

Forschungsbericht

Zum Projekt „Erhöhung der fischereilichen Wertigkeit von Seegebieten an der Küste Mecklenburg-Vorpommerns durch Errichtung künstlicher Unterwasserhabitats. Aufbau eines Großriffs im Fischereischutzgebiet Nienhagen“



DRM 9

Untersuchung der Wirkung von künstlichen Hartsubstraten auf natürliche Habitats am Großriff Nienhagen

Vergleichende Ergebnisse 2003 bis 2006

Berichtersteller: Norbert Schulz
Mitarbeit: Anselm Dumke, Gerd-Michael Arndt, Renate Eggers
Sedimentökologische Untersuchungen: Mitarbeit Büro AquaSed
Benthosökologische Untersuchungen: Peter Möller, Dr. Mathias Röhner



Butterfisch (*Pholis gunellus*) an einer verdrifteten Plane.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	3
2. Zeitlicher Ablauf der Arbeiten	4
3. Resultate und Schlussfolgerungen	4
3.1. Ökologische Auswirkungen der Riffstrukturen	4
3.1.1. Sedimentökologie	4
3.1.2. Anpassung des Fischverhaltens an die Riffstrukturen (Unterwasservideo- Analyse)	19
3.2. Daten der Wetterstation am Riff 2004 bis 2006	31
3.3. Strömungsverhältnisse im Riffgebiet und in einem Kontrollgebiet außerhalb des Riffs	34
3.4. Erprobung einer Messsonde der Firma AMT	36
3.5. Benthosbeprobungen an den Riffstrukturen und im Referenzgebiet	38
4. Zusammenfassung	47
5. Anhang Benthosökologie	

Der Bericht enthält 9 Tabellen und 43 Graphiken.

1. Einleitung

Die Einbringung von großflächigen künstlichen Unterwasserstrukturen in ein „ungestörtes“ Unterwassergebiet kann zu Veränderungen in diesem Gebiet führen. Mit einer Fläche von ca. 4 ha ist eine in der Ostsee einmalige künstliche Unterwasserlandschaft entstanden, bestehend aus Betonelementen verschiedener Form und Größe. Dennoch handelt es sich nicht um ein kompaktes Bauwerk. Sowohl die einzelnen Elemente (Tetrapoden, Riffkegel, Stapelringe) als auch die Elemente- Gruppen weisen eine räumliche Distanz voneinander auf. Das führt dazu, dass Effekte auf den umgebenden Meeresboden nicht dauerhaft sind, sondern einer diskontinuierlichen Veränderung unterliegen. So sind z. B. keine dauerhaften Sedimentverlagerungen zu beobachten, allenfalls kommt es strömungsbedingt zu kurzfristigen Veränderung der Sedimentoberflächen. Effekte lassen sich auch durch Biomasse- und Abundanzveränderungen der Infauna, also der im Boden lebenden Organismen und der Epifauna, auf dem Boden lebendes Makrozoobenthos feststellen.

Das Ziel des Projektes bestand in der Untersuchung der ökologischen Auswirkungen der künstlichen Riffstrukturen auf natürliche Habitatstrukturen in unmittelbarer Nähe der Riffstrukturen. Dazu wurden Sedimentstrukturen und Strömungsverhältnisse im Riff mit natürlich belassenen Habitaten in einem Kontrollgebiet (Sedimente: Börgerende; Strömungen: außerhalb des Riffs, ca. 250m westlich der Riffstrukturen) miteinander verglichen. Bestimmt wurden die räumlichen und zeitlichen Veränderungen der Hart- und Weichsubstrate, mit Schwerpunkt auf die Vergleichbarkeit (Similarity) zu Habitaten räumlich deutlich entfernt vom Großriff (Kontrollgebiet), die Veränderungen der Sedimentstrukturen und der Strömungsverhältnisse.

Darüber hinaus wurden mittels Unterwasserphotographie und videooptischer Unterwasseraufnahmen verhaltensökologische Auswirkungen der Strukturen auf ausgewählte Organismen, insbesondere Fische, bewertet. Innerhalb des Gesamtforschungskonzepts „Großriff Nienhagen“ zielen Untersuchungen zur Wirkung der Elemente auf die Fläche auf die Lösung folgende Aufgabenschwerpunkte ab:

1. Untersuchung der ökologischen Auswirkungen der Riffstrukturen auf die natürliche Habitatstruktur zwischen den Riffelementen und in der näheren Umgebung innerhalb des Riffareals, Auswaschungen, Ablagerungen, Veränderungen des Sedimenttransportes und der Sedimentation im Riffkomplex und im Vergleich zum Referenzgebiet.
2. Untersuchung der Veränderungen der Makro- und (Mikroströmungen) im Riffkomplex und in der unmittelbaren Umgebung westlich des Riffs (Kontrollgebiet).
3. Verhaltensbiologische Veränderungen der „Riff-Fische“.

Als Leistungsbausteine des Forschungsvertrages können folgenden Fragestellungen angesehen werden.

- Gibt es jährliche zeitliche und räumliche Effekte oder sind diese nur saisonal?
- Welche Auswirkungen haben die künstlich geschaffenen Habitats auf die natürliche Umgebung?
- Verändern sich Strömungsverhältnisse und Sedimentzusammensetzung?
- Führt das Vorhandensein der Strukturen zu anderen Verhaltensweisen der Fische?

2. Zeitlicher Ablauf der Arbeiten

Die ökologischen Arbeiten wurden in den meisten Fällen parallel zu den fischereilichen Untersuchungen in einem monatlichen Abstand seit Herbst 2003 durchgeführt. Der Einbau der Unterwasserkameras erfolgte jeweils im Frühjahr der Untersuchungsjahre. Im Jahresverlauf wurden Modifikationen an den Standorten und an der Kameratechnik vorgenommen, so dass über den gesamten Untersuchungszeitraum, mit kurzen zeitlichen Unterbrechungen, Bildmaterial bereitgestellt und ausgewertet wurde. Sedimentökologische Untersuchungen wurden gleichfalls regelmäßig durchgeführt. Die Abschätzung der Strömungsverhältnisse beschränkte sich auf einen längeren Zeitraum von Mai 2004 bis März 2005. Da keine eigene Technik zur Verfügung stand musste auf technische Hilfe des Instituts für Ostseeforschung Warnemünde zurückgegriffen werden.

3. Resultate und Schlussfolgerungen

3.1. Ökologische Auswirkungen der Riffstrukturen

3.1.1. Sedimentökologie

Künstliche Unterwasserstrukturen beeinflussen im Allgemeinen Strömungsverhältnisse in und an den Strukturen, die nachfolgend zu kleinräumigen Veränderungen der Sedimenttransporte führen können. Untersuchungen von Sedimentproben aus dem Bereich des „Künstlichen Riffs Nienhagen“ und des auch für die fischereilichen Beprobungen gewählten Referenzgebietes ergeben folgende Aussagen.

Methode:

Die Probennahmestellen befinden sich im Bereich des Künstlichen Riffs Nienhagen an folgenden Strukturen:

- Mast
- Tetrapoden
- Riffkegel
- Stapelringe
- Steinfeld Neu (ab 2006)
- Steinfeld Alt (ab 2006).

Zusätzlich wurden zu Vergleichszwecken Proben aus dem Referenzgebiet entnommen. Die Probennahme erfolgte durch Taucher, ab 2006 in einmonatigem Abstand. Durch die Verwendung eines definierten Maßes bei der Entnahme ist sowohl im Flächen- als auch im Volumenbezug eine Vergleichbarkeit gegeben. Auch sind prinzipiell die gleichen Probennahmestellen untersucht worden.

In den Jahren 2003 bis 2005 erfolgte die Probennahme diskontinuierlich. Im Zeitraum 2005 und 2006 wurden insgesamt 21 Beprobungen mit jeweils 5 bzw. ab dem Jahr 2006 7 Sedimentproben durchgeführt. Dabei wurden folgende Sedimentparameter analysiert:

- Wassergehalt
- organischer Gehalt
- mittlere Korngröße.

Die Untersuchungen wurden nach standardisierten Methoden durchgeführt. Dazu gehört die Trocknung bei 105 °C zur Bestimmung des Wassergehaltes. Der organische Gehalt wurde über den Glühverlust des getrockneten Sedimentes errechnet. Das Muffeln fand bei 550 °C statt. Die mittlere Korngröße wurde durch eine Nasssiegung ermittelt. Die Siebung erfolgte über einen Siebsatz mit folgenden Siebgrößen:

- 1000 µm
- 500 µm
- 250 µm
- 125 µm
- 63 µm

Die mittlere Korngröße wurde durch das Verrechnen der einzelnen Siebanteile zu 100 % ermittelt. Dies ist möglich, da die Ausgangsmasse bestimmt wird und der Rest, der nicht auf

den getrockneten Sieben wiedergefunden werden kann, als Verlust $< 63 \mu\text{m}$ definiert ist. Die Trocknung erfolgte ebenfalls bei $105 \text{ }^\circ\text{C}$, über einem Zeitraum von mindestens 4 h bzw. bis zur Gewichtskonstanz.

Ergebnisse:

Zunächst werden wichtige Sedimentparameter aus den Untersuchungsjahren 2003 und 2004 verglichen.

2003:

Vor dem Einbau der neuen Riffstrukturen wurden die Sedimentproben im Riffgebiet zufällig verteilt entnommen. Bei diesen Stationen überwogen die Mittelsande. Die Sedimentstrukturen im Riffgebiet sind insgesamt sehr heterogen.

Betrachtet man die Sedimentstrukturen im Riffgebiet insgesamt, so waren in der Nähe der Tetrapoden und bei den Riffkegeln mehr Steine und Kiese anzutreffen. Grobsande überwogen bei den alten Strukturen und in der Nähe des Telemetriemastes. Die Mittelsande überwogen an der Steinschüttung, bei den Stapelringen und bei den Zufallsproben. Bei Gewichtung aller Proben ergab sich folgende Abstufung der Häufigkeiten: Mittelsande, Steine und Kiese, Grobsande, Feinsande und Schluff. Die beiden letzteren Sediment- Korngrößen waren gegenüber den anderen Korngrößen nur gering vertreten (Abb. 1 und 2).

Im Referenzgebiet war die Sedimentstruktur durch die Grobsande bestimmt, jedoch waren die Unterschiede zu den Kiesen und Mittelsanden nicht sehr groß (Abb. 3). Auch hier ist der geringe Anteil von Feinsanden und Schluff bemerkenswert.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die hier beschriebenen Sedimente nur eine geringe Auflage über der hauptsächlich vorhandenen Mergelschicht bilden.

Vergleicht man die Proben aus dem Riff- und dem Referenzgebiet (Abb. 4) so sind nur geringe Unterschiede festzustellen. Insgesamt überwiegen bei den Sedimenten im gesamten Seegebiet Grob- und Mittelsande sowie kleine Steine und Kiese.

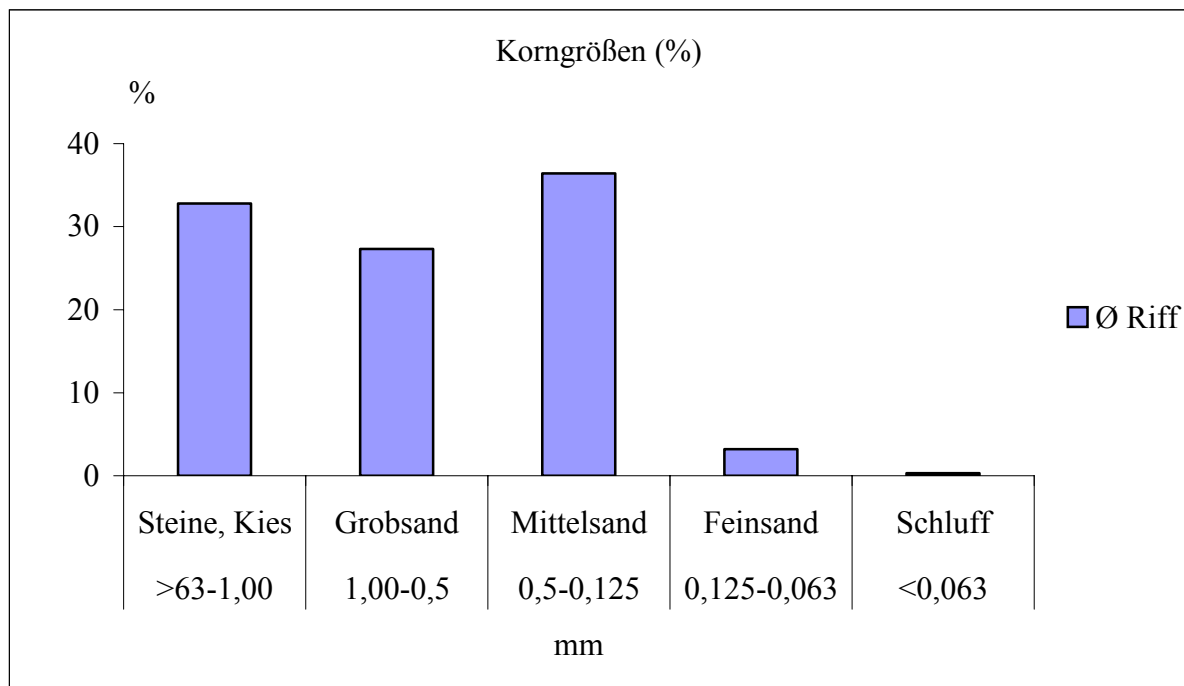


Abb. 1: Korngrößen im Riffgebiet 2003, Durchschnitt aller Proben.

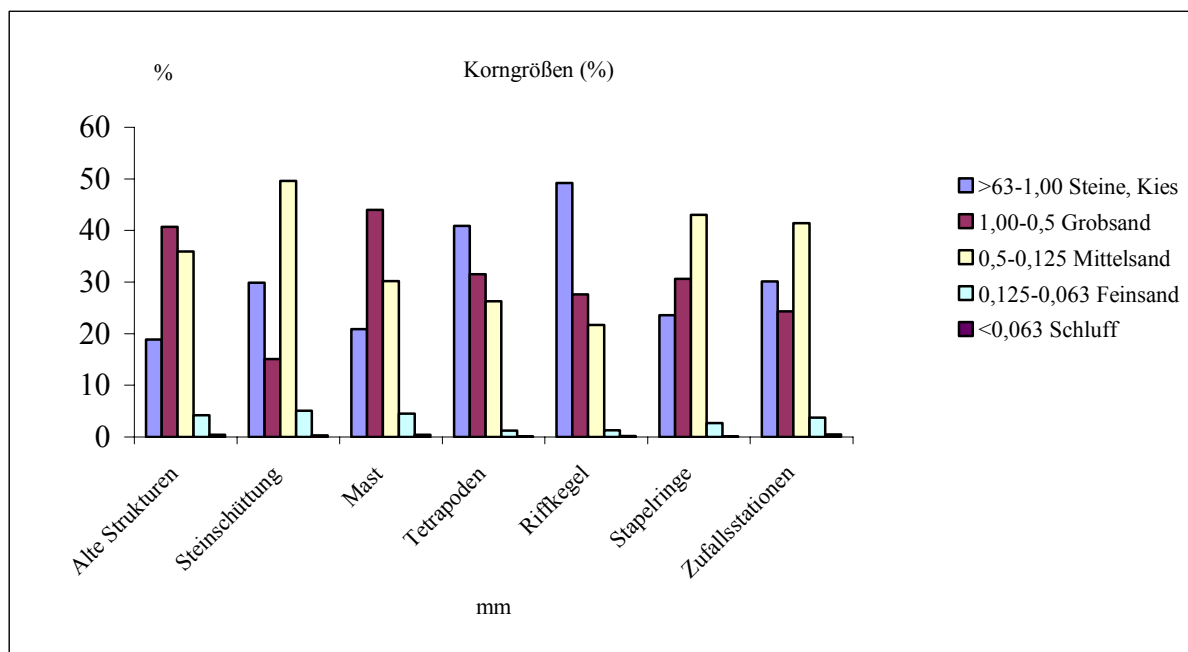


Abb. 2: Korngrößen im Riffgebiet 2003, Übersicht alle Strukturen und Zufallsproben.

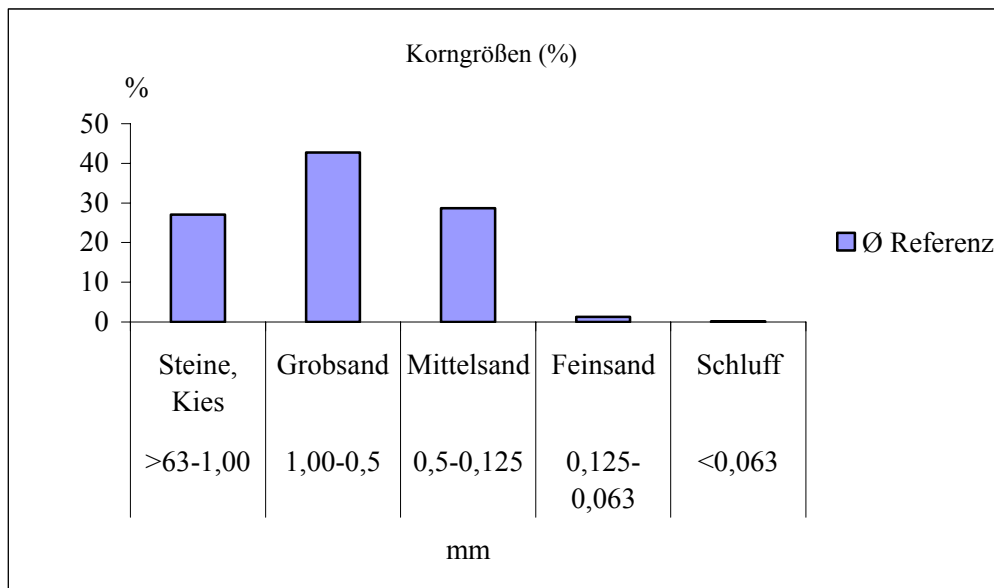


Abb. 3: Korngrößen im Referenzgebiet 2003.

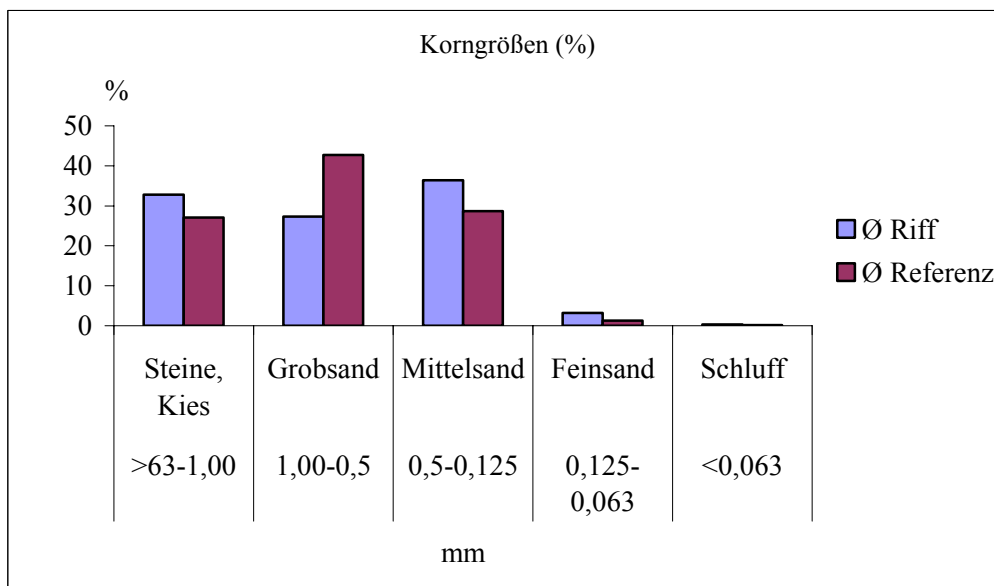


Abb. 4: Korngrößenvergleich Riff- und Referenzgebiet 2003, Durchschnitt aller Stationen.

2004:

Im Frühjahr 2004 wurden an den Tetrapoden, Riffkegeln, Stapelringen und am Mast Markierungspflöcke eingeschlagen, um mögliche Sedimenttransporte zu beobachten (Abb. 15 bis 17).

Nachfolgende Graphiken zeigen die Korngrößenverteilungen, Wassergehalte und organische Gehalte der Sedimente an den Strukturen des Riffgebietes und im Referenzgebiet im Jahr 2004.

Mittlere Korngrößen:

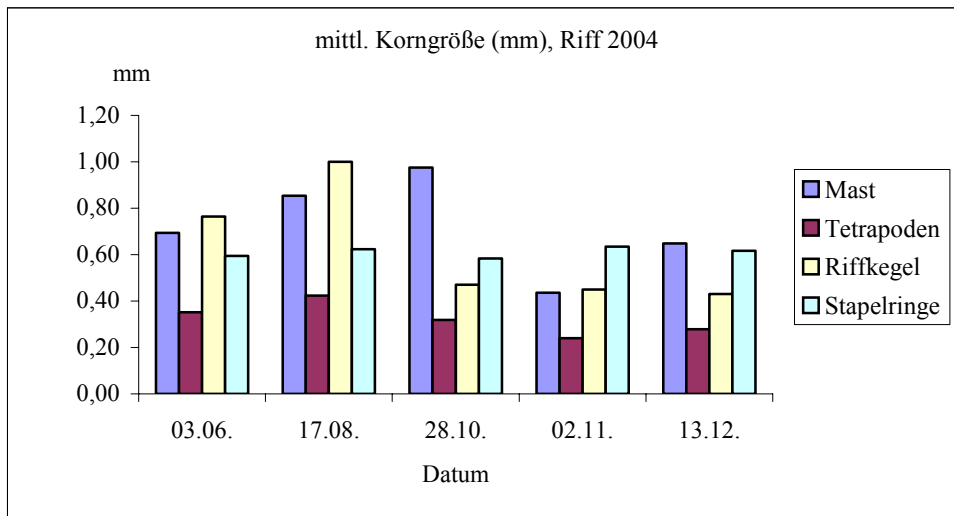


Abb. 5: Mittlere Korngrößen (mm) Riffelemente II. Halbjahr 2004.

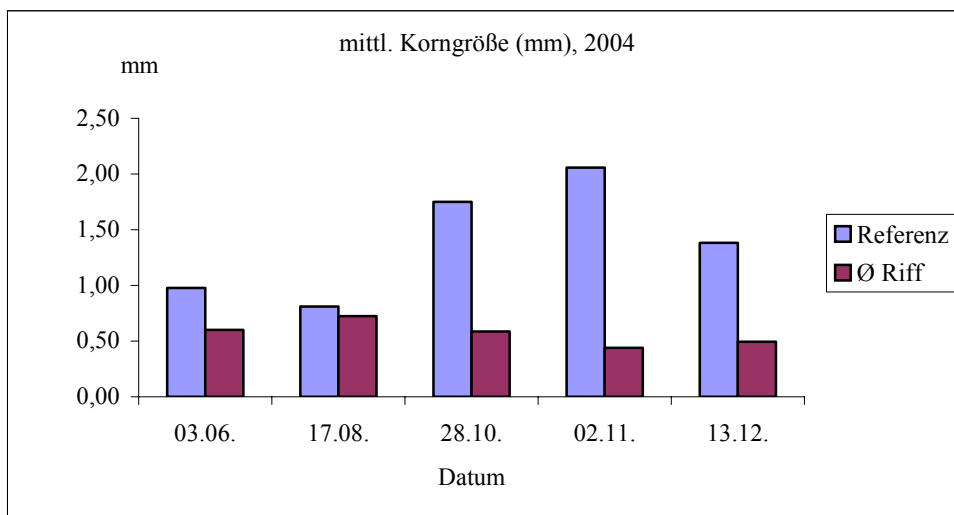


Abb. 6: Vergleich der mittlere Korngrößen (mm) Referenzgebiet und gemittelte Werte der Riffelemente II. Halbjahr 2004.

Deutliche Unterschiede in der mittleren Korngröße sind bei den unterschiedlichen Strukturen im Riffgebiet zu verzeichnen (Abb. 5).

Die mittleren Korngrößen im Referenzgebiet sind generell höher als die gemittelten Werte im Riffgebiet (Abb. 6). Im Riffgebiet sind demnach feinere Sedimente vorherrschend. Ursache könnte der Abbau organischer Substanz (Biodeposition) im Riffgebiet sein. Durch veränderte Strömungsverhältnisse werden die feineren Sedimente offensichtlich nicht so stark abtransportiert wie im Referenzgebiet.

Die mittleren Korngrößen im Referenzgebiet schwankten im II. Halbjahr 2004 zwischen 0,81 und 2,01 mm (Durchschnitt: 1,40 mm), im Riffgebiet betrug die Schwankungsbreite im gleichen Zeitraum 0,44 bis 0,73 mm (Durchschnitt: 0,57 mm).

Wassergehalt:

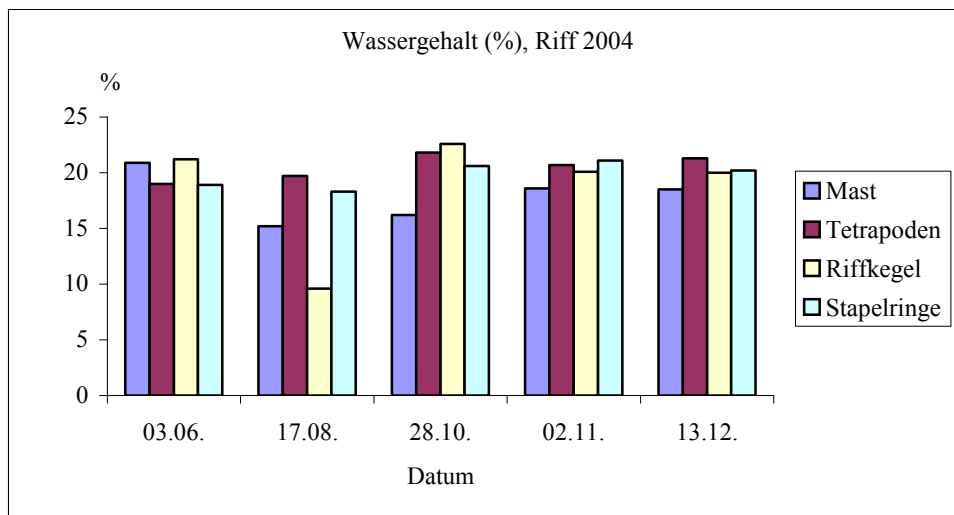


Abb. 7: Wassergehalt (%) verschiedene Riffstrukturen II. Halbjahr 2004.

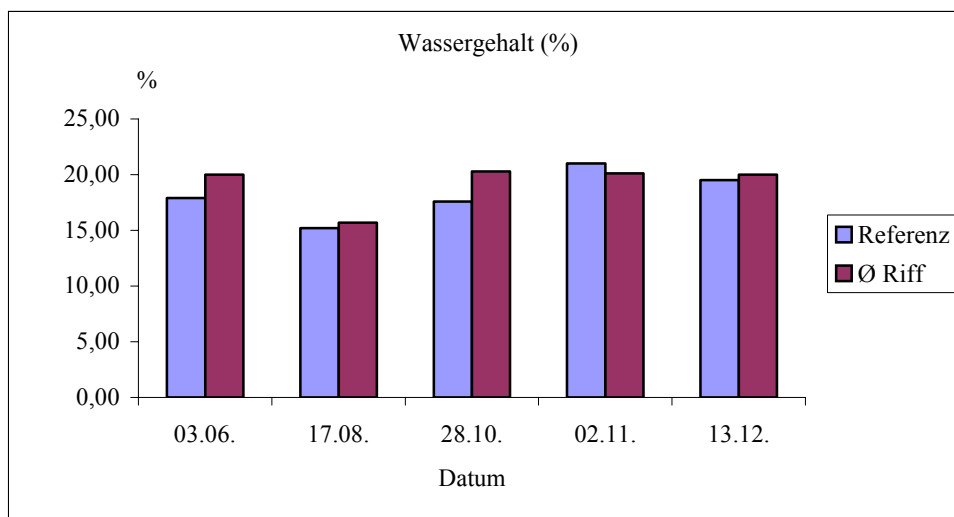


Abb. 8: Wassergehalt (%) Vergleich Referenzgebiet und gemittelte Werte im Riffgebiet II. Halbjahr 2004.

Der durchschnittliche Wassergehalt im Referenzgebiet betrug im II. Halbjahr 2004 18,24 %. Im Riffgebiet wurden in den Sedimentproben an den einzelnen Strukturen die in Abbildung 7 dargestellten Wassergehalte gefunden. Im Gesamtgebiet betrug der Wassergehalt demnach 19,23 %.

Prinzipiell ist der Wassergehalt der Proben umso höher, je feiner die Sedimente sind. Daher wurden in den Proben an den Tetrapoden die höchsten Wassergehalte festgestellt, da hier die mittleren Korngrößen mit 0,32 mm am niedrigsten waren.

Organischer Gehalt:

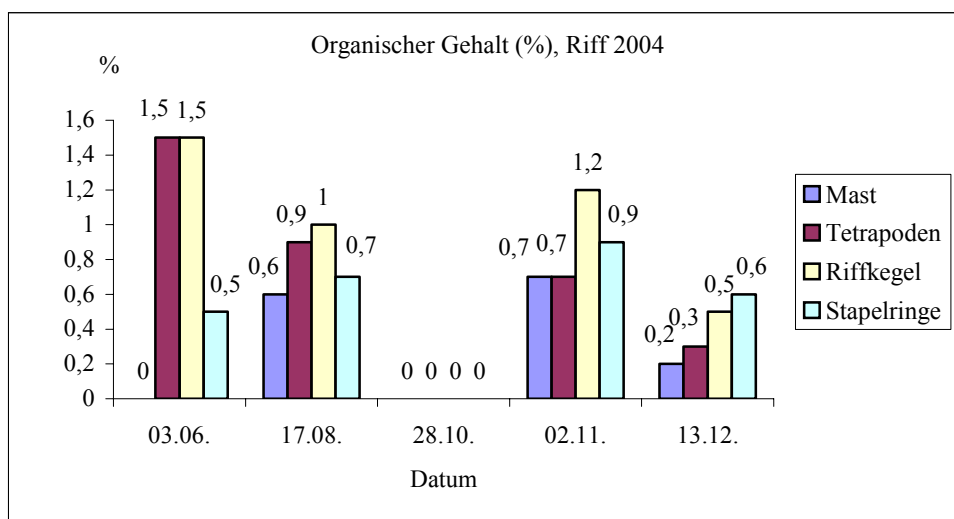


Abb. 9: Organischer Gehalt (%) verschiedene Riffstrukturen II. Halbjahr 2004.

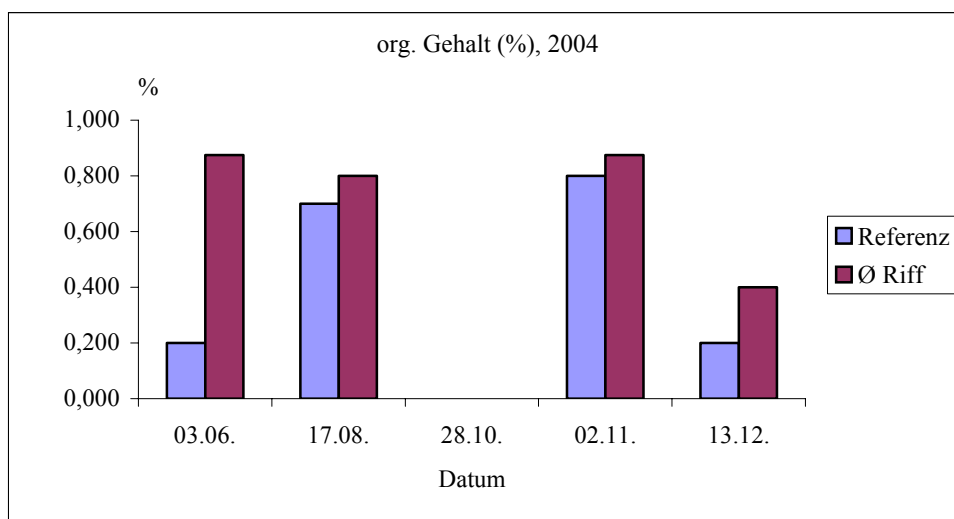


Abb. 10: Organischer Gehalt (%) Vergleich Referenzgebiet und gemittelte Werte im Riffgebiet II. Halbjahr 2004.

Der organische Gehalt im Referenzgebiet betrug im Durchschnitt des II. Halbjahrs 2004 0,38 %, im Riffgebiet im Mittel 0,59 % (Abb. 10). Somit zeigt auch dieser Vergleich die höhere sedimentierte Primärproduktion in den Riffstrukturen.

2005 und 2006:

Die Werte für den Wassergehalt und die mittlere Korngröße zeigen in diesem Zeitraum eine mehr oder weniger sprunghafte Entwicklung. Dieses Ergebnis resultiert hauptsächlich aus den wind- bzw. strömungsinduzierten Veränderungen der Sedimentoberflächen (Abb. 11 und 12). Sie sind daher für eine Bewertung des Systems nur eingeschränkt nutzbar.

Aussagekräftiger sind dagegen die Ergebnisse hinsichtlich des organischen Gehaltes. Es ist ein deutlicher Unterschied zwischen den Gehalten aus den Jahren 2005 und 2006 feststellbar. In 2006 steigen die Gehalte in der Regel an. Dagegen bleiben die Werte des Referenzgebietes bis auf einem kurzen Frühjahrsanstieg auf dem Niveau des Vorjahres. Am deutlichsten sind die Anstiege im Bereich der Kegel und der Ringe (Abb. 13).

Die Bereiche zwischen den Kegeln zeigen auch vor allem im Frühjahr 2006 einen merklichen Anstieg des organischen Gehaltes.

Auch im direkten Vergleich der Messungen der Steinfelder im Jahr 2006 erkennt man einen im Durchschnitt höheren organischen Gehalt im alten und damit schon mehr besiedelten Steinfeld.

Beim Vergleich der Einzelbereiche ist für die Refugien Riffkegel und Stapelringe ein Trend zum Anstieg des organischen Gehaltes, wenn auch mit einem noch kleinen Bestimmtheitsmaß (r^2), gegeben (Abb. 14).

Insgesamt zeigt sich über die Jahre, dass die Strukturen im sonst freien Ostseebereich eine Beruhigungszone und damit eine Falle für Sedimente bzw. organisches Material darstellen. Sedimentverschiebungen und erhöhte organische Gehalte führten mit der Zeit zu einer Veränderung der Fauna und Flora in diesen Bereichen. Es konnte nachgewiesen werden, dass es zu einer Erhöhung der Artenzahl und Biomasse des Makrozoobenthos kam. Im weiteren Verlauf ist auch, aufgrund des nährstoffreicheren Substrats, eine stärkere Makroalgen- und Makrophytenansiedlung zu erwarten.

Es ist absehbar, dass die Anlagerung von organischem Material zu einer erhöhten Bioaktivität in diesen Bereichen führen wird. Diese Aussage kann mit der gezielten Makrozoobenthosbeprobung in den gleichen Bereichen bestätigt oder widerlegt werden. Daher ist vorgesehen sowohl die Sediment- als auch die Benthosbeprobungen im kommenden Untersuchungszeitraum 2007 bis 2008 fortzusetzen.

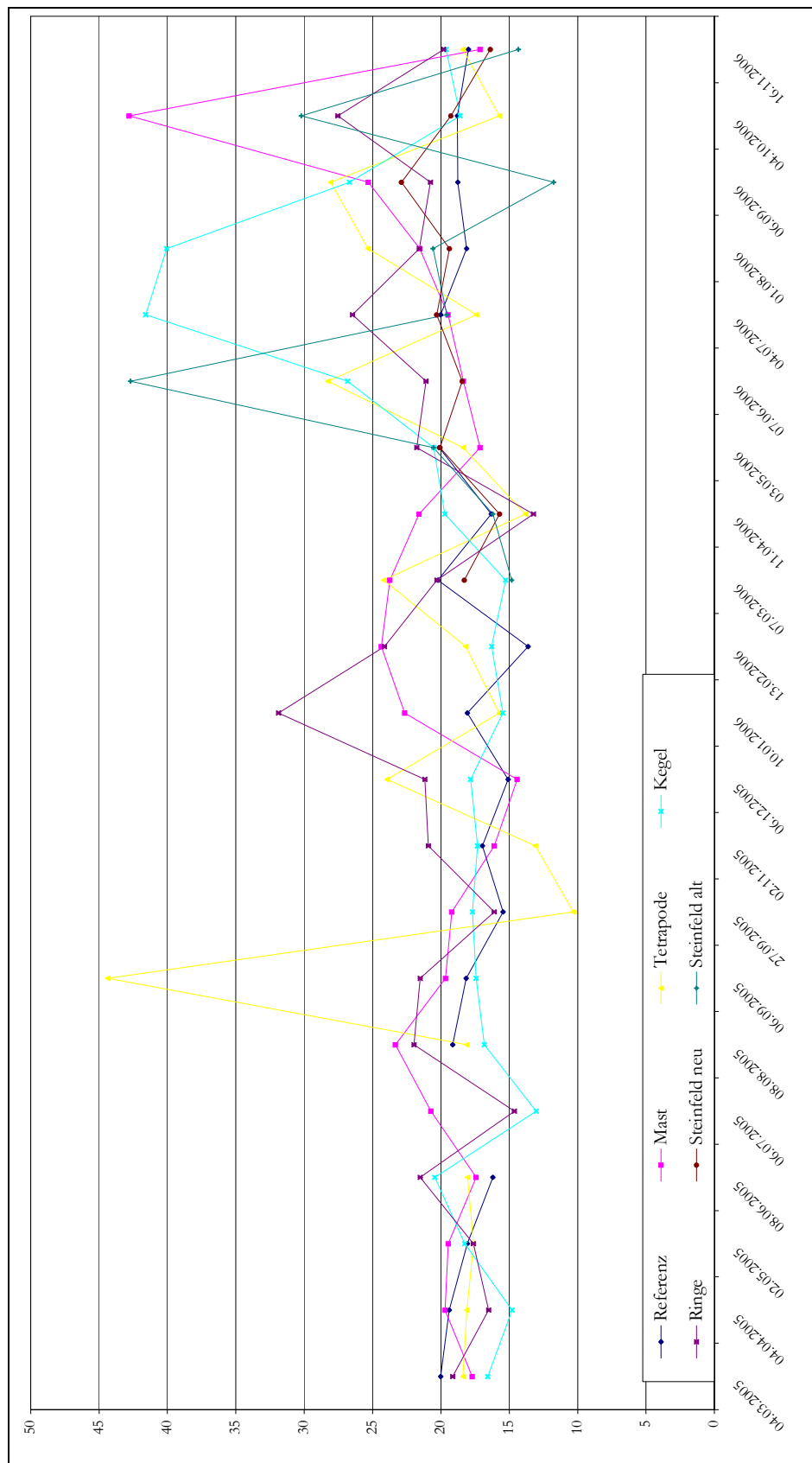


Abb. 11: Wassergehalt (%) an den Probenahmestellen der verschiedenen Strukturen, 2005 und 2006.

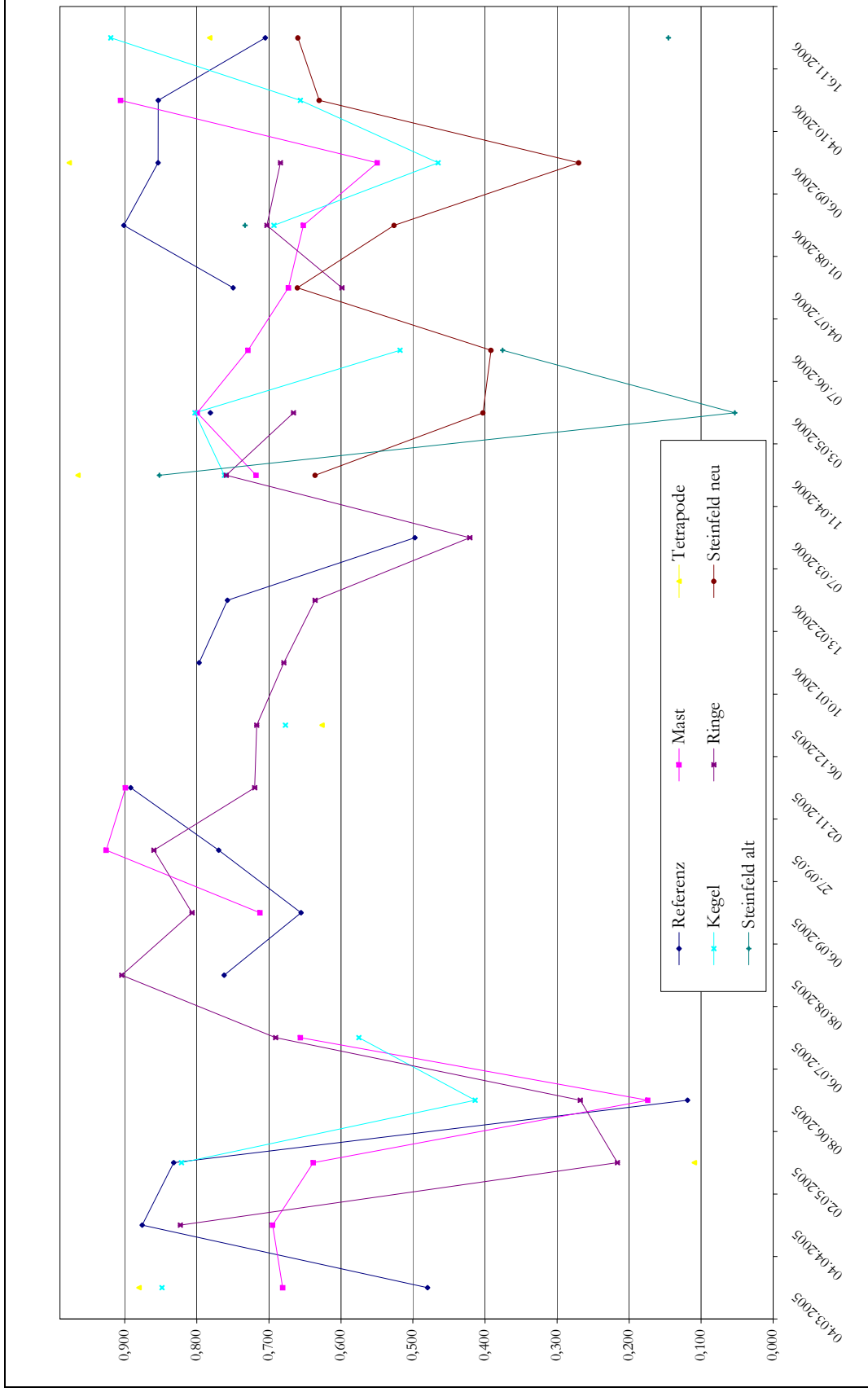


Abb. 12: Mittlere Korngröße (mm) an den Probenahmestellen der verschiedenen Strukturen, 2005 und 2006.

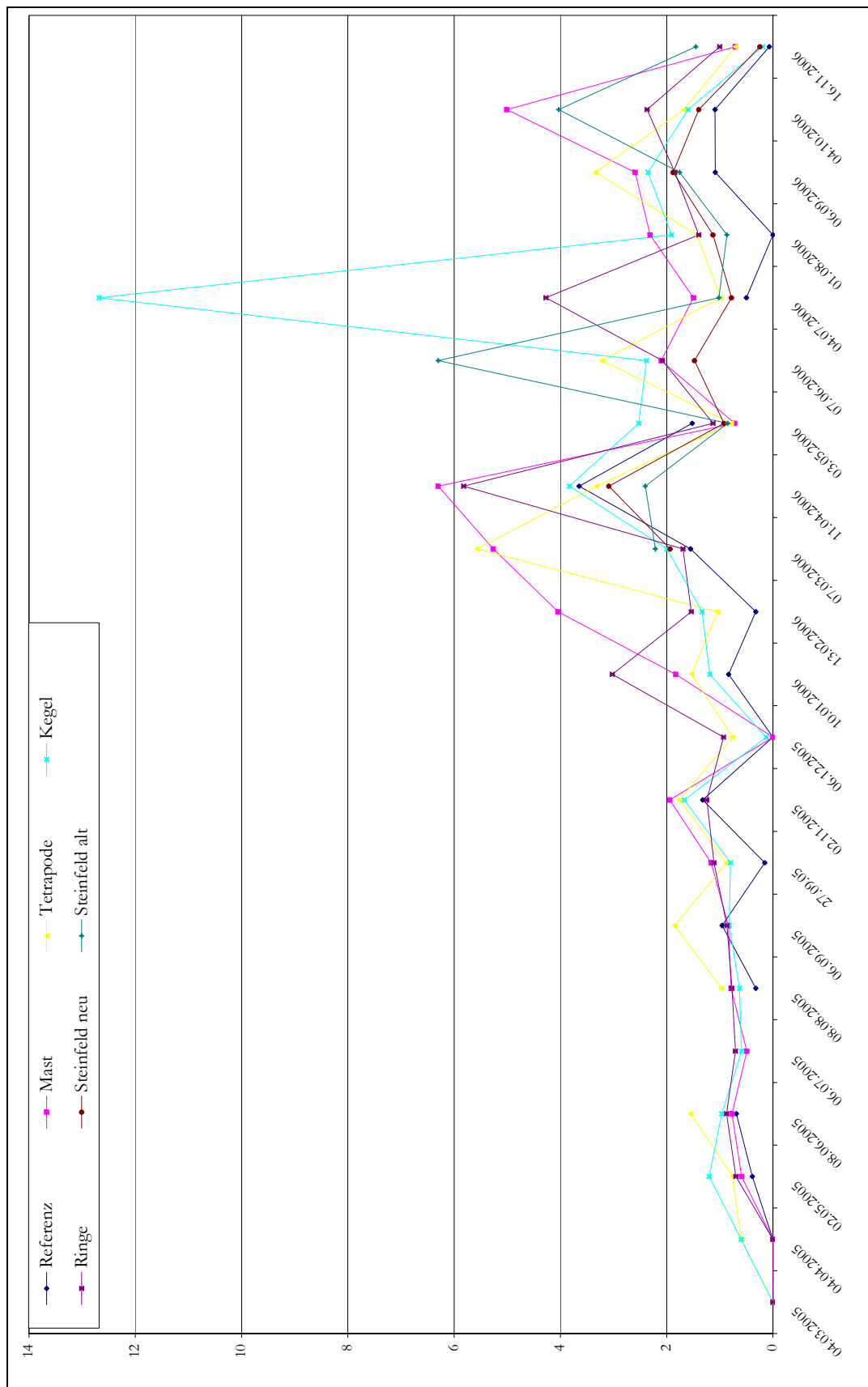


Abb. 13: Organischer Gehalt (%) an den Probenahmestellen der verschiedenen Strukturen, 2005 und 2006.

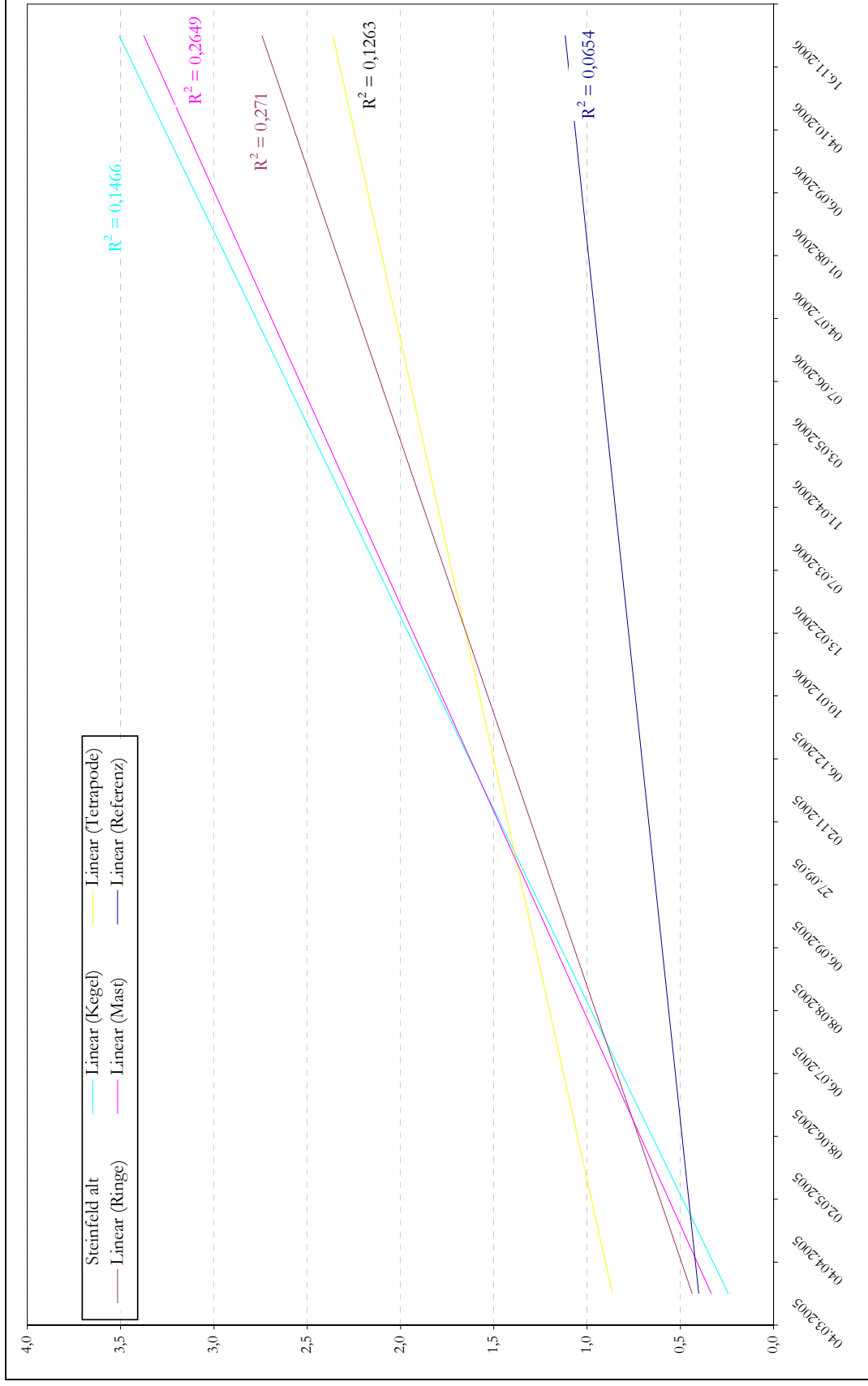


Abb. 14: Trenddarstellung des organischen Gehaltes (%) an den Probenahmestellen der verschiedenen Strukturen, 2005 und 2006.

Photographische Darstellung der zeitlichen Sedimenthöhenveränderungen 2004 bis 2006:

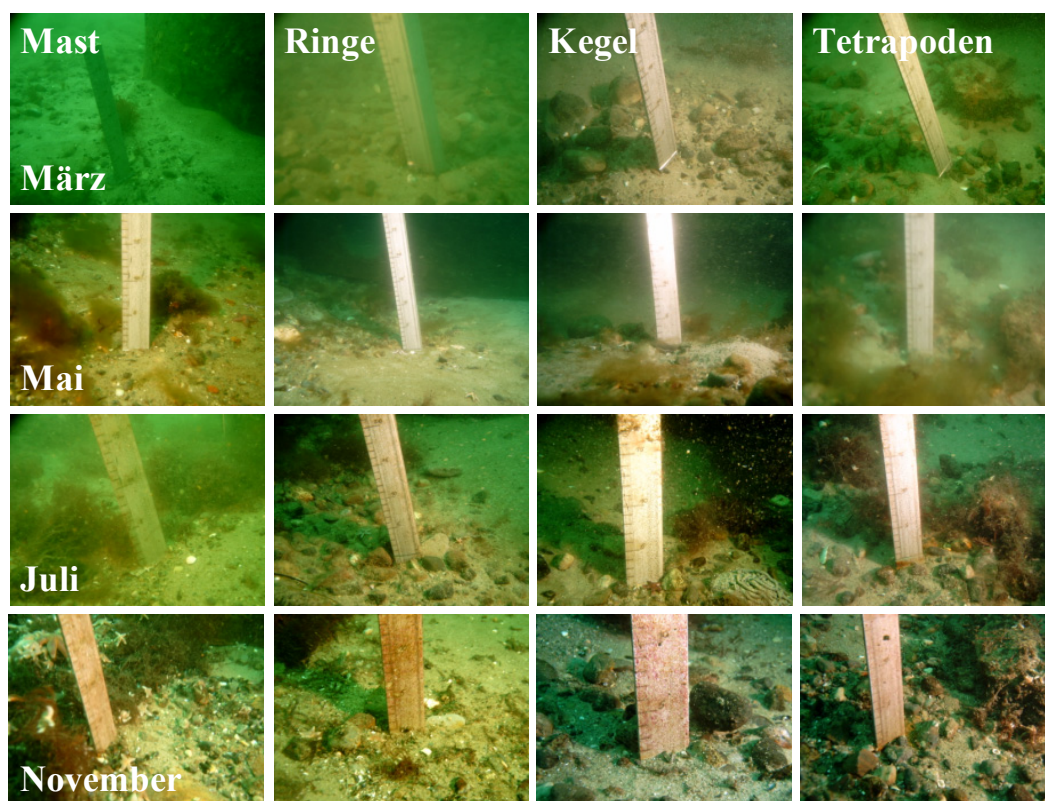


Abb. 15: Veränderungen der Sedimenthöhen an den verschiedenen Riffstrukturen 2004.

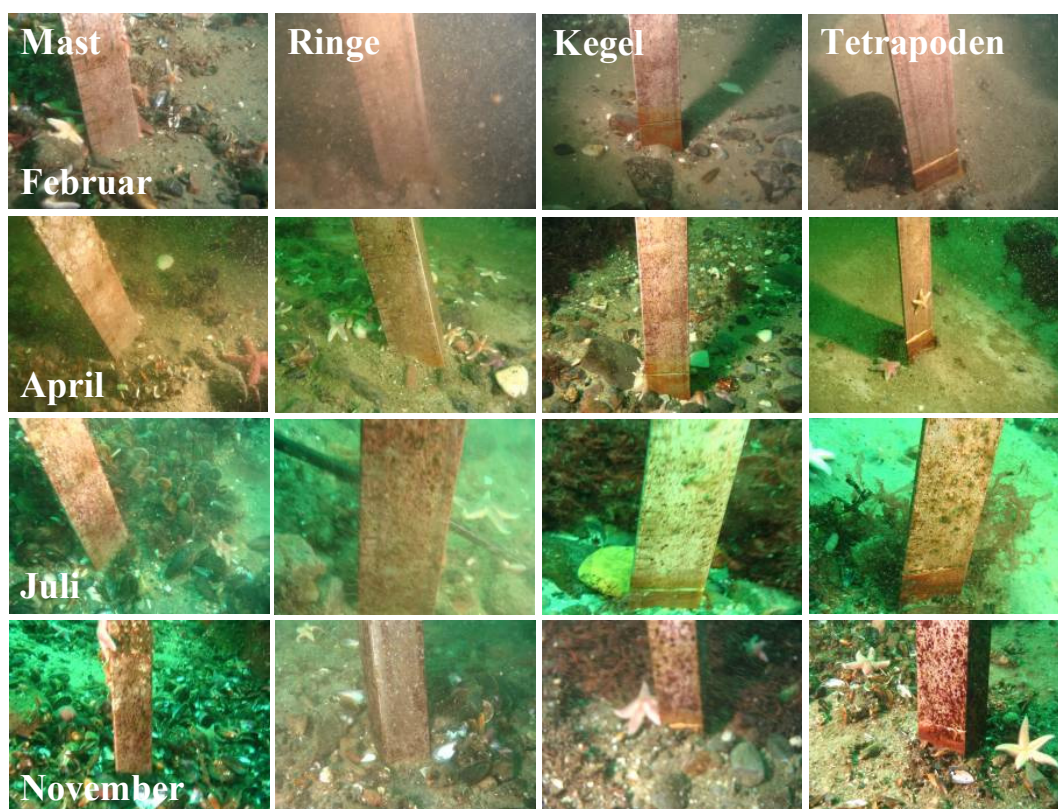


Abb. 16: Veränderungen der Sedimenthöhen an den verschiedenen Riffstrukturen 2005.

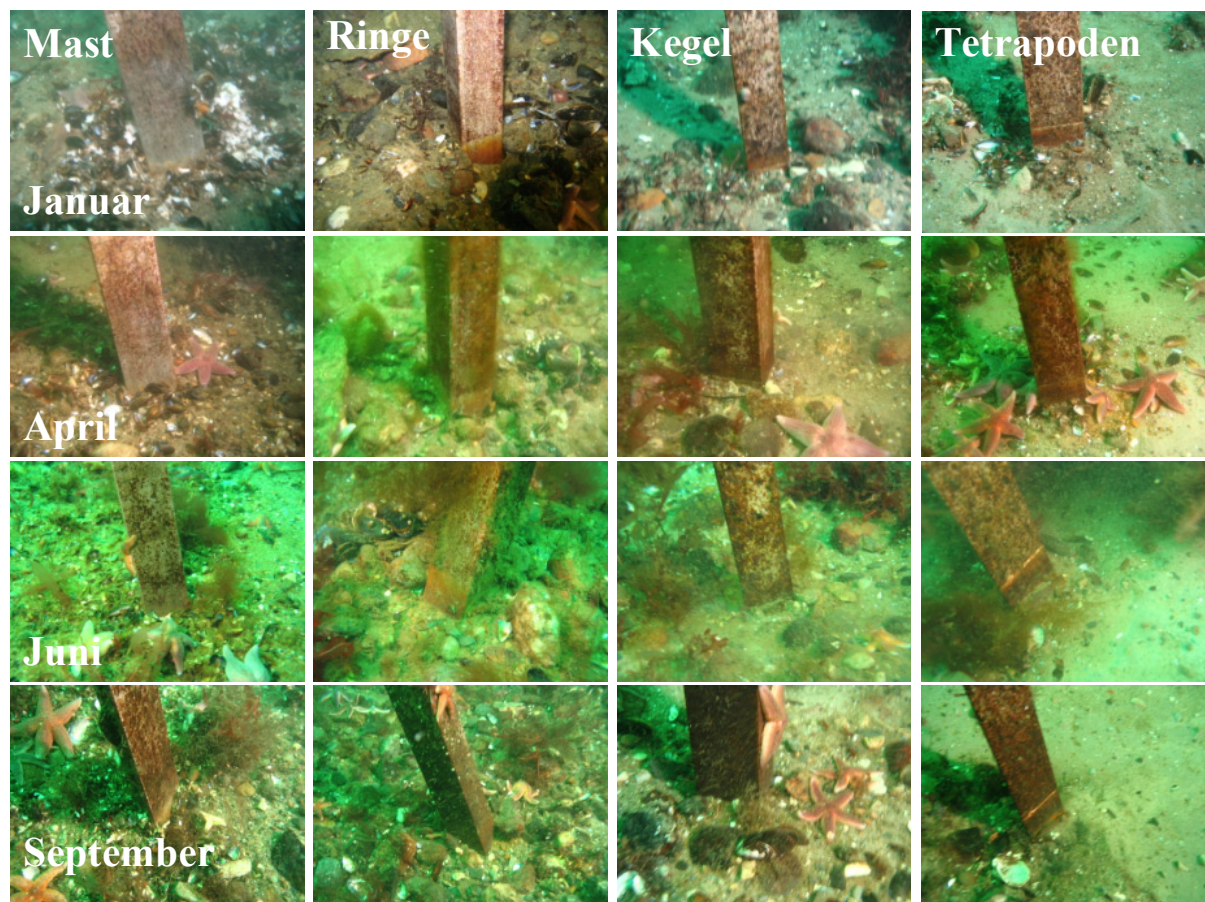


Abb. 17: Veränderungen der Sedimenthöhen an den verschiedenen Riffstrukturen 2006.

Aus den Abbildungen 15 bis 17 ist erkennbar, dass es zu keinen dauerhaften Veränderungen der Sedimentablagerungen an den verschiedenen Riffstrukturen gekommen ist. Durch die Strömungsverhältnisse werden zwar Veränderungen in der Anordnung von Sedimentstrukturen sichtbar, z. B. sind größere Steine erkennbar, die durch die Strömungen in ihrer Lage verändert wurden, jedoch sind keine Veränderungen der Sedimenthöhen sichtbar. Es kommt zu keinen lokalen Anhäufungen von Sedimenten. Jahreszeitlich bedingt sind Veränderungen der Epibiota erkennbar.

3.1.2. Anpassung des Fischverhaltens an die Riffstrukturen (Unterwasservideo-Analyse)

2004:

Die Untersuchungen zum Verhalten verschiedener Fischarten an den Riffstrukturen erfolgte seit 2004 durch die Installation von Unterwasserkameras.

Nach einem kurzen Probetrieb der Videoanlage im Mai 2004 (die Aufzeichnung erfolgte noch auf VHS-Videokassetten) wurde die Videobeobachtungsanlage am 02.06.2004 in Betrieb genommen. Bis zum 17.11.2004 war die Anlage im Einsatz.

Insgesamt wurden im Jahr 2004 ca. 1.950 Stunden Videomaterial aufgezeichnet; das entspricht einer Festplattenkapazität von rund 2,3 TByte. 600 GByte wurden auf externen Festplatten und DVD's zur Archivierung und weiteren Analysen gesichert.

Zu Beginn der Videoübertragungen wurden unterschiedliche Kamerastandorte getestet. Die Qualität der Videos war am Anfang der Aufzeichnungsphase unbefriedigend. Erst ab September 2004 gelang es die Qualität der Videos durch eine Optimierung der Bildparameter und der Komprimierungsraten nach Aufspielen eines neuen Software-Updates spürbar zu verbessern.

Entscheidend für die Qualität der Videoaufnahmen ist nicht nur die Einstellung der Bildparameter und der Komprimierungsraten, sondern in erster Linie die aktuelle Wettersituation am Riff.

Ab Windstärke 4 (Beaufort Skala) baut sich schnell eine Welle auf die bis zum Grund reicht und zu einer starken Verschlechterung der Kamerasicht durch Aufwirbelung von Schwebeteilchen führt.

In den Sommermonaten verursachte starker Befall mit Seepocken auf den Kameralinsen unscharfe Videobilder. Eine ständige Wartung der Kameras ist daher unabdingbar notwendig.

2005:

Die Untersuchungen zum Verhalten verschiedener Fischarten an den Riffstrukturen wurden 2005 mittels Unterwasservideoaufnahmen weitergeführt. Die Videoanlage war vom 03. Mai bis 07. November 2005 mit kürzeren Unterbrechungen in Betrieb.

In dieser Zeit wurden rund 2.540 Stunden aufgezeichnet, das entspricht einer Festplattenkapazität von 3 TByte. Davon konnten 2,5 TByte auf vorhandene externe Festplatten im Originalzustand gesichert werden.

Im Jahre 2005 gelang es einige technische Probleme, wie die unkontrollierten Abstürze des Videorechners in der Wetterstation zu lösen. Auch wurde durch den Einsatz neuer Programme die Möglichkeit geschaffen, den Rechner in der Station des Deutschen Wetterdienstes Warnemünde außerhalb der Arbeitszeiten, von anderen Standorten aus, zu steuern. Als unbefriedigend erwies sich 2005 der fehlende DSL Zugang an das Uni-Netz. Erst nach Abschluss der Aufzeichnungen wurde dies realisiert. Damit bestand in der späteren Aufzeichnungsperiode die Möglichkeit eine optimierte Steuerung der einzelnen Videokameras über den Internetzugang vorzunehmen.

2006:

Im Zeitraum vom 19.04.-21.12.2006 war die Unterwasservideoanlage 237 Tage im Betrieb. Einschließlich mit den erstmalig durchgeführten Nachtaufnahmen wurden rund 4.5 Terra Byte (TB) Videodaten auf neu erworbenen 1 TB Festplatten aufgezeichnet. Gegenüber den Vorjahren wurde die Einsatzzeit um einige Wochen ausgedehnt. Wie aus den Vorjahren bekannt, gab es auch 2006 wieder diskontinuierliche Kameraausfälle. Die Ausfallrate beeinflusste die Ergebnisfindung aber nur unwesentlich. Im Jahr 2006 wurde der geplante Internetzugang verwirklicht. Über eine WLAN- Funkstrecke von der Wetterstation zum Server des Instituts für Ostseefischerei Warnemünde wurde das vom Mast kommende analoge Videobild digitalisiert, komprimiert und in das Internet gestellt (Internet-Adresse: <mms://vs1.uni-rostock.de/fishsteam>).

Die Menge der aufgezeichneten Videodaten ist aus nachfolgender Tabelle ersichtlich.

Tab. 1: Videodatenmenge

Jahr	Zeitraum	Datenzeit	Datenmenge	Datenträger
2003	16.10. – 26.10.	40 Stunden	60 GByte	VHS - Bänder
2004	Mai	20 Stunden	30 GByte	VHS - Bänder
	02.06. – 17.11.	1950 Stunden	2,3 TByte	USB - Festplatten, DVD
2005	03.05. – 07.11.	2540 Stunden	3,0 TByte	USB - Festplatten
2006	19.04. – 21.12.	3750 Stunden	4,5 TByte	BigDisk - Festplatten

Im Jahr 2006 wurden erstmals eine Lichtkamera, eine Infrarotkamera und eine Köderkamera mit Erfolg getestet (Aufnahmen dieser Kameras sind im Bericht „Entwicklung von Unterwassertechniken und –beobachtungsmethoden zur Unterstützung wissenschaftlicher Arbeiten an künstlichen Riffen der Ostseeküste Mecklenburg-Vorpommerns“, Autor Gerd Niedzwiedz; Anhänge 1 und 2: Autor Anselm Dumke) enthalten.

Für die Auswertung der Videosequenzen wurden zwei Methoden angewandt.

Live-Modus:

Bei diesem Modus, er wurde bis 2005 überwiegend angewandt, wird eine Kamera bevorzugt auf ständige Aufzeichnung geschaltet. Nur in bestimmten Zeitintervallen wird auf Mux-Modus umgeschaltet. Der Vorteil hierbei besteht, dass eine kontinuierliche Beobachtung erfolgt und auch kurzfristige Ereignisse wahrgenommen werden können. Nachteilig bei Einsatz dieses Modus ist der fehlende gleichzeitige Vergleich mit anderen Standorten. Nur im Mux-Modus lässt sich z. B. die Frage beantworten, ob ein Dorschswarm zur selben Zeit über die Strukturen zieht oder ob sich mehrere Schwärme im Riffgebiet aufhalten.

Mux-Modus:

Bei diesem Modus werden die Kameras der Reihe nach angesteuert und kurze Frames abgespeichert. Für die Gesamtbeurteilung des Riffes ist dieser Modus vorteilhafter, da die Möglichkeit besteht nahezu gleichzeitig Bilder von allen Kamerastandorten zu erhalten. Nachteilig bei diesem Modus ist, dass keine kompletten Videosequenzen übertragen werden, sondern nur eine kurze Folge von Einzelbildern, die zusammengefasst als Videosequenz nur als „rucklige“ Zeitrafferaufnahmen zu sehen sind. Die Betrachtung von Live-Bildern über das Internet und die Station Nienhagen ist nicht möglich.

Die Aufarbeitung des Mux-Materials bereitet einige Schwierigkeiten. Sie war mit herkömmlichen Videobearbeitungsprogrammen nicht zu verwirklichen bzw. nur mit einem immensen manuellen Arbeitsaufwand. Es besteht aber die Hoffnung durch die Erstellung von eigenen Auswerteprogrammen letztendlich das Problem der unterschiedlichen Frame- Raten in Abhängigkeit von den gerade aktiven Videokameras einer Lösung zu unterziehen.

Es ist kompliziert, Beobachtungen vor den Kameralinsen in messbare Werte umzuwandeln. Die Kameras haben nicht denselben Blickwinkel, sind zu unterschiedlichen Tagen und Tageszeiten im Einsatz, und nicht alle Standorte werden gleichmäßig beobachtet. Auch lassen schlechte Sichtverhältnisse oftmals keine Auswertungen zu. Die vor den Kameralinsen beobachteten Ereignisse wurden in Tabellen abgespeichert und wenn möglich quantifiziert oder qualifiziert.

Um eine Vergleichbarkeit herzustellen, wurde ein neuer Einheitswert, der so genannte *Videobeobachtungswert pro Zeiteinheit*, eingeführt. Der Videobeobachtungswert, abgekürzt *VdB* ist definiert als die Anzahl Ereignisse vor einer Kameralinse pro Stunde Videobeobachtungszeit (*VdB/h*). Dieser Wert lässt eine gewisse Beurteilung der Geschehnisse

vor Ort zu und ist gut anwendbar bei dem Auftreten von Dorschen und Klippenbarschen, denn diese Arten lassen sich gut unterscheiden und auszählen. Videooptisch konnten folgende Organismen ohne Schwierigkeiten identifiziert werden:

- Rot- und Grünalgen
- Ohren- und Feuerquallen
- Seepocken
- Seesterne
- Garnelen und Schnecken (über die Kameralinsen sich bewegend)
- Schwimmgrundeln (auch andere Grundeln)
- Klippenbarsche
- Dorsche

Videooptisch waren im Sichtbereich der Kamera-Optik Dorschjungfischschwärme, Grundeln sowie Klippenbarsche dominierend. Im Jahr 2004 hielten sich fast ganztägig Jungdorsche im Riffgebiet auf, besonders auf der alten Schüttung wurde ein regelrechtes Weideverhalten der Dorsche beobachtet.

Weitere biologisch relevante videooptische Beobachtungen:

- Algenverdriftungen
- Auftreten von Beggiatoa-Rasen
- Aktivitäten der Seesterne
- Bewuchszunahme von Algen auf den Riffstrukturen
- Quallen-Invasionen
- Seepocken-Zunahme auf den Kameralinsen
- Beobachtungen Fanggeräte

Im Jahr 2006 wurden erstmals zwei Fischfallen im Sichtbereich von Unterwasservideokameras positioniert. Die Beobachtungen deuten an, dass Fangergebnisse wohl eher in der Dämmerung und der Dunkelheit, statt am Tag zu erwarten sind. Allerdings reichen die wenigen vorliegenden Hinweise noch nicht aus, um ein abschließendes Urteil über die Abhängigkeit der Fangergebnisse der im Riffgebiet eingesetzten Fischfallen von den Lichtverhältnissen geben zu können.

Mit Hilfe der Videodaten konnten Schwarmzählungen vorgenommen werden. Dabei wurden folgende Größenordnungen ermittelt.

Tab. 2: Schwarmzählungen anhand der Videodaten

Dorsch (adult)	80 – 100 Stück
Dorsch (juvenil)	2005: 300 – 500 Stück 2006: 1.000 Stück
Grundel	500 – 2000 Stück

Auffällig im Vergleich zu 2004 war, dass 2005 und 2006 adulte Dorsche an allen Kamerastandorten als Einzelexemplare oder in kleinen Gruppen zu sehen waren. Gleichfalls konnten unterschiedliche Jahrgänge anhand der Größenunterschiede klassifiziert werden. Ende August traten die ersten Jungdorschschwärme des 2005 Jahrganges auf. Zählungen ergaben, dass ein solcher Jungfischswarm zwischen 300 und 500 Einzeltiere umfasst.

Ein Hinweis für die Schutzfunktion des Riffes ist das Auftreten deformierter und mit Parasiten befallener Dorsche in den Riffstrukturen. Ohne die Schutzfunktion des Riffs hätten diese Tiere kaum eine Überlebenschance gehabt.

Verhaltensbiologisch interessante Videosequenzen werden nachfolgend dargestellt.



Abb. 18: Nest- und Brutverhalten eines Seehasen- (*Cyclopterus lumpus*) Pärchens am Miesmuschelaufwuchs eines Tetrapoden.



Abb. 19: Nullgruppendorchschwärme an der Steinschüttung.

Die Videoaufnahmen zeigen, dass juvenile Dorsche im ganzen Riffgebiet umherstreifen, dass insbesondere die Nahrungsverfügbarkeit an der Steinschüttung stark ausgeprägt ist, so dass hier verstärkt Jungdorsche vorhanden waren.

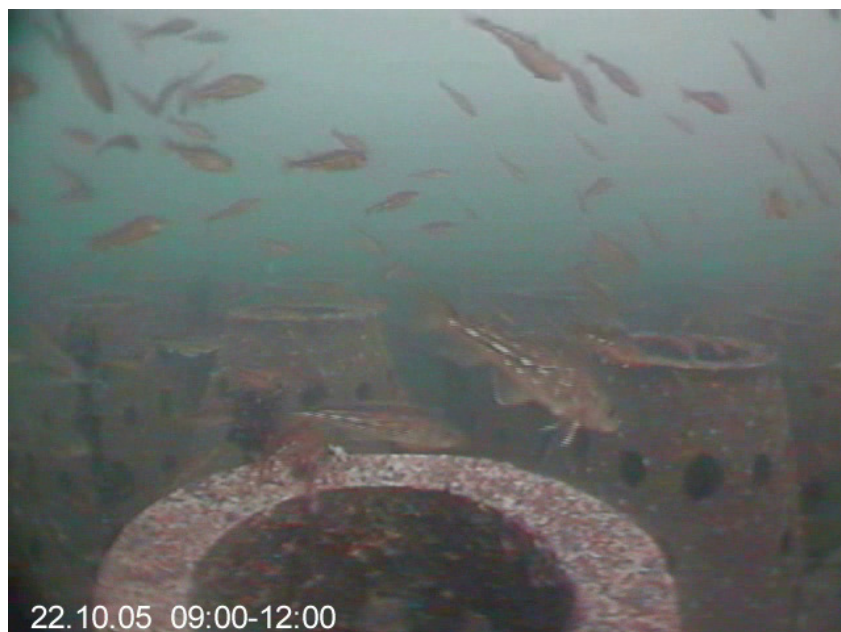


Abb. 20: Adulte und juvenile Dorschschwärme an den Riffkegeln.

Auch an diesen Strukturen wurde ein intensives Fressverhalten der Dorsche beobachtet.



Abb. 21: Ablagerungen von Algenteppichen an den Tetrapoden.

Vermutlich durch den größeren Strömungsschatten der Tetrapoden kam es hier zeitweilig zu Ablagerungen von Algenteppichen, die jedoch von der Strömung auch wieder verdriftet wurden.



Abb.22: Seestern- (*Asterias rubens*) Aggregationen an einem 2 t Tetrapoden.

Dieser Seestern bevorzugt u. A. als Beuteorganismus die Miesmuschel (*Mytilus edulis*) und tritt damit als Nahrungskonkurrent für den adulten Dorsch auf. Das Nahrungsangebot in den Riffstrukturen ist generell groß genug, jedoch sollte auch nach Methoden zur Verminderung der Seesternbiomasse gesucht werden.



Abb. 23: Nachtaufnahmen adulter Dorsche (Lichtkamera).

Durch das Licht wurden offensichtlich Tiere, auch verstärkt Dorsche angelockt. Es kam zu einer Nahrungsverdichtung, so dass beobachtet wurde, dass die Dorsche verstärkt Nährtiere frassen.

Möglicherweise lässt sich durch Lichtfallen eine Konzentration von Nährtieren auch für juvenile Dorsche erreichen. Dies wird in der neuen Forschungsperiode 2007 bis 2008 Gegenstand von gezielten Untersuchungen sein.

Das Verhalten der Dorsche an alternativen Fanggeräten, wie den stationären Fischfallen, war besonderer Schwerpunkt der Untersuchungen 2006. Ergebnisse zur Effizienz dieser Fanggeräte sind die Voraussetzung zur Etablierung neuer bestands- und ökosystemschonender Fangmethoden in der kommerziellen Fischerei. Daher werden diese Untersuchungen auch künftig fortgeführt. Bisher wurden an diesen Fanggeräten keine „Fischeinläufe“ bei Tageslicht beobachtet.

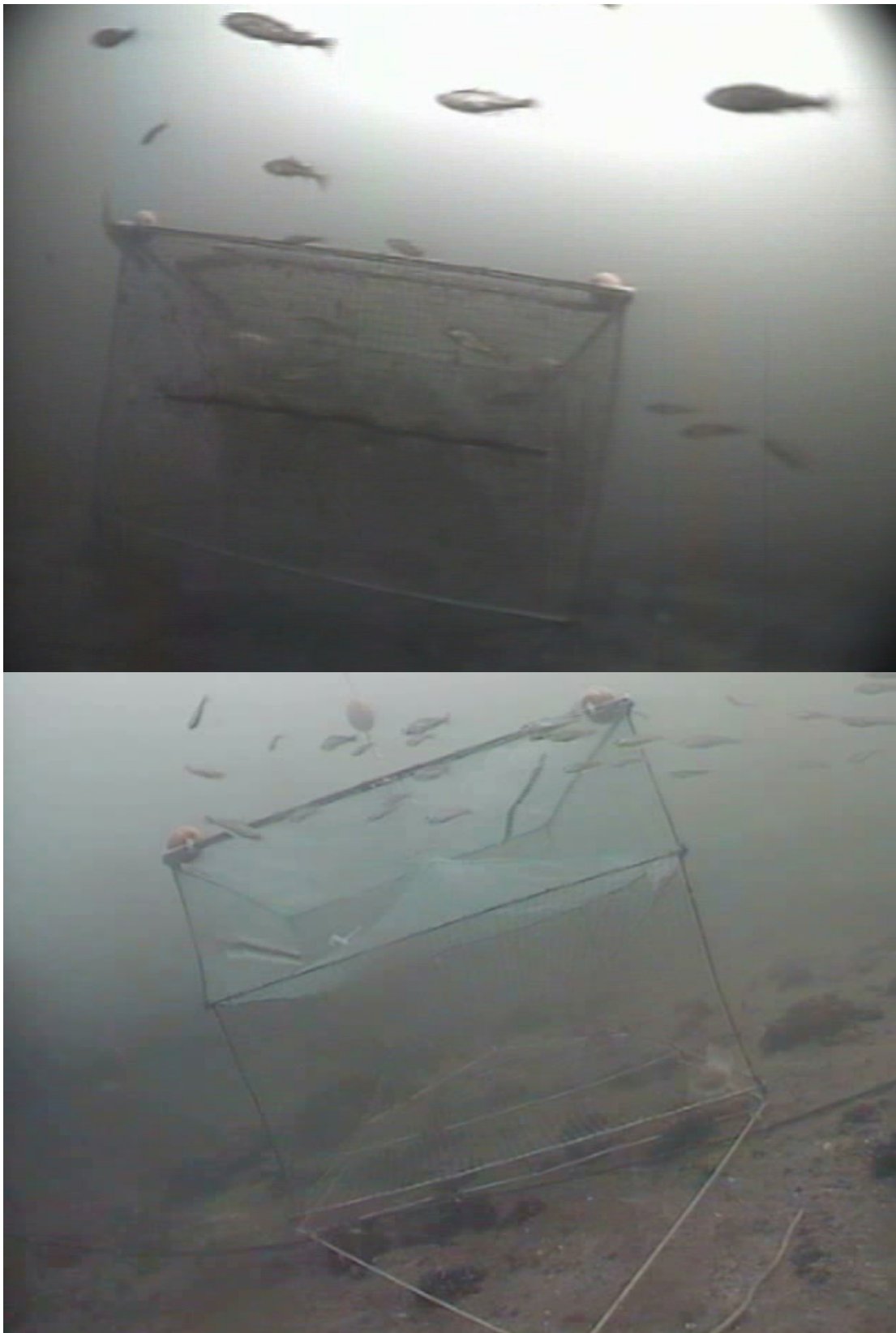


Abb. 24: Aufnahmen einer Fischfalle mit gefangenen und umherstreifenden Dorschen.

Tab. 3: Vergleich mit Fanggeräten gefangener und videooptisch erfasste Fischarten 2004-2006.

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Riff	
		Video	Fangeräte
Pisces	Fische		
<i>Gadus morhua</i>	Dorsch	X	X
<i>Merlangius merlangus</i>	Wittling	X	X
<i>Raniceps raninus</i>	Froschdorsch	X	X
<i>Zoarces viviparus</i>	Aalmutter	X	X
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Klippenbarsch	X	X
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	Seeskorpion	X	X
<i>Agonus cataphractus</i>	Steinpicker	X	X
<i>Cyclopterus lumpus</i>	Seehase	X	X
<i>Psetta maxima</i>	Steinbutt	X	X
<i>Pleuronectes platessa</i>	Scholle	X	X
<i>Platichthys flesus</i>	Flunder	X	X
<i>Salmo trutta</i>	Meerforelle	X	X
<i>Gobiusculus flavescens</i>	Schwimmgrundel	X	X
<i>Gobius niger</i>	Schwarzgrundel	X	X
<i>Anguilla anguilla</i>	Flussaal	X	X
<i>Rhinonemus cimbricus</i>	Vierbärtelige Seequappe		X
<i>Trachurus trachurus</i>	Schildmakrele ¹		X
<i>Crenilabrus melops</i>	Goldmaid		X
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	Großer Sandaal		X
<i>Ammodytes tobianus</i>	Kleiner Sandaal		X
<i>Pholis gunellus</i>	Butterfisch		X
<i>Scophthalmus rhombus</i>	Glattbutt		X
<i>Limanda limanda</i>	Kliesche		X
<i>Solea solea</i>	Seezunge		X
<i>Perca fluviatilis</i>	Flussbarsch		X
<i>Salmo salar</i>	Lachs		X
<i>Alosa fallax</i>	Finte		X
<i>Clupea harengus</i>	Hering		X
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprotte		X
<i>Belone belone</i>	Hornfisch		X
<i>Scomber scombrus</i>	Atl. Makrele		X
<i>Pomatoschistus minutus</i>	Sandgrundel		X
<i>Pomatoschistus microps</i>	Strandgrundel		X
<i>Aphia minuta</i>	Glasgrundel		X
Summe		15	34

Insgesamt ist ein deutlicher Unterschied zwischen den videooptisch erkannten und den tatsächlich mit den Fanggeräten gefangenen Arten zu verzeichnen. Dies kann sowohl methodische Ursachen haben, d.h. Schwierigkeiten bestimmte Arten auf den Videosequenzen zu identifizieren, aber auch durch das seltene Auftreten mancher Arten begründet sein.

Tabelle 4: Videobeobachtung sonstiger Arten.

Evertebrata	Wirbellose			
<i>Mutilus edulis</i>	Miesmuschel	x	x	x
<i>Balanus improvisus</i>	Seepocken	x	x	x
<i>Asterias rubens</i>	Seestern	x	x	x
<i>Carcinus maenas</i>	Strandkrabbe	x	x	x
<i>Palaemon squilla</i>	Steingarnele		x	x
<i>Aurelia aurita</i>	Ohrenqualle	x	x	x
<i>Cyanea capillata</i>	Gelbe Haarqualle	x	x	x
<i>Mnemiopsis leidyi</i>	Rippenqualle			x
Aves	Vögel			
<i>Phalacrocorax carbo</i>	Kormoran		x	
<i>Somateria molissima</i>	Eiderente		x	x

Dominierend im Sichtbereich der Videokameras waren Klippenbarsche, Schwimmgrundeln und Dorsche. Die drei Arten kamen an allen Kamerastandorten vor. Dazu wurden noch an allen Kamerastandorte Miesmuschel und Seesterne in hoher Abundanz festgestellt.

Klippenbarsche:

Klippenbarsche treten meistens in kleinen Gruppen auf. Sie sind sehr neugierig, schwimmen immerzu vor die Linsenoptik. Sie sind Standorttreu, ein markantes Exemplar eines Klippenbarsches (zerfetzte Flossen) wurde wochenlang am selben Standort gesichtet, wobei dieser Klippenbarsch aggressiv gegenüber einem anderem Klippenbarsch auftrat. Immer wieder wurden regelrechte Jagdszenen zwischen den beiden Artgenossen beobachtet. Es gibt auch eine Videosequenz wo ein Klippenbarsch von einem Dorsch verfolgt wird.

Schwimmgrundeln:

Schwimmgrundeln sind praktisch die Zuckmücken der Ostsee. Überall zwischen, vor und an den Strukturen kamen sie in hoher Abundanz vor. Aber erst ab Anfang Juli bilden die Schwimmgrundeln Schwärme aus. Bis in den Herbst hinein nehmen die Anzahl der Schwärme und auch deren Dichte stetig zu. Zählungen von Schwimmgrundeln ergaben bei geeigneter Kameraeinstellung im Sichtbereich der Kameraoptik Stückzahlen von rund 1.000 bis 2.000 pro Schwarm. Sobald Fressfeinde in die Nähe der Schwimmgrundeln gelangten verschwanden diese und suchten Deckung in den Strukturen. Aber auch bei schlechtem Wetter verzogen sich die Schwimmgrundeln von außerhalb oder und über den Strukturen stehend, in die Schutzräume der Strukturen zurück.

Die Schwimmgrundel ist in den Netzfängen unterrepräsentiert. Die Videos zeigen, dass ein Großteil der so genannten „Fischsuppe“ (Kleinfischansammlungen im Herbst über und in den

Strukturen) aus Schwimmgrundel- Schwärmen besteht, die damit einen nicht unbeträchtlichen Anteil an der Fischbiomasse im Riffgebiet ausmachen.

Dorsche:

Dorsche zeigen entsprechend ihres Alters ein unterschiedliches Wander- und Fressverhalten. Nullgruppen-Dorsche wurden ab Mitte August 2005 zwischen den Schwimmgrundel-Schwärmen beim Fressen von Zooplankton beobachtet. Die Grundeln versteckten sich nicht vor den Jungdorschen. Mit zunehmender Länge bilden sich ab September die ersten Nullgruppendedorschwärme, die sich über den Strukturen und besonders oft an der Steinschüttung aufhielten und dort weideten. Auch wurde beobachtet, wie einzelne Jungdorsche am Bewuchs der Strukturen frassen, meistens aber standen die Jungdorsche als Schwarm über den Strukturen und weideten Planktonorganismen.

Mit Beginn der Aufzeichnungsphase im Jahr 2006 konnte beobachtet werden, dass kleine und mittlere Dorschentwicklungsstadien einzeln und in kleinen Gruppen durch alle Strukturen ziehen. Sie bewegten sich dabei kurz über dem Boden und suchen dort nach Nahrungsorganismen. Auf den Videos war die Nahrungsaufnahme erkennbar, aber meistens nicht die Art der gefressenen Organismen.

An Hand der Vorkommen an Dorschen im Sichtbereich der Kameras vor den Strukturen konnte ein diurnaler Rhythmus festgestellt werden. Die Dorsche konzentrieren sich offensichtlich insbesondere zur Morgen- und Abenddämmerung in größeren Aggregationen (Abb. 25).

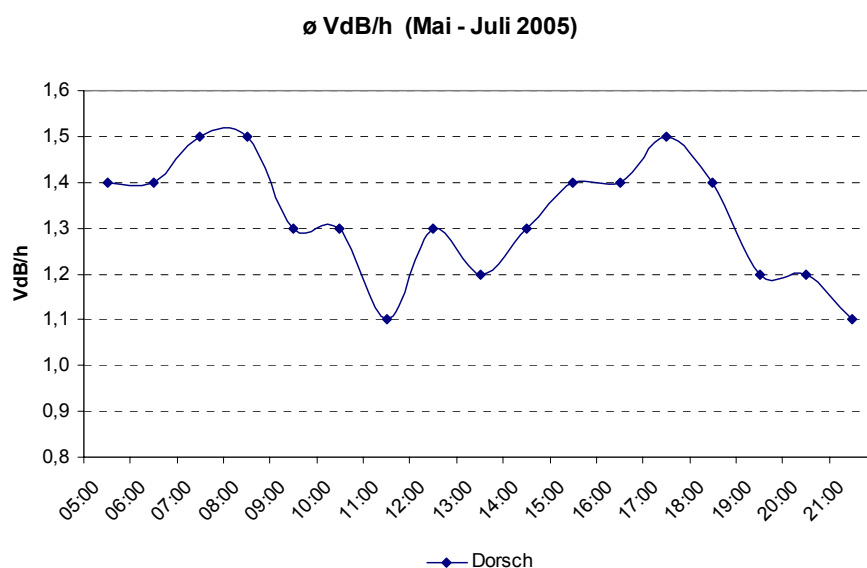


Abb. 25: Diurnaler Videobeobachtungswert (VdB) pro Zeiteinheit, Mai-Juli 2005.

3.2. Daten der Wetterstation am Riff in den Jahren 2004 bis 2006

Die am Mast installierte Wetterstation zeichnete über die Jahre 2004 bis 2006 Daten zu Lufttemperaturen, Wassertemperaturen (1 m Wassertiefe), Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen auf.

Temperaturen:

Die in den Abbildungen 26 und 27 gezeigten Diagramme zeigen, dass gegenüber dem Jahr 2004 eine weitere Zunahme der durchschnittlichen Luft- und Wassertemperaturen zu erkennen ist.

Die Wassertemperaturen 2006 lagen im Durchschnitt um fast 1 bis 2 °C über den Werten von 2004.

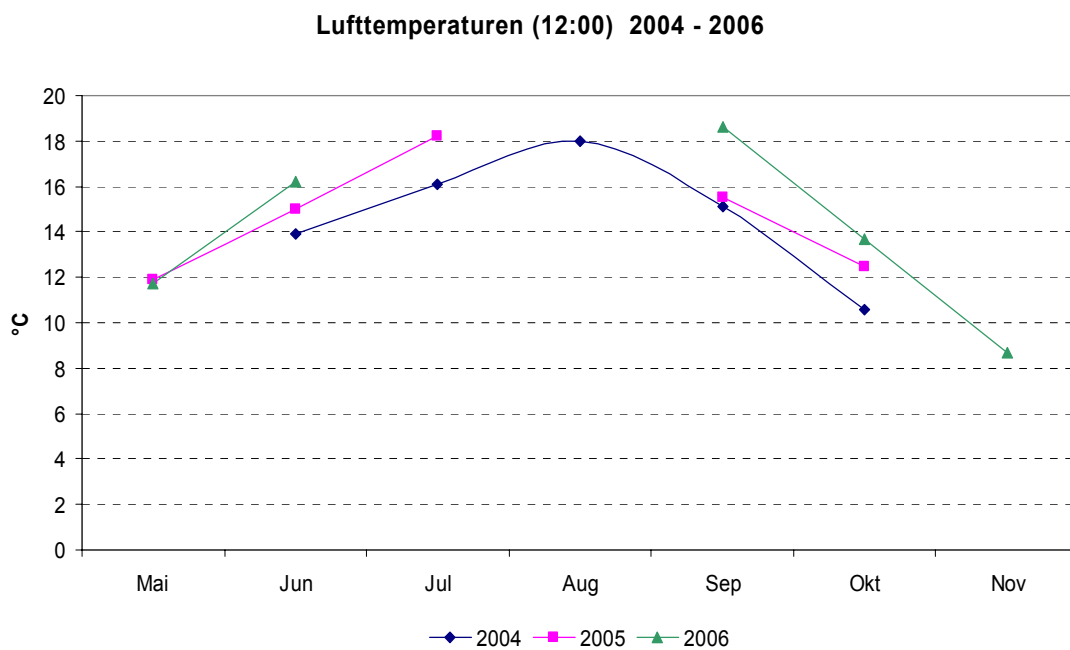


Abb. 26: Mittlere monatliche Lufttemperaturen.

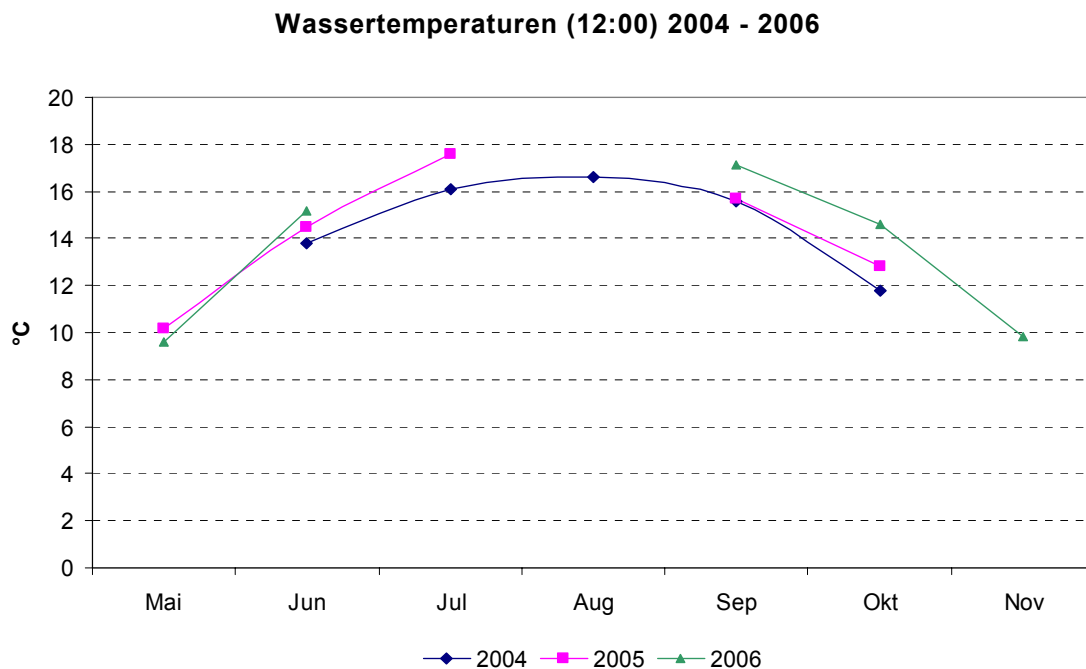


Abb. 27: Mittlere monatliche Wassertemperaturen.

Windverhältnisse:

Mit entscheidend für fischereiliche Untersuchungen am Riff sind auch die aktuellen Windverhältnisse. Die Praxis zeigt, dass ab Windstärken > 4 Bft und Wellenhöhen $> 0,5$ m kein Arbeiten bzw. ein Arbeiten vor Ort nur eingeschränkt möglich ist. Das Zeitfenster für eine ruhige Windlage liegt immer nur bei wenigen Tagen.

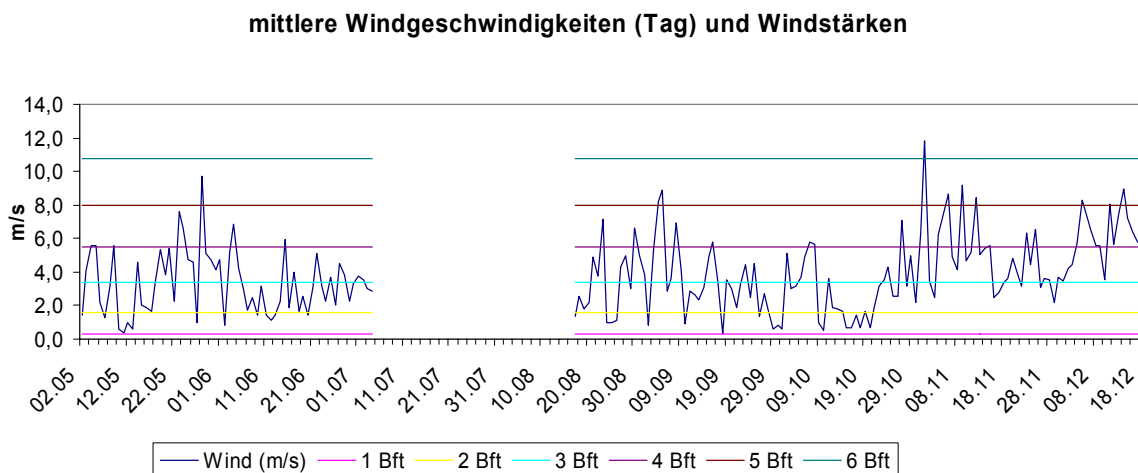


Abb. 28: Mittlere tägliche Windgeschwindigkeiten Mai bis Dezember 2006.

Windgeschwindigkeiten (Tag) 2004 - 2006

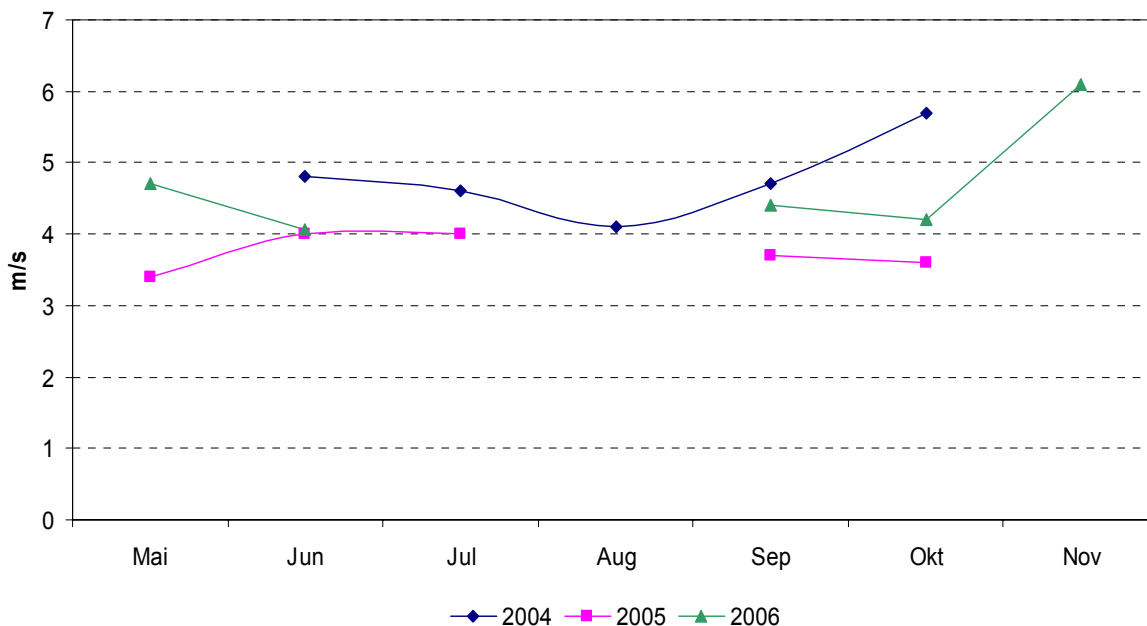


Abb. 29: Mittlere monatliche Windgeschwindigkeiten Mai bis November, 2004 bis 2006.

Die durchschnittlichen monatlichen Windstärken im Jahr 2006 lagen zwar über den Werten vom Vorjahr, aber noch unter den Werten des stürmischen Jahres 2004. Vorherrschend waren 2004 bis 2006 Winde aus Südwest, West und Süd (Abb. 30).

Windrichtungen in % 2004 - 2006

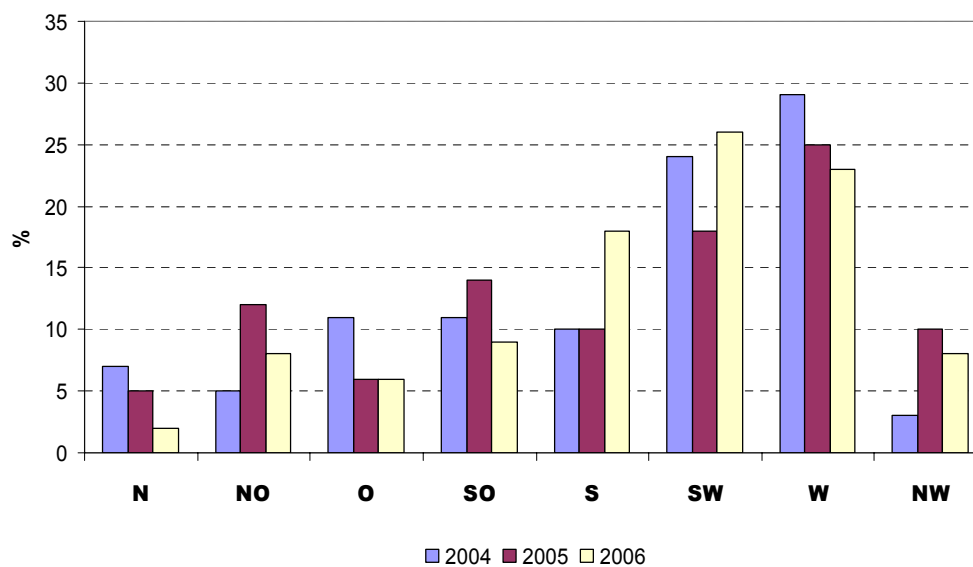


Abb. 30: Windrichtungen 2004 bis 2006.

3.3. Strömungsverhältnisse im Riffgebiet und in einem Kontrollgebiet außerhalb des Riffs

Die Einwirkungen der Riffstrukturen auf die Strömungsverhältnisse im Riffgebiet wurden mittels zweier mechanischer Strömungsmesser des Instituts für Ostseeforschung (IOW) Rostock-Warnemünde ab Mai 2004 untersucht. Zum Vergleich wurden zwei weitere Strömungsmesser etwa 300 m westlich des Riffgebietes installiert. Problematisch ist der sommerliche Bewuchs der Propeller gewesen, so dass ein hoher Betreuungsaufwand zu verzeichnen gewesen ist und auswertbare Daten erst in den Wintermonaten November 2004 bis März 2005 ermittelt werden konnten. Daher wurde abgestimmt für weitere Untersuchungen akustische Strömungsmesser zu verwenden, so bald diese verfügbar sind. Diese waren jedoch im Verlaufe der Jahre 2005 und 2006 nicht der Fall.

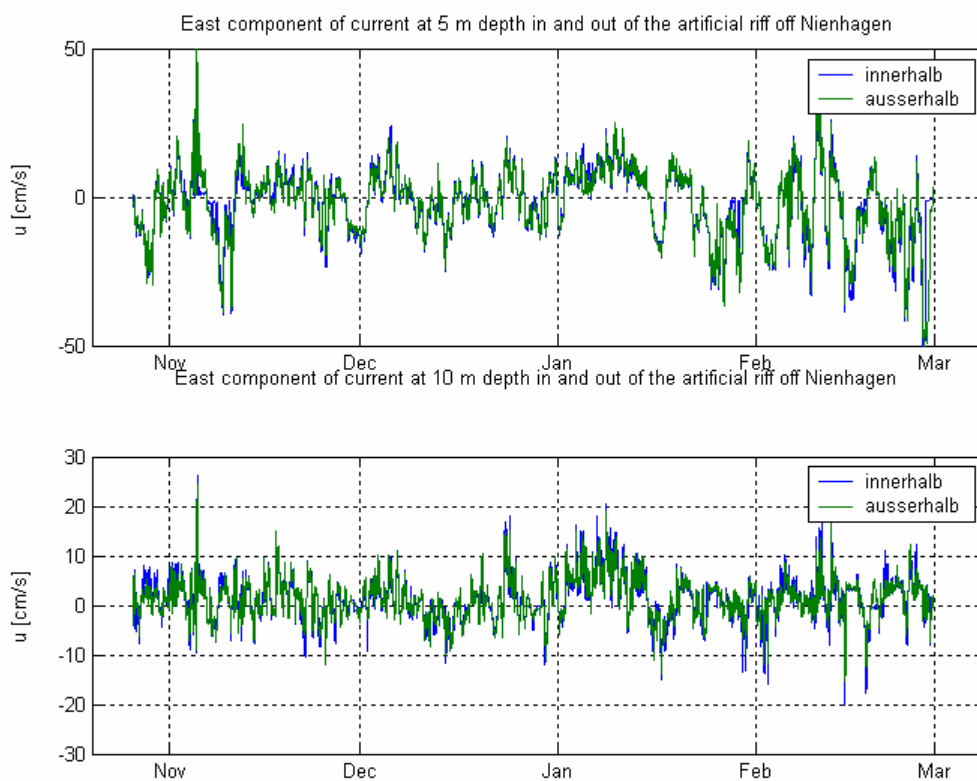


Abb. 31: Strömungsgeschwindigkeiten in 5 und 10 m Wassertiefe (November 2004 bis März 2005).

Nachfolgend ist die Installation der Strömungsmesser graphisch dargestellt.

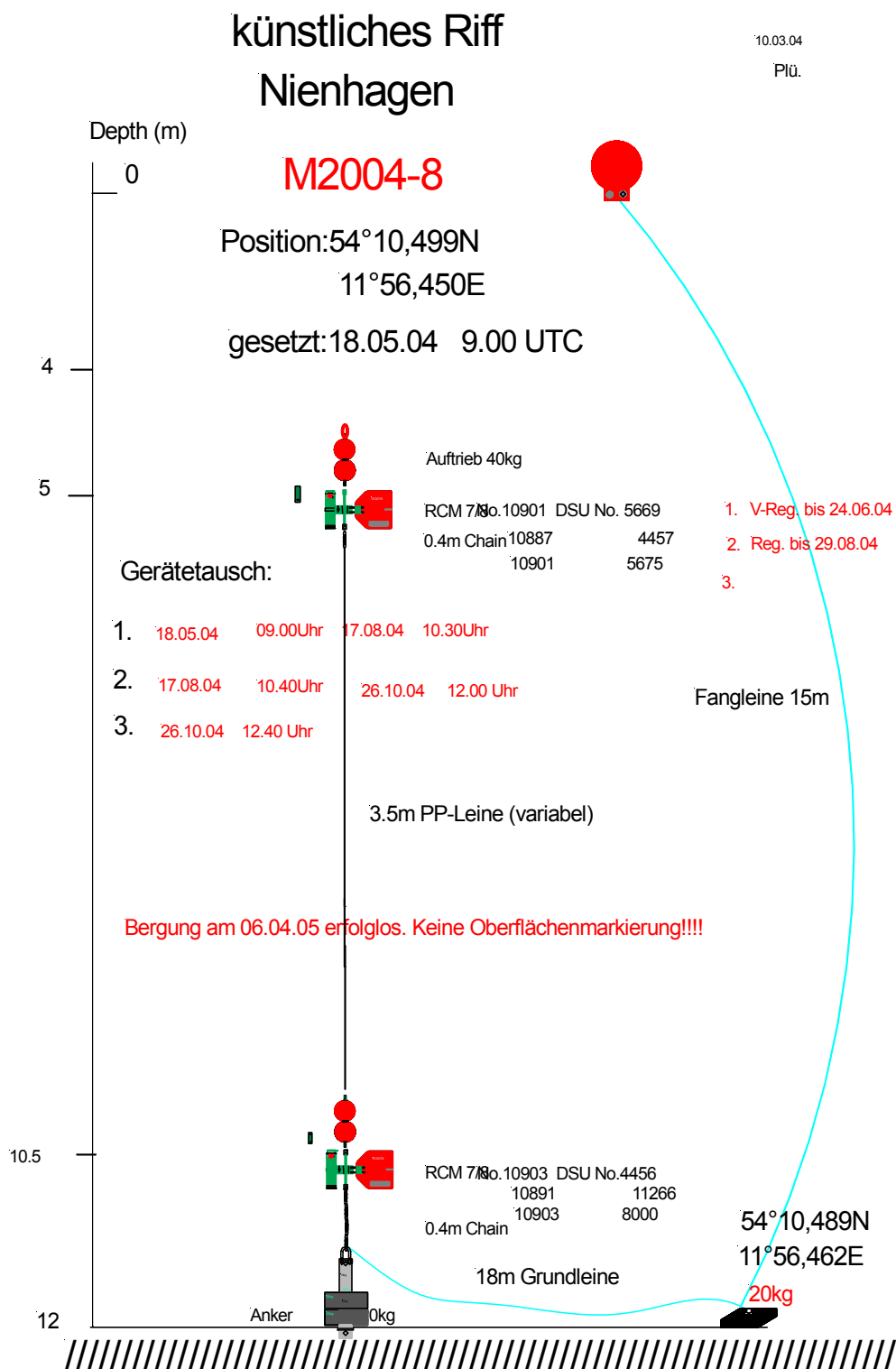


Abb. 32: Installationsschema der eingesetzten mechanischen Strömungsmesser.

Die Strömungsmesser wurden in 5 m und 10 m Wassertiefe angebracht. Aus den Strömungsgeschwindigkeiten lassen sich keine, durch die Strukturen hervorgerufenen markanten Veränderungen der Strömungsfelder am Riff ablesen.

Die hauptsächlich durch Wind induzierten Strömungsrichtungen heben sich im Untersuchungszeitraum auf. So sind auch die lokalen Bewegungen der Oberflächensedimente zu erklären. Die lokalen Transportmechanismen führen zu keiner Anhäufung von Sedimenten an bestimmten Strukturen.

3.4. Erprobung einer Messsonde der Firma AMT

Zusätzlich zu den standardisierten Messungen der hydrographischen Parameter Wassertemperatur, Salzgehalt und Sauerstoff mittels WTW Messsonden wurde eine neu entwickelte Messsonde der Firma AMT in den Jahren 2005 und 2006 in den Ringstrukturen, unmittelbar über der Sedimentoberfläche positioniert, um Aufschlüsse über taggenaue Veränderungen dieser Parameter zu erhalten. Die nachfolgenden Abbildungen 33 und 34 zeigen ausgewählte Datenreihen vom Februar bis April und feiner aufgelöst vom März 2005. Grundsätzlich ist anzumerken, dass die Messsonden relativ anfällig gegen Bewuchs und mechanische Einflüsse waren, so dass es zu Ausfällen der Messreihen gekommen ist. Trotzdem lassen sich grundsätzliche Aussagen treffen.

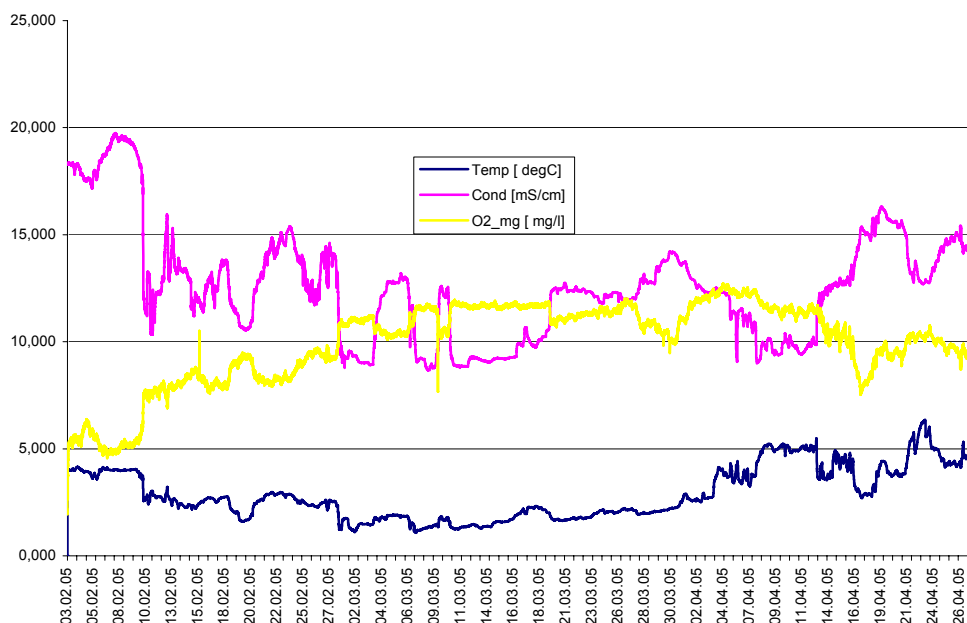


Abb. 33: Messwerte der Parameter Wassertemperatur, Leitfähigkeit und Sauerstoffgehalt.

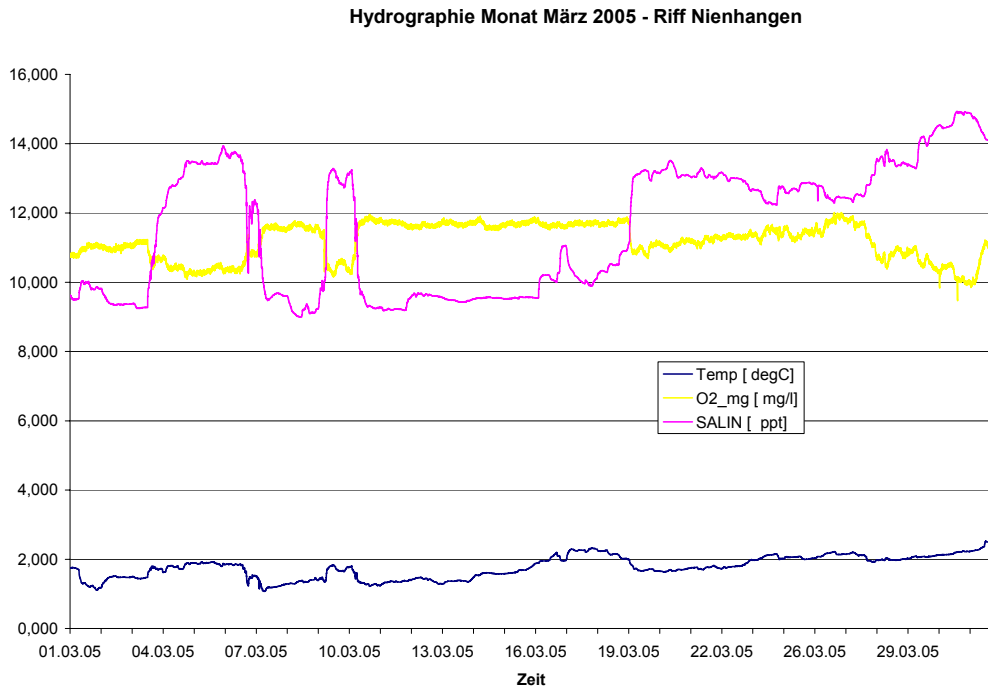


Abb. 34: Wassertemperatur, Salzgehalt und gelöster Sauerstoff in den Ringstrukturen, ca. 5 cm über der Sedimentoberfläche, März 2005.

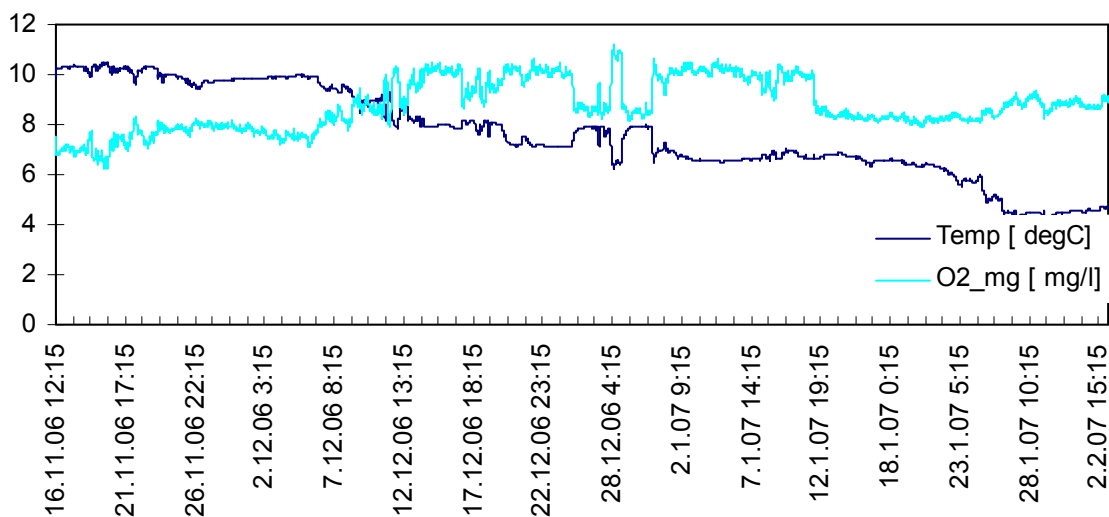


Abb. 35: Wassertemperatur (°C) und gelöster Sauerstoff (mg/l) in den Ringstrukturen, ca. 5 cm über der Sedimentoberfläche, November 2006 bis Februar 2007.

Auch 2006/2007 kam es wieder zu zahlreichen Ausfällen der AMT Sonde, so dass lediglich der Zeitraum 16.11.2006 bis 02.02.2007 verlässliche Werte ergab. Die Sauerstoffverhältnisse in der bodennahen Schicht waren in keinem kritischen Bereich (6 bis 10 ml/l). Die

Wassertemperaturen folgten dem saisonalen Muster (ca. 10 °C im November und ca. 4 °C im Februar) und waren im gleichen Bereich wie die mit der WTW Sonde gemessenen Daten.

Die Salzgehaltsparameter im Tiefenwasser unterliegen den größten Tagesschwankungen. Die höchsten Werte wurden im März am Monatsende mit etwa 15 ‰ gemessen, die geringsten Werte in der Monatsmitte März mit ca. 9,5 ‰. Diese Werte korrespondieren gut mit den Standardmessungen mittels WTW Sonde, mit der am 23. März 2005 in 12 m Wassertiefe 14 ‰ gemessen wurden. Auch die Wassertemperaturen stimmen mit den durch die WTW Sonde gemessenen Werten überein. Die Unterschiede betragen weniger als 0,5 °C. Etwas anders verhält es sich mit dem gelösten Sauerstoff. Während am 23. März mit der WTW Sonde in 12 m Wassertiefe 15 ml/l gemessen wurden, betrug der, mit der AMT Sonde gemessene Sauerstoffgehalt am 23. März nur 11,3 ml/l. Jedoch ist auch diese Abweichung nicht sehr gravierend, so dass insgesamt von einer verlässlichen Messung dieser Parameter ausgegangen werden kann.

Die angetroffenen hydrographischen Verhältnisse sind, zusammenfassend betrachtet, für die, aus Literaturquellen bekannten, physiologischen Bedürfnisse der Fischarten optimal. Sauerstoffmangelscheinungen wurden nicht beobachtet, auch nicht in den doch relativ beruhigten Zonen innerhalb der Ringstrukturen.

Über die Sauerstoffverhältnisse im Sediment können, da keine Messungen vorliegen, keine Aussagen getroffen werden. Hier ist in den Sommermonaten aber durchaus mit Sauerstoffarmut (< 5 ml/l) zu rechnen.

3.5. Benthosbeprobungen an den Riffstrukturen und im Referenzgebiet

Die Benthosbeprobungen hatten zum Ziel sowohl die Artenvielfalt in diesem Gebiet nachzuweisen als auch eine mögliche Zunahme der Artenzahl zu dokumentieren. Zusammenfassend sind hier einige Ergebnisse von 2006 dargestellt und mit der ersten Benthosbeprobung von 2002 verglichen worden.

Die Beprobungen erfolgten durch Taucher wobei eine definierte Menge Sediment entnommen und im Labor analysiert wurde (eine detaillierte Analysebeschreibung folgt später).

Tab. 5: Artenliste 2002.

Art	Riff 1	Riff 2	Riff 3	Ref 1	Ref 2	Ref 3	
<i>Acartia islandica</i>							
<i>Astarte borealis</i>							
<i>Cerastoderma lamarcki</i>							
<i>Hydrobia ulvae</i>	x	x	x	x	x	x	
<i>Macoma balthica</i>	x		x	x			
<i>Mya arenaria</i>							
<i>Mytilus edulis</i>	x	x	x	x	x	x	
<i>Arenicola marina</i>							
<i>Bylgides sarsi</i>							
<i>Capitella capitata</i>	x		x				
<i>Eteone longa</i>	x		x		x		
<i>Marenzelleria viridis</i>							
<i>Nephtys hombergi</i>	x		x				
<i>Nereis (Hediste) div.</i>							
<i>Polydora spec.</i>							
<i>Pygospio elegans</i>	x	x	x		x	x	
<i>Scoloplos armiger</i>	x		x		x	x	
<i>Neanthes succinea</i>				x			
Oligochaeta							
<i>Tubificoides benedeni</i>	x	x	x	x	x	x	
<i>Tubifex costatus</i>	x		x	x			
<i>Streptosyllis websteri</i>			x				
Nemertini	x						
Chironomidae	x						
Crustacea unbest.					x		
<i>Crangon crangon</i>			x				
<i>Cyatura cavinata</i>	x				x	x	
<i>Microdentopus gryllotalpha</i>			x				
<i>Gammarus salinus</i>							
<i>Gammarus oceanicus</i>							
Turbellaria	x						
<i>Halicryptus spinulosus</i>							
<i>Elektra crustulenta</i>		x	x				
<i>Callopora lineata</i>		x	x	x		x	
<i>Spaerodoropsis baltica</i>						x	
<i>Diastylis rathkei</i>			x				
<i>Asterias rubens</i>			x				
Anzahl Arten	14	6	17	7	8	8	

Die Probennahmen 2006 erfolgte im April, September und November durch Taucher. Dabei wurden sieben Stationen beprobt: Riffkegel, altes (SFA), neues (SFN) Steinfeld, Mast, Stapelringe, Tetrapoden und das Referenzgebiet. Von jeder Station wurde jeweils eine Probe mit einem Sedimentvolumen von 1 Liter entnommen. Die Proben wurden mit Formol versetzt (4%) und im Labor gesiebt (1 mm Maschenweite).

Unter einem Binokular wurden die Organismen aus dem Restsediment aussortiert und anschließend bestimmt. Dabei wurde eine Artbestimmung angestrebt, die jedoch bei einigen Vertretern nur bis zu übergeordneten taxonomischen Gruppen möglich war. Bryozoa und Hydrozoa wurden qualitativ in die Auswertung einbezogen.

Nematoda wurden gezählt aber nicht gewogen. Die Clitellaten wurden als Oligochaeta indet. zusammengefasst, gezählt und gewogen.

Eine Einstufung des Gefährdungsgrades der Organismen erfolgte in Anlehnung an die Rote Liste nach Gosselck et al. (1996).

Im Schill der Proben vom Mast (16.11.06) wurden die Gehäuse von *Littorina saxatilis*, *Zippora membranacea* und *Odostomia rissoides* nachgewiesen.

Bei den Stapelringen (16.11.06) fanden sich die Gehäuse von *Odostomia rissoides* und *Cingula striata*. An den Riffkegeln fand sich ein Gehäuse von *Nassarius reticulatus*. Die Lebendnachweise dieser Arten stehen noch aus. Nach der Roten Liste werden *O. rissoides* als potentiell gefährdet und *N. reticulatus* in Kategorie 2 eingestuft. Darüber hinaus wird *Cyathura carinata* (Isopoda) als gefährdet (Kategorie 3) angesehen.

Die Proben vom alten Steinfeld und von den Kegeln (beide 06.09.06) weisen sehr hohe Individuenzahlen von *Mytilus edulis* auf. Zum einen durch Aggregation an kleinen Steinen und zum anderen an Teilen von Rotalgen (*Furcellaria*, *Polysiphonia* und *Delesseria*).

Tab. 6: Artenliste Benthostierorganismen 2006.

Artenliste der Benthosorganismen im Riff & Referenzgebiet (April/September/November 2006)		
Order		Art
Cnidaria	Hydrozoa	<i>Companulina lacerata</i>
Plathelminthes	Turbellaria	Turbellaria indet.
Nemertini	Anopla	<i>Lineus ruber</i>
Mollusca	Gastropoda	<i>Hydrobia neglecta</i>
		<i>Hydrobia ulvae</i>
		<i>Hydrobia ventrosa</i>
		<i>Littorina littorea</i>
		<i>Retusa truncatula</i>
		<i>Turboella inconspicua</i>

weiter Tab. 6:

	Bivalvia	<i>Cerastoderma edule</i>
		<i>Cerastoderma lamarcki</i>
		<i>Modiolus modiolus</i>
		<i>Mya arenaria</i>
		<i>Mytilus edulis</i>
Annelida	Clitellata	<i>Oligochaeta indet.</i>
		<i>Tubificoides benedeni</i>
	Polychaeta	<i>Anaitides maculata</i>
		<i>Arenicola marina</i>
		<i>Bylgides sarsi</i>
		<i>Eteone longa</i>
		<i>Eulalia bilineata</i>
		<i>Harmothoe imbricata</i>
		<i>Harmothoe impar</i>
		<i>Hediste diversicolor</i>
		<i>Neanthes succinea</i>
		<i>Neanthes virens</i>
		<i>Nephtys ceaca</i>
		<i>Pherusa plumosa</i>
		<i>Pholoe minuta</i>
		<i>Phyllodoce mucosa</i>
		<i>Polydora ciliata</i>
		<i>Polydora cornuta</i>
		<i>Polydora ligni</i>
		<i>Pygospio elegans</i>
		<i>Scoloplos armiger</i>
		<i>Terebellides stroemi</i>
Crustacea	Amphipoda	<i>Corophium insidiosum</i>
		<i>Corophium multisetosum</i>
		<i>Gammarus zaddachi</i>
		<i>Gammarus salinus</i>
		<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>
		<i>Parapleustes bicuspis</i>
	Cirripedia	<i>Balanus</i> spp.
	Cumacea	<i>Diastylis rathkei</i>
	Decapoda	<i>Carcinus maenas</i>
	Isopoda	<i>Cyathura carinata</i>
		<i>Idotea balthica</i>
		<i>Idotea chelipes</i>
		<i>Jaera albifrons</i>
	Mysidacea	<i>Gastrosaccus spinifer</i>
		<i>Praunus flexuosus</i>
Insecta	Diptera	Chironomidae indet.
Nematoda		Nematoda indet.
Bryozoa		<i>Alcyonidium polyoum</i>
		<i>Callopora lineata</i>
		<i>Electra crustulenta</i>
Echinodermata	Asteroida	<i>Asterias rubens</i>
Summe		58

Insgesamt betrachtet wurden 2006 im Riffgebiet deutlich mehr Arten nachgewiesen, als dies 2002 der Fall war.

Tab. 7: Artenvielfalt September 2006.

Nachgewiesene Taxa im September 2006									
Order		Art	Kegel	SFA	SFN	Mast	Ringe	Tetrapoden	Referenz
Cnidaria	Hydrozoa	<i>Companulina lacerata</i>							
Plathelminthes	Turbellaria	Turbellaria indet.							
Nemertini	Anopla	<i>Lineus ruber</i>	1		1		1		
Mollusca	Gastropoda	<i>Hydrobia neglecta</i>	1						
		<i>Hydrobia ulvae</i>	1	1	1	1	1	1	
		<i>Hydrobia ventrosa</i>							
		<i>Littorina littorea</i>	1						
		<i>Retusa truncatula</i>	1						
		<i>Turboella inconspicua</i>							
	Bivalvia	<i>Cerastoderma edule</i>				1			
		<i>Cerastoderma lamarcki</i>			1				
		<i>Macoma baltica</i>		1	1	1		1	1
		<i>Modiolus modiolus</i>							
		<i>Mya arenaria</i>		1	1	1	1		
		<i>Mytilus edulis</i>	1	1	1	1	1	1	1
Annelida	Clitellata	<i>Oligochaeta indet.</i>			1	1	1	1	1
		<i>Tubificoides benedeni</i>							
	Polychaeta	<i>Anaitides maculata</i>							
		<i>Arenicola marina</i>							
		<i>Bylgides sarsi</i>							
		<i>Eteone longa</i>	1	1	1	1	1		1
		<i>Eulalia bilineata</i>							
		<i>Harmothoe imbricata</i>				1			
		<i>Harmothoe impar</i>							
		<i>Hediste diversicolor</i>			1	1	1	1	
		<i>Neanthes succinea</i>	1	1	1	1	1	1	
		<i>Neanthes virens</i>					1		
		<i>Nephtys ceaca</i>							
		<i>Pherusa plumosa</i>							
		<i>Pholoe minuta</i>	1						
		<i>Phyllodoce mucosa</i>							
		<i>Polydora ciliata</i>	1						
		<i>Polydora cornuta</i>							
		<i>Polydora ligni</i>	1			1		1	
		<i>Pygospio elegans</i>	1	1	1	1	1	1	1
		<i>Scoloplos armiger</i>	1	1	1	1			1
		<i>Terebellides stroemi</i>							
Crustacea	Amphipoda	<i>Corophium insidiosum</i>	1	1		1			
		<i>Corophium multisetosum</i>				1			
		<i>Gammarus zaddachi</i>	1						
		<i>Gammarus salinus</i>	1			1	1	1	
		<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	1	1		1	1	1	
		<i>Parapleustes bicuspis</i>					1		
	Cirripedia	<i>Ballanus</i> spp.						1	
	Cumacea	<i>Diastylis rathkei</i>					1		1
	Decapoda	<i>Carcinus maenas</i>							
	Isopoda	<i>Cyathura carinata</i>	1	1		1	1		
		<i>Idotea balthica</i>						1	
		<i>Idotea chelipes</i>	1						
		<i>Jaera albifrons</i>	1						
	Mysidacea	<i>Gastrosaccus spinifer</i>							
		<i>Praunus flexuosus</i>							
Insecta	Diptera	Chironomidae indet.			1				
Nematoda		Nematoda indet.			1	1	1		

weiter Tab. 7:

Bryozoa		<i>Alcyonidium polyoum</i>							
		<i>Callopora lineata</i>							
		<i>Electra crustulenta</i>	1						
Echinodermata	Asteroida	<i>Asterias rubens</i>	1	1		1	1	1	
Summe		58	22	12	14	20	17	13	7

Tab. 8: Artenvielfalt November 2006.

Nachgewiesene Taxa im November 2006									
Order		Art	Kegel	SFA	SFN	Mast	Ringe	Tetrapoden	Referenz
Cnidaria	Hydrozoa	<i>Companulina lacerata</i>							1
Plathelminthes	Turbellaria	Turbellaria indet.							
Nemertini	Anopla	<i>Lineus ruber</i>		1					
Mollusca	Gastropoda	<i>Hydrobia neglecta</i>							
		<i>Hydrobia ulvae</i>	1	1	1	1	1	1	1
		<i>Hydrobia ventrosa</i>			1				
		<i>Littorina littorea</i>	1	1				1	
		<i>Retusa truncatula</i>						1	
		<i>Turboella inconspicua</i>	1					1	1
	Bivalvia	<i>Cerastoderma edule</i>				1			
		<i>Cerastoderma lamarcki</i>	1	1					
		<i>Macoma baltica</i>	1	1	1	1	1	1	1
		<i>Modiolus modiolus</i>							
		<i>Mya arenaria</i>	1		1	1	1		
		<i>Mytilus edulis</i>	1	1	1	1	1	1	1
Annelida	Clitellata	<i>Oligochaeta indet.</i>	1	1	1	1	1	1	
		<i>Tubificoides benedeni</i>							
	Polychaeta	<i>Anaitides maculata</i>	1				1		
		<i>Arenicola marina</i>							
		<i>Bylgides sarsi</i>							
		<i>Eteone longa</i>		1		1	1	1	
		<i>Eulalia bilineata</i>							
		<i>Harmothoe imbricata</i>							
		<i>Harmothoe impar</i>							
		<i>Hediste diversicolor</i>					1		
		<i>Neanthes succinea</i>	1	1	1	1	1	1	
		<i>Neanthes virens</i>							
		<i>Nephtys ceaca</i>	1	1	1				
		<i>Pherusa plumosa</i>				1			
		<i>Pholoe minuta</i>							
		<i>Phyllodoce mucosa</i>							
		<i>Polydora ciliata</i>							
		<i>Polydora cornuta</i>							
		<i>Polydora ligni</i>	1	1	1	1	1	1	
		<i>Pygospio elegans</i>	1	1	1	1	1	1	1
		<i>Scoloplos armiger</i>	1		1		1	1	
		<i>Terebellides stroemi</i>							

weiter Tab. 8:

Crustacea	Amphipoda	<i>Corophium insidiosum</i>							
		<i>Corophium multisetosum</i>							
		<i>Gammarus zaddachi</i>							
		<i>Gammarus salinus</i>							
		<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	1	1	1				
		<i>Parapleustes bicuspis</i>							
	Cirripedia	<i>Ballanus</i> spp.							
	Cumacea	<i>Diastylis rathkei</i>							
	Decapoda	<i>Carcinus maenas</i>			1				
	Isopoda	<i>Cyathura carinata</i>		1			1		
		<i>Idotea balthica</i>							
		<i>Idotea chelipes</i>							
		<i>Jaera albifrons</i>							
	Mysidacea	<i>Gastrosaccus spinifer</i>							
		<i>Praunus flexuosus</i>			1				
Insecta	Diptera	Chironomidae indet.							
Nematoda		Nematoda indet.	1	1	1	1	1	1	1
Bryozoa		<i>Alcyonidium polyoum</i>							
		<i>Callopora lineata</i>		1		1			
		<i>Electra crustulenta</i>	1	1		1	1	1	
Echinodermata	Asteroida	<i>Asterias rubens</i>			1				1
Summe		58	17	17	16	14	15	14	8

Tab. 9. Anzahl der Taxa und Massen an den verschiedenen Strukturen, September und November 2006.

Struktur	6. September 2006			16. November 2006		
	Taxa	Anzahl	Masse (g)	Taxa	Anzahl	Masse (g)
Steinfeld Alt	14*	1461	1,7874	17	52	0,137
Steinfeld Neu	14	184	0,3459	16	128	6,657
Riffkegel	25*	4024	31,1705	17	78	0,2101
Stapelringe	18	411	11,3843	15	103	0,3517
Tetrapoden	14	131	3,1651	14	61	0,5298
Mast	20	2696	16,8719	14	60	0,0755
Referenzgebiet	7	41	0,3355	8	27	1,0226

* Mythilusaggregation

Die Anzahl der Taxa ist in diesen beiden Untersuchungsmonaten bei den Riffstrukturen nicht sehr unterschiedlich, deutlich unterscheiden sich hingegen die Anzahl der gefundenen Tiere, insbesondere wenn bei der Probennahme Miesmuschelansammlungen entnommen wurden.

Im Referenzgebiet wurden deutlich weniger Arten, Stückzahlen und Biomassen gefunden, verglichen mit den Werten an den verschiedenen Riffstrukturen. Dies kann als Ausdruck der höheren Biodiversität im Riffgebiet angesehen werden.

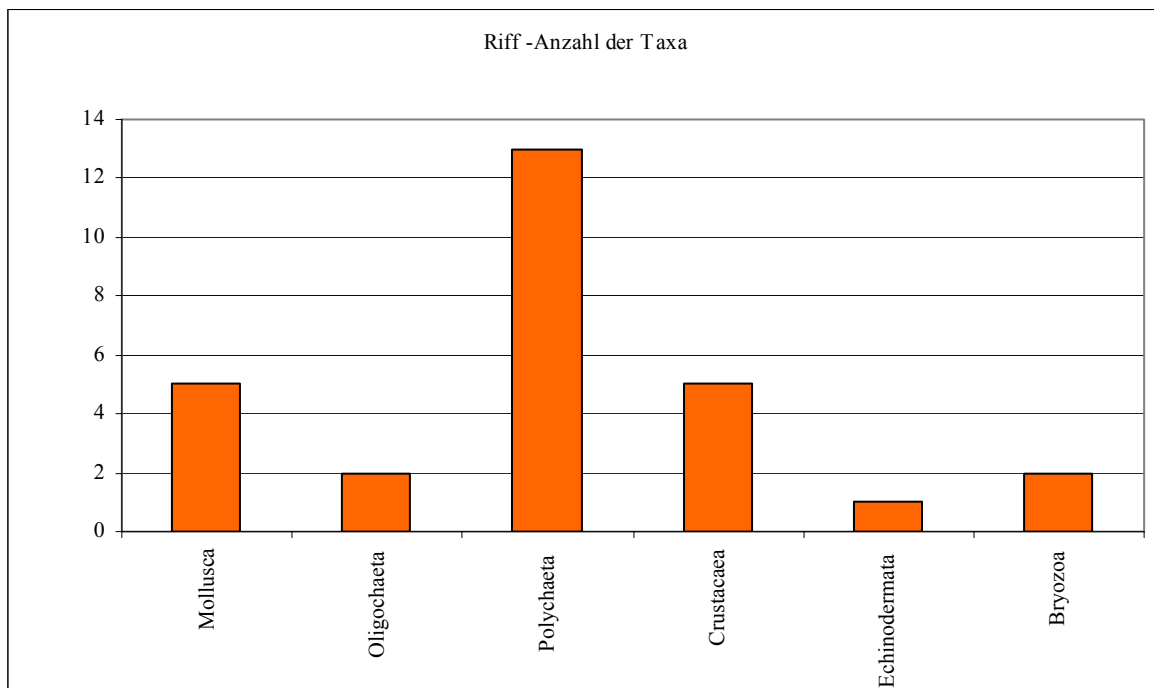


Abb. 36: Anzahl der Taxa im Riffgebiet 2006.

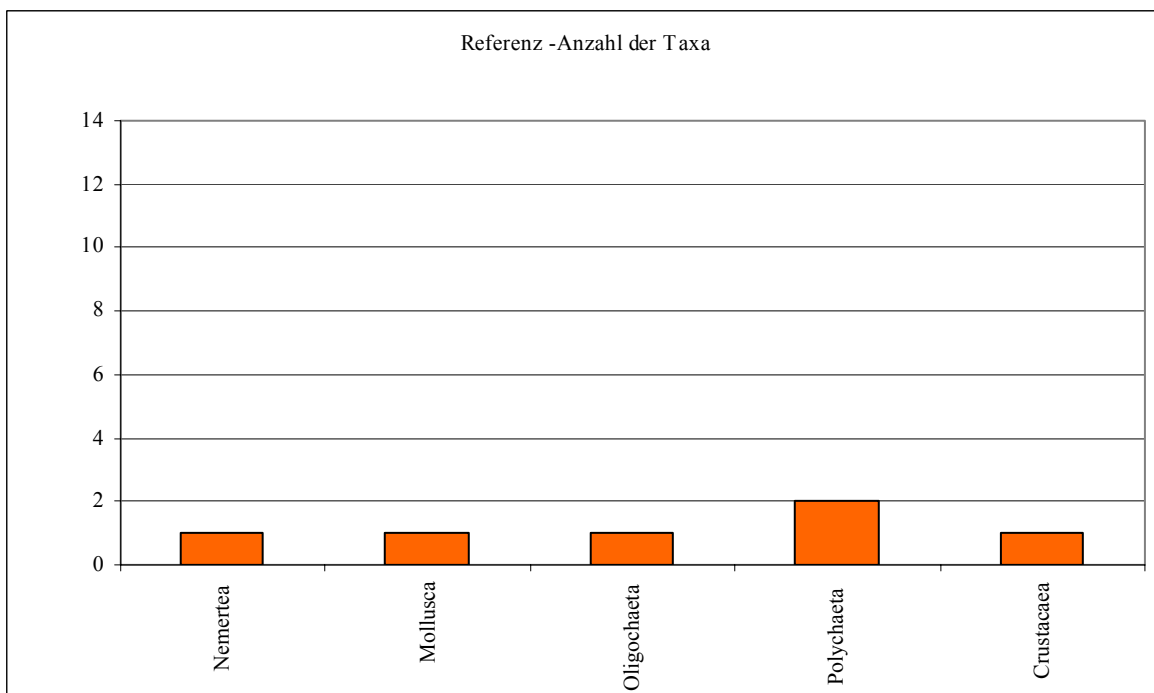


Abb. 37: Anzahl der Taxa im Referenzgebiet 2006.

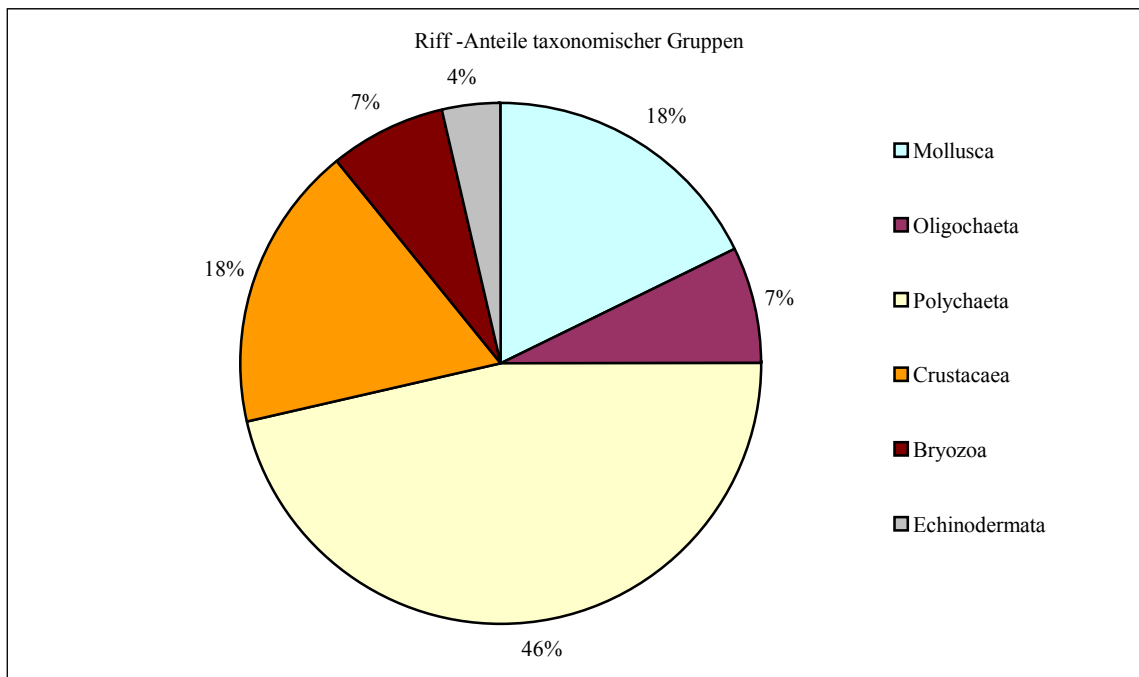


Abb. 38: Prozentualer Anteil taxonomischer Gruppen im Riffgebiet 2006.

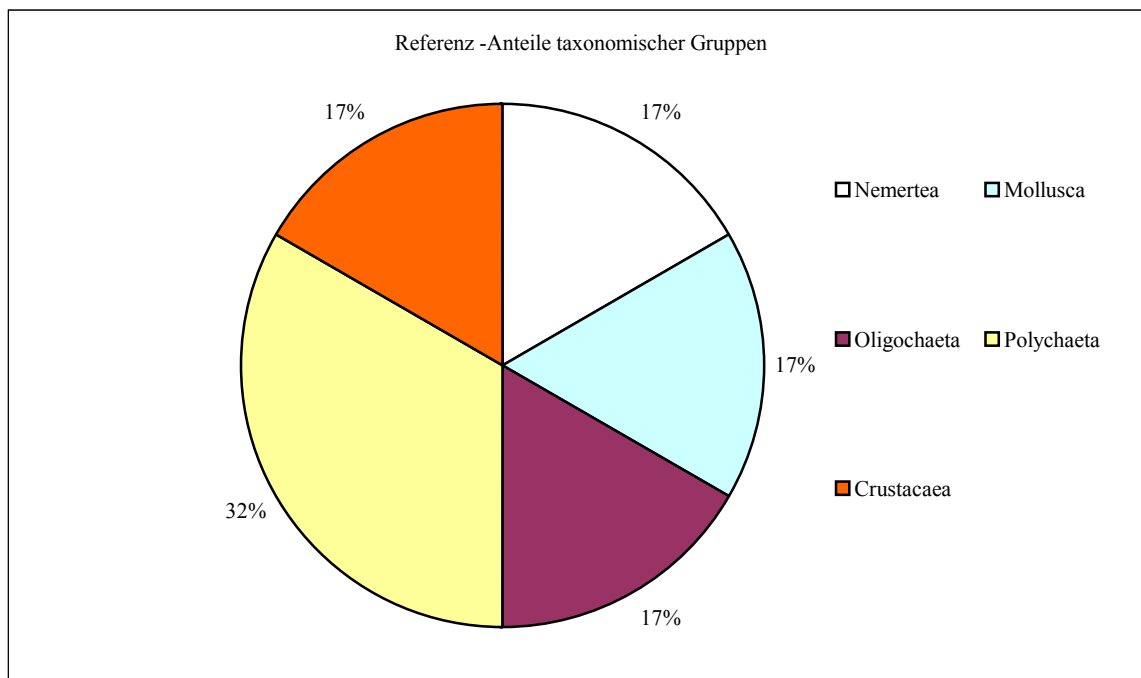


Abb. 39: Prozentualer Anteil taxonomischer Gruppen im Referenzgebiet 2006.

Weitere detaillierte Angaben zu den Ergebnissen der Benthosbeprobungen sind im Anhang zu diesem Bericht zu finden.

4. Zusammenfassung

Durch die Einbringung von künstlichen Strukturen (Abb. 40 stellt die räumliche Anordnung der Elemente dar) in natürliche Habitatstrukturen können Veränderungen der Sedimentzusammensetzung, der Korngrößenverteilung, der Wassergehalte und der organische Gehalte aber auch Veränderungen der Artenzusammensetzung der Bodentierorganismen (Infauna und Epifauna) erwartet werden.

Eine Veränderung der Strömungsverhältnisse hängt wesentlich von der Größe der Einzelstrukturen, deren Anordnung und der Flächenausdehnung ab. Konstante Veränderungen konnten im Riff nicht beobachtet werden. Die in diesem Seegebiet vorherrschende parallele Küstenströmung ist durch einen häufigen Richtungswechseln gekennzeichnet. Vorrangige Richtungen sind West-Ost bzw. Ost-West Strömungen. Diese wurden auch im Riffgebiet festgestellt. Kleinräumige Strömungen, um die Strukturen herum, konnten nicht untersucht werden.

In Bezug auf die Sedimentverteilung im Riff konnten keine signifikanten Änderungen, d. h. konstante Abtragungen oder Anhäufungen von Sedimenten in bestimmten Bereichen festgestellt werden.

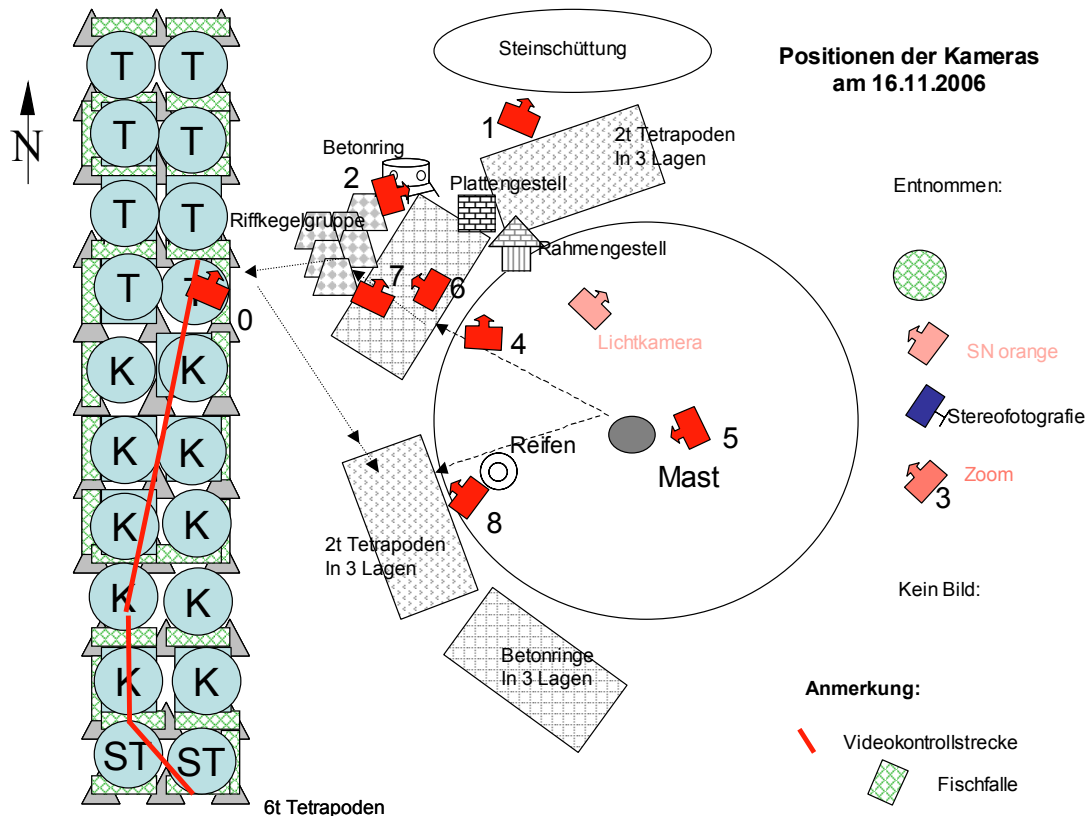


Abb. 40: Anordnung der Hartstrukturen (Betonelemente) im Riffgebiet Nienhagen, hier mit Kamerapositionen.

Die sedimentökologischen Untersuchungen zeigen eine hohe Variabilität, die vorrangig durch physikalische Prozesse, hauptsächlich Strömungen, gesteuert wird. Biologische Prozesse wie der Abbau von Organismen zeigen sich in erster Linie in den unterschiedlichen organischen Gehalten in der oberen Sedimentschicht.

Zusammenfassend kann eingeschätzt werden, dass die eingebrachten Strukturen zu keiner messbaren Veränderung der Sedimenttransporte und der Zusammensetzung (Korngrößen) führen. Beobachte zwischenjährliche Veränderungen sind u. E. durch die natürliche Variabilität dieser Parameter bedingt.

Eindeutig kann jedoch festgestellt werden, dass im Riffgebiet insgesamt die organischen Gehalte der Sedimente steigen und dass im Jahr 2006, als Folge der erhöhten Bioproduktion, die bisher höchsten Werte zu verzeichnen waren. Im Referenzgebiet sind hingegen die organischen Gehalte in der Untersuchungsperiode 2004 bis 2006 nur geringfügig gestiegen.

An allen Probenentnahmestellen, in der Nähe der unterschiedlichen Riffstrukturen, ist dieser Anstieg zu verzeichnen gewesen, insbesondere trifft dies für die Sedimente in der Nähe der Riffkegel zu, wo im Sommer 2006 die bisher höchsten organische Gehalte gemessen worden sind (Abb. 13). Diese Strukturen bilden zusammen mit den in unmittelbarer Nähe errichteten Stapelringen ein nahezu kompaktes Gebilde, so dass die Vermutung nahe liegt, dass die Bioproduktivität an homogenen Strukturen höher ist, als an den vergleichsweise heterogenen Tetrapoden Ensembles.

Die aufgetretenen Unterschiede werden durch weitere Untersuchungen überprüft.

Veränderungen in der Besiedlung der Gebiete durch Zoobenthos Organismen sind gleichfalls nachweisbar.

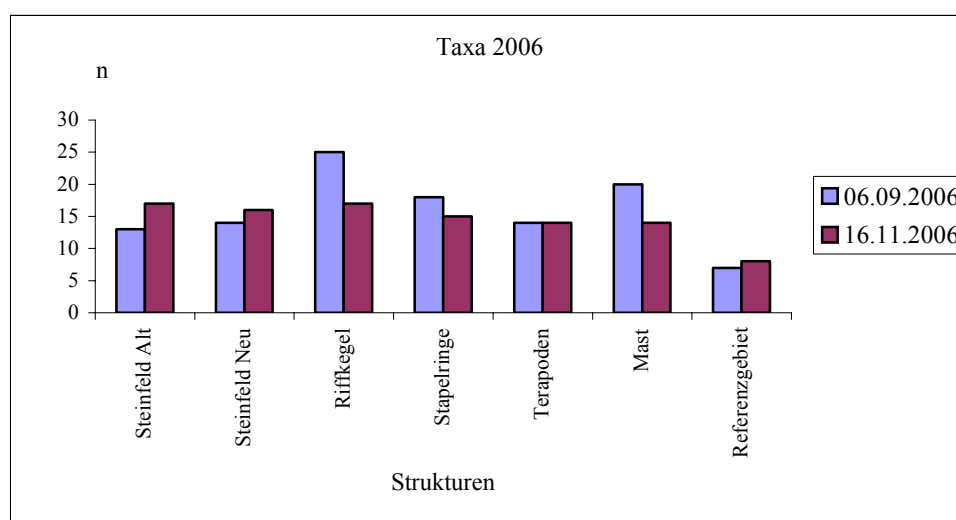


Abb. 41: Anzahl der Taxa an den verschiedenen Riffstrukturen und im Referenzgebiet 2006.

Es sind sowohl eine Zunahme der Artenzahlen im Riffgebiet, 2002: 21 Arten und 2006: 28 Arten, als auch Unterschiede zwischen dem Riff- und dem Referenzgebiet nachweisbar (Abb. 41). Im Referenzgebiet wurden 2006 lediglich 8 Taxa nachgewiesen. Die Häufigkeit der gefundenen Arten unterscheidet sich zwischen Referenzgebiet und Riffstrukturen deutlich. Während im Referenzgebiet im September und November 2006 nur 41 bzw. 27 Tiere gefunden wurden, waren es im Riffgebiet 60 bis 4.024 Individuen pro Probe (Abb. 42). Insbesondere in den *Mytilus*-Aggregationen (Steinfeld Alt und Riffkegel) war die Anzahl der gefundenen Individuen hoch.

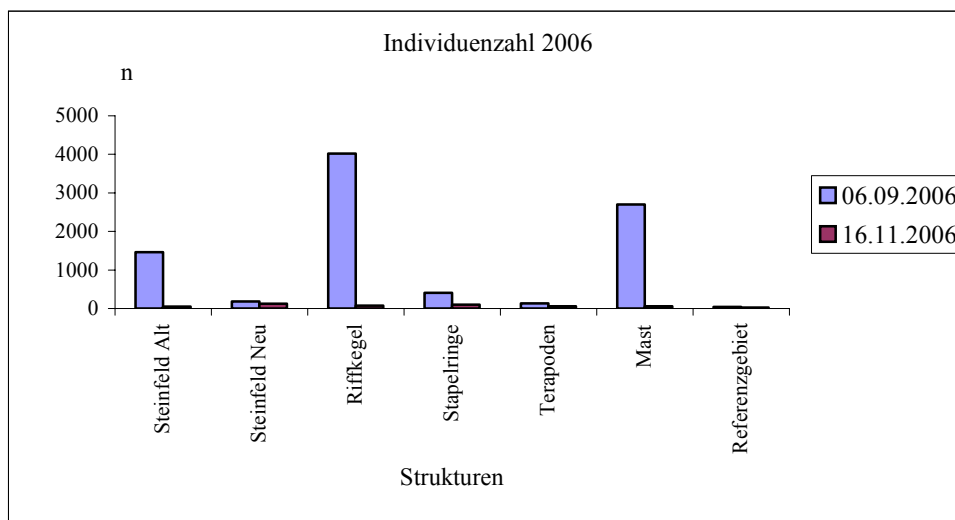


Abb. 42: Individuenzahlen an den verschiedenen Riffstrukturen und im Referenzgebiet 2006.

Auffallend war wiederum, dass an den relativ heterogenen Tetrapodengruppen die Anzahl der gefundenen Benthosindividuen niedriger war, als an den anderen Strukturen.

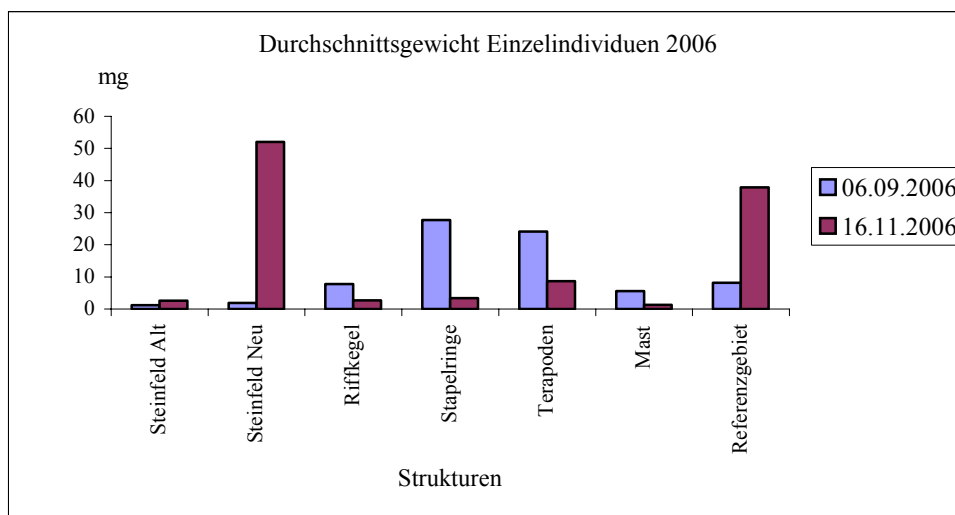


Abb. 43: Durchschnittsgewicht der Einzelindividuen an den verschiedenen Riffstrukturen und im Referenzgebiet 2006.

Die Durchschnittsgewichte der Einzelindividuen (Abb. 43) hängen wesentlich von der vorgefundenen Artenverteilung ab.

Ziel der videooptischen ganzjährigen Beobachtung an und in den Strukturen war die Bewertung des Einflusses dieser Strukturen auf autökologische Verhaltensweisen der Fische. Im Mittelpunkt stand die Fischidentifizierung, das Fressverhalten der Arten, diurnale Fischwanderungen und die Bestimmung der Größe einzelner Fischschwärme. Besonderes Augenmerk wurde auf die Bewertung des Fischverhaltens an den eingesetzten Fanggeräten (Fischfallen) gelegt. Insgesamt wurden im Zeitraum 2003 bis 2006 8.300 Stunden Videomaterial aufgezeichnet, das entspricht einer Festplattenkapazität von 9,8 Terra Byte. Um eine Vergleichbarkeit herzustellen, wurde ein neuer Einheitswert, der so genannte *Videobeobachtungswert pro Zeiteinheit*, eingeführt. Anhand dieser Maßeinheit ist es möglich die Beobachtungen zu quantifizieren (Abb. 25). Festgestellt wurden diurnale Unterschiede im Auftreten der Hauptfischart Dorsch. Höchste Werte wurden in der Morgen- und Abenddämmerung festgestellt, wohingegen die Werte in den Mittags- und Nachtstunden deutlich absanken.

Erste Ergebnisse aus dem Einsatz einer „Lichtkamera“ zeigen deutliche Konzentrationseffekte bei Zooplanktonorganismen. Damit besteht offensichtlich die Möglichkeit mit Hilfe dieser Technik die Nahrungsverfügbarkeit insbesondere für juvenile Dorschstadien aber auch für andere Fischarten zu verbessern.

Mit Hilfe der Unterwasservideokameras war es möglich größere Fischschwärme eindeutig zu identifizieren. Methodische Schwierigkeiten gab es bei der Ermittlung der Artenvielfalt. Ein Vergleich videooptisch erkannter Fischarten und mittels Fanggeräte festgestellter Artendiversität erbrachte deutliche Unterschiede. Während videooptisch 15 Fischarten identifiziert werden konnten sind mit den Fanggeräten insgesamt 34 Fischarten im Riffgebiet nachgewiesen worden. Dies ist in erster Linie darauf zurückzuführen, das durch die Unterwasserkameras nur ein begrenzter Ausschnitt des gesamten Riffgebietes erfasst wird.

Zusammenfassend kann eingeschätzt werden, das die Einbringung der künstlichen Hartsubstrate in diesem Seegebiet, dessen Bodenstruktur durch eine dünne Grobsand- und Feinsandstruktur mit vereinzelt Steinen auf einer Mergelgrundlage gekennzeichnet ist, zu keinen markanten Veränderungen der natürlich vorhandenen Habitats geführt hat. Die obere Sedimentschicht wird strömungsinduziert regelmäßig innerhalb des Gebietes umgeschichtet, Sedimentfallen sind nicht entstanden. Durch den Aufwuchs an den Hartsubstraten ist eine

erhöhte Bioproduktivität erkennbar, die sich auch in der Artenvielfalt der Benthostierorganismen und in der Konzentration von Zooplanktern widerspiegelt.

Nach wie vor kann nicht eindeutig eingeschätzt werden in welchem Maße Form und Anordnung der verschiedenen Strukturen Einfluss auf die Artenvielfalt in dem Gebiet ausüben. Eindeutig ist, dass eine eher homogene Strukturierung, wie sie im Bereich der Riffkegel und Stapelringe vorhanden ist, zu einer höheren Bioproduktivität führt, während die Effekte der heterogen strukturierten Tetrapodenfelder merkbar geringer sind.

Rostock, 23.02.2007

Norbert Schulz

Danksagung:

Wir danken allen beteiligten Kollegen von Fisch und Umwelt sowie den beteiligten Mitarbeitern der Universität Rostock, der Bioplan GmbH und der LFA M-V für ihre ausgeprägte Einsatzbereitschaft insbesondere während der witterungsbedingt schwierigen Feldarbeiten. Besonderer Dank gilt der Europäischen Union und dem Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern für die Finanzierung des Forschungsprojektes.