

# Abschlußbericht der ersten FIAF- Förderungsperiode (2002-2006)

**Teilprojekt:**

***„Ansiedlung und Produktion von Makrophyten“***

Vorgelegt am 31.01.07

Von: Prof. Dr. H. Schubert  
Dipl. Biol. Ch. Schygula



Universität Rostock  
Fachbereich Biowissenschaften  
Institut für Aquatische Ökologie  
Albert-Einstein-Str. 3  
18059 Rostock

Projekt: 61403110



## I. Vorwort

Im folgenden Abschlußbericht werden alle Leistungen abgehandelt, die gemäß der Leistungsvereinbarung zwischen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei (LFA) und der Universität Rostock im Dezember 2002 vereinbart wurden. Aufgrund der bereits vorgelegten Quartals- und Jahresberichte, wird dieser Abschlußbericht alle erbrachten Leistungen kurz beschreiben und auf die jeweiligen Berichte verweisen, um einige Sachverhalte nicht wiederholt im Detail zu erläutern. Die zeitliche Reihenfolge der Untersuchungen wird in allen Unterpunkten kenntlich gemacht. Der Gliederung des vorliegenden Jahresberichtes liegt die Leistungsvereinbarung des Teilprojektes „Ansiedlung und Produktion von Makrophyten“ zugrunde, so daß die Forschungsleistungen während der gesamten Förderungsperiode hier im Gesamtumfang deutlicher gemacht und einfacher überprüft werden können. Einige Leistungen der ersten Förderungsperiode werden während der zweijährigen Projektweiterführung fortgesetzt und optimiert (siehe Leistungsvereinbarung 2007 - 2008), diese werden als solche kenntlich gemacht.

## II. Literaturstudie

Die Literaturstudie war eine der Arbeiten, die zum Beginn des Projektes als erste durchgeführt wurde. Die Studie stellte eine wichtige Grundlage für weitere Arbeiten im Teilprojekt „Ansiedlung und Produktion von Makrophyten“ dar, insbesondere für den Komplex „Wirtschaftliche Nutzung von Makrophyten“. Die Literaturstudie umfaßte zunächst die Suche nach geeigneter Fachliteratur bezüglich der Makrophyten-Diversität und -Abundanz in der gesamten Ostsee, insbesondere im Ostseegebiet „2b“ in dem sich auch das künstliche Riff in Nienhagen befindet. Zusätzlich dazu erfolgte eine detaillierte Internetrecherche zum Thema „Wirtschaftliche Nutzung der Ostsee-Makrophyten“ in Deutschland und in den übrigen an die Ostsee grenzenden Ländern. Während dieser Studie hat sich u.a. das wirtschaftliche Potential von *Delesseria sanguinea* herauskristallisiert. Parallel zu dieser Studie wurden Kontakte zur Experten hergestellt, die auf den obengenannten Themengebieten tätig sind.

Detailinformationen dieser Literaturstudie sind den Quartalsberichten III-2003, IV-2003 und I-2004 zu entnehmen.



### III. Substratbesiedlung durch Makrophyten

#### Einleitung

Die Ostsee, insbesondere die südwestliche Ostsee zeichnet sich durch eine extreme Armut an Hartsubstrat aus. Für die sessilen Bodenbewohner (Benthos) ist das Hartsubstrat eine der wichtigsten aber vor allem eine der reduzierten Ressourcen in ihrem Lebensraum. Im Rahmen des Riffprojektes sind unterschiedliche Strukturen am Meeresboden plaziert worden. Das „neue Hartsubstrat“ wurde in einer bestimmten Geschwindigkeit und Frequenz durch die benthischen Organismen besiedelt. Diese künstlichen Strukturen unterscheiden sich bezüglich ihrer Konsistenz (z.B. versch. Betonarten und geologische Materialien), der pH-Werte und der Oberfläche (reliefartig, rauh oder glatt). Das Hauptziel dieser Untersuchung war es zu prüfen, ob die Unterschiedlichen Substratarten, bzw. deren Substratqualität einen Einfluß (positiv oder negativ) auf die Besiedlung des Benthos haben. Im Bezug auf die Besiedlung sollten hier insbesondere die Besiedlungsgeschwindigkeit und die Besiedlungsdichte der Makroalgen **1)** auf speziellen Versuchsplatten (Marmor und Granit) und **2)** auf 6t-Tetrapoden untersucht werden. Darüber hinaus sollte diese Studie uns helfen, sowohl die saisonalen als auch die annualen Besiedlungsstrategien der Makroalgen auf neuinstallierten Substraten nachzuvollziehen.

#### 1. Art-Substrat-Gefüge bei Makrophyten

Die Untersuchung des optimalen Art-Substrat-Gefüges bei Makrophyten wurde im Zeitraum von September 2003 bis Dezember 2004 im Riffgebiet durchgeführt (Jahresbericht 2005). Hierzu wurden zunächst in einer Pilotphase mehrere Substratarten wie die unterschiedlichen Betonarten (gewaschen, gestrahlt und gekratzt), aus denen die Riffelemente gebaut worden sind (s. Quartalsbericht IV-2003) sowie "natürliche" Gesteine (Marmor und Granit) getestet. Die letzteren Gesteine: Marmor (basisches Gestein) und Granit (saueres Gestein) wurden für die Hauptuntersuchungen (s. Plattenversuch, Quartalsbericht IV-2004) zur Besiedlung durch Makroalgen verwendet. Die Besiedlung durch Makroalgen im Jahresverlauf sowie die saisonalen Aspekte der der Sukzession wurden charakterisiert. Für beide Charakteristika konnten keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Testgesteinen nachgewiesen werden. Auch im Hinblick auf Biomassezunahme, Artendiversität sowie Abundanzen der Makroalgen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Gesteinen im Bereich der südwestlichen Ostsee. Signifikante Unterschiede der



Besiedlung traten jedoch, unabhängig vom Substrat, zwischen den einzelnen Jahreszeiten auf; dieser Effekt war jedoch zur erwarten. Hinsichtlich einer Verwendung solcher Gesteine wie Marmor und Granit für den Bau von künstlichen Riffen in diesem Abschnitt der Ostsee, läßt sich ableitend feststellen, daß offenbar nicht die Substratart sondern vielmehr ihre sekundären Eigenschaften (z. B. Oberflächenstruktur) sowie Form, Höhe und Ausrichtung der Substrate im Wasserkörper für die Besiedlung durch Algen entscheidend sein können. Details zu diesem Versuch sind im Quartalsbericht IV-2004 zu finden.

Die Ergebnisse der o.g. Studie wurden im Oktober 2006 in Form eines Manuskriptes zur Publikation in einer internationalen Fachzeitschrift (*Journal of Applied Phycology*) mit dem Titel: „*Annual succession and seasonal changes in algal colonisation patterns on artificial substrates in the south-western Baltic Sea*“ eingereicht.

## 2. Monitoring der Besiedlung durch Algen

### Künstliches Substrat

Das Monitoringprogramm wurde seit Januar 2004 (Quartalsbericht IV-2004) bis Dezember 2006 monatlich auf den Tetrapoden (n=40) in südlichem Riffgebiet durchgeführt (vergl. Jahresbericht 2006). Im Abstand von ca. 4 Wochen wurde eine Tetrapodenreihe (n=4) in festgelegter Reihenfolge fotografiert und beprobt. Die Beprobungsmethode wurde im Jahresbericht 2005 detailliert beschrieben.

Folgende Parameter wurden während der dreijährigen Laufzeit des Projektes detaillierter untersucht:

- Pionierbesiedlung (Charakterisierung der Pionieralgen)
- Änderung der Pflanzengemeinschaften im Jahresverlauf unter Berücksichtigung der saisonalen Aspekte
- Zunahme bzw. Änderung der Algenbiomasse
- Bewertung der potentiellen Fraßräuber und Substratkonkurrenten des Phytobenthos
- Erfassung der Diversität
- Erfassung des Klimaxstadiums
- Eignung der Tetrapoden für die Aufzucht von Makroalgen

Insgesamt läßt sich aus den dargestellten Ergebnissen schlußfolgern (Jahresberichte 2005 und 2006), daß die Besiedlung des neuen Substrats (Tetrapoden) durch das



Phytobenthos nach einer dreijährigen Untersuchungsphase noch nicht abgeschlossen scheint, da sowohl die Biomasse als auch die Diversität der Arten offenbar noch weiterhin deutlich schwankt. Ferner überwog auf den neuen Riffelementen immer noch die Anzahl einjähriger (ca. 60%) im Vergleich zu mehrjährigen Algen (ca. 40%), sowie die Anzahl fädiger Algen gegenüber den fleischigen Formen. Das hier entstehende Ökosystem befindet sich noch nicht in einem relativen Gleichgewicht, dem so genannten Klimaxstadium. Um das Klimaxstadium auf den Tetrapoden zu dokumentieren wird das Monitoringprogramm daher in quartalsmäßigen Abständen fortgesetzt.

Verglichen mit bodennahen und flachen Strukturen (z.B. Steinschüttung) scheinen sich zumindest nach einer dreijährigen Beobachtung die untersuchten Tetrapoden aufgrund ihrer Form weniger als Substrat für eine Aquakultur zu eignen.

### **Natürliches Substrat**

Parallel zur den Untersuchungen auf den Tetrapoden wurde auch im Jahr 2006 die Steinschüttung im nördlichen Teil des Riffgebiets beprobt. Durch diese zweijährige Untersuchungsphase konnten Veränderungen bzw. die Stabilität der dort lebenden Algengemeinschaften dokumentiert werden. Wie bereits in den Jahresberichten 2005 und 2006 beschrieben, wurde die Steinschüttung als Referenzfläche (Kontrolle) zur der Besiedlung und Entwicklung der Algengemeinschaften auf den Tetrapoden betrachtet, da dort bereits das Klimaxstadium erreicht worden ist.

Ferner konnten während der gesamten Projektlaufzeit keine eindeutigen Fraßspuren an zufällig ausgewählten *D. sanguinea*-Exemplaren gefunden werden (Jahresbericht 2005).

## **IV. Eignung der Riffalgen als Laichsubstrat für Fische**

Für die Nutzung der Riffalgen als Laichsubstrat kommt lediglich eine wirtschaftlich bedeutende Fischart in Frage, der Hering (*Clupea harengus*). Der Hering ist ein typischer Benthoslaicher und bevorzugt meist knorpelige Makrophyten (z.B. *Furcellaria*, *Polyides* und *Zostera*) oder auch Hartsubstrate, die im Riffgebiet, insbesondere auf der Steinschüttung vertreten sind (verl. Jahresbericht 2005).

In der gesamten Projektlaufzeit, vor allem während der Laichzeit zwischen März und Juni wurde intensiv nach dem Laichabsatz des Herings gesucht. Neben dem Einsatz von Tauchern, diente auch die Unterwasser-Videobeobachtung als unterstützende Maßnahme. Bisher konnte weder der Hering noch sein Laichabsatz im Riffgebiet beobachtet werden. Es wird daher angenommen, daß die Riffelemente mit ihrer



exponierten Lage in der Tiefe von ca. 11m vom Hering (noch?) nicht angenommen wurden. Weitere Erklärungen könnten die niedrigen Temperaturen im Riffgebiet zum Laichzeitpunkt und die Laichplatztreue des Herings sein.

## V. Wirtschaftliche Nutzung der Ostsee-Makrophyten

Ende des Jahres 2004 ergab die durchgeführte Literaturstudie zur Nutzung der Ostsee-Makrophyten (siehe II. Literaturstudie) einige interessante Ansätze. So konnte ermittelt werden, daß die wenigen am Riff vorkommenden Makrophyten, besonders die Gattungen *Delesseria* und *Phyllophora*, ein wirtschaftliches Potential aufweisen. *Phyllophora* wird für die Gewinnung von Pylllophoran (Agar-ähnliche Substanz) in Rußland (auch schon in der ehemaligen UdSSR) genutzt. Für die Agar-Herstellung werden jedoch mehrere Tonnen Rohmaterial benötigt, die uns im Riffgebiet in dem Maße nicht zu Verfügung stehen. Eine wirtschaftliche Nutzung von *Phyllophora* im Riffgebiet erscheint daher derzeit aussichtslos, zumal der Markt mit anderen Agar enthaltenden Makroalgen bereits gedeckt ist. Die am Riff vorkommenden Arten wie *Phyllophora pseudoceranooides* und *P. truncata* (= *Coccothylus truncatus*) sind zwar recht häufig, erreichen jedoch lange nicht die Menge an Biomasse, welche wirtschaftlich von Bedeutung wäre.

Sehr viel aussichtsreicher ist hingegen die Nutzung von *Delesseria sanguinea*. Interessant ist, daß diese Rotalge bereits in der Wellness- und Kosmetikbranche vor allem in Frankreich zunehmend eingesetzt wird. Darüber hinaus wurde bereits in den 80er Jahren von der französischen Firma „GOËMAR“ ein potentiell Einsatzgebiet dieser Alge in der Medizin beschrieben und patentiert. Die Tatsache, daß *Delesseria sanguinea* offensichtlich im Riffgebiet nicht nur optimale Lebensbedingungen findet (siehe VI Aquakultur) sondern möglicherweise auch wirtschaftlich genutzt werden kann, hat diese Alge immer mehr in den Mittelpunkt des Teilprojektes gerückt. Um die wirtschaftliche Eignung von *D. sanguinea* überprüfen zu können, entstand Anfang 2005 die Kooperation mit dem Pharmazeutischen Institut an der Universität zu Kiel, wo die Wirkstoffe dieser Alge gegenwärtig analysiert werden. Während dieser Studie entstand die Idee eine Aquakultur mit *D. sanguinea* aufzubauen.

## VI. *Delesseria*-Aquakultur

### Einleitung



Die natürlichen Bestände von *Delesseria sanguinea* im Riffgebiet sind im Vergleich zu andern Arten recht hoch (ca. 3t Frischmasse im Frühjahr auf der Steinschüttung), reichen jedoch für einen kommerziellen Vertrieb dieser Alge nicht aus. Hierzu bietet sich das Betreiben einer Aquakultur (Marikultur) an, um die gewünschte Biomasseausbeute zu erhöhen. Die Aquakultur ist weltweit ein übliches, meist standardisiertes Zuchtverfahren für viele Meeresorganismen. Da *Delesseria sanguinea* zuvor noch nicht für kommerzielle Zwecke kultiviert worden ist, gibt es daher sowohl in der Literatur als auch in Expertenkreisen kaum Erfahrungen oder Angaben zu einem optimalen Kultivierungsverfahren. Eine Aquakultur im Labor (indoor) und im Freiland (outdoor) wurde mit *Delesseria* erstmalig in diesem Projekt getestet.

### 1. Labor-Aquakultur

Die Labor-Aquakultur wurde seit Januar 2005 zunächst als Pilotstudie betrieben (vergl. Jahresbericht 2005). In dieser Zeit wurden vor allem wichtige Erfahrungen mit dem Umgang und den Kultivierungsbedingungen dieser Alge gesammelt. Nach zahlreichen Optimierungsversuchen wurde dann im Januar 2006 eine modifizierte Anlage in Betrieb genommen. Zusammenfassend kann man bezüglich dieser Labor-Aquakultur während eine Gesamtlaufzeit von zwei Jahren feststellen, daß sich *Delesseria sanguinea* unter Laborbedingungen halten läßt. Die Algen bleiben vital, die Degeneration der Thalli setzt, wie auch unter Freilandbedingungen ein und es kam vereinzelt zur Ausbildung junger Triebe. Dies spricht zumindest für die richtige Einstellung der abiotischen Faktoren in den Kulturbehältern. Dis Dezember 2006 mußte angenommen werden, daß eine derartige Labor-Aquakultur für die Produktion von Biomasse nicht geeignet zu sein schien, sondern lediglich als reine Erhaltungs- bzw. Versuchskultur anzusehen war. Im Dezember 2006 wurde jedoch eine Thallusentwicklung (junge Triebe) sowie ein deutlicher Zuwachs von Biomasse des Tetrasporophyten beobachtet (vergl. Jahresbericht 2006). Hierbei handelte es sich um einen Biomassezuwachs um mehr als 50% in nur 4 Wochen. Die Bildung von Tetrasporangien konnte jedoch (noch) nicht festgestellt werden. In allen anderen Ansätzen konnte weder ein Anstieg der Biomasse noch die Entwicklung der Sporangien beobachtet werden.

Aufgrund der neuesten Erkenntnisse bezüglich des Biomassenzuwachses werden beide Ansätze zunächst unverändert beibehalten und beobachtet. Im Laufe der Projektweiterführung (2007 und 208) soll an der Optimierung dieser Aquakultur weiter gearbeitet werden. Ferner sollen mit Hilfe dieser Laborkultur vorrangig die Parameter für



eine gezielte Manipulation des Generationswechsels identifiziert werden, um eine von Freilandbeständen und Entwicklungszyklen unabhängige Quelle von Karpo- und Tetrasporen bereit zu stellen. Damit ergäbe sich gleichzeitig die Möglichkeit der Selektion besonders geeigneter (inhaltsstoffreicher) Stämme, mit Hilfe derer die Wirtschaftlichkeit einer Freiland-Anlage (s. u.) gesteigert werden kann.

## 2. Freiland-Aquakultur

Für die Freilandkultur wurde eine Methode verwendet, die bereits im Riff-Projekt im Jahr 2004 getestet worden ist (Quartalsbericht I-2004). Nach einem einjährigen Testlauf ist die Freilandkultur im Sommer 2005 großflächiger angelegt worden und sollte gleichzeitig einer Erprobung der Erntemethode dienen. Hierzu wurden 4 spezielle Kultivierungsgestelle angefertigt (hoch und flach), die mit *Delesseria* beimpften Leinen bestückt wurden (Jahresbericht 2005). Die Entwicklung der Kulturpflanzen verlief auf beiden Gestellarten unterschiedlich. So wurde festgestellt, daß die hohen Gestelle sich weniger für die Kultivierung eignen als die flachen, da sie vollständig mit Miesmuscheln befallen waren und sie aufgrund ihrer Höhe nicht von den Seesternen, ihren Prädatoren, erreicht werden konnten. Die Folge war, daß anstatt einer *Delesseria*-Kultur sich eine *Mytilus*-Monokultur entwickelt hat. In Absprache mit der Projektleitung werden diese hohen Gestelle für die weitere Laufzeit des Projektes so belassen, um deren Eignung als Miesmuschel-Kollektoren zu überprüfen. Vor allem in dieser Winterperiode sollen diese Gestelle genauer beobachtet werden, ob weitere „Räuber“ (z.B. Eiderenten), die große Ansammlung von Miesmuscheln als Nahrungsquelle nutzen werden.

Auf den flachen Kultivierungsgestellen hingegen konnte während der Untersuchungsphase nicht nur eine Biomassenzunahme der Kulturpflanzen, sondern auch Sporenbildung (Fertilität) beobachtet werden (Jahresbericht 2005 und 2006). Wegen der hohen Strömungsgeschwindigkeit im südlichen Riffgebiet scheint jedoch der aktuelle Standort der Kultivierungsgestelle eher ungeeignet zu sein. Um die Kultivierung von *Delesseria sanguinea* auf den flachen Gestellen zu optimieren, entstand die Idee die Leinen im Laufe des Folgeprojektes neu zu beimpfen und die Gestelle an eine weniger exponierte Stelle innerhalb des Riffgebietes zu verlegen. Zusätzlich dazu werden im kommenden Projekt Beimpfungsmethoden an den im Herbst 2006 eingebrachten neuen Flächen aus Beton (Aufwuchs -Tische) erarbeitet.



### 3. Sporenaufzucht (Vorversuche)

Parallel zum Aufbau der Aquakultur wurden den Pflanzen Tetra- und Karposporen entnommen, um diese gesondert zu kultivieren. Dabei wurden reife Tetra- und Karposporangien abgeschnitten und in Petrischalen mit sterilem Seewasser überführt, wo unter bestimmten Laborbedingungen ein Wachstum der Sporen (durch Zellteilung) induziert werden sollte. Dieser Versuch wurde zweimal durchgeführt, jedoch ohne nennenswerte Erfolge (vergl. Jahresbericht 2005).

Das Wachstum der Tetra- und Karposporen (ohne Mutterpflanze) unter Laborbedingungen ist vom großen Interesse, da es uns ermöglichen könnte tiefgefrorene Sporen (durch Kryopreservation, siehe Ausblick) das ganze Jahr über zum keimen zu bringen und somit bei guten Wachstumsbedingungen zusätzliche Biomasse zu erzielen. Daher muß während der Projektweiterführung nach weiteren Methoden gesucht werden, um bei Sporen Zellteilungen und Wachstum unter Laborbedingungen zu erzielen bzw. zu optimieren (siehe Ausblick).

## V. Detektionsmethode (Vorversuche)

### Einleitung

*Delesseria sanguinea* besitzt einen dreiphasigen, isomorphen und haplodiplonten Lebenszyklus. Diese drei Phasen sind unter Bezug auf den Organismus optisch identisch (isomorph) und lassen sich nur zum einen kurzen Zeitpunkt im Jahr (Januar bis März) anhand der Sporenbehälter unterscheiden. Ziel war es, eine geeignete Methode zu entwickeln, mit der man die einzelnen Phasen der Algenentwicklung das ganze Jahr hindurch voneinander unterscheiden kann. Da die ersten Ergebnisse der Arbeitsgruppe von Prof. Alban (Kiel) deutliche Unterschiede im Gehalt an sulfatierten Polysacchariden zwischen den einzelnen Stadien dokumentierten, war die Entwicklung eines entsprechenden Schnelltestverfahrens (Detektionsmethodik) bereits aus diesem Blickwinkel notwendig. Weiterhin ist auch für die gezielte Zucht dieser Alge eine Unterscheidung der Phasen vom Interesse, um z.B. die direkte Anzucht des Tetrasporophyten aus Gametophyten zu ermöglichen.

Zwei Methoden wurden bislang getestet, erwiesen sich aber bislang noch als recht zeitaufwendig und kostenintensiv: **1.** Zellkernuntersuchungen und **2.** DNA-Isolierung und Sequenzierung.



## 1. Zellkernuntersuchungen durch DAPI – Färbung.

Die Vermessung der Zellkerne und das anschließende berechnen der Zellkernflächen für die anschließenden Vergleiche konnte nicht erreicht werden. Leider wurde in *Delesseria*-Zellen eine große Menge an Florideenstärke gefunden, so daß die Zellkerne dadurch überdeckt waren. Die Konturen der Kerne waren unscharf und es konnte keine Einstellung erfolgen, in der man die Kerne zufriedenstellend vermessen konnte. Auch die Fluoreszenz-Intensität in den Kernen war durch die Stärke sehr unterschiedlich (Jahresbericht 2006). Aus den genannten Gründen war keine weitere Analyse möglich. Diese Studie wird daher im Folgeprojekt fortgesetzt.

## 2. Genetische Untersuchungen an *Delesseria sanguinea*

Das Ziel dieses Arbeitskomplexes war zunächst eine geeignete DNA-Isolationsmethode für die Zellen von *Delesseria sanguinea* zu entwickeln, um daran anschließend die 18S-Sequenz zu bestimmen.

Aus Zeitgründen konnte weder die Sequenzierung noch der Sequenzenvergleich mit anderen Datenbanken (EBI, NCBI) und damit auch die Berechnung der Stammbäume (PAUP) nicht bearbeitet werden. Da die genetischen Untersuchungen an *Delesseria sanguinea* nicht im Umfang der vereinbarten Leistungen während der ersten Förderungsperiode stand, wurden damit im Jahr 2006 lediglich Vorarbeiten für die Projektweiterführung geleistet. Innerhalb dieser Weiterführung ist auch längerfristig der Vergleich zwischen der Ostsee-Form von *Delesseria sanguinea* und anderen Ökotypen aus dem Atlantik (Frankreich/Bretagne) und der Nordsee (Helgoland) geplant.

Eine weitere Detektionsmethode, die während der Projektverlängerung getestet werden soll, ist der Test der UV-Resistenz bei *Delesseria sanguinea* (siehe Ausblick).

## VI. Erntetechnik

Derzeit wird eine Erntetechnik mit den bereits vorgestellten Kulturgestellen getestet. Die dort eingespannten, mit *Delesseria* beimpften Leinen können relativ leicht durch Taucher vom Gestell gelöst und anschließend an Bord eines Schiffes gebracht werden. Das Abernten der reifen Algen würde dann am Bord stattfinden. Eine weitere Möglichkeit bestünde darin, die Versuchsgestelle an ihren Eckösen an Bord zu bringen und dort die Algen zu ernten bzw. zu verarbeiten. Die Vorteile solch einer Technik sind neben den reduzierten Taucherarbeiten, ein schnelleres und effizienteres Abernten (Überwasser). Der Einsatz solcher Kulturgestelle erleichtert nicht nur das



Ernteverfahren, sondern bietet gleichzeitig mehr Flexibilität bei der Wahl der geeigneten Standorte, welche für optimale Wachstumsbedingungen der Kulturpflanzen garantieren. An weiteren Erntetechniken wird zurzeit gemeinsam mit dem Institut für Fischerei (LFA) gearbeitet.

## **VII. Verarbeitungsformen**

Bezüglich der Verarbeitungsformen von *Delesseria sanguinea* kann man beim derzeitigen Stand der Forschung relativ wenige Aussagen treffen. Bekannt ist derzeit die Nutzung von *Delesseria* in der Kosmetikbranche. Die sogenannte Meereskur und der Algen-Drink-C, die auf der Basis von *Delesseria* hergestellt werden, werden laut Internetrecherche im Wellnessbereich eingesetzt. Wobei hier noch unklar ist, ob solche Produkte bereits auf dem deutschen Markt vertreten sind und angewendet werden.

Der Einsatz der Extrakte (sulfatierte Polysaccharide) von *Delesseria sanguinea* in der Medizin bzw. in der pharmazeutischen Industrie wäre nach erfolgreichen Tests der Kooperationspartner an der Universität zu Kiel (Pharmazie) durchaus denkbar.

## **VIII. Erntezeitpunkt**

Aus den Voruntersuchungen im Jahre 2005 war zu ermitteln, daß der Erntezeitpunkt von *Delesseria sanguinea* im Frühjahr (Mai-Juni) anzusetzen wäre. Zu diesem Zeitpunkt war die höchste Biomasse dieser Alge im Freiland zu beobachten. Gleichzeitig war nur eine relativ geringe „Kontamination“ durch *Mytilus edulis* vorhanden. Die bisherigen Untersuchungen der Kooperationspartner an der Universität zu Kiel zeigten aber, daß die Ausbeute der sulfatierten Polysaccharide (sPS) im Verhältnis zu der geernteten Biomasse von *D. sanguinea* im Frühjahr relativ gering ist. Die höchste Ausbeute an sPS wurde im Herbst (Oktober) erzielt. Zu diesem Zeitpunkt ist allerdings die Biomasse im Freiland relativ gering. Die Kontamination durch juvenile Miesmuschel (*Mytilus edulis*) ist gleichfalls im Herbst am höchsten. Eine genauere Vorhersage zur Bestimmung des optimalen Erntezeitpunktes sollte daher gemeinsam mit der Universität zu Kiel abgesprochen werden, nachdem die Ergebnisse aus den Jahr 2006 vollständig ausgewertet worden sind.



## 1. Epibionten von *Delesseria sanguinea*

Im Laufe des Jahres 2006 wurde eine Studie durchgeführt, in der die häufigsten Aufwuchsorganismen von *Delesseria sanguinea* untersucht wurden (Jahresbericht 2006). Als Ergebnis dieser Untersuchung hat sich herausgestellt, daß vor allem im Winter und Frühjahr *D. sanguinea* von anderen epiphytischen Algen, insbesondere *Callithamnion corymbosum* besiedelt war. Der niedrigste Befall, besonders durch *Polysiphonia fucooides* wurde am Ende der Frühjahrsperiode und im Sommer (Mai bis Juli) dokumentiert. Im Herbst und Spätherbst wurden die Kulturpflanzen von juvenilen Miesmuscheln massiv besiedelt. Hinzu kommt noch ein deutlicher „Überzug“ mit Bryozoenkolonien, der besonders im November und Dezember mit etwa 90% die Algen besiedelten. Die Ergebnisse zeigen ganz klar, daß der Zeitpunkt der Ernte zwischen den Monaten Mai bis Juli anzusetzen wäre, da neben der bereits erwähnten hohen Biomasse von *D. sanguinea* in dieser Periode, ebenfalls mit der geringsten „Kontamination“ durch Aufwuchsorganismen zu rechnen ist. Der Aufwand für die Reinigung der Kulturpflanzen ist demnach in dieser Periode am geringsten. Der Erntezeitpunkt sollte sich daher nicht allein an der Entwicklung der Biomasse, sondern an den Parametern wie Ausbeute und Qualität der sulfatierten Polysaccharide (s. o.), sowie an einer möglichst geringen Kontamination durch Aufwuchsorganismen, wie *Mytilus edulis* orientieren.

## 2. Pilotstudie „Wundheilung bei *Delesseria sanguinea*“

Eine der grundlegenden Fragen für den Betrieb einer späteren Aquakulturanlage war diejenige nach den Fähigkeiten zur Wundheilung von *Delesseria sanguinea*. Im Fall einer guten Fähigkeit zur Wundheilung ergäbe sich die Möglichkeit einer mehrmaligen Ernte, ohne die Notwendigkeit einer Neubeimpfung. Die vorrangig zu klärende Frage bestand daher darin, ob überhaupt eine Wundheilung erfolgen kann, d.h., ob aus abgeschnittenen Basalteilen erneut vegetative Strukturen regeneriert werden können. Diese Vorversuche (Klärung der prinzipiellen Möglichkeit einer Wundheilung) wurden als Pilotstudie noch im Jahr 2006 durchgeführt. Um Laborartefakte zu verhindern, wurden hierzu Freilandflächen innerhalb der Steinschüttung zufällig ausgesucht, auf der zwischen 8 und 10 *Delesseria*-Exemplare in unterschiedlichen Thallusabschnitten (in ca. 1cm und ca. 4 cm Höhe) monatlich abgeschnitten wurden. Ferner wurde die Regenerationsfähigkeit anhand fotografischer Dokumentation abgeschätzt.



Flächen bzw. Exemplare die innerhalb der ersten Jahreshälfte (Januar bis Juli) bearbeitet wurden zeigten eine Regeneration und Wachstum der Thalli. Die Regeneration der Thalli erfolgte relativ rasch. Die z.B. im Februar ausgesuchte und bearbeitete Fläche wurde bereits im Mai mit regenerierten Thalli und einer deutlich erhöhten Biomasse vorgefunden. Weitere Details sind dem Jahresbericht 2006 zu entnehmen. Abschließend läßt sich festhalten, daß eine Wundheilung abgeschnittener Basalteile von *Delesseria sanguinea* zumindest im ersten Halbjahr offensichtlich möglich ist. Die Höhe in der die Thalli (in ca. 1cm und ca. 4 cm Höhe) abgeschnitten wurden scheint keinen Einfluß auf die Regenerationsfähigkeit zu haben, da alle Basalteile Biomasse entwickelt haben. Die detaillierten Mechanismen der Wundheilung bei *D. sanguinea* werden im Folgeprojekt (2007 – 2008) weiter untersucht.

## IX. Konferenzen, Tagungen & Veröffentlichungen

Im Laufe der ersten Förderungsperiode wurde das „Riff-Projekt“ auf zahlreichen internationalen und nationalen Konferenzen und Tagungen vorgestellt (Jahresbericht 2005 und 2006). Darüber hinaus wurden diese Veranstaltungen als Austausch- und Informationsplattform mit anderen Wissenschaftlern genutzt; diese haben dem Riffprojekt, insbesondere aber der Entwicklung der Aquakultur neue interessante Ideen und Impulse gegeben.

Ferner wurden im Jahr 2006 3 Manuskripte zu unterschiedlichen Themengebieten veröffentlicht bzw. zur Publikation eingereicht (verl. Jahresbericht 2006). Zurzeit befinden sich noch zwei weitere Manuskripte in Vorbereitung, die im Laufe des Jahres 2007 zur Publikation eingereicht werden sollen.

## X. Ausblick

Folgende Studien sind für das Jahr 2007 und 2008 geplant:

### Monitoringprogramm

Fortsetzung des Monitoringprogramms in Quartalsabständen im südlichen Riffgebiet (6t-Tetrapodenfeld), der sich hauptsächlich auf Fotodokumentation beschränken soll. Damit soll die Entwicklung der pflanzlichen Biomasse und der Diversität auf den Tetrapoden bis zur Einstellung des ökologischen Gleichgewichts (Klimaxstadium) beobachtet



werden und mit anderen Strukturen, insbesondere den Riffkegel und der Steinschüttung, verglichen werden.

### Sporenanzucht unter Laborbedingungen

Optimierung der Laborbedingungen (abiotische Faktoren, Auswahl der geeigneten Medien etc.) für die Anzucht der Karpo- und Tetrasporen. Neben der Kultivierung von Mutterpflanzen (s.o.), sollen Kultivierungs- und Wachstumsversuche mit *Delesseria*-Sporen durchgeführt werden. Die Pflanzen sollen dabei zur Sporulation unter Laborbedingungen gebracht werden, so daß möglichst saisonunabhängig Impfmateriale für die Freilandkultur zur Verfügung gestellt werden kann.

### Kryopreservation

Die Entwicklung eines Kryopreservationsverfahrens ist eine kostengünstige Methode zum stabilen Betrieb der Freiland-Anlage mit genetisch einheitlichem, standardisiertem Impfmateriale. An der Universität Göttingen, mit der hier eine enge Zusammenarbeit vorgesehen ist, bestehen bereits Erfahrungen mit dieser Methode.

### Verkürzung des Lebenszyklus

Der Lebenszyklus von *Delesseria sanguinea* dauert unter natürlichen Bedingungen ein Jahr, damit ist die Verfügbarkeit von Impfmateriale auf eine kurze Periode eingeschränkt. Darüber hinaus ist der Lebenszyklus von *Delesseria sanguinea* sehr komplex; über seinen genaueren Mechanismus bestehen kaum Kenntnisse. Im Laufe der zwei Jahre soll: A) der Lebenszyklus soweit aufgeklärt werden, daß die Entwicklung und die saisonale Eintaktung der einzelnen Phasen bekannt ist und B) die Auslöser für die einzelnen Phasen identifiziert werden, so daß der Zyklus unter Laborbedingungen manipuliert werden kann.

Innerhalb dieses Komplexes soll fortgesetzt werden:

1. Weitere Optimierung der Labor-Aquakultur
2. Optimierung der Freiland-Aquakultur

### Entwicklung weiterer Detektionsmethoden

#### *UV-Empfindlichkeit (Tetrasporophyt)*

Aus der Literatur ist bekannt, daß *Delesseria sanguinea* gegenüber UV Strahlung sensibel ist. Die ersten Untersuchungen zur Detektionsmethodik haben gezeigt, daß der



Tetrasporophyt wesentlich UV resistenter zu sein scheint als die Gametophyten. Da sich bereits jetzt abzeichnet, daß ein späterer Einsatz von Aquakulturanlagen eine Verlagerung in geschütztere, und damit flachere Bereiche des Küstengebietes erforderlich macht, ist die Untersuchung der UV-Empfindlichkeit notwendig, um spätere Verluste zu vermeiden. Da die bisherigen Versuche darauf hindeuten, daß der Tetrasporophyt die wirtschaftlich bedeutendere Komponente ist, soll die UV-Resistenz des Tetrasporophyten charakterisiert werden und daraus die minimale Wassertiefe, in der ein ungeschädigtes Wachstum möglich ist, ermittelt werden.

Ferner sollen die bereits getesteten Detektionsmethoden (Zellkernvermessung und Genetische Untersuchungen) weiter optimiert werden.

#### Wundheilung

Der Prozeß der Wundheilung (siehe VIII/2 Pilotstudie) bei *Delesseria sanguinea* soll in den beiden Jahren in detaillierter Form untersucht werden. Besonders interessant ist in diesem Zusammenhang, ob und in welcher Form eine Verletzung des Algen-Thallus die Reproduktionsfähigkeit der Alge beeinträchtigt.

#### Erntetechniken

Im Laufe der Projektweiterführung sind weitere Arbeiten zur Optimierung von kostengünstigen Erntetechniken vorgesehen.

#### Überprüfung anderer Rotalgen

Bislang ist kein generelles „Screening“ innerhalb der Ostsee-Rhodophyta bezüglich pharmazeutisch aktiver Substanzen publiziert worden. Neben den oben angeführten Untersuchungen soll, im Rahmen der analytischen Kapazität der Gruppe der Universität Kiel, daher ein „Screening“ zum Vorkommen von SPS in anderen Rotalgenarten (z.B. *Phyllophora pseudoceranoides*, *Coccotylus truncatus*, *Phycodrys rubens*) vorgenommen werden.