six different stations. The locations sampled by the ROV differed in position and depth on the shelf and shelf slope off the Namibian coast, providing a variety of sediment structures and fauna.

At the 100 m deep Terrace Bay station the sediment was very muddy and dominated by medusae with an upside-down orientation. The ROV video material shows that the sediment is more solid at the Rocky Point stations and Goby fishes (*Sufflogobius bibarbatius*) can be observed between patches of bacteria. The well adapted fishes hide from predators in diatomaceous mud belts, which are marked by a hypoxic environment with a high concentration of hydrogen sulphid. This specialisation of the Goby fishes permits that their population increases since the collapse of the sardine- and anchovy stocks despite an increasing predation pressure. The *Sufflogobius bibarbatius* consumes medusa and hereby integrates the growing populations back into the food chain.

The area at the Kunene River station is characterized by a massive appearance of Pennatulacea and Gastropoda. A high density of particles covered the muddy sea bottom. The two deeper located stations at the slope off the coast of Kunene detected a sandy ground and an expanded species spectrum was discovered. At the station on the lower slope the highest diversity and equal distribution was observed and different fish species, Pennatulacea, Crustacea and Gastropoda can be determined by the ROV.

Overall a high heterogeneity was demonstrated in the benthos ranging from bacteria patch on the shelf up to different fish species at the slope in the upwelling system. This work provides quantitative and therefore comparable data of the benthic community at the seabed in the Benguela upwelling system.

1. Einleitung

Das Auftriebsgebiet vor Süd-West-Afrika war in der Vergangenheit eines der fischertragsreichsten Gebiete der Welt. Passatwinde und Corioliskräfte drücken das Oberflächenwasser seewärts und sorgen damit für einen stetigen Auftrieb kalten und nährstoffreichen Wassers aus der Tiefe (Ekman, 1905).

Die stärksten Auftriebsgebiete vor der namibischen Küste sind in der Nähe von Lüderitz und Kunene, im zentralen und nördlichen Benguela-Gebiet zu finden (Steffani, 2011). Durch dieses Gebiet fließt der durch antarktisches Wasser gespeiste Benguelastrom (Abb. 1).

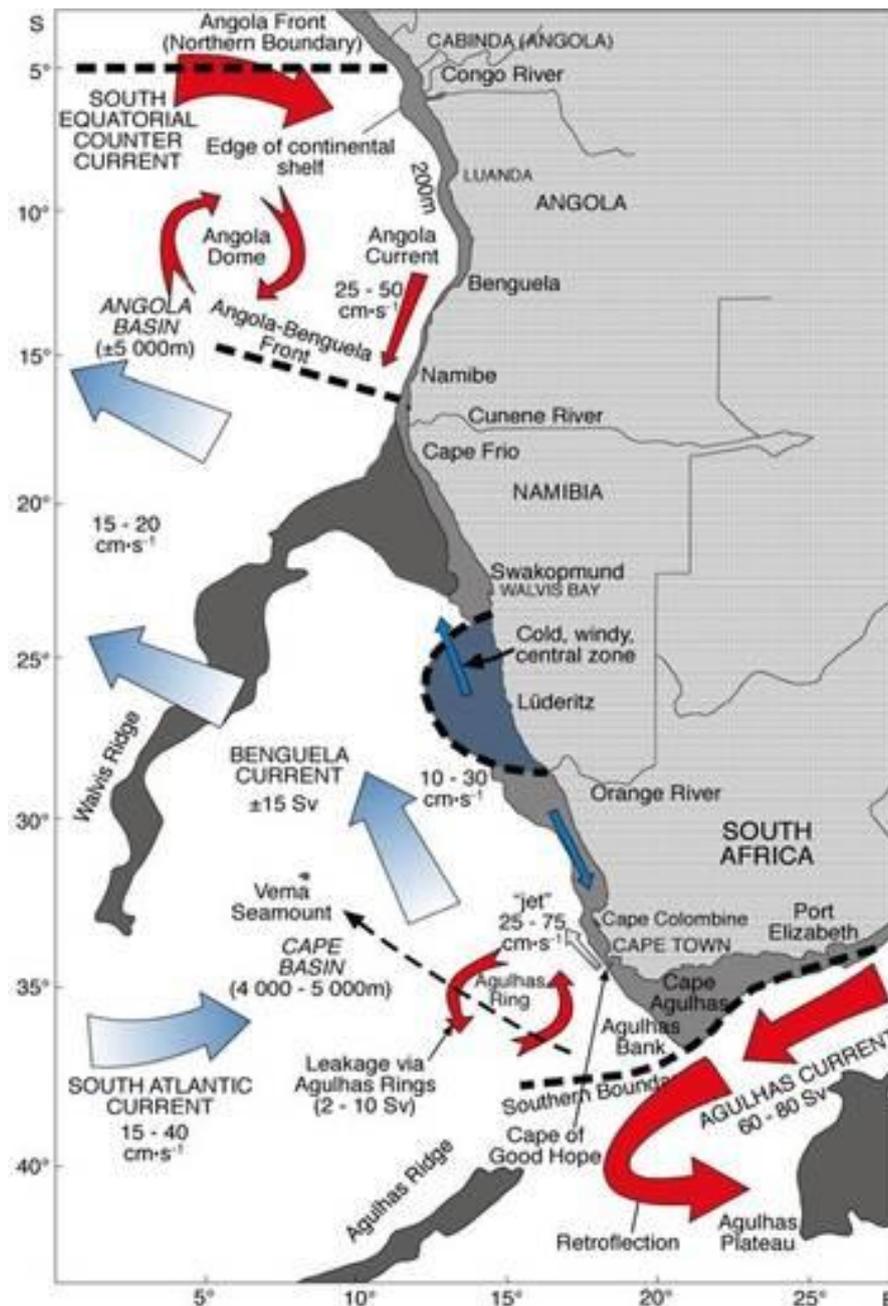


Abbildung 1: Hauptströmungen im Untersuchungsgebiet (Shannon und O'Toole 2003)

Das im tiefen Wasser durch Zersetzung von organischem Material entstehende CO₂, Phosphat und Nitrat wird durch die Wasserumschichtung in die euphotische Zone transportiert. Dies schafft die Grundlage für ein reiches Phytoplanktonangebot, diese Primärproduzenten spielen eine entscheidende Rolle für die höheren trophischen Ebenen und tragen zu einem vielfältigen Ökosystem bei.

Die Fülle an Biomasse wird in einem Kreislauf zum Teil wieder zersetzt und sinkt als Detritus herab. Auf dem Meeresboden sind dicke Schlammschichten aus organischem Material zu finden, welches zu großen Teilen aus Diatomeen bestehen. Sie bilden ein Sediment aus abgelagerten Kieselalgenschalen. Durch Zersetzungsprozesse des organischen Materials wird Sauerstoff verbraucht. In diatomeenschlammreichen Gebieten sind hypoxische Zustände durch den Abbau des Detritus charakteristisch. Der bei diesem Prozess frei werdende Schwefel bietet sulfatreduzierenden Bakterien ein passendes Milieu. Die obligat anaeroben Organismen reduzieren das entstehende Sulfat mit Wasserstoff zu giftigem Hydrogensulfid (H₂S). Schwefelwasserstoff wird wiederum von dem Riesenbakterium *Thiomargarita namibiensis* abgebaut, die in diatomeenschlammreichen Gebieten in dicken Matten den Meeresboden bedecken (Steffani, 2011).

Das Schelfgebiet des nördlichen und zentralen Benguela Auftriebsgebiets ist durch hypoxische Beschaffenheit des Wassers gekennzeichnet. Saisonale Veränderungen können zu anoxischen Bedingungen führen, dies ist vor allem im Spätsommer/Herbst zu beobachten (Steffani, 2011). Die durch Sauerstoffarmut charakterisierte Zone erstreckt sich über fast 9000 km² im Auftriebsgebiet und bedeckt somit 50% des Schelfs (Brüchert et al., 2006). Wiederum 7000 km² sind durch hohes Sulfidaufkommen gekennzeichnet und können von chemolithotrophen und sulfidoxidierenden Bakterienmatten bedeckt sein (Schulz et al., 1999). Sauerstoffarmes, südatlantisches Zentralwasser (South Atlantic Central Water, SACW) dringt von Norden her in das Gebiet ein und sorgt für eine zusätzliche Intensivierung der Sauerstoffarmut (Steffani, 2011; Hutchings et al., 2009).

Die fruchtbaren Bedingungen auf dem Schelf und an der Küste sind ein wesentlicher Wirtschaftsfaktor von Namibia und werden auch von anderen Ländern in großem Maße industriell genutzt. Ende der 1960-er und Anfang der 1970-er Jahre kam es durch Überfischung der unerschöpflich scheinenden Fanggebiete zu einem Zusammenbruch der Sardinen- (*Sardinops sagax*) und Anchovisbestände (*Engraulis encrasicolus*) (Gibbons, 2011; Hutchings et al., 2009). Die kleinen pelagischen Fische wurden seit den 1920er Jahren befishet. In den 1960er Jahren stieg die Fangquote auf über 1,5 Millionen Tonnen Sardinen jährlich an (Cury und Shannon, 2004).

Die Überfischung und der Zusammenbruch der Sardinenbestände hatten eine Veränderung des Ökosystemgefüges zur Folge. Das Meer vor Südafrika wird nun zunehmend von Cnidaria (vornehmlich *Aequorea forskalea* und *Chrysaora fulgida*) und Meergrundeln (*Sufflogobius bibarbatus*) bevölkert (Utne-Palm et al., 2010). Die aus höheren trophischen Ebenen stammenden Tiere wie Seehecht (*Merluccius capensis*), Stachelmakrele (*Trachurus trachurus*), Seehunde und Seevögel, deren Nahrungsquelle durch die verringerten Sardinenbestände zusammengeschrumpft ist, ernähren sich nun von den Meergrundeln. Diese werden durch den Räuberdruck jedoch nicht dezimiert, sondern ihre Population nimmt stetig zu (Hutchings et al., 2009; Utne-Palm et al., 2010).

Neuere Forschungen haben ergeben, dass die als anthropogen geltenden Dezimierungen der Fischbestände auch durch die Änderung des Passatwindes gefördert worden sein können. Die Schwankungen haben Einfluss auf das Auftriebsgebiet und somit auch auf die Produktivität aller trophischen Ebenen (Hentzsch, 2000).

Veränderungen im pelagischen Nahrungsgefüge und unterschiedliche abiotische Parameter, wie z.B. Flusseinträge, führen zu unterschiedlichen Sedimentationsmustern im Gebiet, die die Sedimenteigenschaften und die am Boden siedelnde Fauna beeinflussen. Sehr wenig ist bisher über kleinräumige Verteilungsmuster auf dem Schelf und am Schelfhang im Auftriebsgebiet vor Nordnamibia bekannt.

In der hier vorliegenden Bachelorarbeit wird die Benthosbesiedlung mit Hilfe eines ferngesteuerten Tauchfahrzeugs (ROV, Remotely Operated Vehicle) untersucht. Das Gerät ist in der Lage unter Wasser zu filmen. Die Aufnahmen ermöglichen die visuelle Analyse der am und über dem Meeresboden lebenden Megafauna. Die sechs untersuchten Stationen unterscheiden sich hinsichtlich der Standorte und Meerestiefe. Es ist davon auszugehen, dass damit einhergehende Unterschiede einen deutlichen Einfluss auf die Fauna und die Sedimentstruktur haben.

2. Material und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiet

Die Umweltbedingungen des Auftriebsgebietes zwischen Lüderitz (26,6°S) und Kunene (17,25°S) wurden bei der vom 30.01.2011 bis 07.03.2011 stattgefundenen Forschungsfahrt MARIA S. MERIAN 17/3 untersucht. Das vom BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) geförderte Projekt GENUS (Geochemistry and Ecology of Namibia Upwelling System) hatte das Ziel, die Gegebenheiten im Auftriebsgebiet auf Zusammenhänge zwischen Klimawandel, biogeochemischen Zyklen von Nährstoffen und das Zusammenspiel des Ökosystems zu untersuchen (Lahajnar et al., 2011). An 92 Stationen wurde das Gebiet auf vorherrschende Meeresströmungen, Nährstoffkreisläufe in der Wassersäule und im Oberflächensediment sowie in ausgewählten Organismen einschließlich deren trophischer Wechselwirkungen erforscht.

Die Aufzeichnungen des Benthos auf dem Schelf und am Schelfhang wurden mit einem ferngesteuerten Unterwasserfahrzeug (Remotely Operated Vehicle, ROV) in drei Regionen bei unterschiedlichen Wassertiefen durchgeführt (Abbildung 2). Die südlichste Station (vor Terrace Bay, Station 277) wurde nur einmal in einer Wassertiefe von 100 m beprobt. Weiter nördlich (Rocky Point, Station 282 und 285) erfolgte die Beprobung in 110 und 200 m Tiefe. An der Flussmündung vor Kunene (Stationen 305, 314 und 315) wurden in 150 m, 500 m und 775 m die Benthosbesiedlung analysiert (Tabelle 1).

Tabelle 1: Stationsdaten der sechs Beprobungsgebiete UTC+2h = Lokalzeit

Stationen	277 Terrace Bay Station	282 Rocky Point Oberer Schelf	285 Rocky Point Unterer Schelf	305 Kunene Schelf	314 Kunene Oberer Hang	315 Kunene Unterer Hang
Datum [tt.mm.jj]	13.02.2011	14.02.2011	15.02.2011	19.02.2011	23.02.2011	23.02.2011
Tiefe [m]	100	110	205	150	500	775
Lage [°]	20°03'S 12°84'E	18°99'S 12°25'E	19°00'S 12°00'E	17°25'S 11°50'E	17°25'S 11°28'E	17°25'S 11°20'E
Uhrzeit [ss:mm]	14:47-15:14	07:29-08:57	07:46-09:21	07:46-09:21	08:18-09:53	14:46-16:07
Dauer [mm:ss]	27:23	87:57	95:31	97:18	106:31	81:15
Strecke [m]	114	268	322	425	602	335

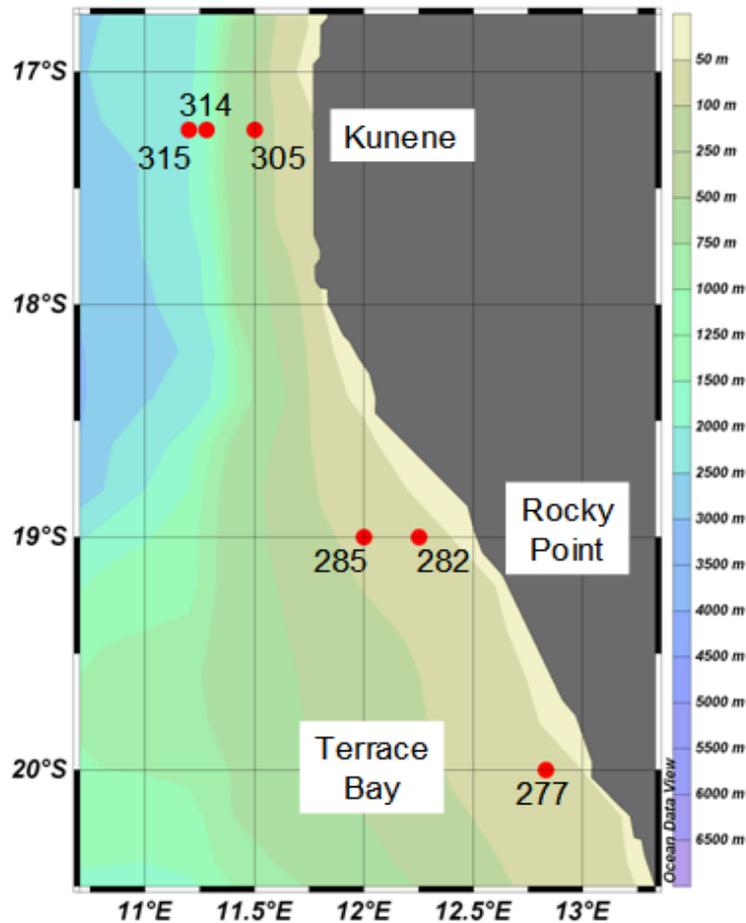


Abbildung 2: Stationen im namibischen Auftriebsgebiet

2.2 Remotely Operated Vehicle(ROV)

Das ROV-Model Mohawk der Firma Sub-Atlantic (Abbildung 3) ist ein viereckiges Unterwasserfahrzeug mit einem Gewicht von 265 kg welches in bis zu 1000 m Tiefe vordringen kann. Das Gerät ist mit vier horizontalen und einem vertikalem Propeller ausgestattet und bewegt sich mit bis zu 2 kn vorwärts. Zu der Ausrüstung gehören eine Farb-Zoom-Kamera, eine Schwarz/Weiß Kamera, zwei 250 W Scheinwerfer, ein Tiefensensor, ein Bodenabstandsmesser (Altimeter), ein Sonar, ein Kompass und Lagesensor, eine CTD und eine Sauerstoff-Optode. Das Unterwasserfahrzeug ist durch ein Kabel mit der Steuereinheit an Bord verbunden. Die Stromversorgung erfolgt über einen 400 Volt Drehstromanschluss. Daten und Steuerungssignale werden mittels Lichtwellenleiter übertragen. Die Fahrt des ROV's wird über ein Joystick gesteuert. Die Unterwasseraufnahmen werden direkt auf einen Bildschirm auf dem Schiff übertragen und aufgezeichnet. Auf der entstandenen Aufnahme können Koordinaten, Tiefe, Abstand zum Meeresboden und eine durch zwei Laserpunkte angezeigte räumliche Skala, die die Breite von 10 cm angibt, abgelesen werden.



Abbildung 3: ROV (Remotely Operated Vehicle)

Zum Aussetzen wird das ROV mit einem Kran ins Wasser gelassen und die Haltevorrichtung (Lock latch) gelöst. Anschließend entfernt sich das ROV ca. 50 m vom Schiff. Das Verbindungskabel (Tether) wird mit Hilfe von Auftriebskörpern an der Wasseroberfläche gehalten. Jetzt wird das Verbindungskabel mittels einer beweglichen Befestigungskonstruktion an einem Windendraht mit Gewicht befestigt (Abb. 4a). Beim Abtauchen wird der Draht entsprechend der Tauchgeschwindigkeit mitgeführt und alle 10 m wird der Tether mit Kabelbindern am Draht fixiert. Ist die Solltiefe erreicht (Abb. 4b), kann mit der Beobachtung begonnen werden und das Schiff folgt dem ROV auf seinem Track.

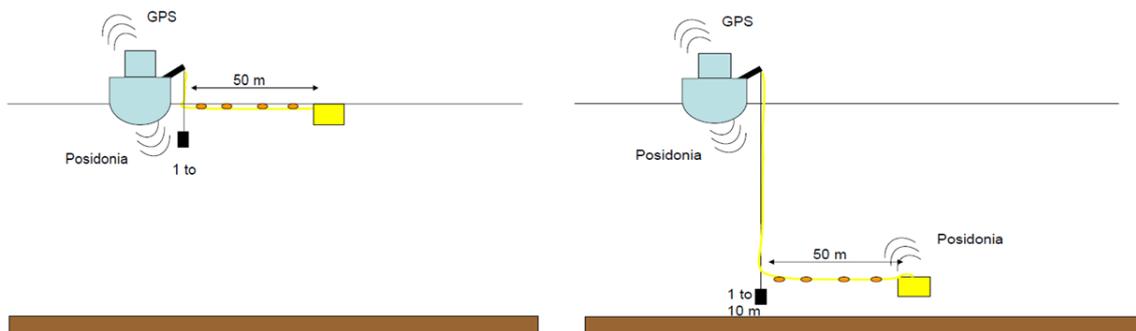


Abbildung 4: ROV beim Aussetzen (a) und bei der Beprobung (b)

Die exakte Positionierung wird akustisch mittels eines Posidonia-Systems der Fa. IXSEA übertragen. Dazu befinden sich Sender und Empfänger am ROV und eine Gegenstation am Schiffsrumpf. Über die Laufzeiten der Schallwellen lässt sich die Position des ROV's relativ zum Schiff bestimmen. Mittels der vom Schiff empfangenen GPS Daten (Global Positioning System) können die geographischen Koordinaten des ROV's berechnet und aufgezeichnet werden.

2.3 Positionen der ROV-Tracks

Das ROV wurde in drei unterschiedlichen Gebieten am Schelf und am Schelfhang eingesetzt, dabei wurden sechs Stationen beprobt. Die Route des Unterwasserfahrzeuges kann anhand der Koordinaten in einem Diagramm (Anhang-Abbildung 1-7) dargestellt werden. Zur Errechnung der Streckenlänge (in m) und der Abundanzabschätzung können die Koordinaten nach folgender Formel berechnet werden:

Formel Breitengrad: $dB = -1 \cdot (B_0 - B_1) \cdot 1852 \cdot 60$

Formel Längengrad: $dL = -1 \cdot (L_0 - L_1) \cdot 1852 \cdot 60 \cdot \cos((B_1 \cdot \pi) / 180)$

Dabei stellen dB und dL den Abstand bezogen auf die jeweilige Ausgangskoordinate (in m) dar. B_0 und L_0 geben die Ausgangs Koordinaten als Dezimalzahlen an, diese bleiben bei allen weiteren Rechnungen bestehen wobei sich der Istbreiten/Längengrad (B_1 bzw. L_1) fortlaufend ändert. Mit 60 NM sind die Seemeilen pro Grad und mit 1852 m/NM die Meter pro Seemeilen angegeben. Die Korrektur für den Längengrad wird mit $\cos((B_1 \cdot \pi) / 180)$ berechnet, da dieser bei höheren Breiten immer kleiner wird. Der Startpunkt ist 0,0 Abweichungen nach Süden und Westen haben ein negatives Vorzeichen. Die Routenverläufe des ROV's mit Koordinatenbezug sind im Anhang Anhang-Abbildung 1-7 zu finden.

Da die Koordinaten des ROV's mit Schallwellen ermittelt werden, kommt es zu kleineren und größeren Abweichungen, weil die Schallwellen durch große Fische, Felsen oder Sprungschichten abgelenkt werden können. Daher empfiehlt sich die Strecke nicht exakt zu berechnen, sondern einen idealisierten Streckenverlauf anzunehmen. Dazu wurden markante Punkte der Route ausgewählt und mit folgender Formel berechnet:

Formel: idealisierter Streckenverlauf = $\sqrt{(Y_1 - Y_2)^2 + (X_1 - X_2)^2}$

Anhand der Abbildung 5 kann die Abschätzung der Strecke nachvollzogen werden.

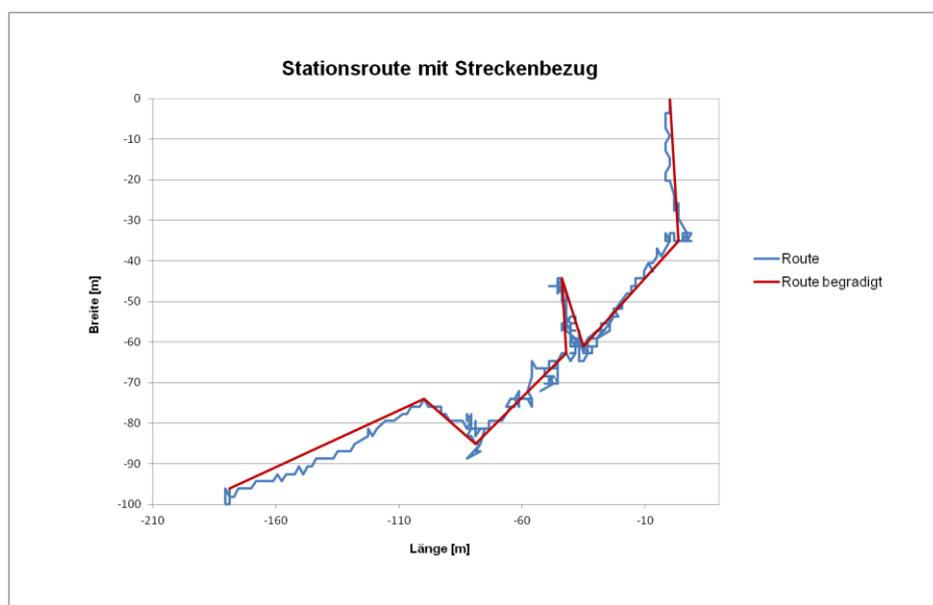


Abbildung 5: Begradigte Route zur Strecken Abschätzung

2.3.1 Terrace Bay, Schelf-Station (Station 277)

Die an der namibischen Küste südlich gelegene Station 277 befindet sich auf der Höhe des Terrace Bay. Das ROV filmte den Meeresboden in einer Tiefe von ca. 100 m. Dabei legte es bei seiner mit vielen Schleifen versehenen Fahrt eine Strecke von 114 m zurück, die sich im Bereich 20°03'S und 12°84'E befand (Abbildung 6)

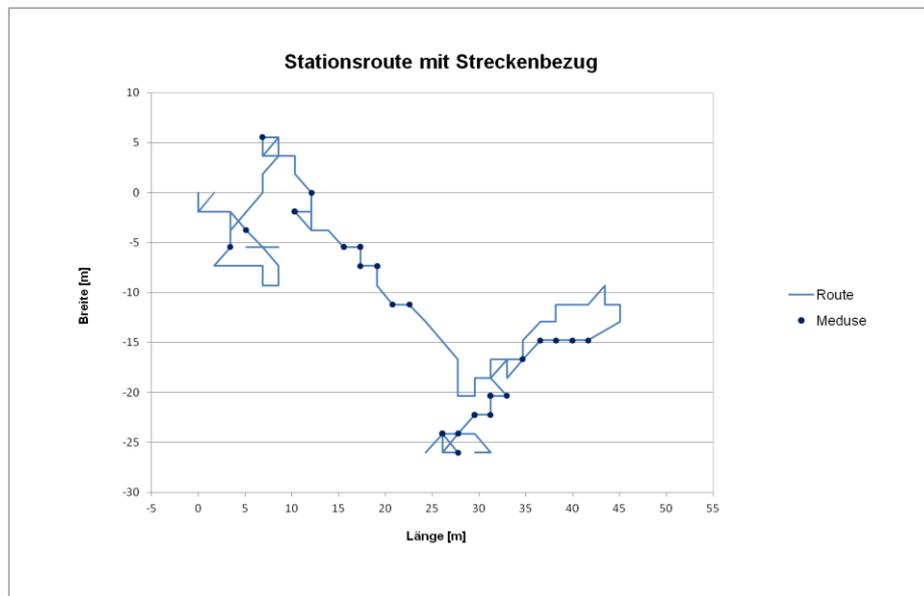


Abbildung 6: Route des ROV's am Terrace Bay, Station 277

2.3.2 Rocky Point oberer Schelf (Station 282)

Die Station 282 befindet sich weiter nördlich vom Terrace Bay, am oberen Schelf des Rocky Points. Das ROV filmte bei seiner 1,5-stündigen Fahrt den Meeresboden in einer Tiefe von 110 m und legte eine mit größeren und kleineren Ausfallschritten versehene Strecke von 268 m zurück, die sich im Bereich des 18°99'S und 12°25'E befand (Abbildung 7).

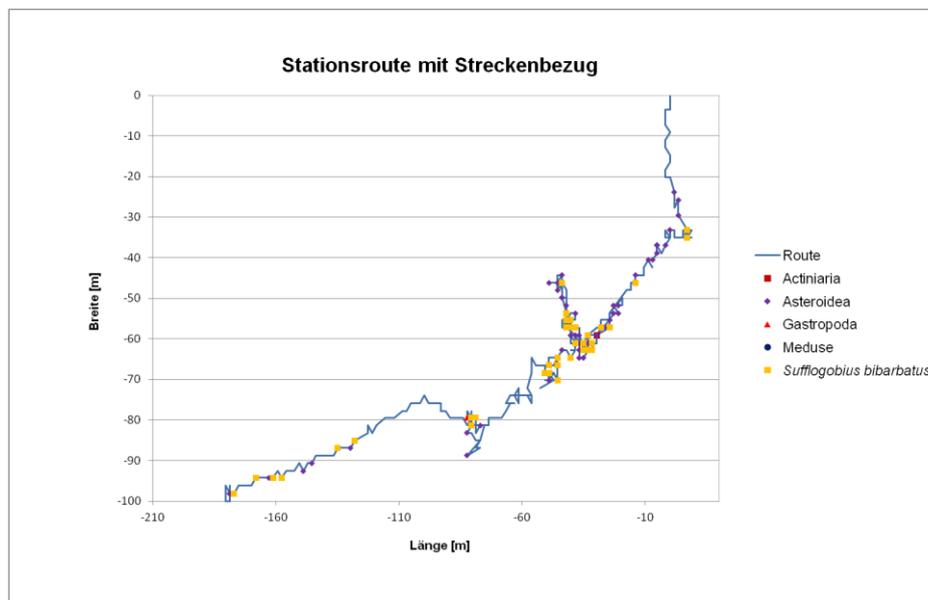


Abbildung 7: Route des ROV'am oberen Schelf des Rocky Point, Station 282

2.3.3 Rocky Point unterer Schelf (Station 285)

Die am unteren Schelf gelegene Station 285 am Rocky Point, wurde bei der eineinhalbstündigen Fahrt in einer Tiefe von ca. 205 m beprobt. Das ROV legte dabei eine Strecke von 322 m zurück, die sich im Bereich 19°00'S und 12°00'E befand (Abbildung 8).

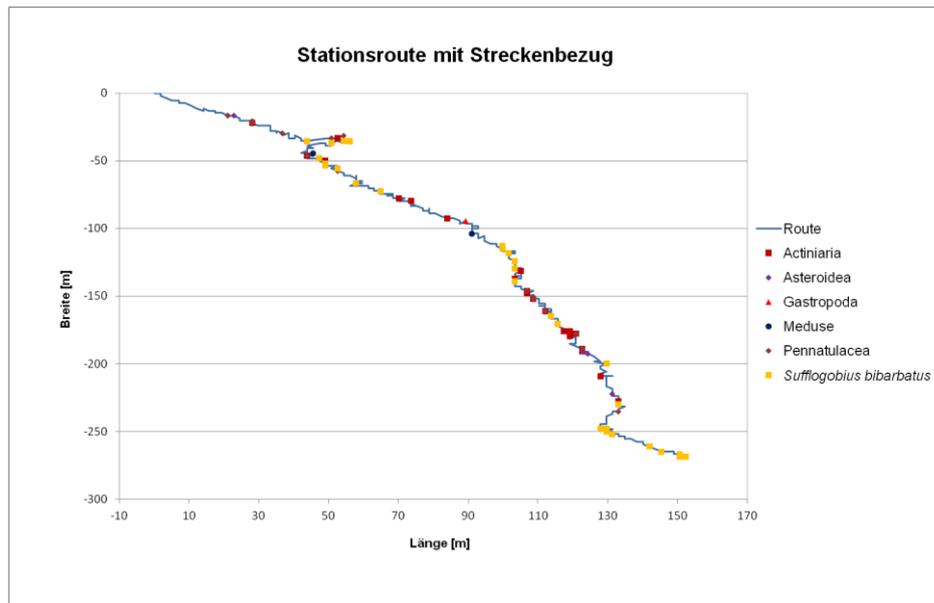


Abbildung 8: Route des ROV's am unteren Schelf des Rocky Point, Station 285

2.3.4 Kunene Schelf (Station 305)

Die am Kunene River gelegene Station 305 wurde in einer Tiefe von 150 m beprobt. Innerhalb von 97 Minuten legte das ferngesteuerte Unterwasserfahrzeug eine Strecke von 425 m zurück. Der im Vergleich zu den anderen Stationen recht gerade Routenverlauf, befand sich im Bereich von 17°25'S und 11°50'E (Abbildung 9).

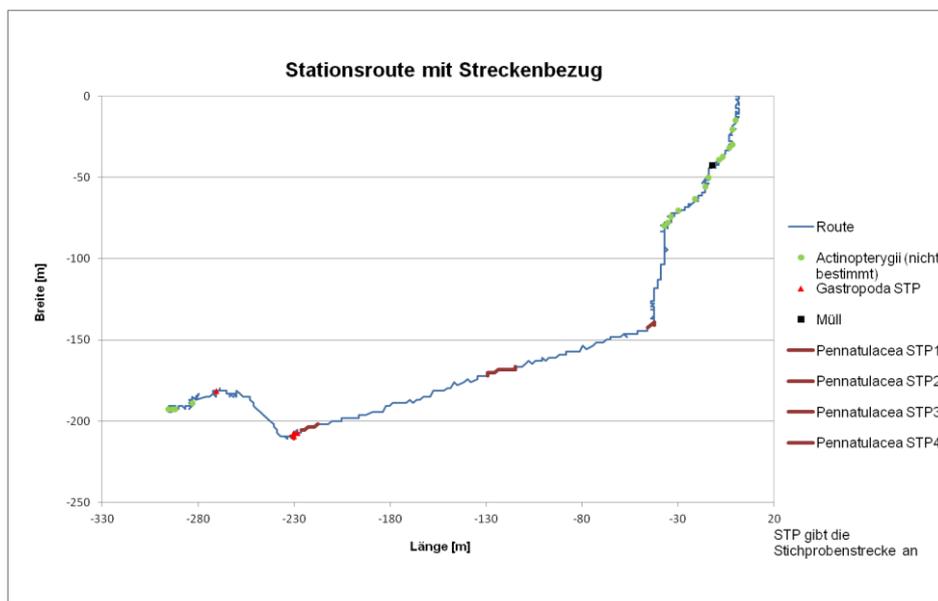


Abbildung 9: Route des ROV's im Schelf vor Kunene, Station

2.3.5 Kunene oberer Hang (Station 314)

Während der eineinhalbstündigen Fahrt des ROV's am oberen Hang vor Kunene an der Station 314 bei einer Tiefe von 500 m fuhr das Unterwasserfahrzeug zwischen 17°25'S und 11°28'E eine Strecke von 602 m (Abbildung 10).

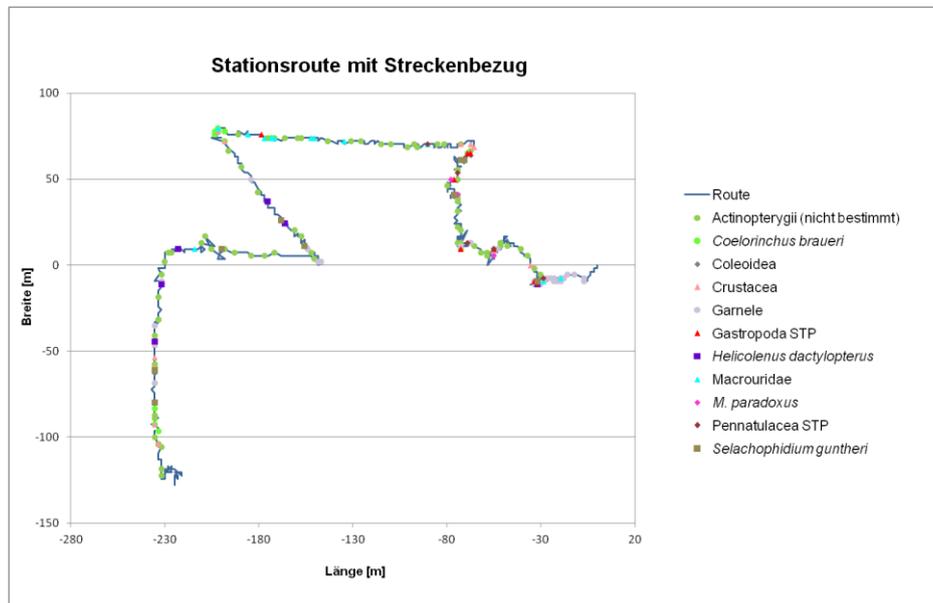


Abbildung 10: Route des ROV's am oberen Hang vor Kunene, Station 314

2.3.6 Kunene unterer Hang (Station 315)

Die am unteren Hang vor Kunene gelegene Station 315, wurde bei der eineinhalbstündigen Fahrt in einer Tiefe von ca. 775 m beprobt. Das ROV legte dabei eine Strecke von 335 m zurück, die sich im Bereich 17°25'S und 11°20'E befand (Abbildung 11).

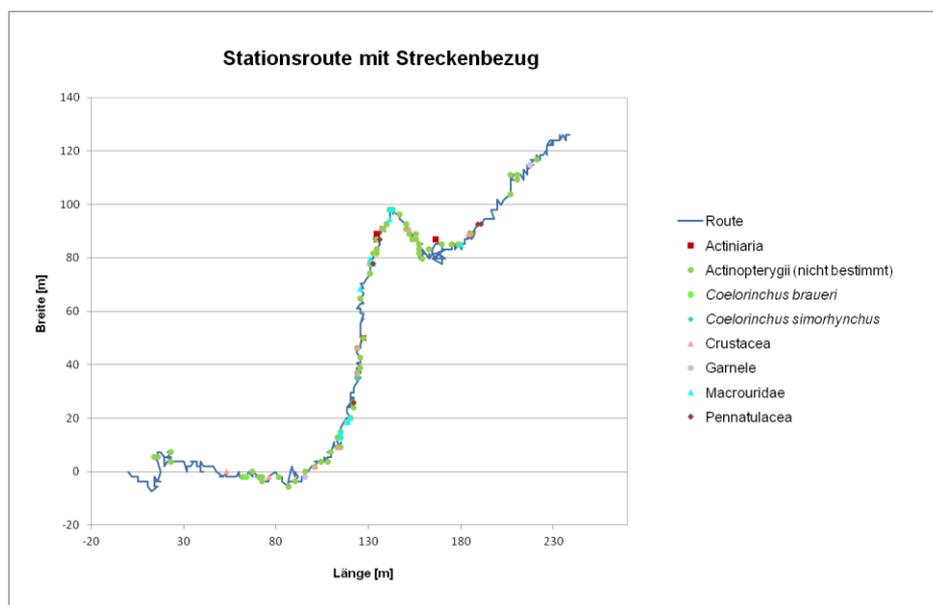


Abbildung 11: Route des ROV's am unteren Hang vor Kunene, Station 315

2.4 Bestimmungen der Taxa und Abundanzberechnung

Die Vielfalt der beobachteten Benthosgemeinschaft reicht von Bakterien bis zu Fischen. Die Bestimmung der Taxa wurde anhand der Filmaufnahmen des ROV's vorgenommen und Standbilder der zu bestimmenden Fauna an Experten übermittelt. Leider konnte auf den Aufnahmen die Gesamtheit des Körperbaus nicht analysiert werden, daher sind wichtige Erkennungsmerkmale nicht zu identifizieren und die Tiere nicht immer bis auf das Artniveau bestimmbar. Dichter Partikelregen, durch das ROV aufgewirbelte Sedimente und im Schlamm eingegrabene Tiere erschwerten weiterhin die Bestimmungen. Durch den Streckenverlauf des ROV's und die Bewegungen des Benthos lassen sich Doppelzählungen nicht ausschließen. Trotz dieser schwierigen Umstände konnten viele Gruppen erfasst und quantifiziert werden. Eine direkte Analyse der Filmaufnahmen durch Experten hätte evtl. mehr Erfolg gehabt, denn nur mit dieser Methode lässt sich die Benthosbesiedlung ohne Probennahme bestimmen, wobei ein weiträumiger visueller Eindruck des Habitats vermittelt wird (Anhang-Tabelle 12).

2.4.1 Erfassung der Bakterienmatten

Die im Prinzip nicht zur Megafauna gehören Bakterien traten im Untersuchungsgebiet in Matten von unterschiedlicher Größe auf und konnten im Video beobachtet werden. Deshalb wurden sie im Rahmen dieser Arbeit ebenfalls erfasst. Sie wurden in verschiedene Kategorien (Tabelle 2) der Bodenbedeckung eingruppiert, um ihren Anteil zu quantifizieren.

Tabelle 2: Bedeckung des Meeresbodens durch Bakterienmatten in Kategorien

Kategorie	Bedeckung [%]
flächendeckend	80-100
häufig	50-79
vereinzelt	20-49
selten	1-19
nicht vorhanden	0

2.4.2 Erfassung größerer Einzeltiere

Die benthischen Tiere wurden zunächst gezählt und über die Posidonia-Aufzeichnung den jeweiligen Koordinaten zugeordnet. Da die Posidonia-Daten aufgrund der Laufzeit der Schallwellen nicht kontinuierlichen eintrafen, konnten leichte Diskrepanzen zwischen den Bildern und den exakten Positionen auftreten.

Damit ein objektiver Vergleich der Taxa zwischen den Stationen gewährleistet werden kann wurden die Artenanzahlen mit Hilfe des Dreisatzes auf 100 m berechnet.

Formel: $x = (n \cdot 100) / R$

Mit n wird dabei die Anzahl der Artindividuen angegeben und mit R die Routenlänge in m. Zur übersichtlichen Darstellung der Taxa, wurden die Arten auf eine logarithmierte Y-Achse aufgetragen.

2.4.3 Erfassung von massenhaft auftretenden Tieren

An Stationen, die massenhaft mit derselben Art besiedelt waren (z.B. Pennatularia an der Station 305 vor Kunene), wurden Stichprobenuntersuchungen durchgeführt. Ein gerader Streckenabschnitt der ROV-Route wurde ausgewählt und über die Uhrzeit die Koordinaten zweier Punkte ermittelt und damit die Streckenlänge berechnet. (siehe Formel: Erfassung größerer Einzeltiere).

Mittels zweier Laserpunkte (10 cm Abstand) konnte die Bildbreite des Kameraausschnittes ausgemessen werden. Die Multiplikation von Beobachtungsbreite und Strecke ergibt die Beobachtungsfläche in m^2 . Für das Ergebnis, wurde die Anzahl der gezählten Tiere durch die Beobachtungsfläche geteilt, um so die Konzentration pro m^2 zu erhalten. Von mehreren Stichproben konnte dann der Mittelwert berechnet werden.

Bei dieser Rechnung wurde vereinfacht davon ausgegangen, dass das ROV geradeaus fährt und für die Beobachtung nur der untere Bildrand verwendet. Somit werden schräge und seitliche Abweichungen der Kameraführung auf einer geraden Route nicht mit einbezogen. Die Abbildung 12 der Station 305 vor Kunene im Schelf verdeutlicht die Pennatulacea Auszählung auf einer geraden Strecke.

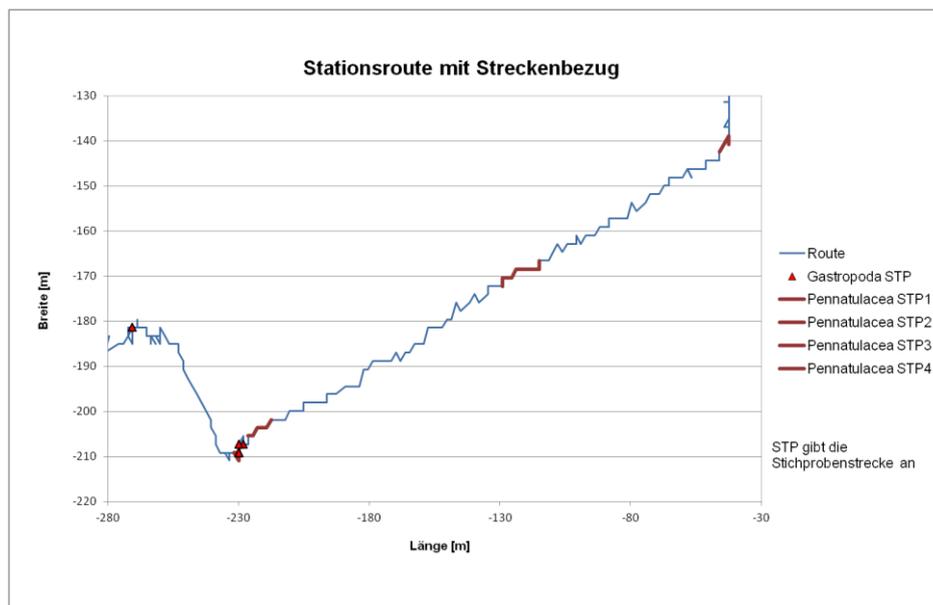


Abbildung 12: Abundanzabschätzung auf gerader Strecke

Die noch zahlreicheren Gastropoda wurden anhand von Standbildern ausgezählt und der Mittelwert berechnet. Die dabei verwendete Rechnung ähnelt der oben beschriebenen Auswertung. Die hier zusätzlich zu der Bildbreite ausgemessene Bildhöhe konnte ebenfalls durch den Abstand der Laserpunkte ermittelt werden. Die Multiplikation von Beobachtungshöhe und Beobachtungsbreite, ergibt die Beobachtungsfläche in m^2 . Die Beobachtungsfläche wurde durch die Anzahl der Tiere geteilt und der Mittelwert berechnet (Anhang-Tabelle 3, 5 und 7)

Der ständig vorherrschende Partikelregen konnte leicht mit einem Schneckengehäuse verwechselt werden, auch die auftretende Verpixelung beim Anhalten der Aufnahmen erschwerte das Auszählen. Deshalb wurden nur gut zu erfassende Teilbereiche des Bildschirms analysiert und auf den Rest der Fläche hochgerechnet.

Zum objektiven Vergleich der Artindividuenanzahl können die Taxa die massenhaft auftraten auf die Strecke von 100 m standardisiert werden (Anhang-Tabelle 2, 4, 6 und 8)

Formel: $(n \cdot 100) / L$

Mit n wird dabei die Anzahl der Artindividuen angegeben und mit L die Beobachtungslänge in m, die in diesem Fall die Bildhöhe ist.

2.4.4 Gemeinschaftsanalyse

Die taxonomische Zusammensetzung an den sechs Stationen wurde mit drei unterschiedlichen Indices berechnet (Tabelle 4). Es wird dabei nicht auf einen einheitlichen Grad der Bestimmung eingegangen: Vertreter einer Art, Ordnung oder Familie werden als Individuum einer Gruppe gezählt.

Dominanz-Index (nach Simpson, 1949): $D = \sum (n/N)^2$

Dabei gibt N die Zahl Gesamtindividuen aller Taxa und n die Individuen der untersuchten Spezies an. Der Dominanz-Index nimmt einen Wert zwischen 0 und 1 an, wobei 1 die absolute Dominanz darstellt (nur ein Taxon vorhanden).

Diversitäts-Index (nach Shannon und Weaver, 1949): $H = -\sum (n/N) \ln(n/N)$

Dabei gibt N die Zahl Gesamtindividuen aller Taxa und n die Einzelindividuen der untersuchten Spezies an. Der Shannon-Index kann einen Wert zwischen 0 und 5 annehmen, wobei H= 5 die höchste Diversität angibt und bei 0 nur ein Taxon vorhanden ist (Anhang-Tabelle 10).

Gleichverteilungindex (nach Pielou, 1966): $J = H / \ln N$

H gibt den Shannon-Weaver Wert an und N die Gesamtindividuenanzahl. Der Pielou-Index kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen, wobei bei J=1 die Population gleichmäßig verteilt ist und 0 eine Spezies mit den meisten Individuen darstellt (Anhang-Tabelle 11).

3. Ergebnisse

3.1 Beschreibung der Untersuchungsgebiete

Die drei von dem ROV beprobten Areale im Auftriebsgebiet vor Namibia unterschieden sich hinsichtlich der Sedimentstruktur und der Partikeldichte voneinander. An der nördlichsten Station am Terrace Bay verschleierte ein stetiger Sestonregen den Blick auf die schlammigen Ablagerungen am Meeresboden. Das ROV wirbelte bei jeder Bewegung den Untergrund auf und verursachte dadurch Sedimentstürme. Das Sediment am Rocky Point war von festerer Struktur und die hinab sinkenden Partikel weniger dicht. An der Flussmündung am Kunene Schelf wurde der morastiger Untergrund vom reichlichen Sestonniederschlag eingeschnitten. Die beiden tiefer liegenden Stationen vor Kunene am oberen und unteren Schelfhang hingegen waren mit einer sandigen Schicht bedeckt. Sie unterschieden sich durch das Partikelauflommen, da an der tieferen Station eine größere Dichte vorherrschte.

3.2 Faunistische Zusammensetzung

Die Benthosbesiedlung am Schelf und Schelfhang ist durch Standort und Tiefe, anhand der ROV-Aufzeichnungen eindeutig voneinander zu unterscheiden.

3.2.1 Fauna am Terrace Bay Station 277

Entlang der gesamten Strecke des ROV's am Terrace Bay konnten 202,2 Medusae pro 100 m ermittelt werden (Abbildung 13).

Diese gehörten alle zu einer Art und traten vereinzelt und im Verbund auf. Die ca. 5-8 cm großen Tiere sind durchsichtig, Schirm Manubrium und Tentakeln weisen nach oben. Andere Organismen wurden nicht beobachtet.



Abbildung 13: Medusae am Terrace Bay, Station 277

3.2.2 Fauna am Rocky Point, oberer Schelf, Station 282

Die am oberen Schelf beprobte Station war flächendeckend mit Bakterienmatten bedeckt (Abbildung 14 und 15). Zwischen und auf den Matten konnten viele Meergrundeln (*Sufflogobius bibarbatus*) (Abbildung 14) beobachtet werden. Sie ruhten starr auf dem Boden, tatsächlich bewegten sich während der gesamten Route nur zwei Tiere. Insgesamt konnte ein Bestand von 20,9 *Sufflogobius bibarbatus* pro 100 m festgestellt werden.



Abbildung 14: *Sufflogobius bibarbatus* am oberen Schelf, Rocky Point, Station 282

Die in ihrer Anzahl am häufigsten vertretene Klasse mit 99,7 Exemplaren pro 100 m auf der ROV-Strecke, waren die Asteroidea (Abbildung 15). Fünfarmig, zwischen ca. anderthalb bis sechs Zentimetern Durchmesser und braun-weißer Körperfarbe scheinen sie sich gut an die Bedingungen am Meeresgrund angepasst zu haben.



Abbildung 15: Bakterienmatten u. Asteroidea, oberen Schelf, Rocky Point, Station 282

Am oberen Schelf befinden sich zwei Arten von Actiniaria, wobei 2,6 Exemplare pro 100 m beobachtet werden konnten. Die eine Art ist braun und kurz über dem Substrat vielarmig (Anhang-Abbildung 8). Die Zweite hebt sich mit einem hellen Stamm vom Meeresboden ab, wobei am Kopfende dunklere Ärmchen entspringen (Anhang-Abbildung 9). Bei der letzteren ist die Bestimmung unsicher, sie wurde der Form nach der Ordnung Actiniaria zugeordnet.

Während der Makroaufnahmen der Bakterienmatten konnten 0,3 Gastropoda pro 100 m ausgemacht werden (Abbildung 16).



Abbildung 16: Bakterienmatte u. Gastropoda, oberen Schelf, Rocky Point, Station 282

Die standardisierten Abundanzen (Ind. 100/m) der ermittelten Tiere zeigen, dass Asteroidea am häufigsten vorkamen, gefolgt von Meergrundeln (*Sufflogobius bibarbatu*s). Andere Taxa kamen nur in geringer Abundanz vor (Abbildung 17).

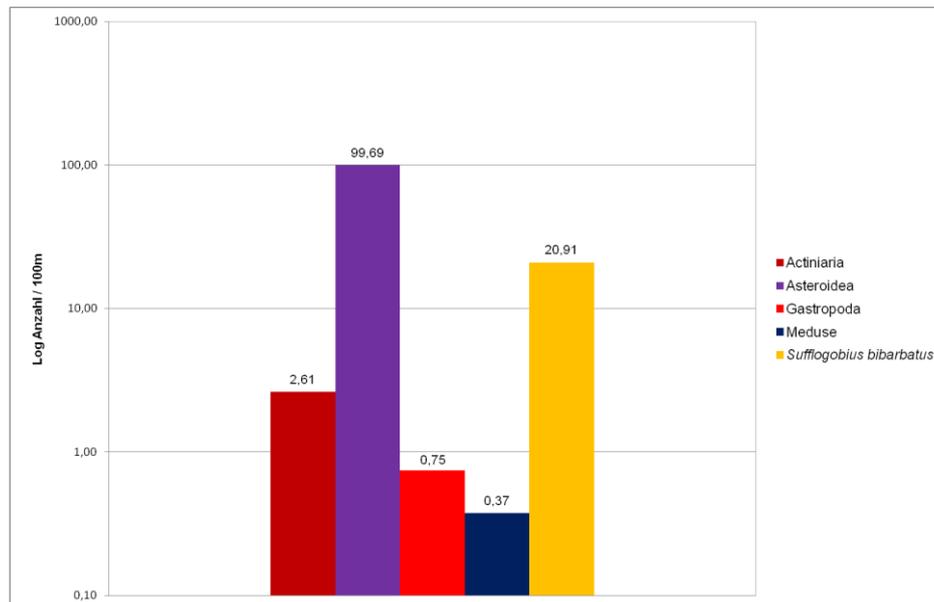


Abbildung 17: Taxaverteilung am oberen Schelf, Rocky Point, Station 282

3.2.3 Fauna am Rocky Point, unterer Schelf, Station 285

Die Station am unteren Schelf (205 m Tiefe) zeigt vereinzelte Bakterienmatten die den Meeresboden bedecken. Sie ist in der Benthosbesiedlung der oberen Schelfstation (110 m) sehr ähnlich. Die mit 12,9 Ind./100 m in ihrer Anzahl geringer vertretenen *Sufflogobius bibarbatu*s, machten einen agileren Eindruck als an der oberen Station, da sie nicht nur starr am Grund ausharrten, sondern auch schwimmend zu beobachten waren. Das Vorkommen

der Asteroidea auf der ROV-Route fiel mit 2,2 Tieren pro 100 m bedeutend geringer aus. Des Weiteren konnten auf dem Streckenverlauf des Unterwasserfahrzeuges Actiniaria (23,3 Ind./100 m) (Anhang-Abbildung 9), Medusae (0,9 Ind /100 m), Pennatulacea (7,4 Ind /100 m) (Anhang-Abbildung 10) und Gastropoda (0,3 Ind /100 m) ausgemacht werden (Abbildung 18).

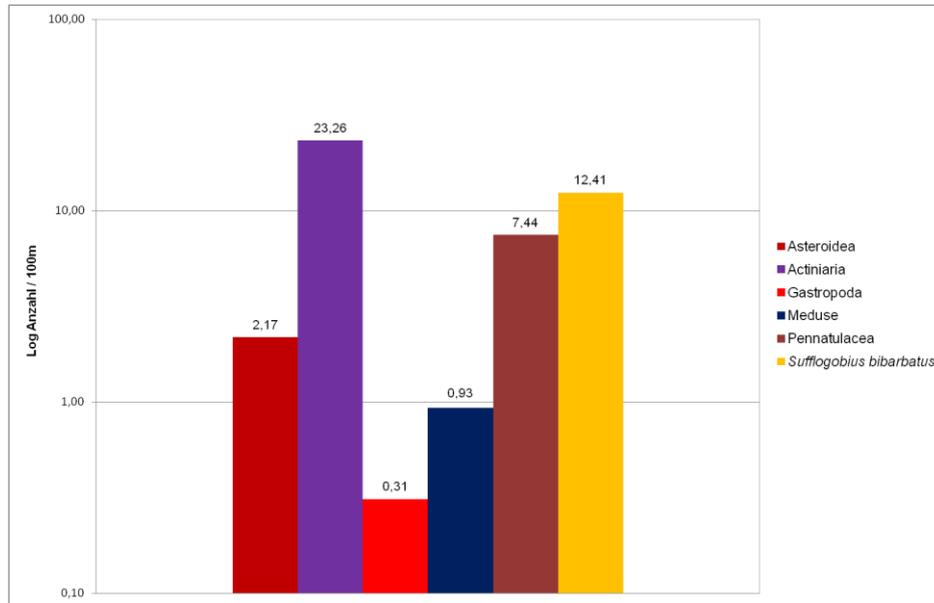


Abbildung 18: Taxaverteilung am unteren Schelf, Rocky Point, Station 285

3.2.4 Fauna vor Kunene im Schelf, Station 305

Die an der Flussmündung des Kunene am Schelf analysierte Station erweckt den Eindruck eines massiv mit Pennatulacea (1145,1 Ind /100 m) (Anhang-Abbildung 11, Anhang-Tabelle 2) und Gastropoda (15739,3 Ind /100 m) besiedelten Areals. Die Nähe zum Kunene Fluss wird durch mitgeschwemmtem Müll deutlich, welcher auf seinem Weg vorbei an Siedlungen und Städten mitgerissen wurde. Die Fische am Kunene Schelf sind schwer zwischen den dicken Flocken des Partikelregens zu beobachten. Teilweise sind sie im Schlamm versteckt oder nur durch ihre Bewegungen als dunkler Schatten auf den Aufnahmen auszumachen. Sie variieren in Form und Größe. So gibt es kleine Fische (ca. 5 cm groß), oder flache Exemplare, die völlig mit Schlamm bedeckt sind. Insgesamt konnten auf der Route des ROV's 24 Fische (Actinopterygii) beobachtet werden. Der Boden der Station ist übersät mit kleinen im Schlamm versteckten Gastropoda, wobei nicht auszumachen ist, welche Gehäuse noch bewohnt sind. Berechnungen ergaben 15739,3 Tiere pro 100 m. (Anhang-Tabelle 4) Die mit Hilfe von Dr. N. Steffani und Prof. Dr. M. Gibbons bestimmten zahlreichen Pennatulacea gehören der Familie der Veretillidae an.

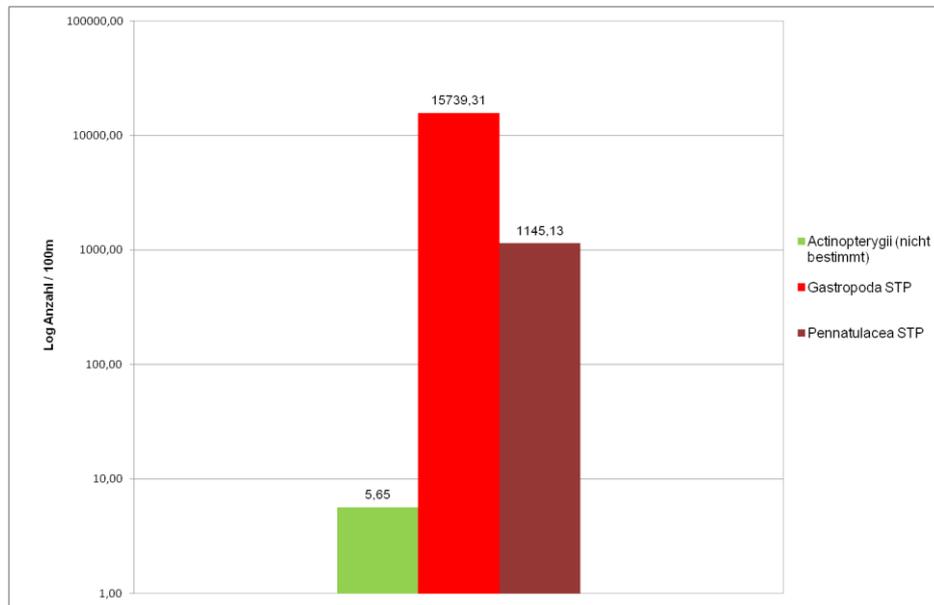


Abbildung 19: Taxaverteilung im Schelf vor Kunene, Station 305

3.2.5 Fauna vor Kunene am oberer Hang, Station 314

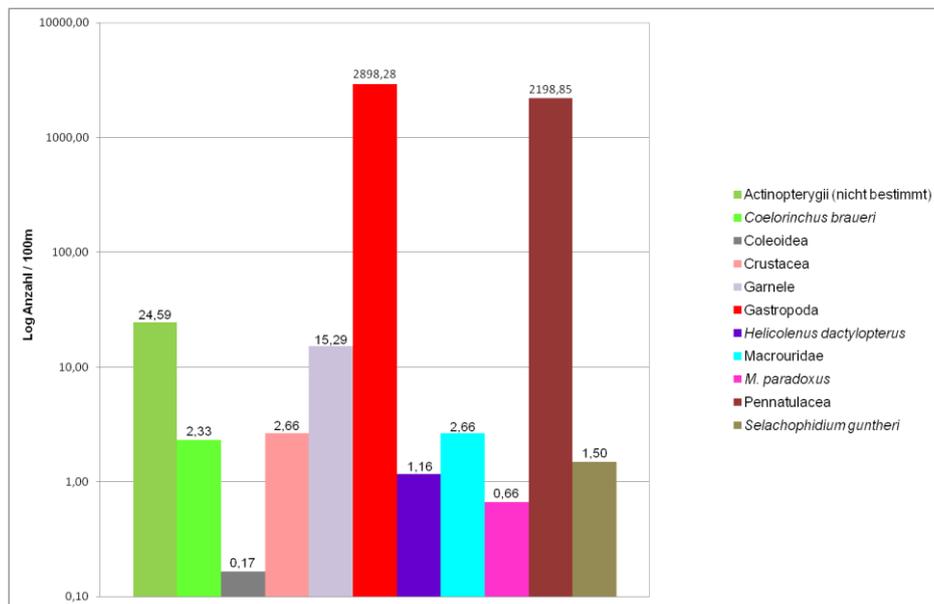


Abbildung 20: Taxaverteilung am oberen Hang vor Kunene, Station 314

Die vor Kunene am oberen Hang in 500 m Tiefe gefilmte benthische Megafauna weist ein breites Spektrum auf. Während der Fahrt des ROV's am Meeresboden konnten Pennatulacea (2198,8 Ind /100 m) Garnelen (wahrscheinlich Penaeidae mit 15,3 Ind /100 m), Gastropoda (2898,3 Ind /100 m), Coleoidea (0,2 Ind /100 m) und Crustacea (2,7 Ind /100 m) (Anhang-Abbildung 21) beobachtet werden. Darüber schwammen verschiedene nicht zu bestimmende Fische (24,6 Ind /100 m). Weiterhin konnten 1,2 *Helicolenus dactylopteri* (Anhang-Abbildung 12), 1,5 *Selachophidium guntheri*, (Anhang-Abbildung 20) 2,3 *Coelorinchus braueri* (Anhang-Abbildung 19), 0,6 *M. paradoxus* (Anhang-Abbildung 13-15) und 2,6 Grenadierfische (Macrouridae) (Anhang-Abbildung 18) pro 100 m unterschieden werden.



Abbildung 21: *Coelorinchus braueri* am Hang vor Kunene

3.2.6 Fauna vor Kunene am unteren Hang, Station 315

Das absinkende Seston erschwert den Blick auf zahlreiche, Crustacea (2,7 Ind /100 m) (Anhang-Abbildung 21), Actiniaria (2 Ind /100 m) (Abbildung 23), Pennatulacea (3,3 Ind /100 m) und Garnelen (1,2 Ind /100 m). Die Fische konnten in *Coelorinchus simorhynchus* (0,3 Ind./100 m) (Anhang-Abbildung 17), *Coelorinchus braueri* (0,3 Ind./100 m) (Abbildung 21, Anhang-Abbildung 19) und Macrouidae unterschieden werden (4,2 Ind./100 m) (Anhang-Abbildung 18) Wegen der erschwerten Sicht wurden 40,3 Fische pro 100 m nicht bestimmt. (Abbildung 22).

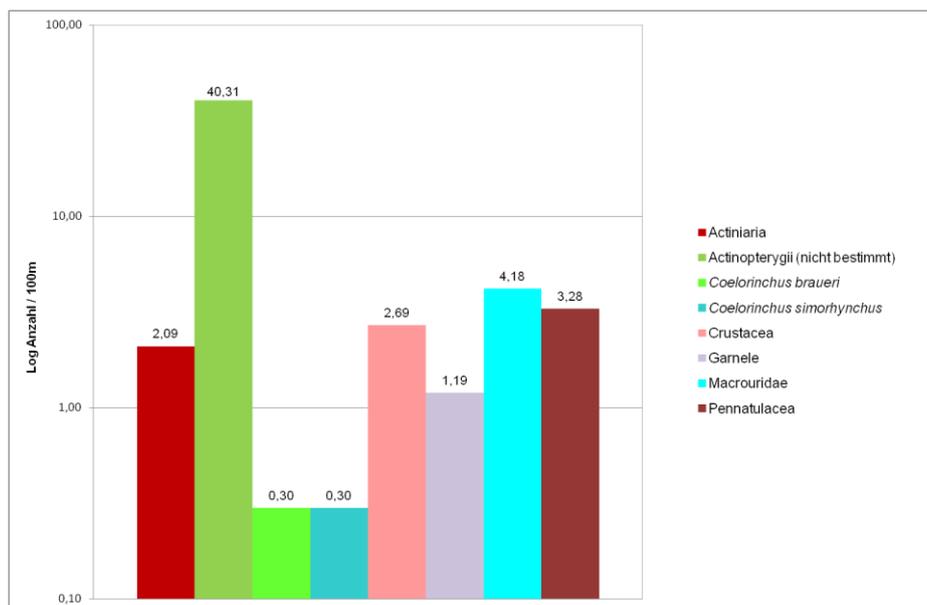


Abbildung 22: Taxaverteilung am unteren Hang vor Kunene, Station 315

Die an der Station 315 lebenden Actinaria unterscheiden sich im Aussehen grundsätzlich von denen der anderen Stationen. Ihr rötlicher massiger Körper ist nach oben wie ein Korb geöffnet. Am Rand der Öffnung befinden sich viele unverzweigte Tentakel (Abbildung 23).



Abbildung 23: Actinaria am unteren Hang vor Kunene, Station 315

3.3 Vergleich der Untersuchungsergebnisse der Stationen

Jedes der drei beprobten Gebiete ist charakteristisch und durch seine Bodenstruktur und Benthosbesiedelung voneinander abgrenzbar. Das Areal am Terrace Bay ist schlammig und von Medusae dominiert, während das weiter nördlich gelegene Gebiet am Rocky Point eine feste Sedimentstruktur mit Bakterienmatten aufweist zwischen denen sich Meergrundeln und Seesterne heimisch fühlen. Der dritte Bereich vor Kunene ist an der Flussmündung mit Schlamm bedeckt und massiv von Pennatulacea und Gastropoda bewohnt. Weiter unten am Schelfhang wird der Meeresgrund sandiger und fischreicher.

3.3.1 Gemeinschaftsanalyse der Fauna

Generell lässt sich festhalten, dass die Diversität im gesamten Untersuchungsgebiet niedrig ausgeprägt ist. Zum Beispiel wurden an der Station Terrace Bay (Station 277) ausschließlich Medusen dokumentiert. Dabei muss berücksichtigt werden, dass an der Station im Vergleich zu den anderen zwei Gebieten die kürzeste Strecke von dem Unterwasserfahrzeug befahren wurde. Die Stationen am Rocky Point (282 und 285) weisen eine höhere Diversität und Artenvielfalt auf. Die Asteroidea dominieren am oberen Schelf mit 64 % (Anhang-Tab. 10), diese nehmen zum unteren Schelf allerdings stark ab, auf lediglich 0,2%. An der Flussmündung des Kunene im Schelf (Station 305) herrscht eine hohe Dominanz vor. An dieser Lokalität stellen die Gastropoda mit 86% die größte Gruppe dar. Hier lässt sich beobachten, dass die Diversität und die Gleichverteilung mit zunehmender Tiefe ansteigen. So weist die Station am unteren Hang vor Kunene (Station 315) die höchste Diversität und Gleichverteilung auf. Am oberen Hang (Station 314) verringern sich die Parameter, da die Station zu 32% von Gastropoda dominiert wird.

Tabelle 3: Nicht bestimmbare Fische u. gesichteter Müll pro 100 m Beobachtungsstrecke

Station	277	282	285	305	314	315
Tiefe [m]	100	110	205	150	500	775
Routenlänge begradigt [m]	114	268	322	425	602	335
Actinopterygii				5,65	24,59	40,31
Müll				0,24		

Tabelle 4: Überblick der Taxaanzahl, Dominanz, Diversität und Verteilung

Station	277	282	285	305	314	315	
Tiefe [m]	100	110	205	150	500	775	
Routenlänge begradigt [m]	114	268	322	425	602	335	
Taxaverteilung / 100m	Actiniaria		2,61	23,26		2,09	
	Asteroidea		99,69	2,17			
	Blaumäulchen (<i>Helicolenus dactylopterus</i>)					1,16	
	Codlet (<i>Selachophidium guntheri</i>)					1,50	
	Coleoidea					0,17	
	Crustacea					2,66	2,69
	Garnele					15,29	1,19
	Gastropoda		0,75	0,31	15739,31	2898,28	
	Macrouridae					2,66	4,18
	Macrouridae (<i>Coelorinchus braueri</i>)					2,33	0,30
	Macrouridae (<i>Coelorinchus simorhynchus</i>)						0,30
	Meduse	202,26	0,37	0,93			
	Pennatulacea			7,44	1145,13	2198,85	3,28
	Sehecht (<i>M. paradoxus</i>)					0,66	
	<i>Sufflogobius bibarbatus</i>		20,91	12,41			
	Dominanz-Index (nach Simpson)	1,00	0,67	0,35	0,87	0,50	0,21
Diversitäts-Index (nach Shannan u. Weaver)	0,00	0,61	1,25	0,25	0,72	1,67	
Gleichverteilungsindex (nach Pielou)	0,00	0,13	0,32	0,03	0,08	0,63	
N (Anzahl Individuen aller Arten)	202,26	124,33	46,52	16884,44	5123,55	14,03	

4. Diskussion

In der vorliegenden Studie wurden vergleichende Untersuchungen zwischen drei Gebieten auf dem Schelf und am Schelfhang im Auftriebsgebiet vor Namibia durchgeführt. Die mit Hilfe eines ferngesteuerten Unterwasserfahrzeugs ROV (Remotely Operated Vehicle) analysierte Benthosbesiedelung steht im Mittelpunkt dieser Arbeit. Diese visuelle Methode ermöglicht die Untersuchung des Meeresbodens ohne Probenentnahme, wobei ein weiträumiger Eindruck des Habitats vermittelt wird. Die einzelnen Taxa der Areale wurden ausgezählt und miteinander verglichen. Abschließend werden im folgenden Kapitel die einzelnen Taxen und deren Relevanz im Ökosystem im Auftriebsgebiet erörtert.

4.1 Bakterienmatten

In dem produktiven Auftriebsgebiet vor Namibia ist die hypoxische Beschaffenheit des Wassers kennzeichnend, da bei der Umsetzung von organischem Material Sauerstoff verbraucht wird. Obligat anaerobe Bakterien reduzieren das bei Zersetzungsprozessen entstehende Sulfat mit Wasserstoff zu giftigem Hydrogensulfid (H_2S). Chemolithotrophe Bakterien wie *Baggiatoa* spp. und *Thiomargarita namibiensis* oxidieren das gefährliche Sulfid unter Nitratverbrauch zu Sulfat und Schwefel. Damit verhindern sie die Freisetzung des Hydrogensulfids und können so das Habitat für Fauna und Flora nutzbar machen (Steffani, 2011).

Natürliche Methangaseruptionen, die Hydrogensulfid aus dem Sediment freisetzen, entziehen dem Wasser den gesamten freien Sauerstoff. Dabei können Flächen von über 20.000 km² betroffen sein. Dies führt zu großem Fischsterben und hat verheerende Folgen für das Ökosystem (Steffani, 2011).

Das in den Ablagerungen am Meeresboden gebildete toxische Gas wird in die Wassersäule entlassen, wenn z.B. die abdichtenden Bakterienmatten absterben. Die Schwelle vom Sediment in das Meerwasser ist damit nicht mehr versiegelt.

Forschungen ergaben, dass die Bildung von Hydrogensulfid in der Wassersäule die Eruptionen begünstigt (Hentzsch, 2004).

Thiomargarita namibiensis toleriert hohe Vorkommen an Hydrogensulfid und ist mit 0,75 mm das größte bekannte Bakterium (Schulz et al., 1999). Es ist mit anderen sulfidoxidierenden Bakterien in den oberen Zentimetern des Sediments zu finden. Lediglich an der Sedimentoberfläche können Nitrat und Sauerstoff aufgenommen werden.

Der ständige Partikelregen begräbt das fakultativ aerobe Bakterium immer wieder unter einer dicken Detritusschicht. Dort verschüttet, ist es in der Lage zur Energiegewinnung Sulfide ohne Sauerstoff oder Nitrat zu Schwefel zu oxidieren. Hierfür nutzt es in einer großen Vakuole eingespeichertes Nitrat als Elektronenakzeptor. Es wird geschätzt, dass das Bakterium 55% Sulfid im namibischen Schelf umsetzt (Brüchert et al., 2003).

Thiomargarita namibiensis ist nicht fähig, sich von alleine fortzubewegen. Da sich Nitrat in der Wassersäule und die Energiequelle Hydrogensulfid im Sediment befindet, nutzt das Bakterium Resuspensionen wie starken Wellenschlag, Stürme und Gaseruptionen, um an sein Substrat zu gelangen.

Durch das aufgewirbelte Sediment gelangt es in die Wassersäule. Unter diesen oxidischen Bedingungen kann es aus Schwefel und Glycogen Energie gewinnen, dieses wird wiederum dazu genutzt, Nitrat und Polyphosphat zu speichern.

Sinkt es wieder hinab in das Diatomeensediment, ist es von der Sauerstoff- und Nitratzufuhr abgeschnitten. Das Bakterium nimmt unter diesen Bedingungen Sulfide, die durch

Zersetzung von organischem Material durch anaerobe sulfatreduzierende Bakterien entstehen, als Elektronendonator auf. Das dabei ebenfalls absorbierte Acetat wird als Glycogen gespeichert. Als Elektronenakzeptor wird das in der Vakuole verbliebene Nitrat oder Polyphosphat verwendet. Das Sulfid wird so zu elementarem Schwefel oxidiert und im Cytoplasma eingelagert. Damit ist das Bakterium fähig, seinen Stoffwechsel flexibel an die Bedingungen in dem Schelf vor Namibia anzupassen (Schulz & Schulz, 2005).

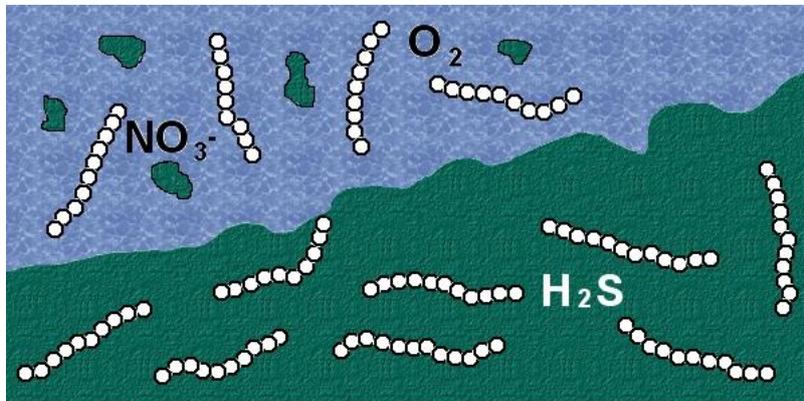


Abbildung 24: *Thiomargarita namibiensis* anaerob im Sediment und aerob in der Wassersäule (Schulz 2001)

Thiomargarita namibiensis setzt durch Stoffwechselprozesse entstandenes, konzentriertes Phosphat frei. Aus diesem bildet sich das phosphorreiche Mineral Apatit. In einem weiteren Schritt entsteht daraus Phosphorit, ein Gestein mit hohem Phosphatgehalt, welches als Ausgangsmaterial zur Herstellung von Phosphor dient. Damit spielt das Riesensbakterium aller Wahrscheinlichkeit nach eine entscheidende Rolle bei der Phosphoritbildung an der Küste von Namibia (Schulze-Vogt, 2012).

Die zur Energiegewinnung eingelagerten Schwefelaggregate verleihen dem *Thiomargarita namibiensis* ein leuchtend weißes Äußeres, wodurch es sich gut vom Meeresboden abhebt. Dies wird anhand der ROV-Bilder (Abbildung 15 und Abbildung 16) deutlich, da die Bakterienmatten gut sichtbar in Erscheinung treten.

Der Meeresboden vor Namibia wird in drei Zonen mit hohem organischem Materialvorkommen eingeteilt (Bremner, 1978). Insgesamt erstrecken sich die Gebiete 500-800 km entlang der Namibischen Küste. Im inneren Schlammgürtel in 50-140 m Tiefe, ist die höchste Konzentration anzufinden (7-25%). Im mittleren Schelf bei 200-300 m Tiefe ist ein weiteres Gebiet, das bei 23,5°S endet. Der äußerste Gürtel ist bei 500-1400 m Tiefe an der Peripherie gelegen. Im inneren Schelf bedingt sich die hohe Konzentration an organischem Material durch das hohe Phytoplanktonaufkommen, wobei die anderen Gebiete durch lateralen Transport versorgt werden (Steffani, 2011).

Nach Bremner (1978) ist der Meeresboden in einer Tiefe von 150 m mit Diatomeenschlamm bedeckt. Ab einer Tiefe von 150 m bis 400 m ist sandig-schlammiger und tiefer als 1000 m nur schlammiger Grund vorzufinden (Bremner, 1978; Brüchert et al., 2006).

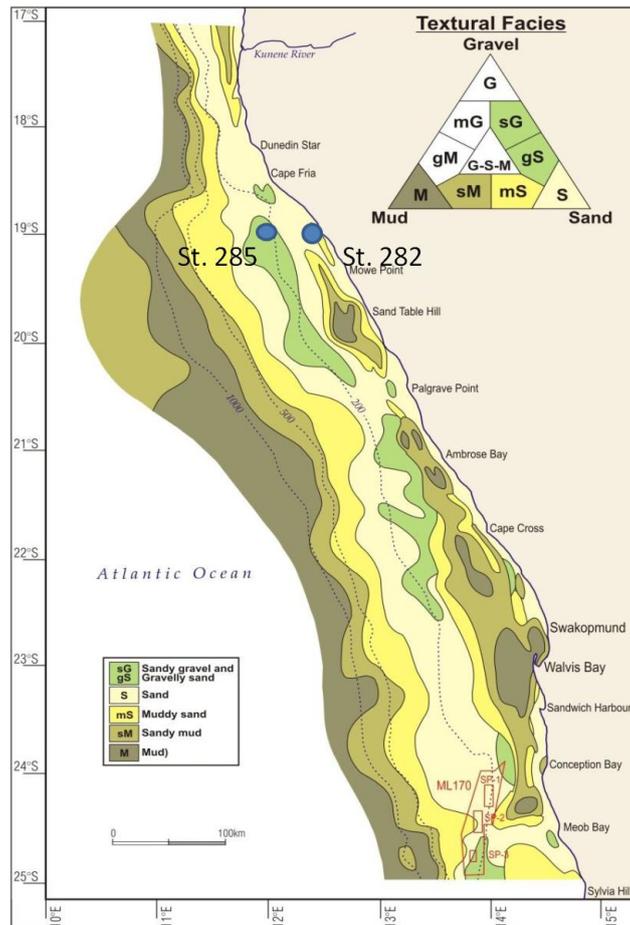


Abbildung 25: Struktur des inneren und äußeren Schelfs und des Kontinentalhangs vor Namibia (Bremner 1987)

Die Stationen am Rocky Point befinden sich auf 19°S und 12°E (unterer Schelf Station 285) und 19°S und 12,5°E (oberer Schelf, Station 282). Die Bakterien bevorzugten mit organischem Material bedeckte Bereiche da diese Areale genügend Substrat zum Leben bereitstellen. Bei dem Vergleich mit der Abbildung 25 und der Lage der Stationen fällt auf, dass die Station mit flächendeckendem Bakterienmattenaufkommen am oberen Schelf in das Gebiet mit wenig Diatomeenschlammaufkommen liegt. Die am unteren Schelf gelegene Station 285 mit vereinzelt Bakterienmattenaufkommen befindet sich jedoch genau im Diatomeenschlammgürtel. Werden jedoch die Tiefe der beiden Stationen verglichen so entsprechen sie dem Verteilungsmuster das von Bremner (1978) beschrieben wurde. Dies kann bedeuten, dass die Abbildung nicht exakt den Gegebenheiten entspricht, oder sich die Gebiete seit 1987 verschoben haben. Die durch das ROV abgedeckte Strecke ist zu gering um hier eine gültige Aussage treffen zu können

4.2 Cnidaria (Medusen, Pennatulacea, Actinaria)

4.2.1 Meduse

Als Meduse wird ein Lebenszyklus der Cnidaria bezeichnet, in der diese als freischwimmendes Zooplankton im Meer treibt. Charakteristisch für viele der Cnidaria ist eine hauptsächlich aus Wasser bestehende (98%) gallertige Schwimmglocke, welche als

Umbrella bezeichnet wird. An diesen setzen Tentakel an, die normalerweise nach unten zum Meeresboden weisen.

Die meisten Cnidaria haben einen metagenetischen Generationswechsel. Im Medusenstadium werden Spermien und Eier ins Wasser freigesetzt. Nach der Verschmelzung entwickelt sich eine Zygote, aus der eine Planula-Larve entsteht. Die Larve trägt zu der Verbreitung bei, da sie fähig ist, frei im Wasser zu schwimmen (Purves, 2004).

Nach dem Festsetzen der Planula-Larve am Meeresboden entwickelt sie sich zum sessilen Polypen. Durch vegetative Knospung ist diese in der Lage, sich in kurzer Zeit zu reproduzieren. Damit kommt es unter günstigen Bedingungen zu einer schnellen Koloniebildung (Tardent, 2005).

Seit dem Zusammenbruch der Sardinen- und Anchovisbestände ist eine Zunahme an Medusenbiomasse auf dem Schelf und vor der Küste Namibias zu beobachten. Das massenhafte Auftreten der Cnidaria fand Mitte des 20. Jahrhunderts in der Literatur keine Erwähnung und wird erst seit der Überfischung der kleinen pelagischen Fische belegt (Gibbons, 2010). Dies ist ein Hinweis darauf, dass der Anstieg der Biomasse Ende 1960 seinen Ursprung hat.

Für fruchtbare Gebiete mit reichlichem Primärproduzentenvorkommen sind durch Abbauprozesse des Detritus entstehende hypoxische Zustände charakteristisch, da bei der Umsetzung des organischen Materials Sauerstoff verbraucht wird. Medusae und Polypen sind für diese Anforderungen gut gerüstet, da sie eine große Toleranz gegenüber wenig gelösten Sauerstoff besitzen und in der Lage sind, kurze Zeit in hypoxischen Wasser zu überleben. Diese gute Anpassung an das Auftriebsgebiet verleiht den Tieren einen Vorteil und sorgt für Zuwachs und Bestand der Populationen (Gibbons, 2010).

Die vor Namibias Küste hauptsächlichsten Vertreter der Cnidaria sind *Aequorea forskalea* (Hydrozoa) und *Chrysaora fulgida* (Scyphozoa). Bisher ist wenig über das Medusenstadium bekannt und noch weniger über dessen Polypenstadium (Gibbons, 2010).

Da Zooplankton für Cnidaria, *Sardinops sagax* und *Engraulis encrasicolus* als gemeinsame Nahrungsgrundlage dient, konnte die Medusaepopulation den Konkurrenzdruck überdauern und ihren Nutzen aus der Dezimierung ihrer Kontrahenten ziehen.

Die wenigen Fressfeinde der Medusae rekrutieren sich aus Schildkröten, Mondfischen und Meergrundelen (*Sufflogobius bibarbus*). Der gering ausfallende Räuberdruck und die dezimierte Nahrungskonkurrenz wirken sich positiv auf das Wachstum der Medusaepopulation aus.

Das Medusae-Aufkommen im gesamten Schelf vor Namibia, wurde im Frühling 2003 durch Echolot gestützte Berechnungen auf zwölf Millionen Tonnen geschätzt. Das Nassgewicht der hauptsächlich aus Wasser bestehenden Tiere übertrifft damit die Fischbestände in dem Auftriebsgebiet um den Faktor vier (Lynam et al., 2006).

Ihr Vorkommen vor der Küste Namibias liegt bei bis zu 200 m Meerestiefe, wobei die meiste Biomasse in den oberen 50 m vertreten ist (Gibbons, 2010). Es wird angenommen, dass Veränderungen von Salinität, Temperatur und Nahrungsangebot einen Einfluss auf die Verbreitung haben. Die Medusae sind das ganze Jahr über zu finden, weisen jedoch im Herbst und Frühjahr eine vermehrte Dichte auf. Da dies die Laichzeit vieler Fische ist, kann das Maximum Anfang und Mitte des Jahres als Indiz dafür gewertet werden, dass die Medusae hier als Räuber tätig werden. Somit schmälern sie die Bestände ihrer

Nahrungskonkurrenten und verzögern die Erholung der dezimierten Fischbestände (Gibbons, 2010).

Einzig den wenigen Fressfeinden der Medusae trägt der Zuwachs der Population einen Vorteil ein. So nimmt die Zahl der Meergrundeln (*Sufflogobius bibarbatu*s) stetig zu. Diese wiederum werden von Seehecht (*Merluccius spp*), Stachelmakrele (*Trachurus trachurus capensis*), Seevögeln und Seehunden verzehrt. Die *Sufflogobius bibarbatu*s tragen damit zu einer Stabilität der Artenvielfalt bei, indem sie die Nahrungsquelle der höheren trophischen Ebene sichern. Somit schließen sie einen Kreislauf, an dem die Medusae nicht das tote Ende markieren und tragen trotzdem zur Erholung der Diversität der namibischen Meeresfauna bei (Gibbons, 2010).

Eine *Chrysaora fulgida* ist kurz nach dem Eintauchen des ROV's in einer Tiefe von 76 m unter der Wasseroberfläche auszumachen. Die auf dem Meeresgrund schwimmenden Medusae am Terrace Bay stimmen jedoch nicht mit den beiden Arten überein.

Das hervorstechendste Merkmal dieser Art (Abbildung 13) sind die zur Wasseroberfläche weisenden Tentakel. Cnidaria sind, wie oben beschrieben, mit von Nematocysten besetzten Fangarmen ausgestattet, mit denen sie in der Lage sind, Gift in ihre Beute zu injizieren und diese zum Mund zu führen. Sie lauern dabei nicht ihrer Beute auf, sondern warten, bis ihre Nahrung gegen ihre Fortsätze stößt (Purves, 2004). Die vom ROV aufgenommene Cnidaria-Art streckt jedoch ihre Fangarme wie ein umgedrehter Regenschirm zur Meeresoberfläche, um die herunter regnenden Partikel aufzufangen.

Diese Verhaltensweise wurde von *Cassiopea xamachana*, einer hauptsächlich im karibischen Meer und im warmen westlichen atlantischen Ozean beheimateten Quallenart beschrieben. Sie wird auch "upside-down jellyfish" genannt, da sie auf schlammigen Böden sitzt und ihre Tentakel Richtung Wassersäule streckt. Ihr grünliches Äußeres erhalten sie durch Zooxanthellae mit denen sie in Symbiose leben. Von diesen in der Mesogloa lebenden Algen, erhält die *Cassiopea xamachana* Kohlenstoff. Da diese jedoch nicht den Bedarf deckt filtern sie das Wasser oder fangen sich ihre Beute aus der Umgebung (Beryman, 2005).

Ob die an am Terrace Bay beheimateten Medusae in einer Symbiose mit Algen leben, konnte anhand der ROV-Aufnahmen nicht ausgemacht werden. Auffällig ist jedoch das ähnliche Benehmen der beiden Cnidaria-Arten.

4.2.2 Pennatulacea

Pennatulacea sind sessil und bilden Kolonien. Ihr Aussehen erinnert in den meisten Fällen an eine Feder. Pennatulacea pflanzen sich ohne Medusenstadium fort. Der zentrale sexuell gezeugte Stamm wird als Primärpolyp bezeichnet und ist mit dem Boden verankert. Über dem Substrat bildet der Stamm durch asexuelle Knospung kleinere Sekundärpolypen. Diese Seitenarme erlauben eine Arbeitsteilung, indem einzelne Polypen verschiedene übergeordnete Funktionen erfüllen (Tardent, 2005). Diese können sich zu Nährpolypen differenzieren, während andere für die Zirkulation des Wasserstromes durch die Kolonie sorgen (Purves, 2004). Pennatulacea ernähren sich von Plankton und Seston. Eingelagerte Kalksklerite verleihen ihnen Stütze und Schutz (Tardent, 2005).

Die am unteren Schelf des Rocky Points und an der Flussmündung des Kunene-Rivers beheimateten Seefedern gehören zu der Familie der Veretillidae (Anhang-Abbildung 10 und Anhang-Abbildung 11). Sie erinnern mit ihren rund um den Stamm angeordneten

Sekundärpolypen nicht an einen typischen Vertreter ihrer Ordnung. Am Schelfhang finden sie reichlich Partikel, die abwärts transportiert werden. Hier stehen große Nahrungsressourcen zur Verfügung, die gefiltert werden können. Vergleiche mit anderen Standorten der Arktis und Antarktis weisen Areale mit reichlichem organischem Partikelauflaufkommen ebenfalls eine hohe Dichte an Suspensionsfressern auf (Starmans, 1997). Der mit 1145,1 Vertretern pro 100 m bedeckte Meeresboden ist als Standort an der Flussmündung des Kunene für eine Kolonie daher gut geeignet da sich genügend Substrat im Wasser befindet. Die Veretillidae am Schelf vor Kunene sind groß gewachsen, dies vermittelt anhand der ROV-Aufnahmen eine starke Besiedlung des Gebietes, jedoch ist das Aufkommen der Pennatulacea am oberen Hang mit 2898,3 Exemplaren pro 100 m größer. Diese grazil gebauten Pennatulacea am oberen Hang vor Kunene, sind charakteristische Vertreter ihrer Ordnung. Anders als die Veretillidae, gleichen sie dem Aussehen nach einer Feder. Ihr beigefarbenes Äußeres lässt sie kaum von dem sandigen Grund unterscheiden. Da sie das Gebiet dominieren, scheint genügend Substrat im Wasser vorhanden zu sein. Anders als an der Station im Schelf vor Kunene wo die Partikel in dicken Flocken herunter regnen, sind am oberen Hang weniger zu finden. Die zwei verschiedenen Arten scheinen sich den Gegebenheiten angepasst zu haben und das jeweilige Nahrungsangebot zu bevorzugen.

Im südlichen Ozean sind die Anthozoa der Tiefe nach aufgeteilt. 60% der Octocorallia sind im Schelf beheimatet, wohingegen Hexacorallia in der Tiefsee dominieren (Brand et al., 2006). Auch im Auftriebsgebiet vor Namibia sind Octocorallia wie Pennatulacea im Schelf und am Schelfhang vor Kunene beheimatet. An der Tieferen Station 315 am unteren Hang sind keine Vertreter auszumachen. Da jedoch am Terrace Bay und am oberen Schelf am Rocky Point keine Pennatulacea gefunden wurden, kann die Aussage nur bedingt bestätigt werden. Hexacorallia wie Actinaria wurden an tiefen Stationen wie am unteren Hang vor Kunene und am Rocky Point im Schelf gefunden. Um die Aussage von Brand et al. (2006) zu bestätigen, müssten weitläufigere Aufnahmen der Gebiete und weitere Stichproben in tieferen Zonen vorgenommen werden.

4.2.3 Actinaria

Actinaria gehören zu der Ordnung der Hexacorallia innerhalb der Anthozoa. Sie können kein Skelett ausbilden und leben solitär. Ihr Körper ist muskulös und ihre Tentakel selten verzweigt. Den Actinaria fehlt das Medusenstadium. Die Polypen vermehren sich geschlechtlich, indem sie Eier und Spermien in das Wasser abgeben. Aus dem befruchteten Ei entwickelt sich die Planularlarve, die sich wiederum am Meeresgrund festsetzt und einen Polypen bildet. Viele Arten können sich auch ungeschlechtlich durch Knospung fortpflanzen (Puves, 2004).

Actinaria sind auf den ROV-Aufzeichnungen des Rocky Points zu beobachten. Der untere Schelf scheint jedoch von ihnen bevorzugt zu werden da sich nur 2,6 Exemplare pro 100 m an der oberen und 23,3 Vertreter pro 100 m an der unteren Station aufhalten. Am oberen Schelf ist ein höheres Sulfidaufkommen und Sauerstoffarmut vorherrschend, daher scheint das untere Schelf ein besseres Habitat zu bieten (Anhang-Abbildung 8 und Anhang-Abbildung 9).

Die am unteren Hang vor Kunene lebenden Anemonen unterscheiden sich grundsätzlich von denen der anderen Stationen. Ihr rötlicher, massiger Körper ist nach oben wie ein Korb geöffnet. Am Rand der Öffnung befinden sich viele unverzweigte Tentakeln (Abbildung 23).

4.3 Mollusca

Die größte Gruppe der marinen Gastropoda bilden die Prosobranchia. Bei den im Meer lebenden Ophisthobranchia ist das Gehäuse weitestgehend reduziert. Der weiche Körper der Schnecke besteht aus Kopf und Fuß. Der Eingeweidesack ist durch den harten Mantel geschützt. Gastropoda sind Aasfresser, Pflanzenfresser oder leben räuberisch. Ihre Nahrung wird durch die Radula, einer mit Zähnchen besetzte Zunge, aufgenommen. (Purves, 2004)

An der Flussmündung des Kunene-River ist der Meeresboden dicht mit Gastropodagehäusen übersät (Anhang-Abbildung 11). Auf den ROV-Aufzeichnungen kann nicht ausgemacht werden, welche der kleinen Gehäuse noch bewohnt sind.

Die Gastropoda am oberen Hang vor Kunene sind über den ganzen Meeresboden verstreut. Nur im Zeitraffer ist ihr Vorwärtskommen über das Sediment zu beobachten. Ihr gelbes, rundliches Gehäuse hebt sich von dem weißlichen Körper ab.

Brandt et al. (2006) beschreibt am südlichen Ozean eine mit der Tiefe abnehmende Anzahl von allen Gastropoda-Arten. Dies kann durch die Aufnahmen des ROV'S bestätigt werden, da 15739,3 Gastropoda pro 100 m bei 150 m Tiefe im Schelf gefunden wurden und 2198,8 Ind /100 m in 400 m am Hang vor Kunene. Jedoch handelt es sich nur um zwei verschiedene Arten, die Aussage kann damit nur unterstützt aber nicht definitiv bestätigt werden. Auch hierfür müssten weitere Untersuchungen durch das ROV unternommen werden.

4.4 Crustacea

Crustacea sind artenreich und ihre Formenvielfalt und Lebensgewohnheiten sind sehr unterschiedlich. Nur durch ihre Larve lassen sie sich eindeutig systematisch zuordnen (Westheide, 1996).

Anhand der ROV-Aufnahmen konnten 2,7 Crustacea pro 100 m am oberen und 2,6 Vertreter pro 199 m am unteren Hang vor Kunene gezählt werden. Diese Art hat einen runden Körperbau und ist ca. 10 cm groß (ohne Extremitäten) (Anhang-Abbildung 21).

Die durch ihren roten Panzer gut auszumachenden Garnelen (wahrscheinlich Penaeidae) am Hang vor Kunene, zählen zu den Crustacea und werden als beliebte Spezialität industriell gezüchtet und gefischt. Sie haben einen lang gestreckten Körperbau, der mit einer dünnen Schale bedeckt ist.

Beide Crustacea-Arten sind am oberen Hang häufiger ausgemacht worden als am unteren Hang. So sinkt die Anzahl der Garnelen von 15,3 Ind /100 m auf 2,2 Ind /100 m von der oberen auf die untere Station. Eindeutige Hinweise für das Verhalten lassen sich anhand der ROV-Aufnahmen nicht ausmachen. Mayer und Piepenburg (1996) beschreiben ein Crustaceaaufkommen in allen von ihr untersuchten Tiefen vor Grönland (190-2800), im auftriebsgebiet vor Namibia konnten jedoch nur an den tieferen Stationen Crustacea beobachtet werden.

4.5 Echinodermata (Asteroidea)

Asteroidea gehören zum Stamm der Echinodermata. Im Larvenstadium sind sie bilateral symmetrisch. Nach einer Metamorphose wechseln sie zur fünfstrahligen Radiärsymmetrie, wie an den Asteroidea deutlich auszumachen ist (Abbildung 15). Ein Vielfaches der Grundzahl ist jedoch möglich. Ambulacralfüßchen am Körper sorgen für die Fortbewegung,

den Gasaustausch und das Festsaugen am Untergrund. Sie gelten als wichtige benthische Räuber und Aasfresser (Tardent, 2005).

Die am Rocky Point beheimateten Seesterne sind äußerlich typische Vertreter ihrer Klasse. Fünfarmig und in reichlicher Anzahl scheinen sie sich gut an ihre Umgebung angepasst zu haben. Sie bevorzugen das am oberen Schelf flächendeckend mit Bakterienmatten besiedelt Habitat, da ihre Anzahl mit 99,7 Exemplaren pro 100 m auf 2,2 Ind /100 m am unteren Schelf sehr viel geringer ausfällt. Dies ist verwunderlich, da sich am oberen Schelf nach der unten ausgearbeiteten These (siehe 4.6.1) ein sauerstoffärmeres Gebiet befinden sollte. Anhand der ROV-Aufnahmen lässt sich der Grund aus welchen die Asteroidea das obere Habitat bevorzugen, nicht erschließen. In der der antarktischen Tiefsee beschreibt Brandt et al. (2006) die fünf Klassen der Echinodermata als dominierende Megafauna in Abundanz und Diversität, dies nimmt im Schelf zu. Dabei hebt er die vielfältige Morphologie der Asteroidea hervor. Bei der Beprobung im Auftriebsgebiet vor Namibia hingegen konnten nur eine Art der Asteroidea beobachtet werden, die anderen Echinodermata-Klassen traten gar nicht in Erscheinung.

4.6 Fischfauna

4.6.1 Meergrundel (*Sufflogobius bibarbatus*)

In dem Auftriebsgebiet vor Süd-West-Afrika sind erhebliche Ressourcen konzentriert, die sich in einer hohen Produktion in allen trophischen Ebenen umsetzen. Seit dem Zusammenbruch der Sardinenbestände kam es jedoch zu einer Änderung im Ökosystem. Das Schelf wird zunehmend von Medusae und *Sufflogobius bibarbatus* (Abbildung 14) bevölkert. Die kleinen Meergrundeln dienen nun Seehecht (*Merluccius capensis*), Stachelmakrele (*Trachurus trachurus*), Seehunde und Seevögel als Nahrungsquelle, da sie nicht mehr auf die Sardinen und Anchovisbestände zurückgreifen können. Obwohl die *Sufflogobius bibarbatus* einem großen Räuberdruck ausgesetzt sind, nimmt ihre Population stetig zu (Utne-Palm et al., 2010). Sie gehören zu der Familie der Gobiidae und können eine Länge von bis zu 17 cm erreichen. Sie sind in Tiefen von bis zu 340 m unter subtropischen Bedingungen bei 11°C bis 15°C im östlichen Atlantik (Namibia und Südafrika) beheimatet. Der Kopf ist recht breit und hat oben stehende Augen. Die Schwimmlinse weist eine dunkle bis schwarze Färbung auf (Miller 1990). Ihr Lebensraum ist durch Sauerstoffarmut ($< 1 \mu\text{M}$ gelöster Sauerstoff, bei $< 0,4\%$ Sauerstoffsättigung bei 12 C°), hohe Konzentrationen an Hydrogensulfid (H_2S) und Methanansammlungen gekennzeichnet (Utne-Palm et al., 2010). Die für die meisten Organismen lebensfeindlichen Bedingungen werden durch Abbauprozesse des Diatomeenschlammes verursacht, die in dicke Schichten das hohe Primärproduzentenaufkommen im Auftriebsgebiet verdeutlicht.

Untersuchungen von Utne-Palm et al. (2010) konnten belegen, dass die *Sufflogobius bibarbatus* die einzigen Vertebraten sind, die sich in dem unwirtlichen Gebiet auf dem Meeresboden aufhalten. Bei den Beprobungen durch das ROV konnten keine anderen Wirbeltiere beobachtet werden, womit die Aussage bestätigt werden kann.

Utne-Palm et al. (2010) geben eine kritische Sauerstoffsättigung von 5.3 % bei *Sufflogobius bibarbatus* an. Diese hohe Toleranz gegenüber niedrigen Sauerstoffgehalten ermöglicht der

Art ein Überleben in hypoxischen Zonen, die unter 10 % Sauerstoffsättigung liegen. Tatsächlich konnten sogar hohe Abundanzen von *Sufflogobius bibarbatus* bei Sauerstoffsättigungen von 4,7 % in sulfidreichen Diatomeenschlämmen beobachtet werden (Utne-Plam et al., 2010). Hier liegt das Sulfidaufkommen in den obersten 3 cm des Diatomeenschlammes bei 1-2 mmol. An diesem Ort verstecken sie sich den Tag über vor ihren Räubern. Diese sind nicht fähig in sauerstoffarme und sulfidreiche Ökosysteme vorzudringen.

Das Aufrechterhalten des Metabolismus auch unter anoxischen Bedingungen kann durch Lactatoxidation erklärt werden. Unter diesen Bedingungen ist die Herzfrequenz um 80% rückläufig, nach 40 min in ausreichend sauerstoffgesättigtem Wasser erholt sich diese wieder. Selbst nach 4-5 Stunden unter anoxischen Bedingungen konnte das Beibehalten des Fluchtreflexes der Tiere beobachtet werden (Utne-Palm et al. 2010). Untersuchungen von Utne-Palm (2010) ergaben, dass die Meergrundeln nachts in der Wassersäule aufsteigen. Es wird angenommen, dass sie sich hierdurch mit lebenswichtigem Sauerstoff versorgen. Des Weiteren wurde gezeigt, dass der Magen im Pelagial gefüllt ist und der Mageninhalt einen höheren Verdauungsgrad aufweist. Es wird vermutet, dass die *Sufflogobius bibarbatus* in der sauerstoffgesättigten Zone ihren Verdauungsvorgang beenden. Nachts sind sie dabei besser vor visuellen Fressfeinden geschützt und können ungestört auf Nahrungssuche gehen. Dabei verstecken sie sich zwischen den Medusae, da ihre Räuber diese Tiere meiden. Da das Auftriebsgebiet von dem ROV nur tagsüber beprobt wurde, kann das Aufsteigen der Fische nicht auf den Aufzeichnungen beobachtet werden. Aus der Zusammensetzung des Mageninhaltes lässt sich schließen, dass sich die *Sufflogobius bibarbatus* von Zooplankton und zu 17-60% von Medusae ernähren (Utne-Palm et al., 2010). Somit sind sie eine der wenig natürlichen Feinde der Cnidaria und spielen eine wichtige Rolle, um die zunehmende Medusenbiomasse in den Nahrungskreislauf zu integrieren.

Auf dem Meeresboden ergänzen sie ihre Nahrung durch benthische Polychaeten und Diatomeenschlamm, der mit den sulphid-oxidierenden Bakterien *Thiomargarita namibiensis* und *Beggiatoa spp* assoziiert wird. Die geschickte Anpassung der Meergrundeln an die lebensfeindlichen Bedingungen auf dem Schelf lässt ihre Populationsdichte zunehmen. Durch ihre Toleranz gegenüber Sauerstoffarmut und hohen Sulfidkonzentrationen sind sie im giftigen Diatomeenschlamm gut vor ihren Fressfeinden geschützt. Die reichlich vorhandenen Medusae lassen keinen Zweifel aufkommen, dass die *Sufflogobius bibarbatus* in nächster Zeit genügend Nahrung haben werden. Dies kann erklären, warum die Population trotz starken Räuberdrucks nicht abnimmt. Die zunehmende Dichte der Population wiederum stabilisiert die Abundanz der höheren trophischen Ebenen (Utne-Palm et al., 2010).

Die nun folgende Hypothese versucht das abweichende Bewegungsverhalten und die unterschiedliche Anzahl der Meergrundeln an den zwei Stationen am Rocky Point zu analysieren. Die vorgefundenen Bakterienmatten kennzeichnen diatomeenschlammreiche Gebiete, die durch Abbauprozesse hypoxische Zustände verursachen. An den Rocky Point Stationen ist ein Unterschied in den Aufnahmen gut zu erkennen, da die Bakterienmatten mit zunehmender Tiefe am Schelf abnehmen. Die großen Bakterien sind jedoch fakultativ aerob, anaerob oxidieren sie Sulfid zu Sulfat und aerob wird aus Sauerstoff und Glycogen Energie gewonnen. *Thiomargarita namibiensis* kennzeichnet Gebiete, in denen organisches Material abgebaut wird, es muss jedoch nicht zwangsläufig hypoxisch sein. Am oberen Schelf konnten mehr Exemplare von *Sufflogobius bibarbatus* gezählt werden als am unteren Schelf. Die bei 100 m starr am Grund verweilenden Fische sind mit zunehmender Tiefe agiler. Die Tiere nutzen den Diatomeenschlamm als Schutz vor Räubern, da diese ihnen nicht in

hypoxische und sulfidreiche Zonen folgen können. Dies könnte der Grund sein, aus welchem sich mehr Tiere an der oberen Station aufhielten. Da jede Muskelanspannung Sauerstoff verbraucht, könnte dies die Begründung des ruhigen Verhaltens der Meergrundeln sein. Die *Sufflogobius bibarbatus* sparen an den zur Verfügung stehenden Ressourcen, um im hypoxischen Wasser ihren Stoffwechsel stabil zu halten. Am unteren Schelf finden sich weniger Bakterienmatten und Meergrundeln, hier lässt sich eine höhere Sauerstoffkonzentration vermuten. Die *Sufflogobius bibarbatus* müssen ihren Metabolismus nicht niedrig halten, um die Grundversorgung ihres Körpers zu gewährleisten. Dies könnte das agilere Verhalten der kleinen Fische am unteren Schelf erklären. Weitere Beobachtungen am Tage und in der Nacht verbunden mit Sauerstoffmessungen sind notwendig, um diese Hypothese zu klären.

4.6.2 Weitere Fischarten

Auffällig am Hang vor Kunene ist die hohe Dichte von verschiedenen Fischarten. Da hier weder Bakterienmatten den Boden bedecken, noch *Sufflogobius bibarbatus* am Grunde weilen ist davon auszugehen, dass das Wasser gut mit Sauerstoff gesättigt und die Konzentration an Hydrogensulfid gering ist. *M. paradoxus*, der hier lebende Fressfeind des *Sufflogobius bibarbatus*, ist ein weiterer Grund für die Meergrundel das Gebiet zu meiden (Anhang-Tabelle 13).

Ein schon häufig erwähnter Räuber von *Sufflogobius bibarbatus* ist der Seehecht (*Merluccius paradoxus*) (Anhang-Abbildung 13-15). Verschiedene Vertreter konnten während der Beprobung am Hang vor Kunene ausgemacht werden. Er gehört einer Familie der Ordnung der Gadiformes an. Der Seehecht kann eine Länge von bis zu 115 cm erreichen, wobei der Durchschnitt bei 60 cm liegt und ist in Tiefen zwischen 200 und 100 m zu finden (Cohen, 1990). Auf den ROV-Aufnahmen ist er jedoch auch am oberen Hang vor Kunene bei 500 m Tiefe beobachtet worden, die Anzahl war mit 0,7 Exemplaren pro 100 m jedoch gering. *Merluccius paradoxus* unterscheidet sich von anderen Seehechten durch seinen schmalen Körperbau, wobei sein Kopf spitz zuläuft. Die Körperfarbe ist silbrig-grau. Wie der *Helicolenus dactylopterus* (Anhang-Abbildung 12) hält er sich am Grunde des Meeres auf (Cohen, 1990). Der Seehecht wird seit 1950 industriell genutzt (Atkinson et al., 2011) und als Speisefisch gefangen. Er hat sich von der intensiven Befischung seit 1990 nicht mehr erholt (Hutchings et al., 2009).

Weitere Vertreter aus der Ordnung der Gadiformes sind die Macrouridae (Anhang-Abbildung 17-18). Sie lassen sich anhand ihres Körperbaus gut von den *Merluccius paradoxus* unterscheiden. Ihr gedrungener Körper läuft zu einem spitzen Schwanz zu, der ihnen den Beinamen „Rattenschwanz“ gegeben hat. Deutlich wird dies an dem als Macrouridae "Rattail" (Anhang-Abbildung 18) bestimmten Fisch. Sein abgeflachter Kopf endet recht weit oben in einem langen dünnen Schwanz. Wobei der *Coelorinchus braueri* (Anhang-Abbildung 19) durch seinen spitz zulaufenden Kopf unverkennbar auf den Aufnahmen des ROV's auszumachen ist.

Brandt et al. (2006) beschreibt die Macrouridae als die mit am höchste Abundanz und Diversität weltweit im antarktischen Meer. Auch im Auftriebsgebiet vor Namibia sind die Macrouridae zahlreich vertreten. Da jedoch ein großer Anteil der gesichteten Fische durch schwierige Gegebenheiten nicht bestimmt werden konnte, lässt sich keine vergleichende Aussage über das Auftreten der Fische machen.

4.7 Gemeinschaftsanalyse

Bei den Zooplanktonarten Thecosomata, Thaliacea und Chaetognata waren die Artendiversität und die Bestände auf dem Schelf am geringsten (Kassatov, 2012; Kullmann, 2011; Bohata, 2011). Am Schelfhang wurden die höchste Diversität und Anzahl der Chaetognata und Thecosomata beschrieben. Gleiches lässt sich anhand der Berechnungen zu den beprobten Stationen des ROV sagen, da die Diversität mit zunehmender Entfernung von der Küste ansteigt. Auch kann mit zunehmender Tiefe am Hang vor Kunene vermehrt Zooplankton beobachtet werden.

Eine vermehrte Abundanz des Zooplanktons hat großen Einfluss auf Anzahl und Diversität in den höheren trophischen Ebenen. Da jedoch die Chaetognata und Thaliacea ihre höchste Dichte im Epipelagial haben, ist der Bezug zu den Beobachtungen der Primärkonsumenten nicht aussagekräftig, da die beprobten Stationen bis 775 m reichen.

4.8 Fazit

In dieser Arbeit wurde die Benthosbesiedlung in drei Arealen im Auftriebsgebiet vor Namibia mit Hilfe eines ROV's untersucht. Die Auswertung der Aufnahmen konnte das Verhalten der Meduse am Terrace Bay visualisieren, die mit den Tentakeln nach oben auf Beutefang gehen.

Mit den erhobenen Daten konnte das Habitat und die Lebensgewohnheiten der *Sufflogobius bibarbatatus* im Schelf analysiert werden.

Wichtige Erkenntnisse sind unter anderem, dass die Meergrundeln fähig sind in hypoxischen und mit Sulfid angereichertem Wasser zu überleben. Zwischen Hydrogensulfid-oxidierenden Bakterienmatten sind sie gut vor ihren Räubern geschützt, da diese nicht in das extreme Milieu vordringen können. Das unterschiedliche Bewegungsverhalten der Meergrundeln an den zwei Stationen am Rocky Point lässt sich anhand meiner Hypothese auf die variierende Sauerstoffsättigung des Wassers zurückführen. Des Weiteren integrieren die *Sufflogobius bibarbatatus* die seit dem Zusammenbruch der Sardinen- und Anchovisbeständen auftretende Medusenbiomasse in den Nahrungskreislauf, da sie sich von den Cnidaria ernähren. Sie sorgen so für eine höhere Diversität in allen höher liegenden trophischen Ebenen. Überraschend in meiner Untersuchung war die große Heterogenität der Benthosbesiedlung auf dem namibischen Schelf. Am Hang vor Kunene ist eine Vielzahl an Taxa zu beobachten. Diese reicht von Gastropoda bis Crustacea und auch der Räuber der Meergrundel *Merluccius paradoxus* ist hier zu finden.

Die Beprobung mit dem ROV vermittelt einen guten Eindruck der Gegebenheiten am Grunde des Meeres. Um eindeutige Aussagen über Habitate und Abundanzen machen zu können, müssen weitere Untersuchungen folgen. Interessant wären die Gebiete in denen weiträumig Phosphat abgebaut wird zu analysieren, da die Grabungsarbeiten einen starken Einfluss auf die Benthosbesiedlung haben. Hilfreich wären zusätzliche Daten die Sauerstoffgehalt, Salinität und Temperatur angeben.

5. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei Prof. Dr. Christian Möllmann und Dr. Rolf Koppelman für die Betreuung meiner Bachelorarbeit bedanken.

Im speziellen Danke ich Dr. Rolf Koppelman für die unermüdlichen Anregungen und konstruktiven Kritiken.

Im Weiteren möchte ich mich für die Hilfe von Nina Steffani und Mark Gibbons für die Bestimmung der Pennatularia bedanken

Bei Bettina Martin, Carl van der Lingen, Clifford Hart, Larvika Singh, Tracey Fairweather, Rob Cooper, Deon Durholtz und Rob Leslie möchte ich mich für die ausführliche Bestimmung der Fische bedanken.

Wichtig war auch die Unterstützung meines Freundes Steve Seim und die Mithilfe unserer Tochter Clara Werner.

6. Literaturverzeichnis

Atkinson, L. J., Field, J. G., Hutchings L. (2011): Effects of demersal trawling along the west coast of southern Africa: multivariate analysis of benthic assemblages. *Marine Ecology Progress Series* 430: 241-255

Beryman, M. (2005): Marine Invertebrates of Bermuda, Upside-down Jellyfish *Cassiopea xamachana*. zuletzt geprüft am 04.06.2012, <http://www.thecephalopodpage.org/MarineInvertebrateZoology/Cassiopeaxamachana.html>

Bohata, K. (2011): Biomass, abundance and trophic position of Chaetognatha species in the Namibian Upwelling Region. Masterarbeit, Universität Hamburg, 37 pp.

Brandt, A., Broyer, C. De, Mesel, I. De, Ellingsen, K. E., Gooday, A. J., Hilbig, B., Linse, K., Thomson, M.R.A., Tyler, P. A. (2006): The biodiversity of the deep Southern Ocean benthos. *Biological Science* 362: 39-66

Bremner, J.M. (1978): Sediments on the continental margin off south west Africa between the latitudes 17 and 25S. Ph.D. Thesis University of Cape Town, South Africa, 233 pp.

Brüchert, V, Jørgensen, B.B., Neumann, K., Riechmann, D., Schlösser, M., Schulz, H. (2003): Regulation of bacterial sulfate reduction and hydrogen sulphite fluxes in the central Namibian coastal upwelling zone. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 67, 4505-4518

Brüchert, V. et al., (2006): In Past and Present Water Column Anoxia. L. N. Neretin, Ed. (Springer, Netherlands) 161–194.

Cohen, D. M., Inada, T., Iwamoto, T., Scialabba N. (1990): *Merluccius paradoxus* Franca 1960 Deep-water Cape hake: zuletzt geprüft am 04.06.2012, <http://fishbase.sinica.edu.tw/summary/SpeciesSummary.php?id=1826>

Cury, P., Shannon, L.J. (2004): Regime shifts in upwelling ecosystems: observed changes and possible mechanisms in the northern and southern Benguela. *Progress in Oceanography* 60: 223–243.

Ekman, V.W. (1905): On the influence of the earth's rotation on ocean currents. *Arkiv Mat. Astr. Fysik*, Vol 2, 1-52 pp.

Eschmeyer, W.N., Dempster, L.J., (1990): *Helicolenus dactylopterus* (Dearoche, 1809) Blackbelly rosefish. Gefunden 30.05.2012: <http://www.fishbase.org/summary/Helicolenus-dactylopterus.html>

Gibbons, M. (2011): Specialist Study of Jellyfish in the environs of the proposed dredging of Phosphate Deposits in the Sandpiper Phosphate Mining Licence Area off the coast of Central Namibia. 2-21pp: zuletzt geprüft am 04.06.2012: <http://www.envirod.com/pdf/Appendices/Appendix%201d%20-%20Jellyfish%20Study.pdf>

Hentzsch, B. (2000): Warnemünder Wissenschaftler erkunden den Meeresboden vor Namibia. Gefunden: 19.06.2012: <http://idw-online.de/pages/en/news23407>

Hentzsch, B. (2004): Schwefelwasserstoffwolken im Ozeanwasser vor Namibia. Gefunden 30.05.2012: <http://idw-online.de/de/news75233>

Hentschel, J. E., Wagner G. H., (1999): Wörterbuch der Zoologie, 8 Auflage, UTB. Elsevier Verlag

Kassatov, P., (2012): Untersuchungen zur Verteilung und Ökologie der Thaliacea im Südostatlantik vor Namibia. Bachelorarbeit, Universität Hamburg 39 pp

Kullmann, B., (2011): Untersuchung zur Verteilung, ökologischen Rolle und trophischen Stellung der Thecosomata (Gastropoda: Opisthobranchia) auf einem Schnitt von der Küste in die offene See im Auftriebsgebiet vor Namibia. Bachelorarbeit, Universität Hamburg 32 pp

Lahajnar, N., Ankele, M., Annighöfer, M., Bode M., Bohata, K., Buchholz, F., Eckhardt, A., Ekau, W., Flohr, A., Geist, S., Gumbo, A., Hansen, A., Heene, T., Hünerlage, L., Jung, A., Koppelman, R., Kullmann, B., Kutter, J., Langenberg, F., Martin, B., Mohrholz, V., Müller, A., Neumann, A., Schkat, A., Steigüber, C., Teuber, L., Vrheye, H. (2011): MARIA S. MERIAN-Berichte xx-y, Geochemistry and Ecology of the Namibian Upwelling System, Cruise No. 17, Leg 3. Senatskommission für Ozeanographie der Deutschen Forschungsgemeinschaft, 1 pp

Lynam, C. P., Gibbons, M.J., Axelsen, B.A., Sparks, C.A.J., Coetzee, J., Heywood, B.G., Brierley, A.S. (2006): Jellyfish overtake fish in a heavily fished ecosystem. *Current Biology* 16: 492-493.

Mayer, M., Piepenburg, D., (1996): Epibenthic community patterns on the continental slope off East Greenland at 75° N. *Marine Ecology Progress Series* 143: 151-164

Miller, P. J. (1990): *Sufflogobius bibarbatus* (von Bonde, 1923) Pelagic goby: zuletzt geprüft am 04.06.2012,: <http://www.fishbase.org/summary/Sufflogobius-bibarbatus.html>

Pielou E. C. (1966): Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology* 10: 370-383

Purves, W. K., Sadava, D., Orians, G. H., Heller H. C. (2004): *Biologie*, 7 Auflage. Elsevier Verlag

Schulz, H. N., Brinkhoff, T., Ferdelman, T. G., Mariné, H. M., Teske, A., Jørgensen, B. B. (1999): Dense populations of a giant sulphur bacterium in Namibian sediments. *Science* 284: 493-495

Schulz, H. N., Schulz, H. D. (2005): Large sulfur bacteria and the formation of phosphorite. *Science* 307:416-418

Schulze-Vogt, H. N., (2012): Forschungsbericht 2012-Max-Planck-Institut für marine Mikrobiologie, Riesenbakterium im Meer. Zuletzt geprüft am 30.05.2012: http://www.mpg.de/4670997/Riesenbakterien_im_Meer?c=5732343

Shannon, C. E., Weaver, W. (1949): The mathematical theory of communication. University of Illinois Press

Simpson, E. H. (1949): Measurement of diversity. Nature 163: 688

Starmans, A. (1997): Vergleichende Untersuchung zur Ökologie und Biodiversität des Mega-Epibenthos der Arktis und Antarktis. ISSN 01766-5027, Ph D study, 129 pp

Steffani, N. (2011): Marine Benthic Specialist Study for a Proposed Development of Phosphate Deposits in the Sandpiper Phosphate Licence Area off the Coast of Central Namibia, 31 pp, Zuletzt geprüft am 24.07.2012:
<http://www.envirod.com/pdf/Appendices/Appendix%20c%20-%20Marine%20Benthic%20Study.pdf>

Tardent, P. (2005): Meeresbiologie. Thieme. Stuttgart & New York

Utne-Palm, A. C., Savanes, A. G. V., Bronwen, C., Stein, K., Nilsson, G. E., Braithwaits, V. A., Stecyk, J. A. W., Hundt, M., Van Der Bank, M., Bradley, F., Sandvik, G. K., Thor, A. K., Sweetman A. K., Brüchert, V., Pittman, K., Peard., Lunde, I. G., Strandabø, R. A. U., Gibbons, M. (2010): Trophic Structure and Community Stability in an Overfished Ecosystem. Science 329: 333, 336 pp

Westheide, W., Rieger, R., (1996) Spezielle Zoologie Teil 1: Einzeller und Wirbellose Tiere. Elsevier Verlag

6.1 Quelle des Abbildungsverzeichnisses

Bremner, J. M. (1978): Sediments on the continental margin off south west Africa between the latitudes 17 and 25S. Ph.D. Thesis University of Cape Town, South Africa. Seite 233

Schulz, H. N., Barker Jørgensen, B. (2001): Big Bacteria, in: Annual Review of Microbiology, Vol. 55, Fig. 9c

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. Elsevier Verlag, Amsterdam, Seite 227-253.

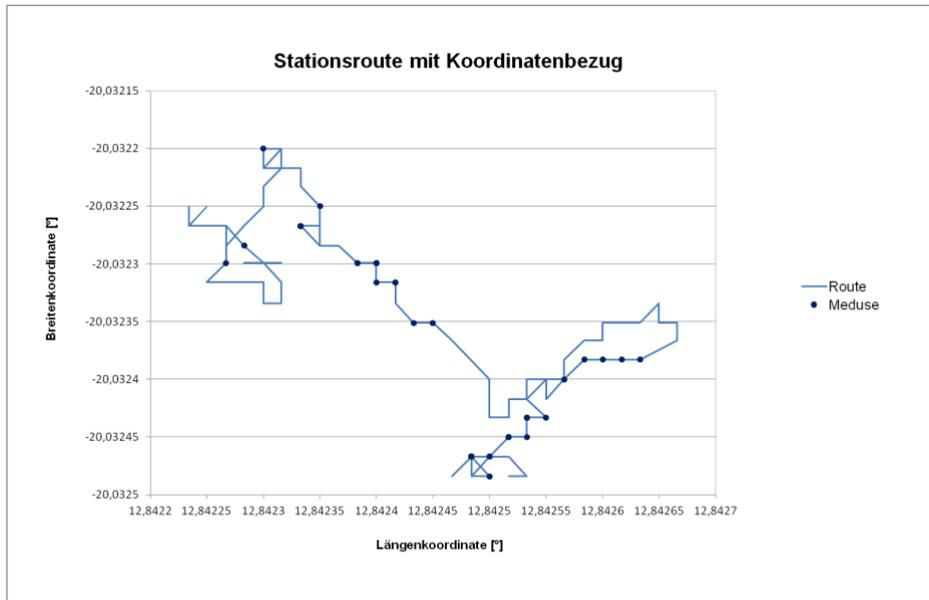
7. Anhang

Anhang-Abbildungsverzeichnis

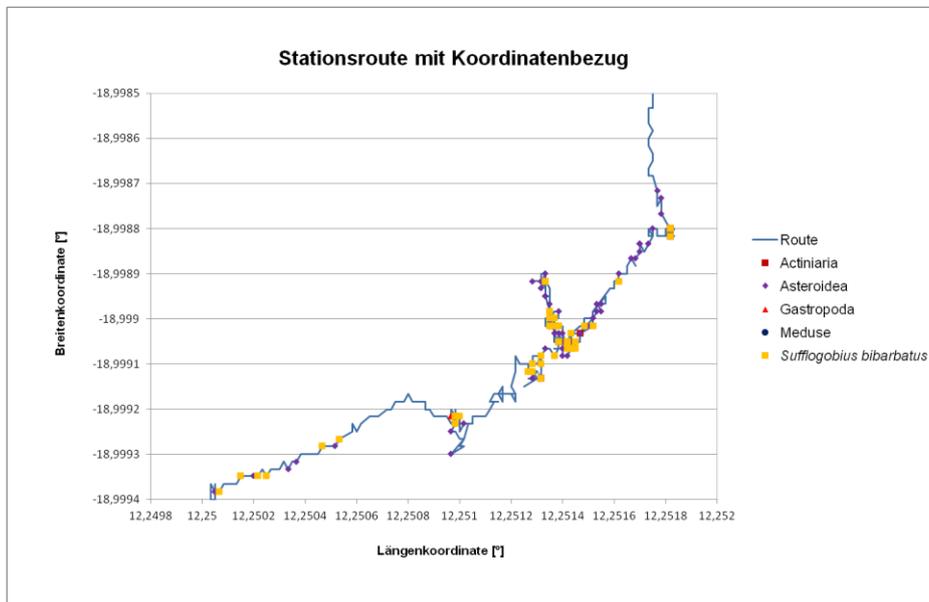
Anhang-Abbildung 1: Koordinatenbezug Terrace Bay Station 277	45
Anhang-Abbildung 2: Koordinatenbezug oberer Schelf am Rocky Point Station 282	45
Anhang-Abbildung. 3: Koordinatenbezug unterer Schelf Rocky Point Station 285	46
Anhang-Abbildung 4: Koordinatenbezug im Schelf vor Kunene Station 305	46
Anhang-Abbildung 5: Koordinatenbezug im Schelf vor Kunene Station 305	47
Anhang-Abbildung 6: Koordinatenbezug oberer Hang vor Kunene Station 314	47
Anhang-Abbildung 7: Koordinatenbezug unterer Hang vor Kunene Station 315	48
Anhang-Abbildung 8: Actinaria oberer Schelf Rocky Point, Station 282	54
Anhang-Abbildung 9: Actinaria Rocky Point Station 282 und 285	54
Anhang-Abbildung 10: Pennatulacea Rocky Point, unterer Schelf, Station 285	55
Anhang-Abbildung 11 Pennatulacea und Gastropoda vor Kunene, Station 305	55
Anhang-Abbildung 12: Blaumäulchen (<i>Helicolenus dactylopterus</i>), Station 314	56
Anhang-Abbildung 13: Seehecht (<i>Merluccius paradoxus</i>) Station 314	56
Anhang-Abbildung 14: Seehecht (<i>Merluccius paradoxus</i>) Station 314	57
Anhang-Abbildung. 15: Seehecht (<i>Merluccius paradoxus</i>) Station 314	57
Anhang-Abbildung 16: Bestimmung unsicher Station 314	58
Anhang-Abbildung 17: Macrouridae (<i>Coelorinchus simorhynchus</i>) Station 315	58
Anhang-Abbildung 18: Macrouridae Station 314	59
Anhang-Abbildung 19: Macrouridae (<i>Coelorinchus braueri</i>) Station 314	59
Anhang-Abbildung 20: Codlet (<i>Selachophidium guntheri</i>) Station 314	60
Anhang-Abbildung 21: Crustacea unterer Hang vor Kunene, Station 315	60

Anhang-Tabellenverzeichnis

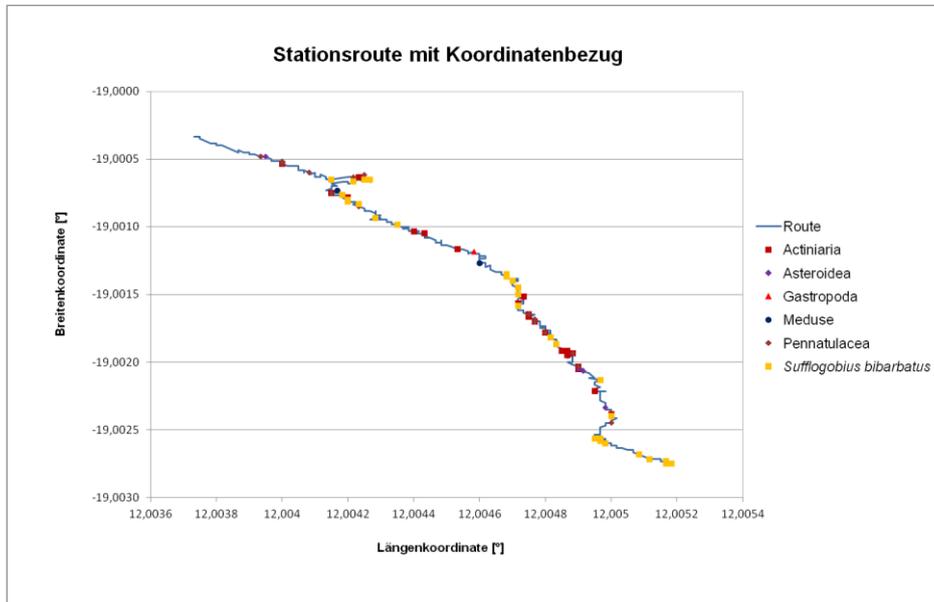
Anhang-Tabelle 1: Pennatulacea Stichproben, Schelf vor Kunene St. 305 bezogen auf m ² ..	49
Anhang-Tabelle 2: Pennatulacea Stichproben, vor Kunene St. 305 bezogen auf 100 m	49
Anhang-Tabelle 3: Gastropoda Stichproben, Schelf vor Kunene St. 305 bezogen auf m ²	50
Anhang-Tabelle 4: Gastropoda Stichproben, vor Kunene St. 305 bezogen auf 100 m	50
Anhang-Tabelle 5: Pennatulacea Stichproben, Hang vor Kunene St. 314 bezogen auf m ² ...	51
Anhang-Tabelle 6: Pennatulacea Stichproben, vor Kunene St. 314 bezogen auf 100 m	51
Anhang-Tabelle 7: Gastropoda Stichproben, Hang vor Kunene St. 314 bezogen auf m ²	52
Anhang-Tabelle 8: Gastropoda Stichproben, vor Kunene St. 314 bezogen auf 100 m	52
Anhang-Tabelle 9: Dominanz-Index nach Simpson	53
Anhang-Tabelle 10: Diversitäts-Index nach Shannen u. Weaver	53
Anhang-Tabelle 11: Gleichverteilung-Index nach Pielou	53
Anhang-Tabelle 12: Rohwerte für einzelne Taxa an den Stationen	53
Anhang-Tabelle 13: Bestimmung der Fische am Hang vor Kunene, Station 314 und 315	61



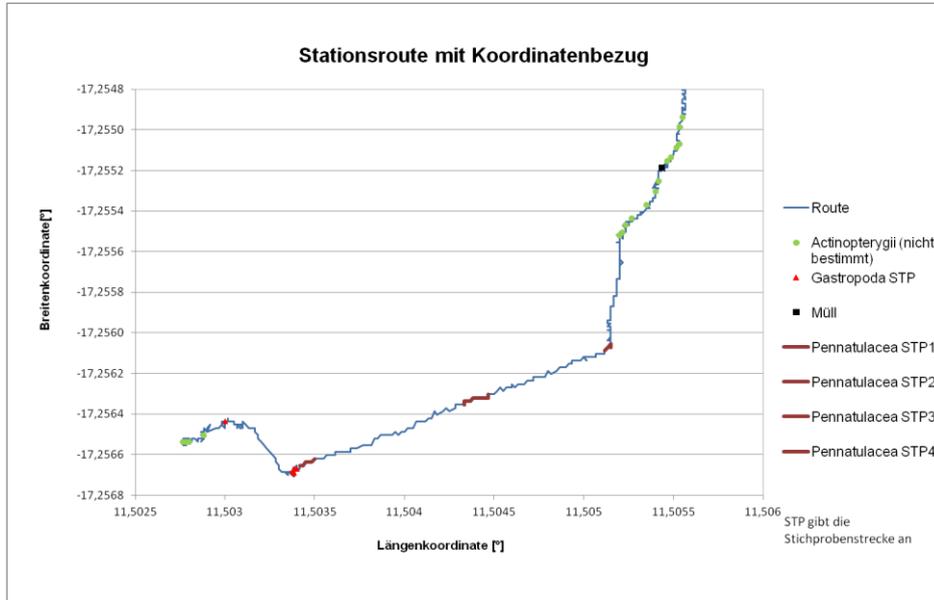
Anhang-Abbildung 1: Koordinatenbezug Terrace Bay Station 277



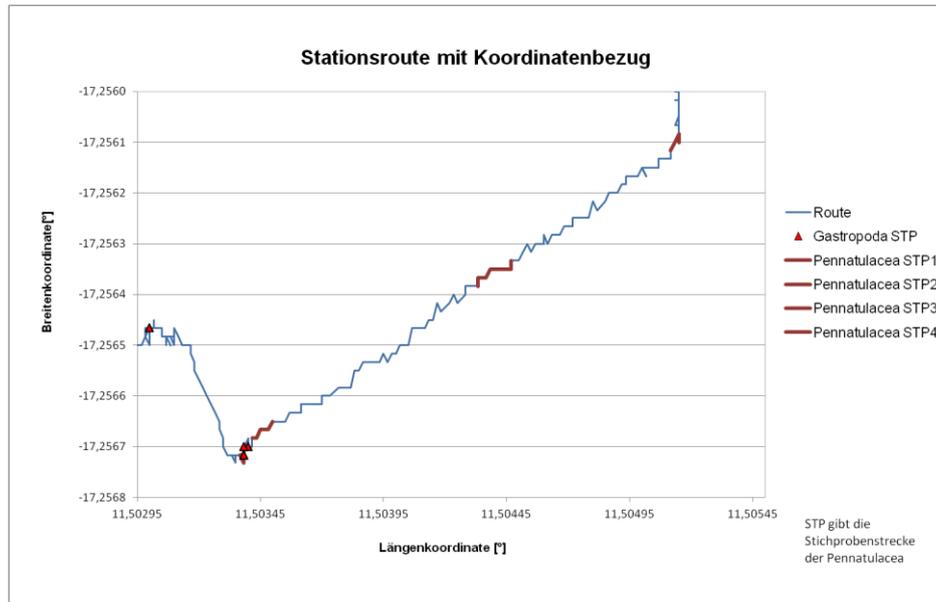
Anhang-Abbildung 2: Koordinatenbezug oberer Schelf am Rocky Point Station 282



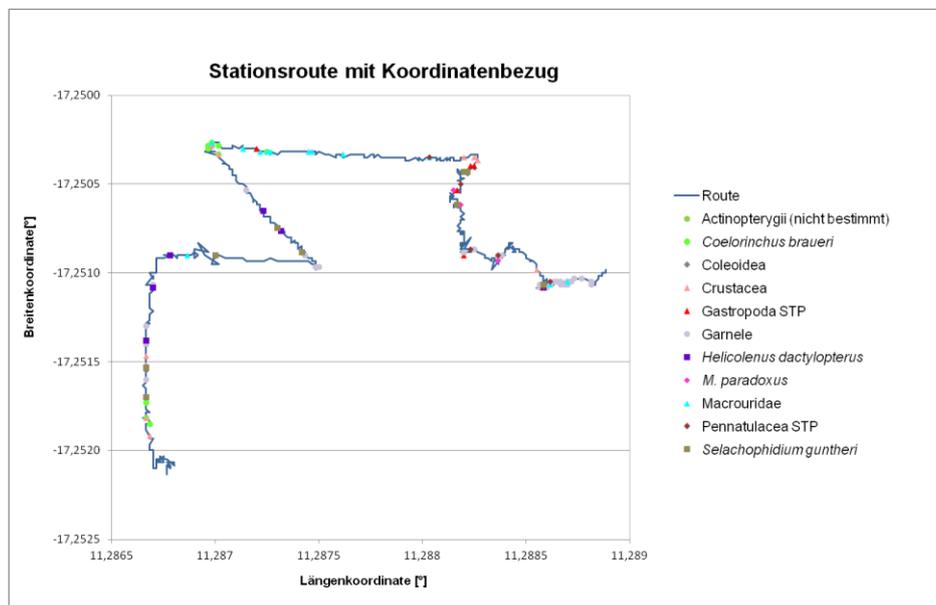
Anhang-Abbildung. 3: Koordinatenbezug unterer Schelf Rocky Point Station 285



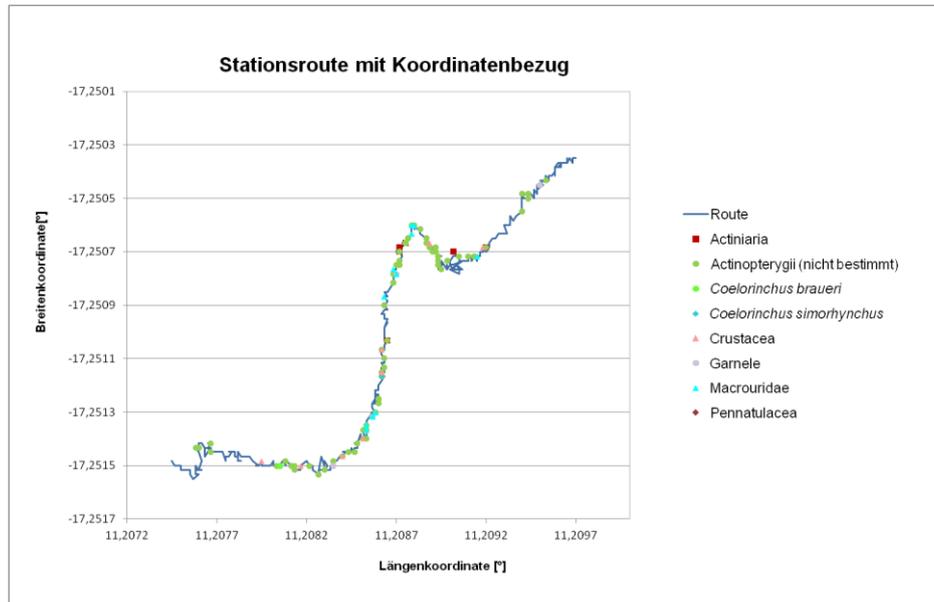
Anhang-Abbildung 4: Koordinatenbezug im Schelf vor Kunene Station 305



Anhang-Abbildung 5: Koordinatenbezug im Schelf vor Kunene Station 305



Anhang-Abbildung 6: Koordinatenbezug oberer Hang vor Kunene Station 314



Anhang-Abbildung 7: Koordinatenbezug unterer Hang vor Kunene Station 315

Anhang-Tabelle 1: Pennatulacea Stichproben, Schelf vor Kunene St. 305 bezogen auf m²

Zeit	Pennatulacea	Breite [°]	Länge [°]	dB [m]	dl [m]	dl+ [m]	dB+ [m]	dl+ [m]	Abstand [m]	Punkt gem. [m]	Bildbreite gem. [m]	Beobachtungsbreite [m]	Beobachtungsfläche [m ²]	Pennatularia/m ²
08:00:55	39	-17,25520	11,50542	-40,78104	-8,91398	-40,78104	40,78104	8,91398	3,88	0,02	0,18	0,94	3,65	10,70
08:01:46		-17,25522	11,50543	-42,44784	-12,41590	-42,44784	42,44784	12,41590						
08:15:03	53	-17,25550	11,50523	-74,00592	-33,63961	-74,00592	74,00592	33,63961	5,15	0,02	0,18	0,94	4,84	10,95
08:16:07		-17,25553	11,50520	-77,78400	-37,14152	-77,78400	77,78400	37,14152						
08:34:25	66	-17,25608	11,50515	-138,90000	-42,44733	-138,90000	42,44733	42,44733	5,07	0,02	0,18	0,94	4,75	8,22
08:35:32		-17,25612	11,50512	-142,45584	-46,05534	-142,45584	46,05534	46,05534						
08:39:00	61	-17,25622	11,50485	-153,67896	-74,28277	-153,67896	74,28277	74,28277	11,19	0,02	0,18	0,94	10,48	5,05
08:40:00		-17,25625	11,50475	-157,23480	-84,89458	-157,23480	84,89458	84,89458						
08:42:15	154	-17,25633	11,50447	-166,56888	-114,92598	-166,56888	114,92598	114,92598	15,21	0,02	0,18	0,94	14,25	10,81
08:43:22		-17,25638	11,50433	-172,23600	-129,03966	-172,23600	129,03966	129,03966						
08:45:03	112	-17,25645	11,50413	-179,68104	-150,26324	-179,68104	150,26324	150,26324	16,00	0,02	0,18	0,94	14,99	7,47
08:46:02		-17,25652	11,50400	-187,01496	-164,48300	-187,01496	164,48300	164,48300						
08:50:08	93	-17,25665	11,50350	-201,90504	-217,54188	-201,90504	217,54188	217,54188	9,50	0,02	0,18	0,94	8,90	10,45
08:51:12		-17,25668	11,50342	-205,46088	-226,34963	-205,46088	226,34963	226,34963						
08:54:00	22	-17,25672	11,50338	-209,23896	-229,95760	-209,23896	229,95760	229,95760	1,70	0,02	0,18	0,94	1,59	13,83
08:55:08		-17,25672	11,50337	-209,23896	-231,65549	-209,23896	231,65549	231,65549						
08:59:11	93	-17,25650	11,50315	-185,12592	-254,68339	-185,12592	254,68339	254,68339	5,31	0,02	0,18	0,94	4,97	18,71
09:00:12		-17,25650	11,50310	-185,12592	-259,98929	-185,12592	259,98929	259,98929						
09:05:55	103	-17,25650	11,50295	-185,12592	-275,90700	-185,12592	275,90700	275,90700	5,63	0,02	0,18	0,94	5,28	19,52
09:06:55		-17,25652	11,50290	-187,01496	-281,21288	-187,01496	281,21288	281,21288						

Anhang-Tabelle 2: Pennatulacea Stichproben, vor Kunene St. 305 bezogen auf 100 m

Zeit	Pennatulacea	Breite [°]	Länge [°]	dB [m]	dl [m]	dl+ [m]	dB+ [m]	dl+ [m]	Abstand [m]	Punkt gem. [m]	Bildbreite gem. [m]	Beobachtungsbreite [m]	Einheitslänge [m]	Pennatularia / Einheitslänge
08:00:55	39	-17,25520	11,50542	-40,78104	-8,91398	-40,78104	40,78104	8,91398	3,88	0,02	0,18	0,94	100,00	1005,58
08:01:46		-17,25522	11,50543	-42,44784	-12,41590	-42,44784	42,44784	12,41590						
08:15:03	53	-17,25550	11,50523	-74,00592	-33,63961	-74,00592	74,00592	33,63961	5,15	0,02	0,18	0,94	100,00	1028,84
08:16:07		-17,25553	11,50520	-77,78400	-37,14152	-77,78400	77,78400	37,14152						
08:34:25	66	-17,25608	11,50515	-138,90000	-42,44733	-138,90000	42,44733	42,44733	5,07	0,02	0,18	0,95	100,00	1302,87
08:35:32		-17,25612	11,50512	-142,45584	-46,05534	-142,45584	46,05534	46,05534						
08:39:00	61	-17,25622	11,50485	-153,67896	-74,28277	-153,67896	74,28277	74,28277	11,19	0,02	0,18	0,95	100,00	545,05
08:40:00		-17,25625	11,50475	-157,23480	-84,89458	-157,23480	84,89458	84,89458						
08:42:15	154	-17,25633	11,50447	-166,56888	-114,92598	-166,56888	114,92598	114,92598	15,21	0,02	0,18	0,95	100,00	1012,56
08:43:22		-17,25638	11,50433	-172,23600	-129,03966	-172,23600	129,03966	129,03966						
08:45:03	112	-17,25645	11,50413	-179,68104	-150,26324	-179,68104	150,26324	150,26324	16,00	0,02	0,18	0,95	100,00	700,02
08:46:02		-17,25652	11,50400	-187,01496	-164,48300	-187,01496	164,48300	164,48300						
08:50:08	93	-17,25665	11,50350	-201,90504	-217,54188	-201,90504	217,54188	217,54188	9,50	0,02	0,18	0,95	100,00	979,11
08:51:12		-17,25668	11,50342	-205,46088	-226,34963	-205,46088	226,34963	226,34963						
08:54:00	22	-17,25672	11,50338	-209,23896	-229,95760	-209,23896	229,95760	229,95760	1,70	0,02	0,18	0,95	100,00	1295,73
08:55:08		-17,25672	11,50337	-209,23896	-231,65549	-209,23896	231,65549	231,65549						
08:59:11	93	-17,25650	11,50315	-185,12592	-254,68339	-185,12592	254,68339	254,68339	5,31	0,02	0,18	0,95	100,00	1752,76
09:00:12		-17,25650	11,50310	-185,12592	-259,98929	-185,12592	259,98929	259,98929						
09:05:55	103	-17,25650	11,50295	-185,12592	-275,90700	-185,12592	275,90700	275,90700	5,63	0,02	0,18	0,95	100,00	1828,80
09:06:55		-17,25652	11,50290	-187,01496	-281,21288	-187,01496	281,21288	281,21288						

Anhang-Tabelle 3: Gastropoda Stichproben, Schelf vor Kunene St. 305 bezogen auf m²

Zeit	Gastropoda	Breite [°]	Länge [°]	dB [m]	dt. [m]	Punkt gem. [m]	Bildbreite gem. [m]	Bildhöhe gem. [m]	Beobachtungsbreite [m]	Beobachtungshöhe [m]	Beobachtungsfläche [m ²]	Gastropoda/m ²
08:52:19	40	-17,25670	11,50340	-207,34992	-228,15362	0,05	0,18	0,15	0,40	0,32	0,13	313,83
08:53:29	52	-17,25670	11,50338	-207,34992	-229,95762	0,05	0,18	0,15	0,40	0,32	0,13	407,58
08:54:34	29	-17,25672	11,50338	-209,23896	-229,95760	0,05	0,18	0,15	0,37	0,30	0,11	258,88
08:55:07	43	-17,25672	11,50338	-209,23896	-229,95760	0,04	0,18	0,15	0,41	0,34	0,14	308,05
09:04:37	130	-17,25647	11,50300	-181,34784	-270,60115	0,03	0,18	0,15	0,57	0,47	0,27	484,04
												354,55

Anhang-Tabelle 4: Gastropoda Stichproben, vor Kunene St. 305 bezogen auf 100 m

Zeit	Gastropoda	Breite [°]	Länge [°]	dB [m]	dt. [m]	Punkt gem. [m]	Bildbreite gem. [m]	Bildlänge gem. [m]	Beobachtungsbreite [m]	Beobachtungslänge [m]	Einheitslänge [m]	Gastropoda / Einheitslänge
08:52:19	40	-17,25670	11,50340	-207,34992	-228,15362	0,05	0,18	0,15	0,40	0,32	100,00	12413,79
08:53:29	52	-17,25670	11,50338	-207,34992	-229,95762	0,05	0,18	0,15	0,40	0,32	100,00	16137,93
08:54:34	29	-17,25672	11,50338	-209,23896	-229,95760	0,05	0,18	0,15	0,37	0,30	100,00	9600,00
08:55:07	43	-17,25672	11,50338	-209,23896	-229,95760	0,04	0,18	0,15	0,41	0,34	100,00	12751,72
09:04:37	130	-17,25647	11,50300	-181,34784	-270,60115	0,03	0,18	0,15	0,57	0,47	100,00	27793,10
												15739,31

Anhang-Tabelle 5: Pennatulacea Stichproben, Hang vor Kunene St. 314 bezogen auf m²

Zeit	Pennatulacea	Breite [°]	Länge [°]	dB [m]	dl [m]	Punkt gem. [m]	Bildbreite gem. [m]	Bildhöhe gem. [m]	Beobachtungsbreite [m]	Beobachtungshöhe [m]	Beobachtungsfläche [m ²]	Pennatulacea/m ²
08:23:44	9	-17,25105	11,288616	-7,44504	-28,4404849	0,04	0,18	0,15	0,45	0,36	0,16	55,79
08:25:20	12	-17,251084	11,288583	-11,22312	-31,942479	0,01	0,18	0,15	1,27	1,04	1,32	9,11
08:35:57	43	-17,250917	11,288366	7,33392	-54,9708276	0,02	0,18	0,15	1,19	0,97	1,15	37,49
08:41:42	27	-17,2509	-17,250867	11,288233	12,88992	0,01	0,18	0,15	1,78	1,45	2,58	10,46
08:54:19	6	-17,250999	11,288233	64,89408	-69,085153	0,03	0,18	0,15	0,52	0,43	0,22	26,87
09:10:20	19	-17,25035	11,288033	70,33896	-90,3094943	0,01	0,18	0,15	1,27	1,04	1,32	14,43
												25,69

Anhang-Tabelle 6: Pennatulacea Stichproben, vor Kunene St. 314 bezogen auf 100 m

Zeit	Pennatulacea	Breite [°]	Länge [°]	dB [m]	dl [m]	Punkt gem. [m]	Bildbreite gem. [m]	Bildhöhe gem. [m]	Beobachtungsbreite [m]	Beobachtungslänge [m]	Einheitslänge [m]	Pennatulacea / Einheitslänge
08:23:44	9	-17,25105	11,288616	-7,44504	-28,4404849	0,04	0,18	0,15	0,45	0,36	100,00	2482,76
08:25:20	12	-17,251084	11,288583	-11,22312	-31,942479	0,01	0,18	0,15	1,27	1,04	100,00	1158,62
08:35:57	43	-17,250917	11,288366	7,33392	-54,9708276	0,02	0,18	0,15	1,19	0,97	100,00	4448,28
08:41:42	27	-17,2509	-17,250867	11,288233	12,88992	0,01	0,18	0,15	1,78	1,45	100,00	1862,07
08:54:19	6	-17,250999	11,288233	64,89408	-69,085153	0,03	0,18	0,15	0,52	0,43	100,00	1406,90
09:10:20	19	-17,25035	11,288033	70,33896	-90,3094943	0,01	0,18	0,15	1,27	1,04	100,00	1834,48
												2198,85

Anhang-Tabelle 7: Gastropoda Stichproben, Hang vor Kunene St. 314 bezogen auf m²

Zeit	Gastropoda	Breite [°]	Länge [°]	dB [m]	dt. [m]	Punkt gem. [m]	Bildbreite gem. [m]	Bildhöhe gem. [m]	Beobachtungsbreite [m]	Beobachtungshöhe [m]	Beobachtungsfäche [m ²]	Gastropoda/m ²
08:25:18	22	-17,25108	11,28858	-11,22312	-31,94248	0,02	0,18	0,15	1,05	0,85	0,89	24,63
08:27:00	12	-17,25107	11,28857	-9,33408	-33,64042	0,02	0,18	0,15	0,94	0,76	0,71	16,78
08:36:00	19	-17,25090	11,28837	9,22296	-54,97083	0,02	0,18	0,15	1,11	0,91	1,01	18,85
08:43:11	47	-17,25090	11,28820	9,22296	-72,58697	0,02	0,18	0,15	1,11	0,91	1,01	46,62
08:53:27	18	-17,25053	11,28817	49,89288	-76,08912	0,01	0,18	0,15	1,27	1,04	1,32	13,67
09:02:11	6	-17,25040	11,28823	64,89408	-69,08515	0,05	0,18	0,15	0,33	0,27	0,09	67,79
09:02:47	19	-17,25040	11,28825	64,89408	-67,28109	0,04	0,18	0,15	0,45	0,36	0,16	117,78
09:17:57	23	-17,25030	11,28720	75,89496	-178,70885	0,02	0,18	0,15	1,11	0,91	1,01	22,81
41,12												

Anhang-Tabelle 8: Gastropoda Stichproben, vor Kunene St. 314 bezogen auf 100 m

Zeit	Gastropoda	Breite [°]	Länge [°]	dB [m]	dt. [m]	Punkt gem. [m]	Bildbreite gem. [m]	Bildhöhe gem. [m]	Beobachtungsbreite [m]	Beobachtungslänge [m]	Einheitslänge [m]	Gastropoda / Einheitslänge
08:25:18	22	-17,25108	11,28858	-11,22312	-31,94248	0,02	0,18	0,15	1,05	0,85	100,00	2579,31
08:27:00	12	-17,25107	11,28857	-9,33408	-33,64042	0,02	0,18	0,15	0,94	0,76	100,00	1572,41
08:36:00	19	-17,25090	11,28837	9,22296	-54,97083	0,02	0,18	0,15	1,11	0,91	100,00	2096,55
08:43:11	47	-17,25090	11,28820	9,22296	-72,58697	0,02	0,18	0,15	1,11	0,91	100,00	5186,21
08:53:27	18	-17,25053	11,28817	49,89288	-76,08912	0,01	0,18	0,15	1,27	1,04	100,00	1737,93
09:02:11	6	-17,25040	11,28823	64,89408	-69,08515	0,05	0,18	0,15	0,33	0,27	100,00	2234,48
09:02:47	19	-17,25040	11,28825	64,89408	-67,28109	0,04	0,18	0,15	0,45	0,36	100,00	5241,38
09:17:57	23	-17,25030	11,28720	75,89496	-178,70885	0,02	0,18	0,15	1,11	0,91	100,00	2537,93
2898,28												

Anhang-Tabelle 9: Dominanz-Index nach Simpson

Actiniaria	0	0,000441883	0,25	0	0	0,022181983
Asteroidea	0	0,642886129	0,002177778	0	0	0
Blaumäulchen (<i>Helicolenus dactylopterus</i>)	0	0	0	0	5,15343E-08	0
Codlet (<i>Selachophidium guntheri</i>)	0	0	0	0	8,51894E-08	0
Coleoidea	0	0	0	0	1,05172E-09	0
Crustacea	0	0	0	0	2,6924E-07	0,036668176
Garnele	0	0	0	0	8,90176E-06	0,007243096
Gastropoda	0	3,60721E-05	4,44444E-05	0,868956467	0,319991351	0
Macrouridae	0	0	0	0	2,6924E-07	0,088727931
Macrouridae (<i>Coelorinchus braueri</i>)	0	0	0	0	2,06137E-07	0,000452694
Macrouridae (<i>Coelorinchus simorhynchus</i>)	0	0	0	0	0	0,000452694
Meduse	1	9,01803E-06	0,0004	0	0	0
Pennatulacea	0	0	0,0256	0,004599777	0,184183294	0,054775917
Sehecht (<i>M. paradoxus</i>)	0	0	0	0	1,68275E-08	0
<i>Sufflogobius bibarbatus</i>	0	0,028280533	0,071111111	0	0	0
Dominanz-Index (nach Simpson)	1,00	0,67	0,35	0,87	0,50	0,21

Anhang-Tabelle 10: Diversitäts-Index nach Shannen u. Weaver

Actiniaria		-0,08118807	-0,34657359			-0,28360983
Asteroidea		-0,17711307	-0,14302051			
Blaumäulchen (<i>Helicolenus dactylopterus</i>)					-0,00190474	
Codlet (<i>Selachophidium guntheri</i>)					-0,0023756	
Coleoidea					-0,00033521	
Crustacea					-0,00392475	-0,31651717
Garnele					-0,01734843	-0,20968964
Gastropoda		-0,03072069	-0,03340424	-0,06546793	-0,32228397	
Macrouridae					-0,00392475	-0,36075029
Macrouridae (<i>Coelorinchus braueri</i>)					-0,00349478	-0,08191803
Macrouridae (<i>Coelorinchus simorhynchus</i>)						-0,08191803
Meduse	0	-0,01744187	-0,07824046			
Pennatulacea			-0,29321303	-0,18249951	-0,36303648	-0,33988884
Sehecht (<i>M. paradoxus</i>)					-0,00116102	
<i>Sufflogobius bibarbatus</i>		-0,29980866	-0,35246822			
Diversitäts-Index (nach Shannen u. Weaver)	0,00	0,61	1,25	0,25	0,72	1,67

Anhang-Tabelle 11: Gleichverteilung-Index nach Pielou

Station	277	282	285	305	314	315
Gleichverteilungsindex (nach Pielou)	0,00	0,13	0,32	0,03	0,08	0,63

Anhang-Tabelle 12: Rohwerte für einzelne Taxa an den Stationen

Station	277	282	285	305	314	315
Tiefe [m]	100	110	205	150	500	775
Routenlänge begradigt [m]	114	268	322	425	602	335
Actiniaria		7	75			7
Actinopterygii				24	148	135
Asteroidea		267	7			
Blaumäulchen (<i>Helicolenus dactylopterus</i>)					7	
Codlet (<i>Selachophidium guntheri</i>)					9	
Coleoidea					1	
Crustacea					16	9
Garnele					92	4
Gastropoda		2	1			
Macrouridae					16	14
Macrouridae (<i>Coelorinchus braueri</i>)					14	1
Macrouridae (<i>Coelorinchus simorhynchus</i>)						1
Meduse	231	1	3			
Pennatulacea			24	1		11
Sehecht (<i>M. paradoxus</i>)					4	
<i>Sufflogobius bibarbatus</i>		56	40			

Als Actinopterygii wurden die Fische bezeichnet, die nicht bestimmt werden konnten.



Anhang-Abbildung 8: Actinaria oberer Schelf Rocky Point, Station 282



Anhang-Abbildung 9: Actinaria Rocky Point Station 282 und 285



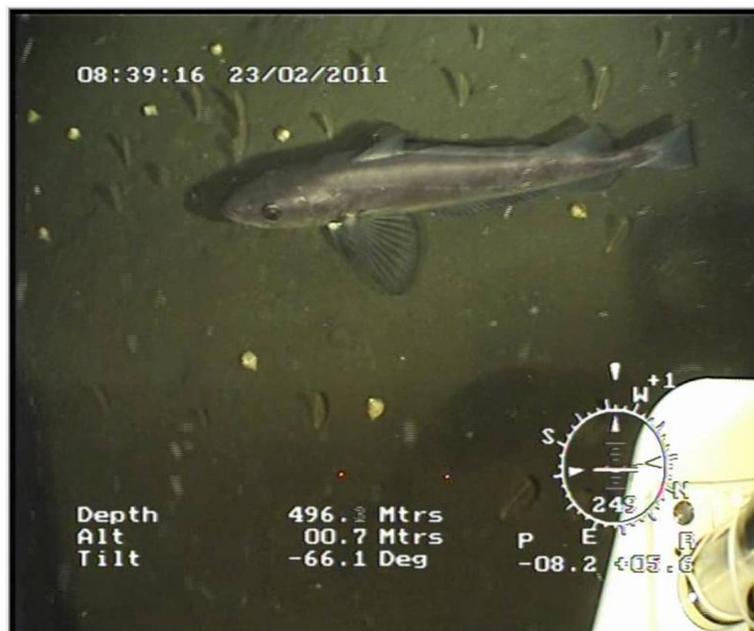
Anhang-Abbildung 10: Pennatulacea Rocky Point, unterer Schelf, Station 285



Anhang-Abbildung 11 Pennatulacea und Gastropoda vor Kunene, Station 305



Anhang-Abbildung 12: Blaumäulchen (*Helicolenus dactylopterus*), Station 314



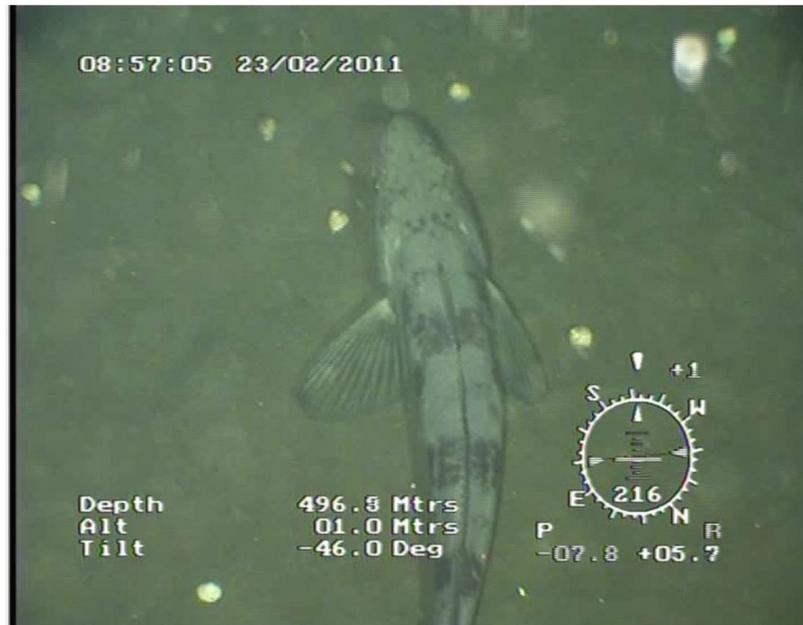
Anhang-Abbildung 13: Seehecht (*Merluccius paradoxus*) Station 314



Anhang-Abbildung 14: Seehecht (*Merluccius paradoxus*) Station 314



Anhang-Abbildung. 15: Seehecht (*Merluccius paradoxus*) Station 314



Anhang-Abbildung 16: Bestimmung unsicher Station 314



Anhang-Abbildung 17: Macrouridae (*Coelorinchus simorhynchus*) Station 315



Anhang-Abbildung 18: Macrouridae Station 314



Anhang-Abbildung 19: Macrouridae (*Coelorinchus braueri*) Station 314



Anhang-Abbildung 20: Codlet (*Selachophidium guntheri*) Station 314



Anhang-Abbildung 21: Crustacea unterer Hang vor Kunene, Station 315

Anhang-Tabelle 13: Bestimmung der Fische am Hang vor Kunene, Station 314 und 315

Abb-Anh #	C Hart	T Fairweather	L Singh	D Durholtz	R Leslie
12	Jacopever (<i>Helicolenus dactylopterus</i>)	Jacopever	Jacopever	Jacopever (<i>Helicolenus dactylopterus</i>) - I don't think it's a false jacopever (<i>Sebastes capensis</i>) because of the body markings	Jacopever <i>Helioclinus dactylopterus</i>
13	Hake (likely <i>M. paradoxus</i> given depth)	Hake (<i>Merluccius spp</i>)	Hake (<i>Merluccius spp</i>)	Hakes - probably <i>Merluccius paradoxus</i> given the depth	Hake - Probably <i>Merluccius paradoxus</i>
14	Hake (likely <i>M. paradoxus</i> given depth)	Hake (<i>Merluccius spp</i>)	Hake (<i>Merluccius spp</i>)	Hakes - probably <i>Merluccius paradoxus</i> given the depth	Hake - Probably <i>Merluccius paradoxus</i>
15	Hake (likely <i>M. paradoxus</i> given depth)	Hake (<i>Merluccius spp</i>)	Hake (<i>Merluccius spp</i>)	Hakes - probably <i>Merluccius paradoxus</i> given the depth	Hake - Probably <i>Merluccius paradoxus</i>
16	Unsure	Dragonet?	Unsure (not dragonet)	Hakes - probably <i>Merluccius paradoxus</i> given the depth	Deepwater Hake <i>Merluccius paradoxus</i>
17	Rattail (<i>Coelorinchus simorhynchus</i>)	Rattail	Rattail (roughrat)	Unsure – don't think it's a Macrourid	<i>Coelorinchus simorhynchus</i>
18	Rattail?	Rattail?	Rattail (roughrat)	Unsure – don't think it's a Macrourid	<i>Coelorinchus simorhynchus</i>
19	Sharp-nosed rattail (<i>Coelorinchus braueri</i>)	Sharp-nosed rattail (<i>Coelorinchus braueri</i>)	Sharp-nosed rattail (<i>Coelorinchus braueri</i>)	One of the grenadiers (Macrouridae), probably <i>Coelorhynchus braueri</i>	<i>Coelorinchus braueri</i>
20	Codlet (<i>Selachophidium guntherii</i>)	Codlet (<i>Selachophidium guntherii</i>)	Codlet?	Hake (<i>M paradoxus</i>)	Gadoid. My best guess is hake, but I am not confident

Im Text wurden die deutschen Namen der Fische verwendet, so ist Jacopever unter Blaumäulchen, Hake unter Seehecht und Rattail unter Macrouridae zu finden.