

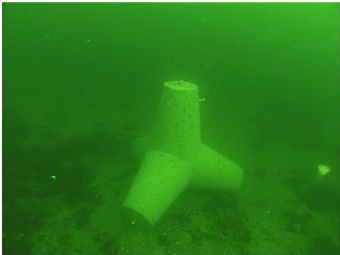
## Bewertung von Riffelementen am Beispiel des „Künstliches Riff - Nienhagen“


Thomas Mohr – LFA M-V, Institut für Fischerei

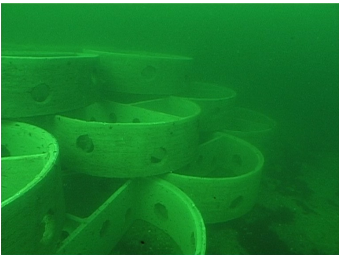
Gut zwei Jahren nach dem Einbau der künstlichen Strukturen im Rahmen des durch EU und Landesmittel geförderten Projektes „Künstliches Riff - Nienhagen“ wurden bauliche Veränderungen notwendig. Neben den Untersuchungen zur Fischereibiologie, zum Bewuchs, zur Algenproblematik und zur Ökonomie standen Beobachtungen zu den Auswirkungen durch die Strukturen auf deren direkte Umgebung aber auch zu den unterschiedlichen Strukturen selbst auf dem Programm. Ziel des Projektes war und ist, den Nachweis zu erbringen, dass die künstlichen Strukturen möglicherweise eine Erhöhung der fischereilichen Wertigkeit in diesem Areal nach sich ziehen. Kann man bei dem wissenschaftlichen Monitoringprogramm positive Tendenzen zum gestellten Ziel erkennen, so wurden bei den unterschiedlichen Strukturen neben positiven auch negative Eigenschaften deutlich. Nachfolgend werden die Ergebnisse zu den Beobachtungen an den einzelnen ausgebrachten Strukturen präsentiert und diskutiert.

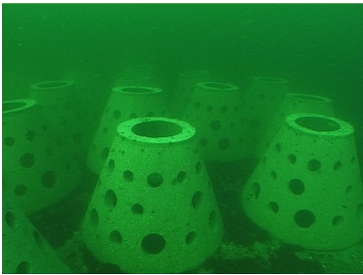
Welch Kriterien gab es zu erfüllen? Lässt man die Betrachtung der Oberfläche außer Acht, waren bei den Betonelementen neben einer langen Lebensdauer und einer hohen Standfestigkeit die Schaffung von Hohlräumen und Unterständen (Schutzräume) gefragt. Die Ergebnisse der Untersuchungen zum Bewuchs zeigten nach zwei Jahren, dass bei der Erstbesiedlung keine wesentlichen Unterschiede bei den verschiedenen strukturierten Oberflächen (gekratzt, gesandstrahlt oder ausgewaschen) auftraten. Wie unterschiedlich der Bewuchs über einen längeren Zeitraum sein kann, bleibt abzuwarten. Allen Elementen gemeinsam war die Anfertigung aus Beton mit einer Festigkeitsklasse, die mindestens den Anforderungen an einen Beton B 45 WU entsprechen musste. Des Weiteren wurde ein dem Wasserkörper entsprechender neutraler pH-Wert an der Betonoberfläche gefordert. Hier sei angemerkt, dass sich bei einer entsprechenden Oberflächenbehandlung (Auswaschen) bis zu 80% Natursteinanteil erreichen lassen. Im gesamten für das Projekt genehmigten Untersuchungsareal besteht der Meeresboden aus Geschiebemergel mit einer darauf liegenden Kiesschicht von 5 bis 15 cm Stärke und vereinzelt vorkommenden Steinen mit Größen bis 80 cm Durchmesser. In der nachfolgenden Übersicht (Tabelle 1) werden die positiven und negativen Eigenschaften der Betonelemente vor allem aus fischereilicher Sicht herausgearbeitet.

Tabelle 1: Bewertung der Betonelemente

<p><b>6t-Tetrapode</b></p>  <p>Abb. 1: 6t-Tetrapode einzeln stehend</p>	<p><b>Festigkeit:</b> ☺ ☺ ☺ ☺ ☺</p> <p><b>Standfestigkeit:</b> ☺ ☺ ☺ ☺</p> <p><b>Einbau:</b> ☺ ☺ ☺ ☺</p>	<p>An keinem der 109 Stück 6t oder den 100 Stück 2t-Tetrapoden (einzeln stehend) konnte ein Schaden festgestellt werden.</p> <p>Nur bei einem Verhaken an einer der zusätzlich angebrachten Augschrauben ist ein Umreißen möglich. Dazu sind aber größere Kräfte von Nöten. Ein Ankergeschirr eines Sportbootes wäre dazu nicht in der Lage. Selbst wenn das der Fall sein sollte, nimmt der Tetrapode auf Grund seiner Konstruktion immer wieder eine stabile Lage ein.</p> <p>Mittels eines Krans mit Sliphaken wurden die Tetrapoden gesetzt. Die Arbeiten wurden im Nachgang von Tauchern kontrolliert und im Einzelfall, wenn zum Beispiel ein Tetrapode auf einem größeren Stein stand, erfolgte eine Korrektur.</p>
--	--	--

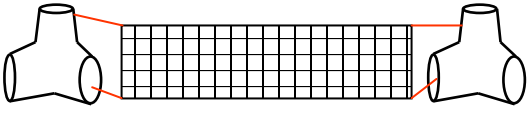

	<p>Bedeckung des Boden: ☺ ☺ ☺ ☺</p> <p>Oberfläche zum Materialeinsatz: ☺</p> <p>Schutzraum: ☺</p> <p>Fischereiliche Nutzung: ☺ ☺ ☺</p>	<p>Der Bodenbedeckungsgrad ist mit den drei Standbeinen sehr gering (geschätzt wurden maximal 5% der Gesamtoberfläche). 13,25 m<sup>2</sup>/6 t Material = 2,2 m<sup>2</sup>/t</p> <p>Die drei Standbeine bilden einen kleinen Unterstand und im Strömungsschatten sind gehäuft Kleinfische zu beobachten.</p> <p>Befinden sich an den Tetrapoden keine zusätzlichen Befestigungselemente (hier Augschrauben), bietet sich auch an der großflächigen und abgerundeten Struktur kaum eine Möglichkeit des Verhakens und es könnten mit einem gewissen Restrisiko passive Fanggeräte der Berufsfischerei eingesetzt werden. Bei den jetzigen Strukturen ist das nicht möglich.</p>
<p><b>2t-Tetrapode</b></p>  <p>Abb. 2: 2t-Tetrapoden gestapelt in bis zu drei Lagen</p>	<p>Festigkeit: ☺ ☺ ☺ ☺</p> <p>Standfestigkeit: ☺ ☺ ☺ ☺</p> <p>Einbau: ☺ ☺ ☺ ☺</p> <p>Bedeckung des Boden: ☺ ☺</p> <p>Oberfläche zum Materialeinsatz: ☺ ☺</p> <p>Schutzraum: ☺ ☺ ☺ ☺</p>	<p>An nur einem der 720 Stück eingebauten Tetrapoden wurde eine Bruchstelle festgestellt.</p> <p>Für an den Randzonen des Stapels einzeln stehende gilt das Gleiche wie für die 6t-Tetrapoden. Bei den gestapelten Tetrapoden kam es beim ersten starken Sturm in den oberen Lagen zum Versatz einiger Elemente, die sich dann aber so ineinander verkeilt haben, dass sie eine stabile Lage eingenommen haben.</p> <p>Der Einbau erfolgte wie bei den 6t-Tetrapoden mittels Kran ohne Unterstützung durch Taucher, die aber im Nachgang eine Inspektion vornahmen und optisch instabil liegende Tetrapoden mittels ihrer Hilfe neu setzen ließen.</p> <p>Für den einzelnen Tetrapoden verhält es sich wie bei den 6t-Tetrapoden. Der gesamte Stapel belegt aber eine Fläche von 10 x 20m. Inwieweit sich das auf die Benthos-Lebensgemeinschaften auswirkt ist nicht anhand von Beprobungen nachweisbar, es sei denn man beräumt den kompletten Stapel. Messungen zu den Sauerstoffwerten im Stapel erfolgten nicht. 6,02m<sup>2</sup>/2t = 3 m<sup>2</sup>/t</p> <p>Mit seinen größeren und kleineren Höhlen und seiner stark strukturierten Oberfläche bildet der Stapel in seiner Gesamtheit einen sehr guten Schutz und mit seiner Höhe von</p>

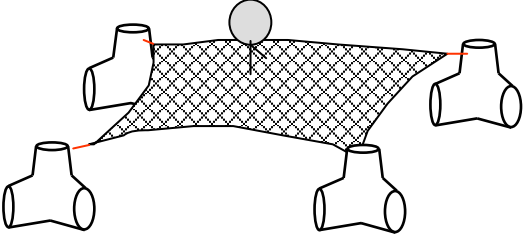
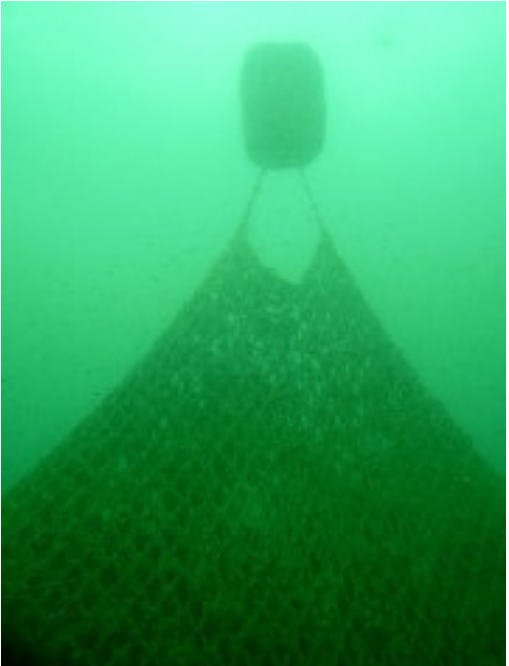

	<p>Fischereiliche Nutzung: ☺ ☺ ☺</p>	<p>gut 3 m über Grund eine große strömungsberuhigte Zone. Durch ihre Höhe sind die Stapel nicht mit passiven Fischereigeräten befischbar. Auch Angeln könnten sich in oder an den Elementen (Hievösen) verhaken. Mit stationären Ankern könnte aber eine Befischung in unmittelbarer Nähe der Strukturen realisiert werden.</p>
<p><b>Betonring</b></p>  <p>Abb. 3: Ringe in drei Lagen gestapelt</p>	<p>Festigkeit: ☺</p> <p>Standfestigkeit: ☺</p> <p>Einbau: ☺</p> <p>Bedeckung des Boden: ☺ ☺ ☺</p> <p>Oberfläche zum Materialeinsatz: ☺ ☺ ☺ ☺ ☺</p> <p>Schutzraum: ☺ ☺ ☺</p>	<p>Die 130 Stück standardisierte Betonringe (Klärwerksbau) sind in axialer Richtung kaum belastbar. Die Wandstärken sind nicht ausreichend. Fehler beim Einbau aber auch Verschiebungen, die durch stürmisches Wetter hervorgerufen wurden, führten zu Brüchen bei einer Reihe von Ringen.</p> <p>Bei den am Boden stehenden einzelnen Ringen mit bündiger Auflage und der unteren Lage wurde kein Versatz beobachtet. Anders verhielt es sich bei der zweiten und dritten Lage, die mit ihren geringen Auflageflächen und großen Angriffsflächen für die Strömung bis zu 1,5 m verrutschten. Zur Erhöhung der Standfestigkeit wurden bei einem notwendigen Umbau die oberste Lage entfernt und neben der unteren Lage positioniert sowie die Ringe der zweiten Lage mit Bauklammern zu einem Paket verbunden, das dann noch zusätzlich mit der unteren Lage mittels Leinen verspannt wurde.</p> <p>Der Einbau erfolgte per Kran mit einer speziellen Klammer und mit Tauchern, die beim Setzen aktiv in das Geschehen eingreifen mussten.</p> <p>Der Ring hat durch die geringen Wandstärken eine geringe Bodenfläche, die bei kompletter Auflage maximal <math>0,96 \text{ m}^2 = 4,8\%</math> der gesamten Oberfläche beträgt. Nachteilig wirkten sich hier die fast geschlossenen Wandflächen aus, die bei geringen Umgebungsströmungen keinen Wasseraustausch im Ring zugelassen haben und dadurch der Sauerstoffgehalt gegen Null gegangen ist.</p> <p><math>19,19 \text{ m}^2 / 1,25 \text{ t} = 15,4 \text{ m}^2/\text{t}</math></p> <p>Die Ringe bieten große Hohlräume. Inwieweit diese über das ganze Jahr genutzt werden können, hängt von der Problematik Wasseraustausch und Sauerstoffgehalt ab, die bereits unter der Rubrik „Bedeckung des</p>

	<p>Fischereiliche Nutzung: ☺ ☺ ☺</p>	<p>Boden“ angesprochen wurde. Die Höhe (ca. 2,3 m über Grund und die Struktur des gesamten Stapels bieten ausreichenden Strömungsschatten für Kleinfische.</p> <p>Der Einsatz von kommerziellen Fanggeräten in den Strukturen ist nicht realisierbar. Nur durch stationäre Ankersysteme wäre eine passive Fischerei in unmittelbarer Nähe der Stapel durchführbar.</p>
<p><b>Riffkegel</b></p>  <p>Abb. 4: Riffkegel in Gruppen von 25 bis 30 Stück</p>	<p>Festigkeit: ☺ ☺ ☺ ☺ ☺</p> <p>Standfestigkeit: ☺ ☺ ☺ ☺ ☺</p> <p>Einbau: ☺ ☺ ☺ ☺</p> <p>Bedeckung des Boden: ☺ ☺ ☺ ☺</p> <p>Oberfläche zum Materialeinsatz: ☺ ☺ ☺ ☺</p> <p>Schutzraum: ☺ ☺ ☺</p> <p>Fischereiliche Nutzung: ☺ ☺ ☺</p>	<p>An keinem der 320 Stück eingebauten Riffkegel wurde ein Schaden festgestellt.</p> <p>Die Riffkegel haben eine sehr hohe Standfestigkeit. Es kam zu keinen Verdriftungen oder Umstürzen. Nur ein schweres Ankerschirr, und das müsste sich auch noch in einem der Wanddurchbrüche verhaken, wäre in der Lage einen Riffkegel umzuwerfen.</p> <p>Der Einbau erfolgte mittels Kran und Sliphaken, sodass die arbeitsbegleitenden Taucher lediglich bei der Platzierung über Sprechverbindung Korrekturen vornehmen mussten.</p> <p>Die Bodenfläche des Riffkegel hat eine Fläche von <math>0,9 \text{ m}^2 = 6,7\%</math> zur Gesamtoberfläche.</p> <p><math>13,48\text{m}^2/1,8\text{t} = 7,5 \text{ m}^2/\text{t}</math></p> <p>Vielleicht werden hier die Flächen des Innenraums aufgrund des doch geringen Lichteinfalls und einer schlechteren Durchströmung von den ostseetypischen Organismen nicht wie gewünscht besiedelt.</p> <p>Die einzelnen, aber auch die bis zu 30ig Stück in einer Gruppe platzierten Riffkegel als Komplex, werden als Schutzraum angenommen. Mit einer Höhe von 137 cm über Grund ist die strömungsberuhigte Zone nicht riesig, aber auch hier sieht man eine Anhäufung von Kleinfischen. Dass die Kegel mit ihren Durchbrüchen von Jungdorsch oder Klippenbarschen durchschwommen werden, wurde beobachtet. Trotz geringer Lichtverhältnisse konnten auch erste Innenaufnahmen vom Kegel erstellt werden. Aufschlüsse über die Durchströmung der Kegel liegen nicht vor. Es wurden aber auch keine Sauerstoffmangelerscheinungen im Innenraum festgestellt.</p> <p>Eine Befischung mit Stellnetzen in den Riffkegelgruppen ist nicht unmöglich, jedoch mit einem gewissen Risiko verbunden. Der Einsatz von stationären Ankern könnte dies auf ein Minimum reduzieren.</p>

In die oben vorgestellten Betonelemente sind mit dem Ziel, einen möglichst großen Wasserkörper zu umschließen, flexible Systeme eingebaut worden. Das sind im Einzelnen: 57 Stück vertikale Netze, 20 Stück horizontale Netze und 330 Stück Leinenkollektoren. Die vertikalen Netze mit 8 m Länge und 2 m Höhe (Abb. 5) sind wie die horizontalen Netze mit Abmessungen von 9 mal 9 m (Abb. 7) aus PP-Sicherheitsnetz (geknotet) mit 5 mm Fadenstärke und 100 mm Maschenweite gefertigt. Die Netze sind in die einzeln stehenden 6t-Tetrapoden eingebunden, wobei die horizontalen Netze zusätzlich mit einem mittig angeordneten 60 Liter Fass als Auftriebskörper zur Schaffung eines dachartigen Gebildes versehen wurden. Die Leinenkollektoren (Abb. 10) mit 2,5 bis 3 m Länge und einem Auftriebskörper mit 2,5 kg Auftrieb sind in die Ringstapel, die Riffkegelgruppen und die gestapelten 2t-Tetrapoden eingebaut worden. Da auf den Leinen vor allem mit einem Miesmuschelbewuchs zu rechnen war und das Abrutschen dieser verhindert werden sollte, wurden in Abständen von ca. 40 bis 50 cm Schlauchstücke als Stopper mit einem Durchmesser von 12 mm und ca. 15 cm Länge in das Tauwerk eingefügt. Neben der erwähnten hohen Besiedlungsdichte mit Miesmuscheln auf allen flexiblen Strukturen waren besondere Kriterien, die in der nachfolgenden Tabelle 2 dargestellt worden sind, von fischereilicher Bedeutung.

Tabelle 2: Bewertung der flexiblen Elemente

<p><b>Vertikales Netz</b></p>  <p>Abb. 5: Schematische Darstellung</p>  <p>Abb. 6: 6t-Tetrapode mit vertikalem Netz</p>	<p>Stabilität und Sicherheit: ☺ ☺ ☺</p> <p>Einbau: ☺ ☺ ☺</p> <p>Schutzraum: ☺ ☺</p> <p>Fischereiliche Nutzung: ☺</p>	<p>Die Netze und Leinen haben eine hohe Lebensdauer und bei perfektem Einbau kaum Scheuerstellen, die ein Abreißen bewirken könnten. Durch den Bewuchs kommt es zu einem starken Durchhang und bei entsprechend starker Strömung zu Scheuerungen im Bodenbereich. Aufgrund des geringen Beobachtungszeitraums konnten hier noch keine nennenswerten Nachteile erkannt werden.</p> <p>Die Netze wurden durch Taucher eingebunden. Vereinzelt gab es Probleme durch die nicht eingehaltenen Abstände beim Einbau der 6t-Tetrapoden. Längendifferenzen wurden durch Aufkürzen oder Verlängern der Abspannleinen kompensiert.</p> <p>Lediglich Kleinfische nutzen wie bei den festen Strukturen den Strömungsschatten. Die Miesmuscheln werden zumindest von den Seesternen schlechter erreicht und fallen den Enten je nach Frequentierung zum Opfer.</p> <p>Eine fischereiliche Bewirtschaftung der Strukturen mit Fanggeräten der Berufsfischerei ist nicht möglich. Ausnahmen könnten kompakte Fanggeräte wie Stucki-</p>
--	--	---

		<p>Reusen oder Fischfallen mit stationären Verankerungen in unmittelbarer Nähe der Netzstrukturen sein.</p>
<p><b>Horizontales Netz</b></p>  <p>Abb. 7: Schematische Darstellung</p>  <p>Abb. 8: horizontales Netz mit 60 Liter Fass als Auftriebskörper</p>  <p>Abb. 9: Durchhang im Bodenbereich des horizontalen Netzes</p>	<p>Stabilität und Sicherheit:</p> <p>Einbau: ☺</p> <p>Schutzraum: ☺ ☺ ☺</p> <p>Fischereiliche Nutzung: ☺</p>	<p>Die Netze und Leinen haben zwar eine hohe Lebensdauer, aber der Bewuchs mit der sich daraus ergebenden Dynamik des Systems hat eine hohe Instabilität desselben zur Folge. Negativ war auch die Größe der angeströmten Fläche und den sich damit auftuenden Widerstandskräften. Die Summierung dieser Faktoren führte dazu, dass eine erhebliche Anzahl von Befestigungen abgerissen ist und die Netze mit den Auftriebskörpern zu gefährlichen Hindernissen an oder knapp unter der Wasseroberfläche wurden.</p> <p>Die Netze wurden durch Taucher eingebunden. Zu geringe Abstände zwischen den 6t-Tetrapoden waren schlecht zu korrigieren. Die Tarierung der Auftriebskörper brachte schon beim Einbau Probleme mit sich und ist bei einem längeren Einsatz solcher flexiblen Strukturen schlecht zu händeln.</p> <p>Die großen Flächen bieten Jung- und Kleinfischen Schutz. Je nach Bewuchs und einem daraus resultierenden Absacken auf den Meeresboden verringert sich dieser erheblich. Auch hier können sich große Miesmuschelkulturen in Abhängigkeit von Seestern- und Entenfresser entwickeln.</p> <p>Eine fischereiliche Bewirtschaftung der Strukturen mit Fanggeräten der Berufsfischerei ist nicht möglich. Ausnahmen könnten kompakte Fanggeräte wie Stucki-Reusen oder Fischfallen mit stationären Verankerungen in unmittelbarer Nähe der Netzstrukturen sein.</p>
<p><b>Leinenkollektoren</b></p>	<p>Stabilität und Sicherheit: ☺ ☺ ☺ ☺</p>	<p>Die Leinenkollektoren sacken mit Bewuchszunahme ab und es könnte der eine oder andere ab-</p>

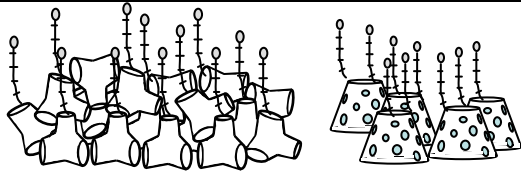


Abb. 10: Leinenkollektoren an zwei Elementetypen



Abb. 11: Kollektoren an den Riffkegeln mit 2,5 kg Auftrieb (Juni)

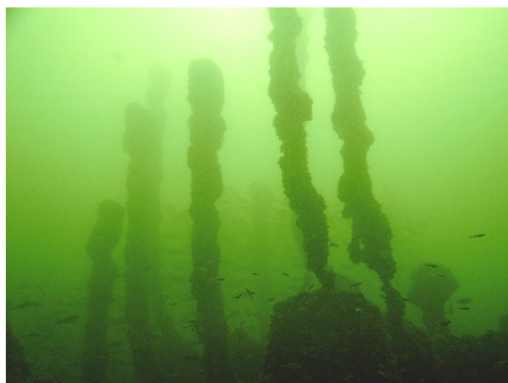
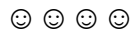


Abb. 12: Kollektoren mit 10 kg Auftrieb und Fischschwarm (November)

Einbau:



Schutzraum:



Fischereiliche Nutzung:



scheuern, bevor die Seesterne oder Enten die Muscheln abernten und sich der Kollektor wieder aufrichtet. Abgerissene Kollektoren wurden nicht beobachtet und auch nicht als verdriftetes Strandgut an der Küste vor Nienhagen entdeckt. Die aus Styropor bestehenden Auftriebskörper sind weich und verlieren mit der Zeit unter dem herrschenden Wasserdruck an Volumen und damit an Auftriebskraft. Im Frühjahr 2005 wurden 40 Stück Kollektoren mit 8 bis 10 kg Auftriebskörpern aus härterem Material (Ekazell) eingebaute. Sie sackten bis zu einer fast kompletten Säuberung von Miesmuscheln (vermutlich ausschließlich durch Entenfraß) im November 2005 nicht mehr ab.

Der Einbau erfolgte durch Taucher. Denkbar wäre auch ein Anbringen an die festen Strukturen vor dem Einbau, wobei ein Verhaken des Krangeschirrs vermieden werden muss.

Solange die Kollektoren aufreht standen, waren zwischen ihnen Kleinfische aber auch ganze Jungfischschwärme zu beobachten.

Die Kollektoren sind ein fischereiliches Hindernis. Da sie nur mit festen Strukturen zum Einsatz kommen, mindern sie auch deren fischereiliche Bewirtschaftung.

Aufgrund der HELCOM – Richtlinie beschränkten sich die großtechnischen Untersuchungen auf die oben aufgeführten Strukturen und Baustoffe, die im Küstenschutz und Molenbau zum Einsatz kommen. Es wurde vom Versenken von Schiffen oder anderen technischen Errungenschaften der Menschheit Abstand genommen. Im Rahmen des Projektes wurden aber auch andere Materialien wie zum Beispiel Gummi, Holz, Marmor, Plaste, Granit, Metall im kleintechnischen Versuch mittels Probeplatten (Länge x Breite: 24 x 9cm) hinsichtlich ihres Bewuchses untersucht.

Bei der Errichtung von künstlichen Habitaten oder der Umsetzung von Ausgleichsmaßnahmen z.B. für die Steinfischerei in der Ostsee wird aber immer wieder über die Verwendung von entsprechenden Materialien diskutiert. Um einen Vergleich zu den künstlichen Strukturen anstellen zu können, wird im Nachfolgenden auch der konzentrierte Einbau von Natursteinen (Tabelle 3) analysiert. Im Untersuchungsgebiet wurden bereits im Jahr 1998 ca. 2000 t Natursteine von den bei der Beräumung der Mittelmole in Warnemünde geborgenen Materialien

und im Oktober 2005 erweiternd 510 t Gesteinsmaterial aus Kieswerken Mecklenburg-Vorpommerns eingebaut.

Tabelle 3: Bewertung von Natursteinen

<p><b>Naturstein</b></p>  <p>Abb. 13: Natursteine auf mit Miesmuscheln bewachsenem Netz</p>	<p><b>Festigkeit:</b> ☺ ☺ ☺ ☺ ☺</p> <p><b>Standfestigkeit:</b> ☺ ☺ ☺ ☺</p> <p><b>Einbau:</b> ☺ ☺ ☺ ☺ ☺</p> <p><b>Bedeckung des Boden:</b> ☺ ☺</p> <p><b>Verfügbarkeit des Material:</b> ☺</p> <p><b>Schutzraum:</b> ☺ ☺ ☺</p> <p><b>Fischereiliche Nutzung:</b> ☺ ☺ ☺ ☺</p>	<p>Beim Einbau gingen vereinzelt Steine zu Bruch. Es entstanden scharfe Kanten, die für die Fischerei hinderlich sein könnten.</p> <p>Nach den ersten Stürmen hat die Steinpackung eine stabile Lage eingenommen. Die Steine werden per Greifer oder durch Verklappung auf die gewünschte Position gebracht.</p> <p>Durch ihre individuelle Form kann es zu starken Unterschieden beim Bedeckungsgrad kommen. Absolutes Maximum wären 50% der Oberfläche eines Steines unter Berücksichtigung der vor Nienhagen herrschenden Bodenstrukturen. Die gesamte Fläche, auf der die Steinschüttung erfolgt, müsste als bedeckte Fläche gewertet werden.</p> <p>Hiesiges Gesteinsmaterial steht bei den gewünschten Stückgrößen von mindestens 30 cm Durchmesser nur beschränkt zur Verfügung.</p> <p>Der Schüttkoeffizient ändert sich mit den Einzelstückgrößen. Je kleiner die Steine umso weniger nutzbarer Hohlraum, aber die kompakte Schüttung an sich mit ihrer Höhe über Grund wird in jedem Fall als Strömungsschutz von den Klein- und Jungfischen angenommen.</p> <p>Die Steinschüttung kann je nach Form der Natursteine mit einem geringen Risiko mit passiven Fanggeräten bewirtschaftet werden. Eine Nutzung mit Grundsleppnetzen ist ausgeschlossen.</p>
--	---	--

**Zusammenfassung der Ergebnisse:**

Mittelpunkt dieser Projektuntersuchungen sind die fischereilichen Aspekte und daraus ergeben sich die Feststellungen:

1. Die künstlichen Strukturen schaffen zusätzliche Besiedlungsflächen und Schutzräume für Organismen, die sich letztendlich in die Nahrungskette und damit für die Nutzfischarten positiv einfügen.
2. Die künstlichen Strukturen sind Schutzraum für Klein- und Jungfische.
3. Eine direkte fischereiliche Bewirtschaftung von künstlichen Strukturen mit aktiven Fanggeräten der hiesigen Berufsfischerei ist nicht realisierbar.
4. Der Einsatz von passiven Fanggeräten wäre bei genauer Markierung des Gebietes mit den künstlichen Strukturen bis in die Randzonen von diesem uneingeschränkt möglich.

5. Um unmittelbar an den Strukturen fischen zu können, könnten stationäre Ankersysteme und kompakte Fanggeräte wie Fischfallen oder Stucki-Reusen eingesetzt werden.
6. Sollten nur Natursteine beim Bau eines künstlichen Riffes Verwendung finden, so ist auch hier mit einem gewissen Restrisiko bei einer passiven Befischung zu rechnen.

Nach der oben durchgeführten Bewertung aus fischereilicher Sicht scheinen für das Seegebiet vor Warnemünde mit seiner harten Bodenstruktur von den festen Elementen die Natursteine, die gestapelten Tetrapoden und die Riffkegelgruppen und von den flexiblen Elementen die Leinenkollektoren am besten geeignet.

Unter dem Gesichtspunkt einer möglichen Mehrfachnutzung wäre aber neben der Wahl der Wassertiefe, der Berücksichtigung der Bodenstruktur und deren Festigkeit, den Strömungsbedingungen und den damit verbundenen Sedimenttransporten auf jeden Fall die Oberflächengestaltung zu diskutieren. Daher bleibt aufgrund der Erkenntnis, dass auf den 1998 ausgebrachten Natursteinen im Gegensatz zu den 1996 und 1997 im gleichen Gebiet eingebauten Betonröhren ein hervorragender Algenbewuchs zu beobachten ist, die im Projekt laufenden Langzeit-Bewuchsuntersuchungen auf den anderen Betonstrukturen abzuwarten. Sollte sich herausstellen, dass Natursteine von den Bewuchsgemeinschaften her zu favorisieren sind, wäre mit dem Wissen, dass nicht unendlich viele Natursteine in einer gewissen Größe in M-V verfügbar sind, die Verwendung von Mischmaterialien (Beton und Grobkies, rund) anzustreben. In der Tabelle 4 werden verschiedene Strukturen mit unterschiedlichen Materialoberflächen bei gleichem Preis, basierend auf dem Angebot vom 27.07.2005 der HEINRICH HIRDES GmbH, für den Erwerb dieser einschließlich des Einbaus auf See verglichen.

Tabelle 4: Vergleich von Strukturen bei gleichem Preisniveau

	Naturstein Ø 100 cm	Riffkegel	2t Tetrapode
Masse [t]	1560	490	638
Stück	1100	274	319
verfügbare Oberfläche [m <sup>2</sup> ]	2750	3450	1730
Natursteinanteil [%]	100	80	12
Natursteinoberfläche [m <sup>2</sup> ]	2750	2760	210
Bodenbedeckung [m <sup>2</sup> ]	Annahme 20% 660	Bodenfläche 245	Annahme 5% 95
Höhe über Grund [cm]	80	137	142

Da nur Einzelexemplare betrachtet wurden und die Natursteine und die Tetrapoden möglichst in gestapelter Form eingebaut werden sollten, hinkt an manchen Stellen der Vergleich und es muss konkretisiert werden. Ein Tetrapodenfeld mit 3 Lagen und 360 Stück Einzelteile bedeckt eine Fläche von ca. 200 m<sup>2</sup>. Bei den Natursteinen würde bei einem Schüttkoeffizienten von 0,7 und gleicher Höhe von ca. 3 m eine Grundfläche von mindestens 300 m<sup>2</sup> beansprucht werden. Somit relativieren sich die Unterschiede bei der Bodenbedeckung. Durch das Stapeln gibt es aber auch Veränderungen bei der verfügbaren Oberfläche. Nur die äußeren Tetrapoden und Steine stehen mit ihren Oberflächen, und hier sollte gleich die vergleichbare Natursteinoberfläche betrachtet werden, für den Bewuchs zur Verfügung. Bei einer Hochrechnung ist die Oberfläche der Steinschüttung mit 300 Steinen in der äußeren Lage und die des Tetrapodenstapels mit 196 Tetrapoden in der äußeren Lage und 80% Natursteinanteil fast vergleichbar und liegt bei ca. 940 m<sup>2</sup>. Bei den Riffkegeln könnte der Innenmantel aufgrund der Lichtverhältnisse für den Bewuchs bedeutungslos sein. Abzüglich diesen stünden aber immer noch ca. 1680 m<sup>2</sup> unter Berücksichtigung der 80% Natursteinanteile also fast das Doppelte zur Verfügung.

Berücksichtigt man nun noch, dass nur die Betonelemente mit den Leinenkollektoren kombiniert eingesetzt werden können, dann fällt bei einer rein ökonomischen Betrachtung alles zu Gunsten der Riffkegel oder Tetrapoden aus. Bei den Leinenkollektoren sollte bei den oben aufgeführten Längen unbedingt mit den 10 kg Auftriebskörpern, und diese möglichst aus PVC-Schaumstoff gefertigt, gearbeitet werden.

Also bei der Errichtung und Gestaltung eines künstlichen Riffes ist vor allem der Zweck entscheidend. So ist zu unterscheiden, ob ausschließlich Schutzräume geschaffen werden sollen oder ob eine Mehrfachnutzung angestrebt, erwünscht oder toleriert wird.

Nicht nur die Wahl der Oberflächenstruktur für die Erlangung einer optimalen Bewuchsintensität und der daraus resultierenden Herausbildung von Lebensgemeinschaften sondern auch die Formgestaltung der künstlichen Strukturen für eine wirtschaftliche Nutzung von aquatischen Organismen sollten Bestandteil weiterer Untersuchungen sein. So wäre eine Bewirtschaftung der oben erwähnten Algenpopulationen auf den Natursteinen denkbar ungünstig aber auf jeden Fall optimierbar. Bei einer tischartigen Gestaltung (Abb. 14) von Betonstrukturen mit 80% Natursteinanteil in der Platte wäre bei der Entwicklung einer geeigneten Erntetechnologie mehrere Kriterien erfüllt, die da lauten: beste technologische Bedingungen für eine Algenaquakultur, Schaffung von Schutzräumen in Form von Unterständen und eine geringe Bodenbedeckung.

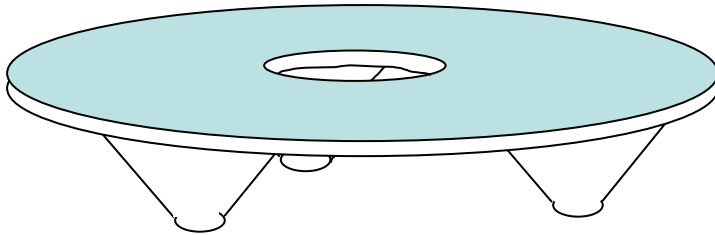


Abb. 14: Betonstruktur mit 80% Natursteinanteil in der Plattenoberfläche

Nach dem jetzigen Stand der Untersuchungen und den vor Nienhagen vorliegenden Rahmenbedingungen wäre für ähnliche Standorte zu empfehlen:

Zur Schaffung von Schutzräumen für Klein- und Jungfische sind Tetrapoden gestapelt in mehreren Lagen und Riffkegelgruppen, beide Strukturen gekoppelt mit Leinenkollektoren als flexible Elemente, die zu bevorzugenden Elementen. Unter Berücksichtigung ästhetischer Aspekte können und sollten diese durch den Einsatz von Naturstein ergänzt werden. Für eine wirtschaftliche Nutzung von künstlichen Strukturen in Form von Aquakulturen (z.B. Algenzucht) sollte eine Erprobung von anderen Strukturformen erfolgen.

Für Empfehlungen an anderen Standorten bedarf es individueller Untersuchungen hinsichtlich der gegebenen örtlichen Rahmenbedingungen und den sich daraus ergebenden eventuellen Neugestaltungen der künstlichen Strukturen. Mögliche Voruntersuchungen hierfür könnten die Testung der Standfestigkeit und die Beobachtung der Verhaltensdynamik der bereits eingesetzten Elemente in unterschiedlichen Wassertiefen oder auf sandigem Meeresboden sein.

Rostock, 06.01.2006