

## Potentielle Kandidaten für die marine Aquakultur vor dem Hintergrund des sich wandelnden Klimas

Aquakultur – die kontrollierte Aufzucht von im Wasser lebenden Organismen – birgt erhebliche Potentiale für eine nachhaltige Weiterentwicklung der Fischereiwirtschaft. Neben anderen Faktoren wird in Zukunft auch der Klimawandel die Rahmenbedingungen für diesen Wirtschaftszweig beeinflussen. Dabei kann die Klimaveränderung durchaus Vorteile bieten, die sich gezielt zur Erweiterung des Artenspektrums und zur Produktivitätssteigerung der kultivierten Arten nutzen lassen. Im Rahmen des RADOST-Anwendungsprojektes „Zukunftsstrategien für die Aquakultur – Fokusgebiet Kieler Bucht“ wurde untersucht, wie der Klimawandel das Spektrum von Arten, die für die Aquakultur in Frage kommen, verändern könnte. Von den Klimawandel-Folgen sind für marine Organismen vor allem Veränderungen in der Temperatur und im Salzgehalt sowie die zunehmende Versauerung des Meerwassers ausschlaggebend.

Die Oberflächentemperatur der Ostsee hat sich im Zeitraum von 1995 bis 2005 um 0,8 ° C erhöht (Umweltbundesamt 2009), was sich u. a. in verminderten Frosttagen widerspiegelt.<sup>1</sup> Als wahrscheinliches Szenarium für den deutschen Küstenraum galt bisher eine Erhöhung der mittleren Jahrestemperatur um 1,5 bis 3,0 ° C in den nächsten 100 Jahren, wobei man bisher von überproportionalen Temperaturanstiegen im Winterhalbjahr ausging. Neue Erkenntnisse belegen jedoch einen Zusammenhang zwischen globaler Erwärmung und kälteren Wintern in Europa. Es wird angenommen, dass schrumpfende Eismengen in der östlichen Arktis

### Ansprechpartner:

**Dr. Peter Krost**

E-Mail: [peter.krost@crm-online.de](mailto:peter.krost@crm-online.de)

CRM Coastal Research & Management



© Thomas\_Kujawski\_ASA-Multimedia

zu Veränderungen der Luftzirkulation führen, was die Wahrscheinlichkeit des Auftretens extrem kalter Winter in Europa und Nordasien verdreifachen könnte.<sup>2</sup>

Die Gesamtmenge der jährlichen **Niederschläge** in der deutschen Ostseeregion erhöhte sich in den vergangenen Jahren, so dass mehr Regenwasser in die Ostsee gelangt und diese dadurch aus „süßt“. Dies deckt sich mit den Szenarien des Norddeutschen Klimaatlas,<sup>3</sup> der als mittlere Variante bis zum Ende des Jahrhunderts von einer 5%-igen Zunahme der Jahresniederschläge ausgeht, wobei im Winter und Frühling mit erhöhten und im Sommer mit deutlich geringeren Niederschlägen zu rechnen ist. Ein nachlassender Einstrom von kaltem, sauerstoff- und salzreichem Wasser aus der Nordsee über das Kattegat in die Ostsee verstärkt diesen Trend.

Im Wasser gelöstes **Kohlendioxid** (CO<sub>2</sub>) trägt zu einer Absenkung des pH-Wertes bei. Die Versauerung im Küstenbereich der Ostsee ist bereits heute messbar und ist 0,1 logarithmische Skalenteile (pH-Einheiten) niedriger als zu vorindustriellen Zeiten. Bei unverändert ansteigenden CO<sub>2</sub>-Emissionen würde der Wert um weitere 0,4 Einheiten bis zum Jahr 2100 absinken, was eine weitere Versauerung und Reduzierung der Karbonationenkonzentration im Meerwasser bedeuten würde. Korallen, Muscheln und Schnecken, aber auch planktische Kalkbildner (z. B. Kalkalgen) reagieren darauf mit verminderter Kalkbildung und Fehlbildungen.<sup>4</sup> Für Tiere und Pflanzen in Aquakultur bedeutet dies, dass nicht alleine mit einer Verschiebung des Temperaturgefüges in einen höheren Bereich sondern auch mit einer größeren Spreizung des Temperaturspektrums über das Jahr zu rechnen ist.

Das potentielle Artenspektrum für die „open-water“-Aquakultur (Aquakultur im offenen Gewässer) in der westlichen Ostsee wird dadurch eingeschränkt. Die zukunftsfähigen Arten müssen einen Temperaturbereich von -2 bis über +20 ° C verkraften sowie mit schwankenden und tendenziell abnehmenden Salzgehalten leben können. Die zunehmende Versauerung beeinträchtigt möglicherweise schalenbildende Organismen, wie z. B. Muscheln.

Selbstverständlich ist das Marktpotential für die Auswahl von Organismen für die Aquakultur ebenso ausschlaggebend. Bei gemeinsamer Betrachtung aller Faktoren ergibt sich derzeit folgender, in Tabelle 1 zusammengestellter Überblick über die Kandidaten für eine Open-water-Aquakultur im deutschen Ostseeraum.

Für die fernere Zukunft können weitere Arten in Augenschein genommen werden, wie der Brotkrumenschwamm (*Halichondria panicea*) mit seinen medizinisch interessanten Inhaltsstoffen, die Wollhandkrabbe (*Eriocheir sinensis*), die sich als eingewanderte Art bei uns verbreitet hat und, mittlerweile auch über die ostasiatische Community hinaus, gerne gegessen wird, der gemeine Seeestern (*Asterias rubens*) dank seiner interessanten Fettsäuren oder die Schlauchseescheide (*Ciona intestinalis*), die ebenfalls in Medizin oder Kosmetik Verwendung finden könnte. Die Mittelmeerfischarten Wolfsbarsch (*Dicentrarchus labrax*) und Dorade (*Sparus aurata*) kommen mit den derzeitigen Wintertemperaturen der Ostsee nicht zurende. Bei weiter ansteigenden Temperaturen können sie vielleicht einmal – evtl. unter Nutzung von Kühlwassereinleitungen oder Ähnlichem – auch bei uns kultiviert werden.

Gruppe	derzeit	in Zukunft
Algen	Zuckertang ( <i>Saccharina latissima</i> )	Blasentang ( <i>Fucus vesiculosus</i> ) Besentang ( <i>Gracilaria vermiculophylla</i> )
Mollusken	Miesmuschel ( <i>Mytilus edulis</i> )	Miesmuschel ( <i>Mytilus edulis</i> )
Fische	Regenbogenforelle ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	Meeräsche ( <i>Chelon labrosus</i> )

Eine detaillierte Beschreibung der Aquakulturkanidaten wird im Folgenden gegeben.

## Blasentang *Fucus vesiculosus* L.

### Merkmale

Der Blasentang *Fucus vesiculosus* ist eine mehrjährige Alge und wird ca. 10-30 cm lang. An der Basis ist er mittels einer Haftplatte mit festem Untergrund (Steine, Muschelschalen, Holzpfähle, etc.) verbunden. Der braungrüne abgeflachte Thallus (Vegetationskörper) ist in einer Ebene gabelig verzweigt. Die namensgebenden Gasblasen sind beidseitig der Mittelrippe paarig angeordnet und stehen in den Gabelungen einzeln. Sie verleihen der Alge Auftrieb im Wasser. Bei Ebbe ist der Blasentang durch eine Schleimschicht vor Austrocknung geschützt.

### Lebensraum

Der Blasentang kommt an den flachen Küsten des Nordatlantiks, der Nordsee und der Ostsee vor. Er verträgt auch hohe Temperaturen und niedrige Salzgehalte bis etwa 4 PSU (Practical Salinity Units; siehe Erläuterung auf der letzten Seite).



Blasentang in der Kieler Förde. Foto: CRM

### Aquakultur

Derzeit wird der Blasentang nirgends auf der Welt kultiviert. Eine künstlich induzierte Vermehrung ist dadurch erschwert, dass der Blasentang – anders als z. B. der Zuckertang – über keine beweglichen Fortpflanzungsstadien verfügt. Dennoch werden derzeit erfolversprechende Versuche durchgeführt, den Blasentang zur Ansiedlung auf künstlichen Substraten zu bewegen (GEOMAR | Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel; CRM Coastal Research & Management, Kiel; LLUR – Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig Holstein, Flintbek). Als endemische Art mit sehr interessanten Inhaltsstoffen ist der Blasentang ein aussichtsreicher Kandidat für die Aquakultur in der Ostsee.

### Nutzung und Vermarktung

Für die Ernährung und Gesundheit bedeutende Inhaltsstoffe des Blasentangs sind u. a. Jod, Brom, Beta-Carotin, Alginsäure, Polyphenole mit antibiotischer Wirkung, Xanthophylle (Fucoxanthin), Polysaccharide und pektinartige Schleimstoffe. Für den Schleimstoff Fucoidan wurde eine immunstimulierende Wirkung bei Krebserkrankungen nachgewiesen. Außerdem besitzt der Blasentang einen hohen Gehalt an Mineralstoffen und Spurenelementen.

Der Blasentang wird zur Gewinnung von Alginaten, sowie in manchen Regionen zur Herstellung von Seetang-Extrakt für Kosmetikprodukte genutzt und in der Thalassotherapie verwendet. Aufgrund seines hohen Jodgehaltes wird Blasentang in der Pflanzenheilkunde wird er bei Schilddrüsenunterfunktion, Heuschnupfen, Arterienverkalkung und Schuppenflechte eingesetzt und ist Bestandteil vieler Schlankheitsmittel.



## Besentang *Gracilaria vermiculophylla* (Ohmi) Papenfuss

### Merkmale

Der Besentang *Gracilaria vermiculophylla* ist eine bis ca. 40 cm lange Alge, die aus 0,5 bis 5 mm dicken und stark verzweigten Filamenten (fadenförmigen Strukturen) besteht. Die Farbe variiert meist zwischen grau-schwarz und rötlich-schwarz, aber nach starker Lichtexposition oder bei Nährstoffmangel kann es auch zu gelblich-braunen Verfärbungen kommen. In der Ostsee leben diese Algen überwiegend frei driftend und liegen einzeln oder als verfilzte Massen am Meeresgrund.

### Lebensraum

Der Besentang stammt ursprünglich aus Ostasien, von wo er sich fast weltweit ausgebreitet hat. Inzwischen hat diese Meeresalge die europäischen und nordamerikanischen (Pazifik- und Atlantik-) Küsten erreicht. Im Jahr 2005 wurde sie erstmalig in der westlichen Ostsee in Kieler Förde gefunden. Seither gilt dieser „Neophyt“ als etabliert.



*Gracilaria vermiculophylla*. Foto: Mareike Hammann, GEOMAR, Kiel

Der Besentang ist gut an Brackwasser angepasst, kann aber auch in normalem Seewasser (32 PSU) und in schwach salzigem Wasser leben. Er ist außerdem sehr temperaturresistent und überlebt Wassertemperaturen zwischen Frost und 30° C. Die Alge ist lichtliebend und entwickelt sich besonders in geschützten Flachwasserbuchten. *Gracilaria vermiculophylla* kann sich durch Sporen vermehren. Die Vermehrung geschieht aber in erster Linie vegetativ, indem Stücke abreißen, fortdriften und dabei weiterwachsen (Weinberger et al. 2008; Neobiota).

### Aquakultur

Derzeit ist die Alge nicht in Aquakultur. Aufgrund ihres in der Natur beobachteten enormen Wachstumspotentials wurden am GEOMAR | Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel erfolgreiche Versuche durchgeführt, *Gracilaria vermiculophylla* in Netzbeuteln zu kultivieren. Derzeit erlebt die Art einen Bestandsrückgang, möglicherweise verursacht durch einen Parasiten. In der Kieler Bucht existieren aber Standorte mit dauerhafter Besiedlung durch *Gracilaria vermiculophylla*. Für eine zukünftige Nutzung dieser Alge ist es entscheidend, ob sie sich dauerhaft in das Ökosystem Ostsee eingebürgert hat, und ob sich resistente Populationen entwickeln.

### Nutzung und Vermarktung

Aufgrund des beschriebenen Wachstumspotentials könnte *Gracilaria vermiculophylla* zur Nährstoffabreicherung in eutrophen (nährstoffreichen) Küstenbereichen und anschließender energetischer Verwertung in Biogasanlagen eingesetzt werden.

## Miesmuschel *Mytilus edulis L.*

### Merkmale

Miesmuscheln sind bis maximal 10 cm lange, blau-violett-schwarze Muscheln, die sich filtrierend ernähren und sich mit Hilfe ihrer aus einem Sekret der Fußdrüsen produzierten Byssus-Klebfäden an harten Untergründen anheften.

### Lebensraum

Das Verbreitungsgebiet der Miesmuschel erstreckt sich über einen großen Teil der europäischen Küstengewässer, vom Weißen Meer in Russland bis zur Atlantikküste Südfrankreichs. Miesmuscheln leben im Gezeitenbereich bis in einer Wassertiefe von ca. 40 m, auch in Hafenanlagen. Miesmuscheln heften sich mit ihren Byssusfäden an harten Substraten wie Steinen, Spundwänden, oder hartem Sand fest. Häufig bilden sie Muschelbänke und erreichen dort enorme Biomassedichten.

Miesmuscheln sind euryhalin, d. h. ihr Toleranzbereich in Bezug auf den Salzgehalt des Wassers ist groß. Sie vertragen Salinitäten von 4 – 35 PSU. Unterhalb von 15 PSU lässt das Wachstum deutlich nach.

### Aquakultur

Hängekulturen (Langleinenkulturen) stellen das Gros der Muschelproduktion in der EU, was auf den großen Anteil der spanischen Produktion innerhalb der EU zurückgeht (ca. 250.000 Tonnen/Jahr von den insgesamt in Europa erzeugten ca. 550.000 Tonnen/Jahr), die fast ausschließlich hängend an Flößen durchgeführt wird. Der höhere Arbeitsaufwand gegenüber Bodenkulturen wird durch bessere Qualität (d. h. schnelleres Wachstum, geringere Schadstoffbelastung, kaum Sandanteil) kompensiert. Derzeit wird in Nordeuropa noch der größte Teil der Miesmuscheln vom Boden gefischt, jedoch geht der Trend auch hier in Richtung Langleinenkulturen, nicht zuletzt, da Bodenkulturen – und im Besonderen das Abernten derselben – im Gegensatz zur Langleinenkultur einen störenden Einfluss auf den Lebensraum Meeresboden ausüben.

Für die Kultur der Miesmuschel in der Ostsee bedient man sich aus dem dort reichlich vorhandenen Angebot natürlich vorkommender Muschellarven. Der Zeitpunkt des Larvenfalls hängt von der Umgebungstemperatur ab. Mit zunehmender Wassertemperatur beginnen die Muscheln zu laichen, das Maximum ist im Mai bis Juni. Weibliche Muscheln produzieren 5 – 12 Millionen Eier, die von den ebenfalls freischwimmenden Spermien der Männchen im Wasser befruchtet werden. Die Larven leben zuerst freischwimmend in der Wassersäule und setzen sich nach Tagen oder Wochen auf unterschiedlichen Hartsubstraten fest.

### Futter / Ernährung

Miesmuscheln bedürfen keiner zusätzlichen Fütterung, sie ernähren sich aus dem natürlich vorkommenden Planktonangebot und wirken damit der übermäßigen Nährstoffanreicherung im Wasser (Eutrophierung) entgegen.

### Nutzung und Vermarktung

Miesmuscheln bedürfen keiner zusätzlichen Fütterung, sie ernähren sich aus dem natürlich vorkommenden Planktonangebot und wirken damit der übermäßigen Nährstoffanreicherung im Wasser (Eutrophierung) entgegen.

Zum Gewinnen von Miesmuschellarven für die Kultur werden sogenannte Kollektoren verwendet, auf denen sich die Larven festsetzen. Als besonders brauchbar haben sich ca. 5 cm breite, weiße Gurtbänder herausgestellt – Miesmuschellarven reagieren positiv phototaktisch auf helle Flächen, d. h. sie bewegen sich zum Licht hin.

Nach ca. 3 Monaten, also etwa im August bis September, haben die jungen Miesmuscheln eine Größe von ca. 2 cm erreicht. Zu diesem Zeitpunkt müssen sie von den Gurtbändern gelöst und in sogenannte Socken überführt werden. Die Socken bestehen aus einem grobmaschigen Nylongeflecht mit zusätzlichen Baumwollfäden, die sich innerhalb weniger Wochen im Seewasser auflösen und den Muscheln gestatten, sich außen an den Socken mit ihren Byssusfäden zu befestigen. An diesen Socken wachsen die Muscheln innerhalb von 1,5 bis 2 Jahren bis zur Marktgröße von 4 bis 6 cm heran.

Der Ernteperiode ist das Winterhalbjahr, dann sind die Muscheln am fleischreichsten und wohlschmeckendsten; zudem sind in dieser Jahreszeit Keime und Algtoxine im Minimum.



Miesmuscheln in Hängekultur in der Kieler Förde. Foto: CRM



## Dicklippige Meeräsche *Chelon labrosus* (Risso, 1827)

### Merkmale

Die Dicklippige Meeräsche besitzt (Namen!) eine dicke Oberlippe mit unregelmäßigen Reihen kleiner Hautverdickungen. Sie hat einen langgestreckten, spindelförmigen Körper, der bis ca. 60 cm lang wird. Der Rücken ist dunkelgrau bis blau, die Flanken sind silbergrau gefärbt mit 4 bis 5 dunklen Längsstreifen.

### Lebensraum

Dicklippige Meeräschen kommen ganzjährig rund um das Mittelmeer und schwarze Meer an den europäischen Küsten bis ungefähr zur belgischen Nordseeküste vor. Im Sommer wandern sie in kleinen Trupps bis zu den Färöern und Island, bzw. den skandinavischen Küsten und in die westliche Ostsee (Muus & Dahlström). Meeräschen leben als Schwarmfische im küstennahen Bereich, wobei sie gelegentlich auch in Lagunen und Flussmündungen eindringen. Sie sind dabei im Sommer vor allem im Bereich der Oberfläche anzutreffen und weiden bodennah Aufwuchsalgen und Wirbellose ab. Im Winter ziehen sie sich in tiefere Schichten zurück und stellen die Nahrungsaufnahme weitestgehend ein (Wikipedia).



Dicklippige Meeräschen im Flachwasser. Foto: David Perez (Wikimedia Commons, lizenziert unter CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/legalcode>)

### Aquakultur

Über gegenwärtige Aquakulturaktivitäten bezüglich der Dicklippigen Meeräsche ist nur wenig Information verfügbar. Derzeit scheint aber die Aquakultur auf der Basis von Wildfängen von Jungfischen betrieben zu werden. Ben Khemis et al. (2006) beschreiben eine interessante Technik zur Larvenaufzucht von Dicklippigen Meeräschen. Die meisten Autoren sind sich einig, dass diese Art ein großes Potential in der Aquakultur hat, da sie sich in einem niedrigen Bereich der Nahrungskette befindet. Bis zu einem kommerziellen Einsatz sind aber noch grundlegende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten erforderlich.

Da sich die Dicklippige Meeräsche unter natürlichen Bedingungen bei kälteren Temperaturen zurückzieht, bieten sich in unseren Breiten Farmstandorte in der Nähe von Kühlwasserauslässen an.

### Futter / Ernährung

Dicklippige Meeräschen sind Allesfresser, sie ernähren sich von benthischen Diatomeen (d. h. Kieselalgen des Gewässergrundes), Aufwuchsalgen und kleinen wirbellosen Tieren. Damit wäre sie der erste nicht obligatorisch fleischfressende Meeresfisch in der Aquakultur.

### Nutzung und Vermarktung

Die Dicklippige Meeräsche gilt als sehr wohlschmeckend und erfreut sich auch wegen ihrer wenigen, relativ großen Gräten Beliebtheit.

## Begriffserläuterung PSU

PSU (Practical Salinity Units) – dimensionslose Einheit für Salinität, die sich auf die elektrische Leitfähigkeit von Salzlösungen bezieht.

Süßwasser weist eine Salinität von unter 1 PSU auf, beim Brackwasser liegt die Salinität zwischen 1 und 10 PSU, ab einer Salinität über 10 spricht man von Salz(bzw. See-)wasser.

Informationen zum Projekt RADOST finden Sie unter:

[www.klimzug-radost.de](http://www.klimzug-radost.de)

## Quellen:

### Einführung

1. Marine Ökosysteme – Meeresschutz ist Klimaschutz.  
Abrufbar unter:  
[www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3805.pdf](http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3805.pdf)
2. V. Petoukhov & V.A. Semenov 2010: A link between reduced Barents-Kara sea ice and cold winter extremes over northern continents. J. Geophys. Res. 115
3. [www.norddeutscher-klimaatlas.de](http://www.norddeutscher-klimaatlas.de)
4. Siehe Artikel „Ozeanversauerung“ unter:  
[www.futureocean.de/ozean](http://www.futureocean.de/ozean)

### Blasentang

- Algaebase species information: <http://www.algaebase.org>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Blasentang>

### Miesmuschel

- Krost, Peter; Kock, Monika; Rehm, Stefan; Piker, Levent (2011): Leitfaden für nachhaltige marine Aquakultur. Selbstverlag CRM, 64 S.

### Besentang

- Neobiota: <http://neobiota.umwelt.vdst.de/pdf/Gracilaria.pdf>
- [www.frammandearter.se/0/2english/pdf/Gracilaria\\_vermiculophylla.pdf](http://www.frammandearter.se/0/2english/pdf/Gracilaria_vermiculophylla.pdf)
- [www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)
- Weinberger, F.; Buchholz, B.; Karez, R.; Wahl, M. (2008): The invasive red alga *Gracilaria vermiculophylla* in the Baltic Sea: adaptation to brackish water may compensate for light limitation. Aquatic Biology 3: 251–264

### Dicklippige Meeräsche

- Ben Khemis, I.; Zouiten, D.; Besbes, R.; and Kamoun, F (2006): Larval rearing and weaning of thick lipped grey mullet (*Chelon labrosus*) in mesocosm with semi-extensive technology. Aquaculture Volume 259, 190-201
- FishBase Species Summary: [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)
- Muus, B.; Dahlström, P. (1991): Meeresfische. BLV, 1991, 244 S.
- [http://de.wikipedia.org/wiki/Dicklippige\\_Meeräsche](http://de.wikipedia.org/wiki/Dicklippige_Meeräsche)