



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit



BUNDESAMT FÜR  
SEESCHIFFFAHRT  
UND  
HYDROGRAPHIE

## **Meeresumwelt- Symposium**

**2006**

**16. Symposium  
13. bis 14. Juni 2006**

CCH - Congress Center Hamburg  
Am Dammtor  
20355 Hamburg

**Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie**  
in Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt  
und dem Bundesamt für Naturschutz  
im Auftrag des Bundesministeriums für  
Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

© Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)  
Hamburg und Rostock 2007  
[www.bsh.de](http://www.bsh.de)

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des BSH reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

## ***Inhalt***

Vorwort .....	5
EHLERS, PETER Verbesserung der Kenntnisse als Grundvoraussetzung für maritimes Handeln .....	7

### ***Europäische Meeresschutzpolitik***

KLUG, ASTRID Die Meere im Spannungsfeld von Nutzung und Umweltschutz - ein strategischer Blick in die Zukunft .....	13
SIEMERS, HAITZE Die künftige Meerespolitik der EU: eine europäische Vision für Ozean und Meere .....	19
SALOMON, MARKUS Ein kritischer Blick auf die Europäische Meeresschutzstrategie .....	23
HESLENFELD, PETER Ecological Quality Objectives - Health Indicators for the Sea .....	29
NEUHOFF, HANS-GEORG Ergebnisse der Nordsee-Ministerkonferenz zu den Umweltauswirkungen von Schifffahrt und Fischerei Göteborg, 4. und 5. Mai 2006 - Themenbereich Fischerei .....	31
BREUCH-MORITZ, MONIKA Ergebnisse der Nordsee-Ministerkonferenz zu den Umweltauswirkungen von Schifffahrt und Fischerei Göteborg, 4. und 5. Mai 2006 - Themenbereich Schifffahrt .....	37

### ***Marine Raumplanung und IKZM***

MOLITOR, LUDGER Raumordnungsplan für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) .....	45
WILKE, TORSTEN Naturschutz im Rahmen der Raumordnung in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) .....	53
BUNGE, THOMAS Das Instrument der strategischen Umweltprüfung bei der Raumplanung im Meer .....	69
LÜTKES, STEFAN Integriertes Küstenzonenmanagement (IKZM) in Deutschland: die nationale IKZM-Strategie .....	83

## **Auswirkungen menschlicher Aktivitäten auf marine Arten**

PRAHL, SUSANNE und URSULA SIEBERT Histopathologische Aspekte zur akustischen Belastung von Schweinswalen .....	93
ERDMANN, FRITHJOF Beifang von See- und Wasservögeln in Stellnetzen der Küstenfischerei der Ostsee .....	101
GREVE, WULF Globale Erwärmung und Zooplankton .....	115

## **Ballastwassermanagement**

BETHGE, PETRA UND ROLF VON OSTROWSKI Internationales Übereinkommen von 2004 zur Überwachung und Behandlung von Ballastwasser und Sedimenten von Schiffen.....	125
SKREDE, ANNE-BETH Ballast Water Management - from the Perspective of the Environment.....	127
VOIGT, MATTHIAS Technische Entwicklungen zur Behandlung von Ballastwasser.....	129

## **Offshore-Windparks**

FINGER, ANTJE Ökologische Begleitforschung auf den Forschungsplattformen FINO I - III .....	137
MERCK, THOMAS Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf Seevögel - Ergebnisse der skandinavischen Begleitforschung .....	143
MEIßNER, KARIN, BOCKHOLD, JENS und HOLMER SORDYL Problem Kabelwärme? - Vorstellung der Ergebnisse von Feldmessungen der Meeresbodentemperatur im Bereich der elektrischen Kabel im Offshore-Windpark Nysted Havmøllepark (Dänemark).....	153
BURCHARD, HANS Mögliche Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf den Wasseraustausch der Ostsee („QuantAS-Off“). .....	163
BUCK, BELA HIERONYMUS Marikultur als Co-Nutzung in Offshore-Windparks: Status Quo, Probleme und Perspektiven.....	167

## *Vorwort*

Das 16. Symposium „Aktuelle Probleme der Meeresumwelt“ fand vom 13. bis 14. Juni 2006 in Hamburg statt. Das Symposium wird veranstaltet vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie in Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt, dem Bundesamt für Naturschutz und im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Wie bereits in den vergangenen Jahren kommt das BSH dem Wunsch nach Veröffentlichung der Vorträge mit diesem speziellen Symposiumsband nach. Damit ist beabsichtigt, die Vielzahl der vorgetragenen Informationen zu dokumentieren, einem größeren Kreis von Interessenten zugänglich zu machen und die Diskussion um die weiterhin aktuellen Probleme zu beleben.

Die Beiträge wurden ohne Reviewverfahren in unveränderter Form übernommen und abgedruckt.



# Marikultur als Co-Nutzung in Offshore-Windparks: Status Quo, Probleme und Perspektiven

## Co-use of offshore wind farms for mariculture: status quo, problems, and prospects

BELA HIERONYMUS BUCK

### Zusammenfassung

Ziel der Aquakultur-Studien im AWI ist die Anfertigung eines wissenschaftlichen und technischen Fundaments für die Zucht von marinen Organismen in der Deutschen Bucht unter dem Aspekt nachhaltiger und multifunktionaler Nutzung von Offshore-Gebieten und deren natürlicher Ressourcen.

Die bisher hauptsächlich an Land und in Küstennähe gelegenen Nutzflächen für Windenergieanlagen sollen in den nächsten Jahren auf Offshore-Gebiete in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftzone (AWZ) ausgedehnt werden. Da die geplanten Anlagen in den Windparks Verankerungsmöglichkeiten bieten werden, könnte hier die Möglichkeit für eine multifunktionale Nutzung durch Kombination mit Aquakultursystemen gegeben sein. Um dieses Konzept auf Machbarkeit und wirtschaftliches Potential hin zu prüfen, werden die aus biologischer und technischer Sicht nötigen Voraussetzungen sowie das bei der Durchführung erforderliche Management untersucht.

### Einleitung

Die kommerzielle Zucht von Meeresorganismen wird weltweit überwiegend in Küstenländern betrieben. Diese marine Aquakultur oder Marikultur konzentriert sich meist auf küstennahe Bereiche oder landgestützte Durchfluss- oder Kreislaufanlagen (Abb. 1 a-d), in denen insbesondere für letztgenannte Systeme versucht wird, Optimalbedingungen für die gezüchteten Organismen zu schaffen. Die Kulturanlagen im Meer beschränken sich auf geschützte Gebiete unmittelbar vor der Küste sowie den gesamten Inshore-Bereich (Fjorde, Buchten, Rias). Hier werden Käfiganlagen für Fische und Langleinen-, Pfahl-,

### Summary

The purpose of the aquaculture studies conducted by AWI is to obtain a scientific and technical basis for cultivating marine organisms in the German Bight in order to achieve a sustainable and multi-functional use of offshore areas and their natural resources.

In the next few years, offshore wind farms are planned to be built in the waters of the German Exclusive Economic Zone (EEZ). As the structures of the projected wind farms might be suitable for establishing commercial aquaculture systems, multi-functional use of wind farms could be an option. To study the feasibility and commercial potential of this concept, its prerequisites and management requirements both from a biological and engineering point of view have been reviewed.

Floß- und Laternensysteme für die Zucht von Muscheln und Makroalgen betrieben (BEVERIDGE [2004], HICKMAN [1992]). In vielen Gebieten sind dabei nicht nur die Eingriffe in das umliegende Ökosystem, z.B. durch Verschmutzung durch nicht verwertete Futtermittel oder andere Stoffe sowie die Veränderung der Biodiversität, von großer Brisanz. Auch die sehr starke Nutzung des Küstenmeeres (z.B. durch Schifffahrt, militärische Nutzung, Tourismus, Fischerei, Naturschutzgebiete und andere schützenswerte Flächen, Besatzmuschelfischerei, Kiesabbau) führt zu wachsenden Raumnutzungskonflikten (z. B. WIRTZ et al. [2003], BUCK et al. [2004], siehe auch [CONTIS-Informationssystem](#), BSH).



Abb. 1: Aquakultursysteme an Land und in geschützten Gebieten  
 a) Kreislaufanlage für Steinbutt (*Psetta maxima*) im AWI Bremerhaven (Deutschland),  
 b) Durchflussanlage für Garnelen (*Penaeus monodon*) bei Honolulu, Oahu/Hawaii (USA),  
 c) Netzkäfiganlage für Seebrassen (*Pagrus major*) bei Sanyang (Süd-Korea) und  
 d) untergetauchtes Langleinensystem für Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) bei Trondheim (Norwegen)  
 Fotos: B. H. Buck (AWI)

Der globale Bedarf an aquatischen Lebensmitteln ist in den letzten Jahrzehnten enorm gestiegen. Nach Daten der [Welternährungsorganisation](#) (FAO [2006]) stehen einer Gesamtproduktion aus Fischerei und Aquakultur zu Beginn der 1950er Jahre von etwa 21 Mio. Tonnen etwa 160 Mio. Tonnen im Jahre 2004 gegenüber (Abb. 2). Während die Produktionszahlen aus der Fischerei zunächst bis 1988/89 stetig anstiegen, stagnieren sie seit dieser Zeit oder konnten nur kurzzeitig erhöht werden. Dieses ist neben der Überfischung vieler Meeresgebiete auch auf den Einsatz moderner Fangflotten und -techniken zurückzuführen, auf den Fang von Organismen aus niedrigeren Trophiestufen sowie auf ein nicht nachhaltiges Management (PAULY et al. [2002]). Im Gegensatz dazu steigen die Produktionsmengen aus der Aquakultur bis heute

dauerhaft an. Sie erleben gerade in den letzten drei Jahrzehnten einen auffallend starken Zuwachs. Die Gesamtproduktion wurde innerhalb von 25 Jahren verachtfacht. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass der Eindruck, Produkte aus der Aquakultur seien ein guter Ersatz für die stagnierenden Mengen aus der Fischerei, äußerst kritisch zu betrachten ist. Während NAYLOR und Kollegen [2000] der Auffassung sind, bei der stark gewachsenen Aquakultur stamme ein Großteil der in der Fisch- und Shrimpkultur verwendeten Futterpellets aus Fischmehl und -öl und diese seien somit von den Anlandungen aus der Fischerei abhängig, argumentieren ROTH und Co-Autoren [2002], dass der Anstieg in der Aquakulturproduktion hauptsächlich auf herbivore Organismen zurückzuführen sei und somit kein zusätzlicher Fischereidruck entstehe.



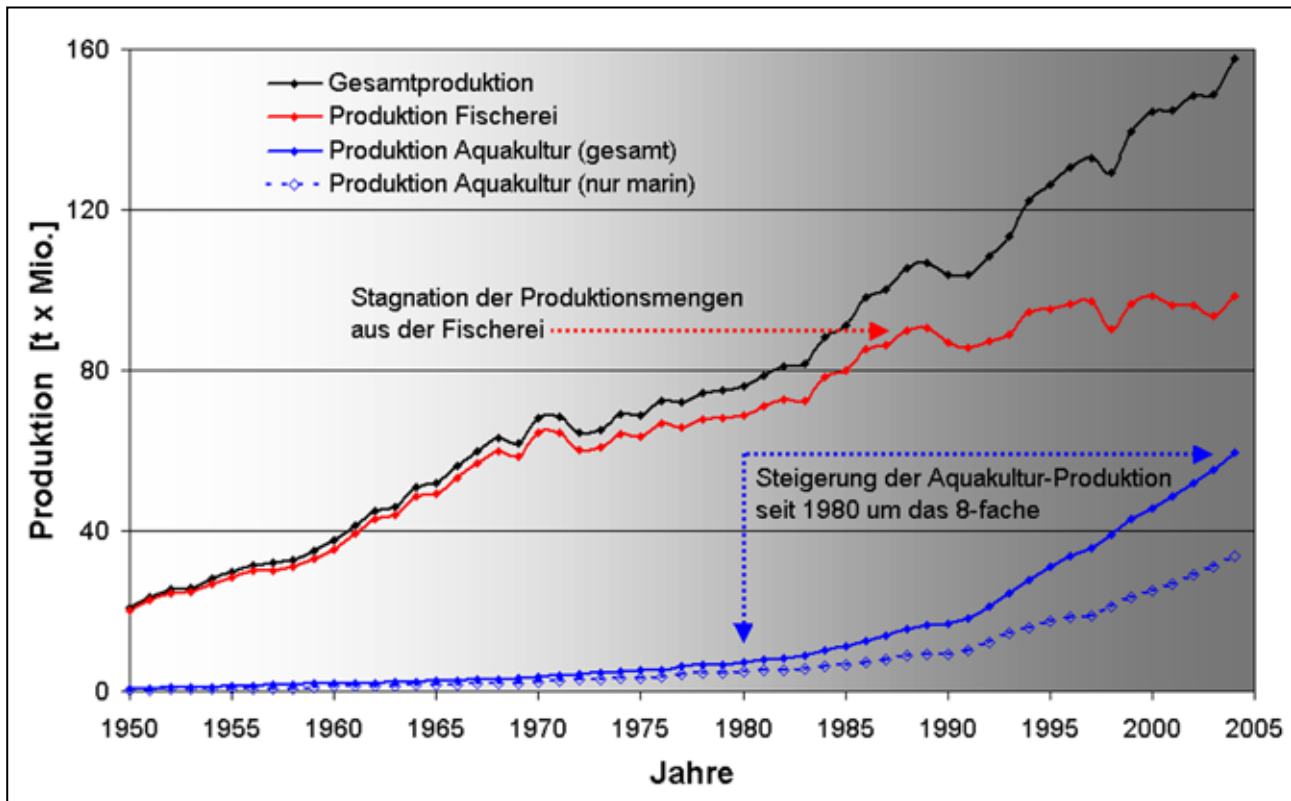


Abb. 2: Produktion aus der Fischerei und der Aquakultur nach Daten der FAO (BUCK [2007a])

Die Entwicklungen in der Fischerei sowie der steigende Bedarf an aquatischen Produkten führten weltweit zu einer starken Zunahme von Forschungsaktivitäten im Bereich der Aquakultur (GACE [2006], siehe auch [WAS](#)). Der Grund dafür ist, dass viele Meeresgebiete, die noch vor Jahren im Rahmen von Fischereiaktivitäten als produktiv galten, heute überfischte sind und dadurch keine ausreichende Menge an Meeresprodukten zur Verfügung steht.

In Deutschland konnte sich eine Meeresmassenzucht aus vielerlei Gründen bisher nicht etablieren. Dazu zählen neben den bereits beschriebenen Nutzerkonflikten in den Küstenmeeren und in der ausschließlichen Wirtschaftszone ([AWZ](#)) auch andere Probleme: die allgemein rauen Umweltbedingungen (starke Strömungsgeschwindigkeiten und hohe Wellen), die geographische und topographische Lage (geringe Wassertiefe, keine geschützten Buchten) und die kommerziellen Potentiale (hoher Personalaufwand) stehen einer konventionellen und kostengünstigen Aquakulturentwicklung entgegen. Ferner fehlt es in Deutschland im Gegensatz zu anderen Ländern an einem aquakulturspezifischen Reglement, klaren Richtlinien und definierten Standards, so

dass beispielsweise für die deutsche AWZ keine auf die Zucht von aquatischen Organismen abzielenden rechtlichen Rahmenbedingungen existieren (BUCK et al. [2003]).

Ein Ausweg aus einigen der oben genannten Problematiken bietet eine räumliche Verlagerung in den Offshore-Bereich. Die erwähnten Interessenskonflikte und Problemzonen des Küstenraumes werden reduziert und die Wasserqualität verbessert sich mit dem Abstand zur Küste und den Flussmündungsgebieten. Durch die Verlegung entstehen jedoch neue, andere Probleme, die sich sowohl in der Bereitstellung geeigneter Kulturorganismen, die harte Stürme und starke Strömungen aushalten, und stabilen, sicheren Techniken in einem moderneren und angepassten Design darstellen, als auch in der Erreichbarkeit solch ferner Areale und einem ausgeklügelten Management liegen. Offshore-Kulturen sind in den USA, Kanada und einigen europäischen Ländern zu einer neuen Richtung der Marikultur geworden. Die Schlagwörter, die diese neue Art der Kultivierung von Organismen umschreiben, sind: Offshore, Open Ocean, Far out und Farming the Deep Blue (BUCK [2002], RYAN [2005]). Bislang haben sich mit diesem Open Ocean Bereich

weltweit unterschiedlichste Fachrichtungen beschäftigt, die aus der Biologie, der Geologie, der Aquaristik, der Aquakultur, dem Ingenieurwesen, dem Management, der Logistik und der Sozio-Ökonomie stammen. Vorreiter dieser Technologie sind Projekte aus den USA, wie das so genannte „New Hampshire Open Ocean Aquaculture Demonstration Project“ (WARD et al. [2001]).

In Deutschland ist diese Art der Kultivierung noch neu und wird kommerziell nicht betrieben, sondern eher als „Offshore Vision“ angesehen. Der Begriff „Offshore“ wird hierzulande vorrangig mit den geplanten Offshore-Windparks im Nord- und Ostseeraum in Verbindung gebracht. In der Realität wird der Offshore-Bereich durch verschiedene Interessensgruppen schon jetzt vermehrt beansprucht. Durch die rasche Entwicklung der geplanten Windparks entstehen auch in diesem Bereich Probleme in der Nutzung der Nordsee. Aus Sicht der Fischerei werden die befischbaren Gebiete verkleinert, da die Windparkareale, je nach Anzahl und Größe, als Sperrge-

biere ausgewiesen werden sollen. Gleichzeitig bringt dieser Flächenkonflikt auch eine mögliche Lösung, die der traditionellen Fischerei Vorteile verschaffen kann, nämlich die multifunktionale Nutzung solcher Flächen mit geeigneten Aquakulturtechniken, die die Bewirtschaftung fern der Küste auch für letzteren Wirtschaftszweig rentabel machen und Fischern ein alternatives Einkommen sichern können.

Die Integration dieser beiden Parteien (Abb. 3) in der Deutschen Bucht wird zurzeit am [Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung \(AWI\)](#)<sup>1)</sup> in Bremerhaven und in der Biologischen Anstalt Helgoland erforscht. Ziel der Aquakultur-Studien ist die Anfertigung eines wissenschaftlichen Fundaments für die Zucht von marinen Organismen in der Deutschen Bucht unter dem Aspekt nachhaltiger und multifunktionaler Nutzung von Offshore-Gebieten und deren natürlichen Ressourcen. Unterstützt wird das AWI dabei von etwa 30 Partnern aus der Industrie sowie anderen Forschungsinstituten und universitären Einrichtungen.

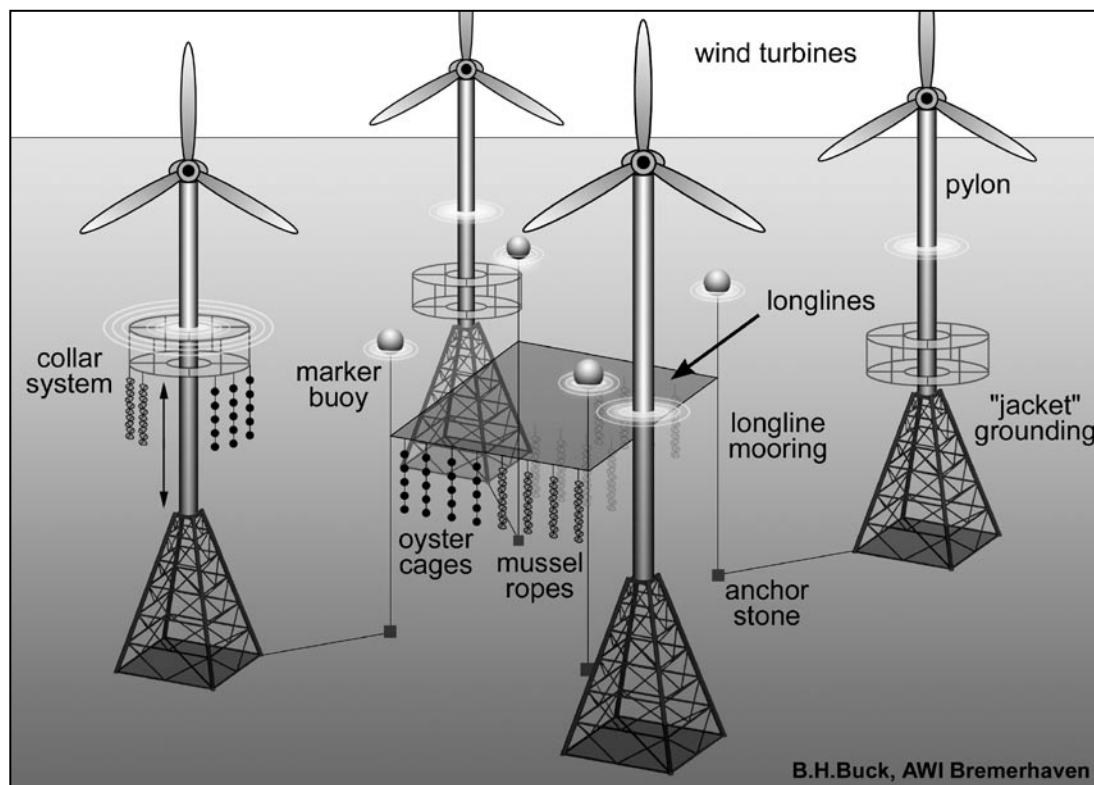


Abb. 3: Beispiel einer multifunktionalen Nutzung: Aquakulturinstallationen (Langleinen, Ringsysteme) untergetaucht in Verbindung mit den Pylonen und Gründungsstrukturen von Windenergieanlagen (Abb. aus Buck et al. [2004]).

1) Siehe hierzu auch die Homepage der AWI-Arbeitsgruppe „Marine Aquaculture, Maritime Technologies and ICZM“: <http://www.awi.de/en/go/aquaculture>

### Untersuchungsreihen zur multifunktionalen Nutzung am AWI

Die bisher hauptsächlich an Land und in Küstennähe gelegenen Nutzungsflächen für Windenergieanlagen sollen in den nächsten Jahren auf Offshore-Gebiete in

der deutschen ausschließlichen Wirtschaftzone ausgedehnt werden (Abb. 4 a-b). Eben dort und in Küstennähe befinden sich die Untersuchungsgebiete für mögliche Offshore-Aquakulturen. Testgebiete in der Deutschen Bucht sind Orte, in denen Windparks geplant sind, und Gebiete im Weserästuar, Bereiche um Helgoland und Areale im Rückseitenwatt der Insel Sylt.

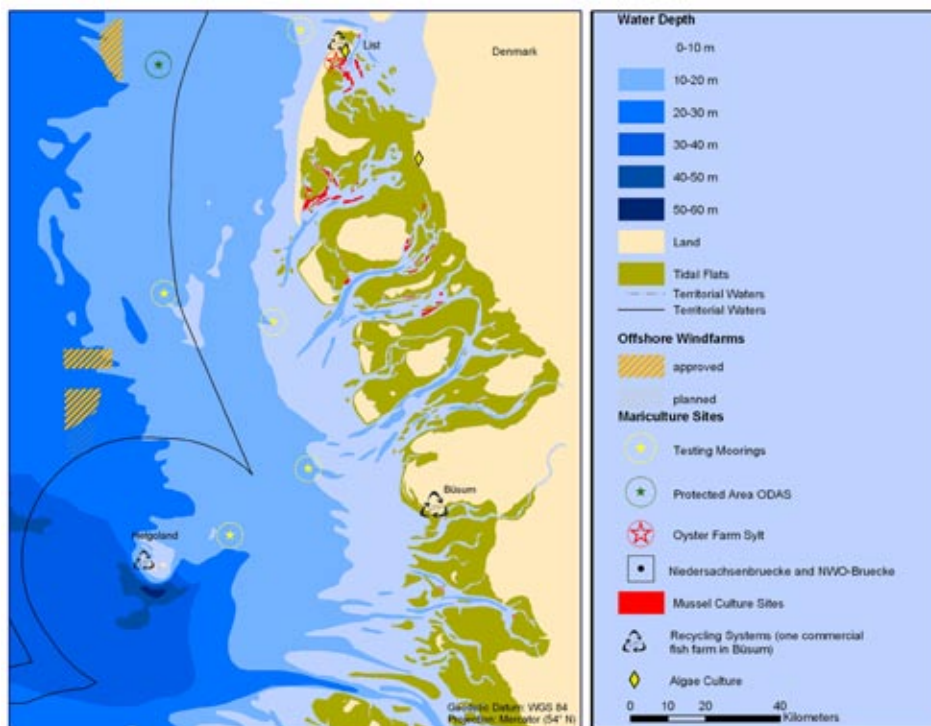
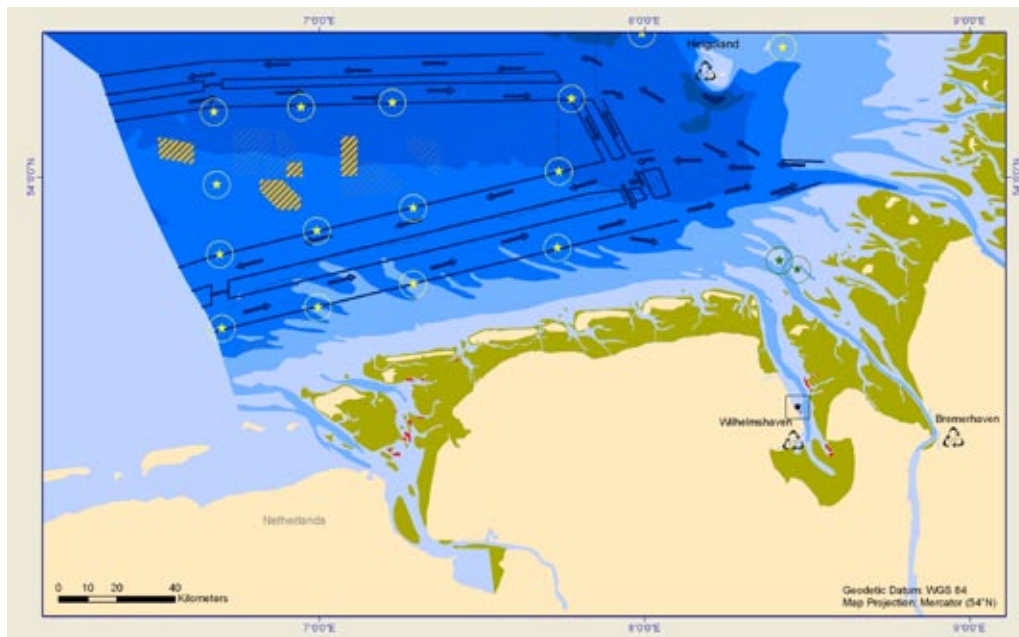


Abb. 4: Karten der deutschen Bucht mit den Testgebieten für marine Aquakulturen: (a) nördlich Niedersachsens und (b) westlich Schleswig-Holsteins (modifiziert nach Koch [2006]).

Um das Konzept der Kombination von Aquakultursystemen und Windenergieanlagen auf die Machbarkeit und ihr wirtschaftliches Potential zu überprüfen führt das AWI vernetzte Projekte zu biologischen und technischen Voraussetzungen sowie zu dem bei der Durchführung erforderlichen integrierten Küstenzonen Management (IKZM) durch (Tab. 1, Abb. 5).

Ob diese neue Wirtschaftsform von den Fischern als Alternative für die Aufgabe des zuvor genutzten Fanggebietes angenommen wird, soll in enger Zusammenarbeit mit den Beteiligten geprüft werden. Dieses stellt einen weiteren entscheidenden Schwerpunkt eines Projektes - Coastal Futures - dar (KANNEN [2004]).

Projekt	Förderer	Inhalt	Netzwerk
<i>Roter Sand</i> <sup>(1)</sup>	AWI	Offshore-Technologie und System-Design	
<i>Offshore-Aquakultur</i> <sup>(1)</sup>	Senator für Bau, Umwelt und Verkehr (SBUV) der Stadt Bremen, AWI	AQ-Potential von Muscheln und Algen	
<i>Coastal Futures</i> <sup>(2)</sup>	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), AWI	Integriertes Küstenzonenmanagement (IKZM)	
<i>MytiMoney</i> <sup>(2)</sup>	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), AWI	Wirtschaftlichkeit	
<i>MytiFit</i> <sup>(2)</sup>	Senator für Bau, Umwelt und Verkehr (SBUV) der Stadt Bremen, AWI	Fitness & Gesundheit von Offshore-Muscheln, Site-Selection-Criteria	
<i>AquaLast</i> <sup>(2)</sup>	Senator für Bau, Umwelt und Verkehr (SBUV) der Stadt Bremen, AWI	Lasten und Kräfte durch Aquakulturkonstruktionen auf Windenergieanlagen, Zertifizierung, Modifizierung	
<i>AquaInno</i> <sup>(3)</sup>	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWI), AWI	Entwicklung eines Nearshore Kultursystems mit Wasseraufbereitung (Pond-in-Pond)	

<sup>1</sup> abgeschlossen, <sup>2</sup> laufend, <sup>3</sup> Startphase, <sup>4</sup> Einordnung z. Zt. nicht möglich, <sup>5</sup> transdisziplinär zu allen Projektvorhaben.

Tab. 1: Liste der Projekte und bearbeitete Themenfelder

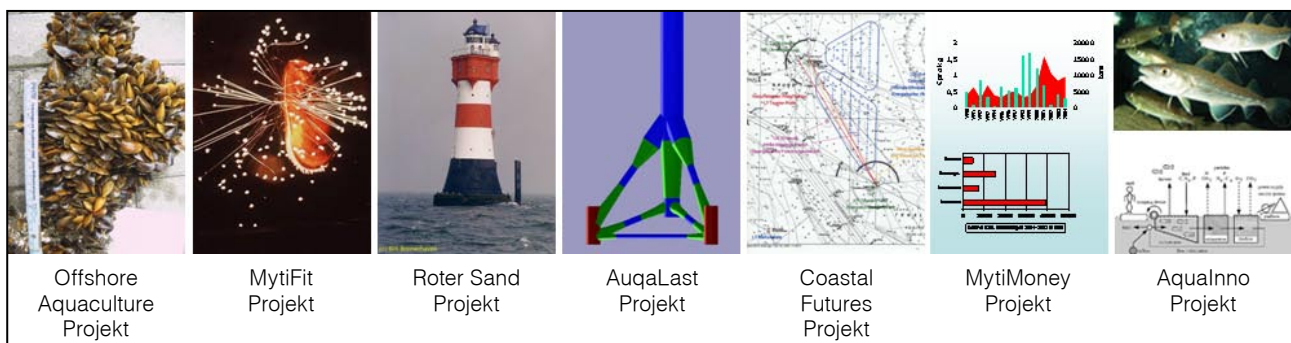


Abb. 5: AWI-Projekte zur Co-Nutzung von Offshore-Windparks für Marikulturen (modifiziert nach Fisch und Buck [2006], Buck et al. [2006])

Als Aquakulturkomponente für die potentielle multifunktionale Nutzung der Offshore-Windparks wurde eine extensive Muschel- und Seetangzucht (*Mytilus edulis* und *Laminaria saccharina*) auf ihre Eignung geprüft und mit folgenden Schwerpunkten untersucht:

1. Einfluss der biotischen und abiotischen Faktoren auf das Wachstum von heimischen Algen und Muscheln an exponierten Standorten:
  - a) Wirkung hydrodynamischer Effekte auf die Kulturorganismen,
  - b) Wachstumsparameter,
  - c) verschiedene Kulturtechniken,
  - d) Unversehrtheit,
  - e) Brutfall,
  - f) Parasitierungsgrad und Fitness sowie
  - g) Resonanz auf harsche Kulturbedingungen an verschiedenen Standorten.
2. Resistenz von Offshore-Techniken in Gebieten der deutschen Nordsee, die das Potential für marine Aquakultur aufweisen, sowie Kräfte, die auf Gründungsstrukturen einwirken.
3. Gesetzgebung im Sinne einer multifunktionalen Nutzung sowie Aufstellung einer Managementstrategie.
4. Sozioökonomische und rechtliche Konsequenzen von Offshore-Muschelzucht mit traditioneller Besatzmuschelfischerei sowie deren Interaktionen.

In den laufenden Projekten wird somit die extensive Zucht von Miesmuscheln und Zuckertang (*Mytilus edulis* und *Laminaria saccharina*) hinsichtlich der oben genannten Schwerpunkte untersucht.

Beide Arten kommen ganzjährig in der Nordsee vor, sie sind heimisch und gefährden daher nicht die Nordsee-Fauna und -Flora. Ein weiterer Vorteil dieser Organismen ist, dass sie nicht gefüttert werden müssen und so der Einsatz von umweltbelastenden zusätzlichen Nährstoffen und vor allem Antibiotika und Impfstoffen von vornherein ausgeschlossen ist. Algen entnehmen ihre Nährstoffe aus der Wassersäule. Sie werden somit oft zur Abwasserklärung z. B. in der Aquakultur (CHOPIN et al. [2001], NEORI et al. [2004]) und der Industrie (STIRK and STADEN [2000]) genutzt. Muscheln filtern Plankton und andere Schwebstoffe aus dem Wasser. Beide Kandidaten könnten der bei den regionalen Umweltbehörden durch intensive Fischzucht in Misskredit geratenen Marikultur eine neue Chance geben, indem durch die umweltfreundliche Erzeugung qualitativ hochwertiger Meeresprodukte eine größere Akzeptanz entgegengebracht wird. Grundsätzlich sollten keine nicht-heimischen Arten in Erwägung gezogen werden, da dringend von einer möglichen Gefahr der Floren- und Faunenverfälschung gewarnt werden muss. Dieses betrifft ebenso diejenigen Organismen, die nicht das ganze Jahr über in der Nordsee vorkommen. Auch für Folgeprojekte sollten nur Kandidaten vorgeschlagen werden, die nicht gefüttert, geimpft oder anderwärtig medizinisch behandelt werden müssen. Nur so kann der Einfluss auf das Ökosystem Wattenmeer und die angrenzende Nordsee dezimiert werden.

Die praktische Durchführung der Studien umfasst monatliche Probennahmen an verschiedenen Kultursystemen, an denen Miesmuscheln oder Zuckertang wachsen sowie Probennahmen in der Wassersäule. Die Proben werden bei Ausfahrten mit Forschungsschiffen (*Heincke*, *Uthörn*, *Mya*, *Aade*, *Diker*) und durch den Einsatz von Tauchern genommen.

Probennahme/Inhalt	Parameter
Biologie I: Miesmuscheln	Wachstum: Länge, Breite, Dicke, Gewicht
	Kultur: Ansiedlungserfolg, Abundanz von Miesmuschellarven in der Wassersäule
	Fitness: Konditionsindex, Fleischgehalt, Parasitierungsgrad (makro/mikro)
Biologie II: Zuckertang	Wachstum: Länge, Breite, Fläche
	Resistenz: Haftungskraft von Haptopheren, Bruchlast von Kauloiden
Biochemie	Nahrungsverfügbarkeit und -qualität durch Nährstoff-, Chlorophyll-, POC- und TON-Konzentrationen und C/N-Verhältnis
Ozeanographie	Strömungen, Wellen, Salinität, Temperatur, Licht
Technik	Langleinen, Offshore-Ringsysteme, Brutsammler, Lasten, Kollektoren
IKZM	Managementoptionen und -ansätze, Rechtssprechung

Tab. 2: Probennahmen und Parameter

An den Proben werden folgende Parameter untersucht: Morphologie (Länge, Breite, Dicke) und Gewicht von Muscheln und Algen, Konditionsindex, Fleischgehalt und Parasitierungsgrad von Miesmuscheln, die Abundanz von Miesmuschellarven in der Wassersäule und der Ansiedlungserfolg der Post-Larven an unterschiedlichen Kollektoren, die Haftungskraft von Haptopheren, die Bruchlast von Kauloiden und die Widerstandskraft des gesamten Thallus von *L. saccharina* gegenüber physikalischen Kräften. Zusätzlich werden biochemische Parameter (Nährstoff-, Chlorophyll-, POC- und TON-Konzentrationen sowie POC/TON Verhältnisse in der Wassersäule) bestimmt, um die Nahrungsverfügbarkeit und -qualität für Muscheln und die Nährstoffzusammensetzung für das Algenwachstum zu ermitteln (s. Tab.2).

### Die Kandidaten und Ihre Einsatzmöglichkeiten in der Aquakultur

Die Konzentration von Miesmuschellarven verringert sich bei zunehmender Entfernung von der Küste und sorgt daher für einen geringen Ansiedlungserfolg im Offshore-Bereich (BUCK [2004], WALTER et al. [2007]). Dieses kann an den zahlreich im Offshore-Bereich verankerten Brutsammlern festgestellt werden. Das Wachstum wiederum erfolgt sehr schnell, was u. a. daran liegt, dass weniger Konkurrenz um Raum und Nahrung an den Brutsammlern stattfand (BUCK [2007b]). Bei den Parasitierungsuntersuchungen zeigt sich des Weiteren, dass Muscheln an Brutsammlern im Offshore-Bereich nicht von Makroparasiten befallen und somit gesünder als ihre Artgenossen an küstennahen Standorten sind (BUCK et al. [2005]) (Abb. 6). Die Untersuchungsergebnisse der Mikroparasiten stehen noch aus.

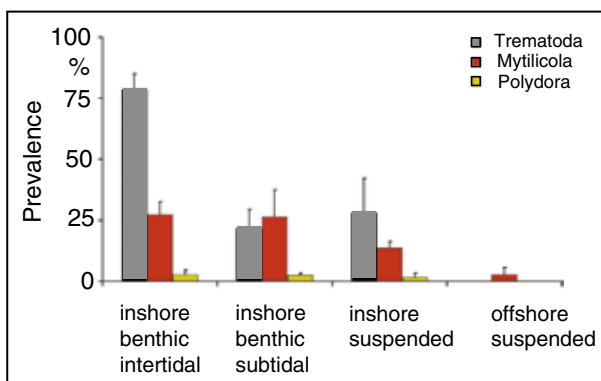


Abb. 6: Parasitierungsgrad von Miesmuscheln in unterschiedlichen Habitaten (BUCK et al. [2005])

*Laminaria saccharina* zeigte unterschiedlichen Längenzuwachs an untergetauchten Systemen im Offshore-Bereich (BUCK and BUCHHOLZ [2004]). Belastungs- und Zugkraftuntersuchungen an Haftkrallen, Kauloiden und Thalli ergaben, dass diese Algen den in exponierten Habitaten der Nordsee herrschenden Kräften gut widerstehen (BUCK and BUCHHOLZ [2005]), wenn sie früh als Jungalge ins Meer gebracht werden. Positiv zeigte sich auch der Nährstoffgehalt in diesen Gebieten.

### Design der Kultursysteme und technische Machbarkeit

Neben den Parametern, die direkt den zu kultivierenden Organismus betreffen, wurden auch technische Untersuchungen an unterschiedlichen Orten (küstennah und küstenfern) durchgeführt, um ein geeignetes Design für die Kultur von Muscheln und Algen zu finden. So wurden eine horizontal verspannte Langleine (Abb. 7) und ein freischwimmender Offshore-Ring (Abb. 8) in zwei Zuständen, schwimmend und untergetaucht, getestet. Eine weitere Langleine und die daran hängenden Kollektoren wurden mit Unterwasser-Zuglastsensoren ausgestattet (Abb. 9), um Rückschlüsse auf die zu erwartenden Kräfte von voll besiedelten und erntereifen Muschelkollektoren auf die Gründungsstrukturen der Windenergieanlagen zu testen (BUCK et al. [2006]). Im Hinblick auf eine mögliche Verknüpfung mit Marikulturinstallationen dienen die Ergebnisse aus dieser Studie der weiteren Entwicklung von Gründungsstrukturen, auf denen später die Windenergieanlagen gebaut werden. Mögliche Anknüpfungspunkte von Aquakulturkanstrukturen an den Pylonen bzw. Tripods der Offshore-Windmühlen werden modelliert und die nötigen Materialdicken berechnet (Abb. 10 a-b). Ferner wird ein drittes System, der Offshore-Brutsammler, getestet. Dieser sollte Aussagen über den Ansiedlungserfolg von Muschellarven im Offshore-Bereich zulassen. Zusätzlich werden verschiedene Kollektoren (Hartsubstrate) getestet, die den rauen Bedingungen standhalten und gleichzeitig ein ausreichend gutes Substrat zur Ansiedlung der Larven zu bieten (Abb. 11 a-c).

Der Erfolg der drei Offshore-Kultursysteme gestaltet sich unterschiedlich. Der Brutsammler und der Offshore-Ring konnten den Offshore-Kräften standhalten. Die Langleine hingegen wies einige Nachteile auf, die sich insbesondere auf die Materialeigenschaften, das Design und das Verfahren selbst bezogen. Die Kräftermessungen an der untergetauchten Langleine sind noch nicht abgeschlossen.

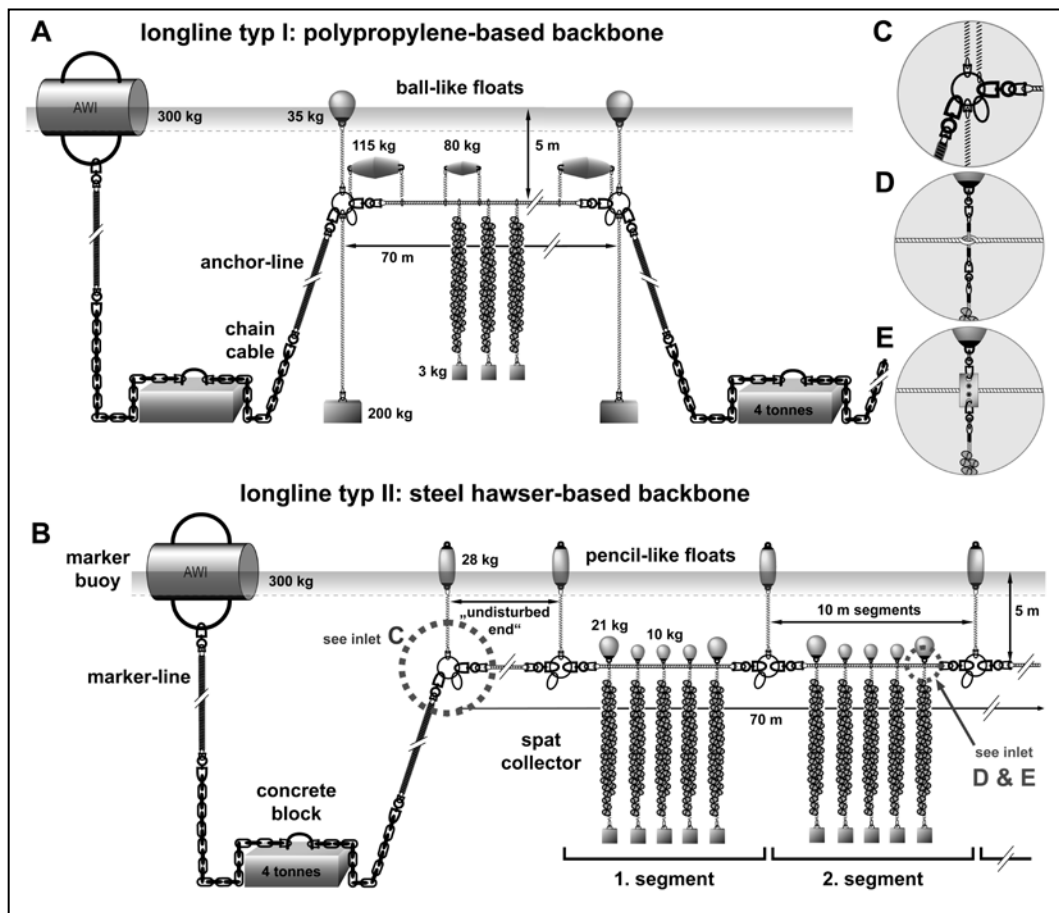


Abb. 7: Technik zur Kultivierung von Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) und Zuckertang (*Laminaria saccharina*): untergetauchte Langleine aus unterschiedlichen Materialien wie (a) Leinenmaterial aus Polypropylen, (b) Leinenmaterial aus Stahl sowie segmentierte Bauweise, (c) Kupplungsstück, (d) eingespleisste Bojen-Kollektoren-Verbindung und (e) Bojen-Kollektoren-Verbindung über angeschraubte Plattenelemente (Buck [2007b])



Abb. 8: Offshore-Ring-Konstruktion zur Zucht von Zuckertang (*Laminaria saccharina*) und anderen Makroorganismen (Buck and Buchholz [2004], Foto: C. M. Buchholz)

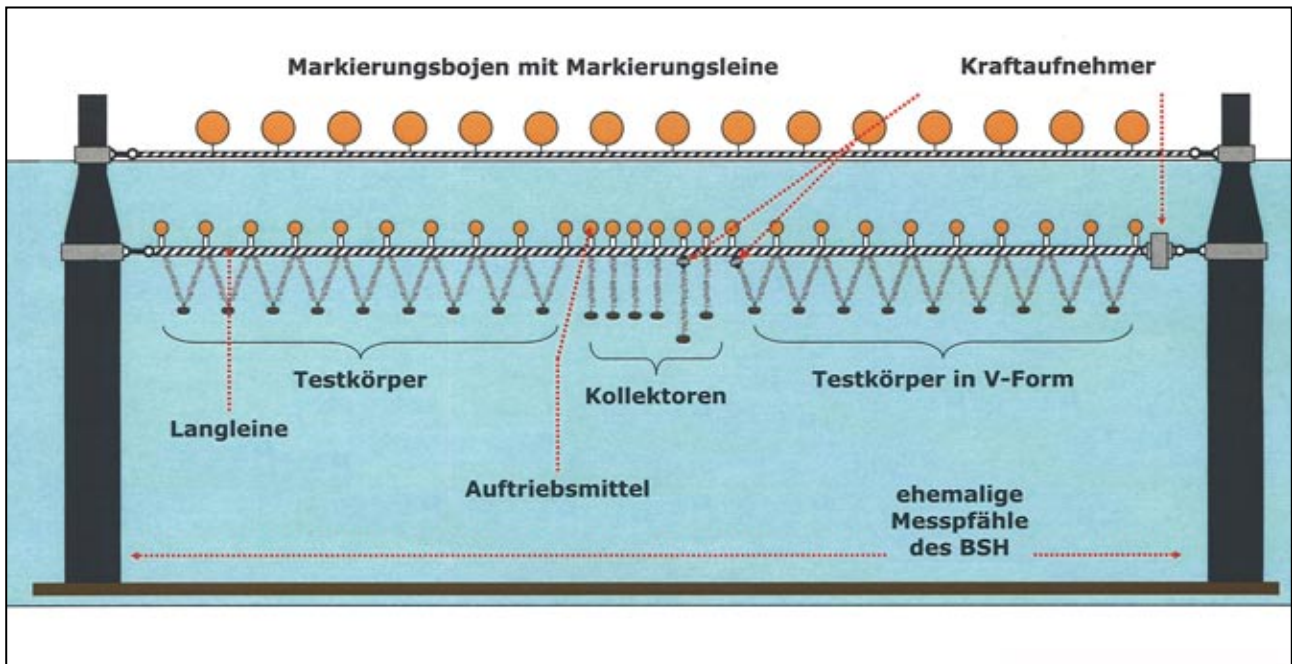


Abb. 9: Untergetauchte Langleine mit Lastsensoren zur Messung der Kräfte, die aus Wellen und Strömung resultieren (BUCK et al. [2006])

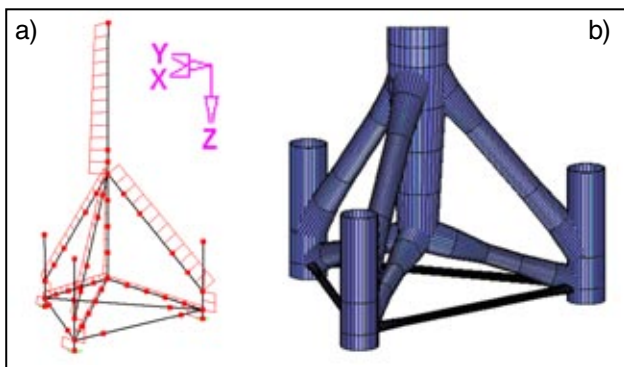


Abb. 10: Konstruktion eines statischen Modells eines Tripods (Windenergieanlage) mit möglichen Aufhängungspunkten einer Langleine (BUCK et al. [2006]) und ASSHEUER [2007] (TKB)

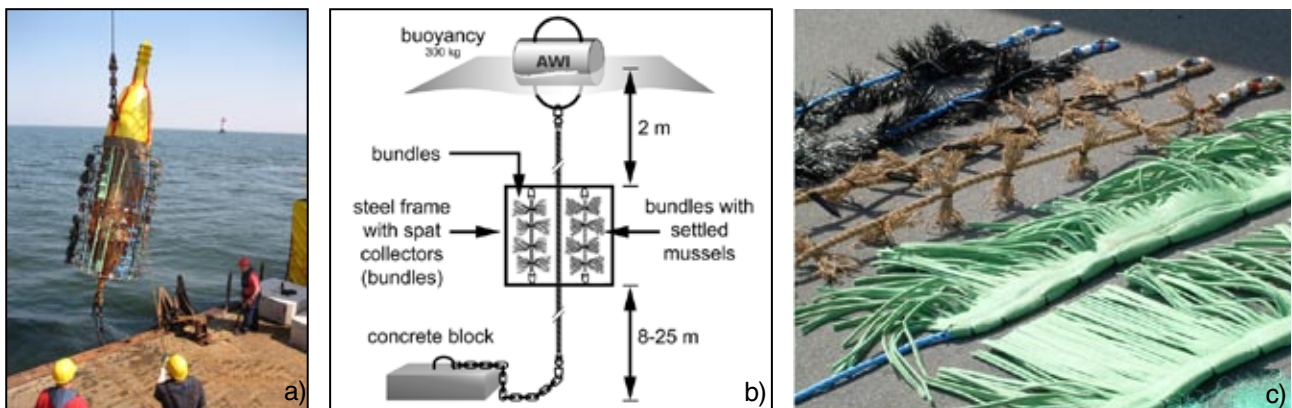


Abb. 11: Weitere Techniken und Konstruktionsdesign für Offshore-Kultivierungen von Miesmuscheln (*Mytilus edulis*):  
 a) Offshore-Verankerung zum Test unterschiedlicher Brutsammler (BRENNER et al. [2006]),  
 b) Offshore-Brutkolektor zur Ansiedlung von Miesmuschellarven (WALTER et al. [2007]) und  
 c) Kollektoren aus unterschiedlichen Materialien für den Offshore-Test (Foto: D. Voss, AWI)



### **IKZM: Akzeptanz und Co-Management**

Um mögliche Folgen der momentan geltenden Rechtsprechung sowie die Interaktion mit anderen Nutzern abschätzen zu können, werden zudem Studien zum Integrierten Küstenzonen Management (IKZM) durchgeführt.

Die bisherige Gesetzgebung ist im Bereich der deutschen AWZ nicht direkt auf die Aquakultur anwendbar (BUCK et al. [2003]) und stellt ein Schlüsselproblem für die Umsetzung einer multifunktionalen Nutzung dar. Bei grundsätzlicher Beteiligung aller potentiellen Nutzer der AWZ bietet sich jedoch genügend Spielraum, um dieses Defizit in der Rechtsprechung zu entkräften und ein Offshore-Co-Management aufzubauen (BUCK et al. [2004]).

Ob Offshore-Marikulturaktivitäten gewinnbringend sein können, kann hier nicht ausführlich beantwortet werden, da zunächst der Bau der Offshore-Windparks abgewartet werden muss. Die Vorstudie einer Firma für Unternehmensberatung zeigt jedoch auch hier ein wirtschaftliches Potential. Ein weiterer Folgeschritt ist die Prüfung, ob die Bereitstellung von größeren Mengen an marinen Nahrungsmitteln aus der Nordsee den vorhandenen Bedarf und die wachsenden Nachfrage decken kann. Für die Zucht von Miesmuscheln scheint neben einer großen Anzahl von Parametern nur die Besiedlungsdichte und der momentane Marktpreis die Kalkulation des Break-Evens zu bestimmen.

### **Zukunft der Offshore Aquakultur in Deutschland**

Bevor private Investoren für den Bau und Betrieb einer Anlage gesucht werden, müssen neben den biologischen, technischen und wirtschaftlichen auch die sozialen Bedingungen geklärt werden. Dafür sollen weit reichende Voruntersuchungen nicht nur auf biologische und technische Aspekte beschränkt bleiben, sondern auch die lokalen Akteure und Interessensgruppen in ein solches Projektvorhaben aktiv mit einbezogen werden. Es sollen Partnerschaften zwischen den ansässigen Fischern, den Käfig- und Netzherstellern, den Aquakulturbauern, den Wissenschaftlern, den Ingenieuren und anderen Interessensgruppen aufgebaut werden. Dieses garantiert, dass sich Offshore-Technologien von Windenergie- und Aquakulturanlagen nicht unabhängig voneinander entwickeln. Ferner sollen in regelmäßigen Abständen

den Treffen und Workshops durchgeführt werden, um den aktuellen Wissensstand und die Erfahrungen auszutauschen. Eine aktive Partizipation der beteiligten Akteure schon in der Planungsphase garantiert eine langfristige Perspektive für eine kommerzielle und wissenschaftliche Nutzung. Gleichzeitig wird so schon im Vorfeld Konfliktpotential reduziert: z. B. zwischen Fischergruppen und Aquakulturbetreibern.

### **Ausblick**

Die abgeschlossenen und laufenden Untersuchungen zur Aquakultur im Offshore-Bereich der Nordsee als Integration in Windparks zeigen das große Potential dieser neuen Branche. Probleme, angeführt durch die momentanen rechtlichen Rahmenbedingungen und die technische Realisierung, können in naher Zukunft gelöst werden. Im diesem Jahr ist mit dem Offshore-Windpark „North Hoyle“ an der Küste von Wales (UK) ein erster Versuch für eine Pilotfarm geplant. Erste Kontakte bestehen bereits und es ist ein gemeinsamer Entwurf für eine Förderung seitens der EU formuliert worden.

### **Literatur**

- ASSHEUER, J., 2007: Statische Modelle eines Tripods für Offshore-Windenergieanlagen und mögliche Lastfälle. Technologiekontor Bremerhaven (TKB), F & E Gesellschaft für die Nutzung regenerativer Energien mbH.
- BEVERIDGE, M., 2004: Cage Aquaculture. Oxford: Blackwell Publishing, 376 pp.
- BRENNER, M., BUCK, B.H. and A. KOEHLER, 2006: New concept combines offshore wind farms, mussel cultivation. *Global Aquaculture Advocate*, 10, 1, 79-81.
- BUCK, B.H., 2002: Open Ocean Aquaculture und Offshore-Windparks: Eine Machbarkeitsstudie über die multifunktionale Nutzung von Offshore-Windparks und Offshore-Marikultur im Raum Nordsee (Open Ocean Aquaculture and Offshore Wind farms: A feasibility study on the multifunctional use of offshore wind farms and open ocean aquaculture in the North Sea). *Reports on Polar and Marine Research*, 412, 252 pp. Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven.

- BUCK, B.H., 2004: Farming in a High Energy Environment: Potentials and Constraints of Sustainable Offshore Aquaculture in the German Bight (North Sea). Dissertation, University of Bremen, 258 pp.
- BUCK, B.H., 2007a: Muschel- und Algenzucht in Offshore-Windparks: Potentiale für eine nachhaltige Produktion aquatischer Lebensmittel? *Arbeiten des Deutschen Fischereiverbandes* (im Druck).
- BUCK, B.H., 2007b: Experimental trials on the feasibility of offshore seed production of the mussel *Mytilus edulis* in the German Bight: Installation, technical requirements and environmental conditions. *Helgoland Marine Research*, DOI:10.1007/s10152-006-0056-1.
- BUCK, B.H., KRAUSE, G., ROSENTHAL, H. and V. SMETACEK, 2003: Aquaculture and Environmental Regulations: The German Situation within the North Sea. In: Kirchner, A. (Ed.). *International Marine Environmental Law: Institutions, Implementation and Innovation*. International Environmental. Kluwer: The Hague, *Law and Policies Series of Kluwer Law International*, 64, 211-229 pp.
- BUCK, B.H. and C.M. BUCHHOLZ, 2004: The Offshore-Ring: A new system design for the open ocean aquaculture of macroalgae. *Journal of Applied Phycology*, 16, 5, 355-368.
- BUCK, B.H., KRAUSE, G. and H. ROSENTHAL, 2004: Multifunctional Use, Environmental Regulations and the Prospect of Offshore Co-Management: Potential for and Constraints to Extensive Open Ocean Aquaculture Development within Wind Farms in Germany. *Ocean & Coastal Management*, 47, 95-122.
- BUCK, B.H. and C.M. BUCHHOLZ, 2005: Response of offshore cultivated *Laminaria saccharina* to hydrodynamic forcing in the North Sea. *Aquaculture*, 250, 3/4, 674-691.
- BUCK, B.H., THIELTGES, D.W., WALTER, U., NEHLS, G. and H. ROSENTHAL, 2005: Inshore-offshore comparison of parasite infestation in *Mytilus edulis*: Implications for open ocean aquaculture. *Journal of applied ichthyology*, 21, 2, 107-113.
- BUCK, B.H., BERG-POLLACK, A., ASSHEUER, J., ZIELINSKI, O. and D. KASSEN, 2006: Technical Realization of Extensive Aquaculture Constructions in Offshore Wind Farms: Consideration of the Mechanical Loads, Proceedings of the 25th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, OMAE 2006 : presented at the 25th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, 4-9 June 2006, Hamburg, Germany / sponsored by Ocean, Offshore, and Arctic Engineering, ASME. New York: American Society of Mechanical Engineers, 1-7 pp.
- CHOPIN T, BUSCHMANN, A.H., HALLING, C., TROELL, M., KAUTSKY, N., NEORI, A., KRAEMER, G.P., ZERTUCHE-GONZÁLEZ, J.A., YARISH, C. and C. NEEFUS, 2001: Integrating Seaweeds into Marine Aquaculture Systems: A Key Toward Sustainability. *Journal of Phycology*, 37, 975-986.
- FAO, 2006: Fishery Information, Data and Statistics Unit. Aquaculture production: values 1984-2004. FISHSTAT Plus - Universal software for fishery statistical time series. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FISCH, R. und B.H. BUCK, 2006: Neues Aquakultursystem für das Meer made in Germany. *Fischerblatt*, 12, 13-16.
- GACE, L., 2006: The evolution of integrated off shore aquaculture platforms. Australian Aquaculture Conference 2006, Adelaide (Australia). August 27-30, Adelaide Convention Centre, Adelaide, 1 pp.
- HICKMAN, R.W., 1992: Mussel Cultivation. In: Gosling, E. (ed.). *The mussel Mytilus: Ecology, Physiology, Genetics and Culture*. *Development in Aquaculture and Fisheries Science*, No. 25. Amsterdam: Elsevier, 465-510 pp.
- KANNEN, A., 2004: Holistic Systems Analysis for ICZM: The Coastal Futures Approach. *Coastline Reports*, 1, 177-181.
- KOCH, A., 2006: Marine Aquakulturen im Nordseeraum: Status, Probleme und Potentiale unter besonderer Berücksichtigung der Deutschen Bucht. Diplomarbeit, Universität Hannover, Institut für Physikalische Geographie und Landschaftsökologie, AWI, BSH. 120 pp.
- NAYLOR, R.L., GOLDBURG, R.J., PRIMAVERA, J.H., KAUTSKY, N., BEVERIDGE, M.C.M., CLAY, J., FOLKE, C., LUBCHENCO, J., MOONEY, H., and M.TROELL, 2000: Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405, 1017-1024.
- NEORI, A., CHOPIN, T., TROELL, M., BUSCHMANN, A.H., KRAEMER, G.P., HALLING, C., SHPIGEL, M., and C. YARISH, 2004: Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, 231, 361-391.
- PAULY, D., CHRISTENSEN, V., GUÉNETTE, S., PITCHER, T.J., SUMAILA, R.U., WALTERS, C.J., WATSON, R., and D. ZELLER, 2002: Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, 418, 689-695.
- ROTH, E., ACKEFORS, H., ASCHE, F., BALNATH, C., and E. BLACK et al., 2002: An intellectual injustice to aquaculture development: a response to the review article on „Effect of aquaculture on world fish supplies“, Report of the ICES Working Group on Environmental Interactions of Mariculture, F:04 REF ACME, Annex 4 (Stellungnahme zu dem Artikel von Naylor et al. 2000), 83-89.

- RYAN, J., 2005: Offshore Aquaculture - Do we need it, and why is it taking so long? International Salmon Farmers Association (Ireland). Expert workshop on "Sustainable Aquaculture", DG JRC European Commission, Institute for Prospective Technological Studies, 17th-18th January 2005, Seville (Spain).
- STIRK, W.A. and J. VAN STADEN, 2000: Removal of Heavy Metals from Solution Using Dried Brown Seaweed Material. *Bot. mar.*, 43, 5, 467-473.
- WALTER, U., BUCK, B.H. and G. LIEBEZEIT, 2007: Larval occurrence and settlement in the German Bight: A trial to estimate potentials for *Mytilus edulis* culture in offshore areas. *Aquaculture international*, (in review).
- WARD, L.G., GRIZZLE, R.E., BUB, F.L., LANGAN, R., SCHNAITTACHER, G., and J. DIJKSTRA, 2001: New Hampshire Open Ocean Aquaculture Demonstration Project. Site Description and Environmental Monitoring Report on Activities from Fall 1997 to Winter 2000. University of New Hampshire, Jackson Estuarine Laboratory, Durham, New Hampshire.
- WIRTZ, K.W., TOL, R.S.J. und K.G. HOOSS, 2003: Mythos "Offene See": Nutzungskonflikte im Meeresraum. In: Lozan, L. et al. (eds.): Warnsignale aus Nordsee und Wattenmeer. Eine aktuelle Umweltbilanz. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, 157-160.

*Anschrift des Verfassers:*

*Dr. Bela Hieronymus Buck  
Stiftung Alfred-Wegener-Institut für  
Polar- und Meeresforschung  
in der Helmholtz-Gemeinschaft (AWI)  
Am Handelshafen 12  
27570 Bremerhaven*

