

## WEISSBUCH\*

### Nachhaltige Marikultur

(„WHITE PAPER – Sustainable Mariculture“)

Das Wort *Aquakultur* kommt von

*aqua* - Wasser

und

*colere* - pflegen, ehren, bebauen

#### **1. Ist-Situation:**

Die Bestände vieler wichtiger Nahrungsfische sind überfischt. In der jüngsten [SOFIA-Studie \(The State of World Fisheries and Aquaculture 2008\)](#) der FAO heißt es dazu:

„2007 waren 28% der Fischbestände entweder übergenutzt (19%), aufgebraucht (8%) oder erholt sich von einer Erschöpfung der Reserven (1%) und erbringt damit eine Ausbeute, die infolge des übermäßigen Fischereidrucks unter ihrem maximalen Ertragspotential liegt. Weitere 52% der Bestände sind vollständig genutzt und ergeben daher Fangerträge, die an die bzw. nahe der maximalen nachhaltigen Grenzen ohne weiteren Spielraum liegen...

Insgesamt sind 80% der Weltfischbestände, für die eine Bestandsschätzung vorliegt, vollständig genutzt oder übergenutzt und benötigen daher ein effektives und vorbeugendes Management.

...das maximale Fischereipotential der Weltozeane ist wahrscheinlich erreicht worden...“

---

\* Ein Weißbuch ist eine Sammlung mit Vorschlägen zum Vorgehen in einem bestimmten Bereich.

Ausdruck der Überfischung sind die nicht unerheblich gesunkenen Erträge aus dem Meer. Sie sind von 84,5 Mio. t in 2005 auf 81,9 Mio. t in 2006, also um 3,1 % zurückgegangen und waren so niedrig wie seit 1998 nicht mehr (Tab. 1). Weil der Bedarf an Meeresfisch gestiegen ist (nicht zuletzt wegen der gestiegenen Anzahl an Erdbewohnern), wurde er folgerichtig aus einer anderen Quelle befriedigt - aus der Marikultur. Im Gegensatz zur Fischerei verzeichnet die Marikultur einen kontinuierlichen Produktionszuwachs (Tab. 1). Die Aquakultur ist nach wie vor eine Wachstumsbranche. Sie weist stärkere Wachstumsraten auf, als alle anderen tierischen Sektoren der Lebensmittelproduktion.

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<b>SÜSSWASSER</b>									
Fischerei	8,1	8,5	8,7	8,7	8,7	9	8,9	9,7	10,1
Aquakultur	18,5	20,2	21,3	22,5	23,9	25,2	27,8	29,6	31,6
<b>Gesamt Süß</b>	<b>26,6</b>	<b>28,7</b>	<b>30</b>	<b>31,2</b>	<b>32,6</b>	<b>34,2</b>	<b>36,7</b>	<b>39,3</b>	<b>41,7</b>
<b>MARIN</b>									
Fischerei	79,6	85,2	86,8	84,2	84,5	81,3	85,7	84,5	81,9
Aquakultur	12	13,3	14,2	15,2	15,9	16,7	18,1	18,9	20,1
<b>Gesamt Marin</b>	<b>91,6</b>	<b>98,5</b>	<b>101</b>	<b>99,4</b>	<b>100,4</b>	<b>98</b>	<b>103,8</b>	<b>103,4</b>	<b>102</b>
<b>Gesamt Fischerei</b>	<b>87,7</b>	<b>93,8</b>	<b>95,5</b>	<b>92,9</b>	<b>93,2</b>	<b>90,3</b>	<b>94,6</b>	<b>94,2</b>	<b>92</b>
<b>Gesamt Aquakultur</b>	<b>30,6</b>	<b>33,4</b>	<b>35,5</b>	<b>37,8</b>	<b>39,8</b>	<b>41,9</b>	<b>45,9</b>	<b>48,5</b>	<b>51,7</b>
<b>Summe Fischerei und Aquakultur</b>	<b>118,2</b>	<b>127,2</b>	<b>131</b>	<b>130,7</b>	<b>133</b>	<b>132,2</b>	<b>140,5</b>	<b>142,7</b>	<b>143,6</b>
<b>VERBRAUCH</b>									
Menschliche	93,6	95,4	96,8	99,5	100,7	103	104,5	107,1	110,4
Nicht-Nahrung	24,6	31,8	34,2	31,1	32,2	29,2	26	35,6	33,3
Bevölkerung	5,9	6	6,1	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6
Pro-Kopf-Ver	15,8	15,9	15,9	16,2	16,2	16,3	16,2	16,4	16,7

Tabelle 1: Fischerei und Aquakultur-Erträge ohne Algen sowie Situation der Versorgung mit Fisch in den Jahren 1999-2003 (in Mio. t, FAO 2008).

Weltweit sank die Zahl der zwischen 2001 und 2006 in der Fischerei beschäftigten Menschen um 12,1%. Andererseits rührt der Gesamtanstieg der in der Fischerei und Aquakultur Beschäftigten von der Entwicklung in der Aquakultur. 2006 gab es fast neun Millionen Fischfarmer/Aquakultreure, 94% von ihnen in Asien. Einer Berechnung der FAO zufolge (FAO 2008) folgen aus einer im primären Sektor beschäftigten Person vier weitere im sekundären Sektor (Fisch- und Meeresfrüchteverarbeitung, Marketing und andere direkte Dienstleistungen). Aus dieser

Berechnung kann man abschätzen, daß 170 Millionen Menschen im Sektor der Aquakultur beschäftigt sind und 520 Millionen von der Aquakultur abhängige Erwerbstätige; das sind fast 8% der Weltbevölkerung.

## **2. Herausforderung:**

Doch die Marikultur hat ein grundlegendes Problem: wie jeder produzierende Wirtschaftszweig, der mit einer Industrie konkurriert, die auf das Abschöpfen natürlicher Quellen ausgerichtet ist, ist sie im Preis-Nachteil. Eine ähnliche Situation verzeichnen wir in der Energiewirtschaft: solange die Öl- und Gasvorkommen ausreichend groß sind, die Ausbeutung technisch und politisch reibungsarm verläuft und indirekte Kosten - insbesondere diejenigen, die mit einem Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre einhergehen - nicht in den Preis der Ware einfließt, bleibt die Verwendung fossiler Brennstoffe konkurrenzlos günstig.

Die Fischindustrie hat in den letzten Jahrzehnten viel investiert in den Aufbau einer grandiosen Infrastruktur und sehr gut verdient. Die Kosten für die Folgen einer Überfischung hinterläßt sie der Allgemeinheit. Sie bezahlt weder die Einbußen, die „kleine Fischerslüt“ aufgrund der Überfischung durch hochtechnisierte Fangtechniken großer Flotten haben, noch beteiligt sie sich in angemessener Weise monetär an anderen sozioökonomischen Folgen, die aufgrund ihrer unreflektierten Ausbeutung mariner Ressourcen entstehen. So hat die EU in einem Sonderprogramm (Finanzinstrument für die Ausrichtung der Fischerei - FIAF) für den Zeitraum von 2000 bis 2006 195 Mrd. Euro für die Umstrukturierung der Fischerei bereitgestellt. Aufgabe des FIAF ist es, zum Erreichen eines Gleichgewichts zwischen den Ressourcen des Fischereisektors und ihrer Nutzung beizutragen. Ein großer Teil dieses Geldes wird für die Beseitigung der Folgen von Überfischung ausgegeben.

Wie kann die Marikultur trotz dieser ungleichen Kräfteverteilung dann so erfolgreich sein? - Ganz einfach: sie kämpft mit gleichen Bandagen. Auch die Marikultur rechnet die Schäden, die sie anrichtet, nicht konsequent in den Warenpreis ein. Häufig ist die Aquakultur, insbesondere die Produktion von Fischen - mit inakzeptablen Folgen für die Umwelt verbunden, die fast alle auf den übermäßigen Eintrag an organischem Material in das Wasser und den Meeresboden zurückzuführen sind, z.B. die Erhöhung von Stickstoff- und Phosphor- und eine Verringerung der Sauerstoffkonzentration. Diese Eingriffe in den Stoffkreislauf haben direkte Auswirkungen auf die

Gesundheit und damit die Qualität der Fische zur Folge: ein Anstieg der Bakteriendichte und Streß aufgrund der ungünstigen Umweltbedingungen führen gehäuft zu Krankheiten, die zu einem intensiveren Einsatz von Antibiotika führen. Viele dieser Antibiotika sind persistent und können das Gleichgewicht der natürlichen Mikroflora stören, wenn sie in die Umwelt gelangen. Weitere Folgen ergeben sich aus dem Entkommen von Zuchtfischen, die in einigen Regionen die natürlichen Bestände vollständig ersetzt haben, und aus dem Eintrag von Betriebsstoffen (Benzin, Antifouling-Stoffe etc.). Auch bei der Herkunft des Fischfutters ist oftmals Zweifel an der Effizienz und Sinnhaftigkeit angebracht, denn in vielen Lachszuchtanlagen werden für ein Kilogramm Lachs doppelt bis dreimal so viele Sardinen oder Sardellen (als Futterpellets verarbeitet) benötigt. Bezogen auf die Energieeffizienz ist der Konversionsfaktor sogar noch um ein Vielfaches höher, weil man zu den Energieverlusten, die mit der Umwandlung der Futterfisch- in Zuchtfisch-Biomasse einhergeht, die Energie hinzuzählen muß, die für den „Futterfisch“-Fang und die -verarbeitung eingesetzt wird.

Das hört sich alles nicht danach an, daß Marikultur eine wirklich nachhaltige Alternative zur Fischerei wäre. Global gesehen ist sie das in der Praxis auch (noch) nicht. Dennoch ist es wesentlich einfacher, einen räumlich eng begrenzten „Meeresacker“ vernünftig zu bewirtschaften, ohne die Umwelt über ihre Kapazitäten hinaus zu belasten, als Populationen des riesigen Ökosystems „Ozean“ so abzuernten, daß ihm (und damit langfristig auch den Menschen) keine Schäden entstehen.

### **3. Lösungen und aktuelle Entwicklungen:**

Es gibt bezüglich einer nachhaltigen Aquakultur gute Entwicklungen: Die Vorreiter der industriellen Zucht und Verarbeitung von Lachsen und Forellen, Norwegen, Kanada und Chile, haben mittlerweile einen hohen Standard der Umwelt- und Qualitätskontrolle etabliert. In diese Kontrolle sind fischereibiologische, hygienische und meeresökologische Erkenntnisse eingeflossen. Beispielsweise ist in Norwegen eine maximale Fischdichte in Netzkäfigen festgesetzt worden, nachdem festgestellt wurde, daß in großen Dichten die Krankheitsanfälligkeit schlagartig zunahm. In vielen Fällen sind dadurch sogar die Produktionskosten gesunken, weil viel weniger Antibiotika und andere Medikamente benötigt werden. In jedem Falle aber ist das Risiko von Ernteaufällen gesunken. Auch die Zulassung neuer Marikultur-Anlagen oder das Umweltmonitoring von

bestehenden ist wesentlich strenger geworden. In Chile gibt es seit Januar 2004 ein Regelwerk, das in differenzierter Betrachtung der wirtschaftlichen Ausrichtung einer Aquakulturanlage (z.B. unter Berücksichtigung der Produktionskapazität oder der kultivierten Arten) und unter Abwägung der unterschiedlichen Teil-Lebensräume der chilenischen Küste genau festsetzt, welche hydrografischen und chemischen Parameter wo und wie häufig mit welchen Methoden die Beschaffenheit von Meeresboden und Wasser gemessen werden müssen. Indes war die Aquakultur-Lobby, die in Chile sehr einflußreich ist, sehr agil und erfindungsreich bei der Beeinflussung von Grenzwerten für diese Richtlinie. Das hat dem Werk als Ganzes jedoch eine vernünftige Ausrichtung nicht genommen, was sich unter anderem daran ablesen läßt, daß die Aquakultur-Betreiber hohe Geldstrafen in Kauf nehmen müssen, sollten sie zwei Jahre hintereinander Grenzwerte von Schlüsselparametern überschreiten.

Aber nicht nur künstlich geschaffene Regelwerke, sondern auch die Kräfte einer (wirtschaftlichen) Selbstregulierung trugen in der jüngsten Vergangenheit zu einem vernünftigerem Umgang mit den Meeresressourcen bei. Die Lieferungen von Zuchtfisch aus verschiedenen Meeresregionen in die Händlerzentren waren teilweise von so schlechter Qualität (z.B. hohe Antibiotika-Konzentrationen im Fleisch), daß selbst manipulierte Qualitäts- oder Analyse-Zertifikate eine Aufdeckung dieses Sachverhalts und seiner Ursachen nur kurz verzögern konnten. Obwohl nur Einzelfälle registriert wurden, offenbarten diese Vorkommnisse die Schwierigkeiten, mit denen eine industrielle Aquakultur zu kämpfen hat. Ein weiteres Beispiel für eine wirtschaftliche Selbstregulierung ist ein rigideres Management der Fischzuchtanlagen, insbesondere durch einen gezielteren Einsatz von Futtermittel. In weiter entwickelten Aquakulturregionen, wie in Kanada, Chile und Norwegen, ist eine genaue Dokumentation der eingesetzten Menge und Art von Fischfutter und der Einsatz neuer Technologien, z.B. von sich selbst steuernden Fütterungsmaschinen, mittlerweile Standard. Mit dieser aufwendigen Praxis werden mehr Kosten eingespart als sie Investitionen erfordert, denn die Folgen einer Überdüngung des Wassers und des Meeresbodens sind sauerstoffarme und für die Fische häufig sogar toxische Zustände. Fischzüchter berichten, daß aufgrund von gelöstem oder Blasen bildendem Schwefelwasserstoff vom Meeresboden viele Fische direkt getötet worden sind. Eine übermäßige Schwefelwasserstoffbildung ist eine typische Reaktion überdüngten Meeresbodens, dessen Mikroflora das im Meerwasser reichlich vorhandene Sulfat (statt Sauerstoff) zum „Atmen“ verwendet, und es chemisch zum Zellgift Schwefelwasserstoff umwandelt. Die Schwefelwasserstoff-Bildung ist ein natürlicher Prozeß und findet in allen Meeresböden mehr oder weniger stark statt, jedoch in tieferen Schichten des Meeresbodens und

üblicherweise nicht in solch imposanten Raten.

Ein besseres Management senkt also sowohl unmittelbar die Kosten, weil weniger Fischfutter gekauft werden muß und mittelbar, indem das Risiko von Produktionsausfällen gesenkt wird.

Was bleibt also noch zu tun, um zu einer nachhaltigeren Marikultur zu gelangen?

Über ein besseres Management vorhandener industrieller Fischzucht hinaus gibt es noch mehr Ansatzpunkte, die Marikultur nachhaltiger und wertschöpfender zu gestalten, z.B. die Diversifizierung von Kulturorganismen (warum nicht Seegurken züchten?), eine innovativere Produktentwicklung (z.B. Enzyme für die gezielte Herstellung von Kollagenetzwerken zum Ersatz von Augen-Glaskörpern aus Seegurken) und breit gefächerte Einsatz- bzw. Marktbereiche (Einsatz der gleichen Enzyme aus Seegurken für die Herstellung neuer Textilien). Der Gedanke, die Marikultur könnte mehr als Nahrungsmittel und mehr als eine Handvoll Fischarten produzieren ist nicht neu, aber bislang viel zu wenig umgesetzt. Dabei bringt eine Diversifizierung der Marikultur in vielerlei Hinsicht Vorteile für die Gesellschaft: Abhängigkeiten von einem einzigen Markt werden abgedeckt (die Lachszucht und mit ihr ganze Wirtschaftsregionen stürzten vorübergehend in eine Krise, weil der Lachspreis plötzlich und kräftig fiel), neue Technologien werden entwickelt und neue Märkte geschaffen bzw. erschlossen.

Die Auswahl der Basis-Technologien ist für eine nachhaltige Ausrichtung entscheidend, denn - wie bereits erwähnt - ist die wichtigste Auswirkung eine Überdüngung. Diesem Effekt kann man entgegenwirken, wenn man die Stoff- und Energieflüsse der Natur simuliert. In einer nachhaltigen Aquakultur mit umweltverträglicher Bewirtschaftung sind ökologische Kompartimente vorhanden, die für eine möglichst neutrale Umweltbilanz sorgen. So läßt sich durch den Bau von Algen-Kompartimenten um die Lachskäfige herum der Eintrag von Ammonium und Phosphat signifikant reduzieren. Konsequenterweise muß man die Algen ernten. Andernfalls würden die Nährsalze durch den Abbau der Algen letztlich doch wieder in das Meer gelangen. Durch den Verkauf der Algen bzw. deren veredelter Produkte ist eine weitere Einkommensquelle geschaffen. Man kann dieses Modell vielleicht noch um Muscheln oder Schnecken erweitern. In einigen Pilotanlagen, z.B. in Kanada und Frankreich, wird diese Polykultur bereits erfolgreich eingesetzt.

Ein anderer Weg, die Auswirkungen der Marikultur auf die Umwelt so gering wie möglich zu halten, besteht in der Zucht von Meeresorganismen in sogenannten geschlossenen Kreislaufanlagen. In solchen Anlagen werden die Organismen in einem abgeschlossenen Wasserkörper gehalten. Das Wasser zirkuliert durch die Hälterungsbecken und durch verschiedene Aufbereitungs- und

Reinigungsstufen. In Deutschland erfreut sich diese Technik einer durch die Bundesregierung mit Fördermitteln unterstützten Geburtsphase. Auch hier gibt es bereits Vorzeigebetriebe, in denen zumindest die Vorstufe eines geschlossenen Kreislaufs funktioniert. Dabei setzt man bei dieser Technik auf eine doppelte Wertschöpfung: über die Produktion qualitativ hochwertiger Meeresorganismen und über den Exportschlager „Kultivierungstechnik“ aus der Hand deutscher Ingenieurskunst.

Auch die Verlagerung der Kultivierung von Tieren zu Pflanzen ist eine Maßnahme, die Auswirkungen auf die Meeresumwelt gering zu halten, denn die Kultivierung von Meerespflanzen ist mit wesentlich geringeren Eingriffen in die Meeresumwelt verbunden, insbesondere benötigt die Algenzucht keine Fütterung, kommt also ohne einen Eintrag von organischem Material oder sonstigen Stoffen aus. Alles, was die Algen tun, ist die Sonnenenergie zu nutzen, um zu wachsen. Es sind darüberhinaus sogar positive Wirkungen von Algenkulturen festzustellen:

- Algen nehmen aus den oftmals überdüngten Meeresregionen Nährsalze auf und binden sie mit Hilfe der Sonnenenergie in ihre Biomasse ein - also ein der Eutrophierung entgegensteuernder Prozeß.
- Auch Kohlendioxid wird sehr effektiv von Algen assimiliert. Dieser Prozeß, die Photosynthese, wirkt dem CO<sub>2</sub>-Anstieg in der Atmosphäre entgegen.
- Algen bilden einen wichtigen Bestandteil des als Phytal bezeichneten Lebensraumes, der vielerorts strukturbildend ganze Meeresteile prägt und vielen anderen marinen Lebensformen als Lebensgrundlage dient. Eine Algenfarm kann demnach einen renaturierenden Charakter haben.

Die Erträge von Meerespflanzen stiegen im Zeitraum von 1999-2003 von 10,85 Mio. t auf 13,75 Mio. t Frischgewicht. Davon nehmen Makroalgen den größten Teil ein und unter diesen stellen Braunalgen die größte Masse dar (5,6 Mio. t), gefolgt von Rotalgen (2,8 Mio. t). Der Ertrag von Grünalgen ist dagegen mit wenigen tausend Tonnen pro Jahr kaum nennenswert. (FAO 2006). Über 80% der Makroalgen stammen aus Ostasien und Südostasien.

Von über 20.000 beschriebenen Algenarten werden 107 Gattungen und 493 Arten von Menschen in irgendeiner Form genutzt, nur ca. 60 davon in der Nahrungsmittel-, Kosmetik- und pharmazeutischen Industrie, vier Gattungen in großem Maßstab - die Rotalgen *Porphyra* und

*Euchema* sowie die Braunalgen *Laminaria* und *Undaria*. Weitere wichtige Gattungen sind *Macrocystis*, *Himantalia*, *Fucus*, *Ascophyllum*, *Gracilaria*, *Gelidium*, *Pterocladia*, *Ahnfeltia*, *Chondrus*, *Mastocarpus*, *Phyllophora*, *Gymnogongrus*.

Makroalgen sind aufgrund ihrer Inhaltsstoffe in vielfältigerweise nutzbar. Vor allem Braunalgen werden als Nahrungsmittel, insbesondere in asiatischen Ländern, geschätzt, weil sie wertvolle Mineralien, Spurenelemente und verschiedene organische Verbindungen enthalten, die antioxidative und das Immunsystem anregende Wirkungen aufweisen.

Obwohl Algen im Orient bereits seit mindestens zwei Jahrtausenden für Nahrungszwecke verwendet wurden, vergingen viele Jahrhunderte ehe sie im Westen auch nur Erwähnung fanden. Die früheste Aufzeichnung über den Gebrauch von Algen stammt aus dem Jahre 45 v. Chr. Der unbekannte Autor von „Bellum Africanum“ beschreibt dort, wie „...sie (die Griechen) in Zeiten des Mangels Algen von der Küste sammelten und, nachdem sie sie in Süßwasser wuschen, dem Vieh gaben und damit deren Leben verlängerten“ (Indergaard & Minsaas 1991). Aus einem gallischen Gedicht (600 n. Chr.) geht hervor, daß Mönche die Rotalge *Palmaria palmata* zum Verzehr sammelten. Auch im viktorianischen England des 19. Jahrhunderts waren Braunalgen bei der Behandlung von Knochenschwäche bei Kindern, Rheuma, Gicht und Menstruationsbeschwerden in Form verschiedener Gebräue sehr gängig.

Während Algen als Nahrung in Japan heutzutage weit verbreitet sind und ihr Konsum steigt, werden sie in Europa nur in sehr geringen Mengen und wenigen Regionen genutzt. Die traditionelle Nutzung von Algen fiel in Europa im letzten Jahrhundert mehr und mehr der Industrialisierung zum Opfer. Mit der Abnahme der Abhängigkeit von lokalen Ressourcen ist auch das Wissen um diese verloren gegangen.

Auch als Quelle pharmazeutisch wirksamer Substanzen sind Makroalgen attraktive Forschungsobjekte, denn ihr Stoffwechsel produziert die merkwürdigsten und vielfältigsten Moleküle. Diesen werden in jüngsten Studien antivirale und antitumorale Wirkungen zugeschrieben. Es wird vermutet, daß das hohe Durchschnittsalter in Japan von über 80 Jahren und die bemerkenswert hohe Anzahl von Personen, die über 100 Jahre alt sind, auch auf den Verzehr von Braunalgen zurückzuführen ist. In Japan besteht die Nahrung zu 10% aus Makroalgen (Indergaard & Minsaas 1991). Die meisten Makroalgen werden als Nahrung verwertet, Produkte aus Makroalgen werden aber auch in der Druck-, Färbe- und Textilindustrie oder in der Medizintechnik verwendet. Die wichtigsten sind Alginat, Agar-Agar und Carageen.

Entscheidender Erfolgsfaktor bei allen Maßnahmen für eine nachhaltige Marikultur, die Polykultur, die geschlossenen Kreislaufanlagen oder Algenfarming, bleibt eine ökonomische - und bei konsequenter Einbeziehung von Kosten, die eine veränderte Umwelt verursachen, letztlich auch ökologische - Tragfähigkeit. Kurz- bis mittelfristig werden es diese Ansätze schwer haben, sich gegen eine weiterhin Ausbeutergemeinschaft durchzusetzen. Der wirtschaftliche Druck gibt bei der Entwicklung einer nachhaltigen Aquakultur die entscheidenden Impulse. Dabei geben die Verbraucher, also wir, die Richtung vor.

Insgesamt, so die FAO in ihrer SOFIA-Studie, bleiben die Fortschritte bei der Realisierung vernünftiger Regulierungsmechanismen sowie nachhaltiger Fischerei- und Aquakulturpraktiken bescheiden. Noch steht *homo sapiens* in der Wandlung von einem maritimen Jäger und Sammler in einen Meeresbauer und -pfleger ganz am Anfang.

Date: May 15<sup>th</sup>, 2010