PAN
Germany

Vorstudie im Kontext
Chemikalieneinsatz in der Aquakultur

Hamburg, 2003

PAN Germany

Vorstudie im Kontext

Chemikalieneinsatz in der Aquakultur

Hamburg, 2003

Diese Vorstudie wurde realisiert mit freundlicher Unterstützung des Sektorvorhabens „Policy Advice for Sustainable Fisheries“ der

Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
Postfach 5180
65726 Eschborn
Tel: + 49 (0) 6196 79-0
Fax: + 49 (0) 6196 79-11 15
Internet: http//www.gtz.de

Bundesministerium für
wirtschaftliche Zusammenarbeit
und Entwicklung

Danksagung

Wir möchten uns ganz herzlich bedanken bei Dr. Rolf Altenburger, Lars Neumeister und Carina Weber für die wertvollen Anregungen bei der inhaltlichen Erarbeitung und bei Dr. Matthias Frost für die Unterstützung bei der Entwicklung des Projektes. Ein herzlicher Dank geht auch an Reginald Bruhn für die Ausarbeitung der Graphiken, an Michelle Skelenger für die Mitgestaltung der Titelseite und an Arnd Petry für die Bereitstellung der Titelfotos.

Impressum

© 2003 Pestizid Aktions-Netzwerk e.V. (PAN Germany)
Nernstweg 32, D-22765 Hamburg
Tel: 040 - 39 91 91 00
Fax: 040 - 390 75 20
E-mail: info@pan-germany.org
Homepage: www.pan-germany.org

ISBN 3-9808321-9-8

Autorinnen: Karina Nikov, Susanne Smolka

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung 1
2 Einleitung 2
3 Aquakulturproduktion – eine Übersicht 4
3.1 Definition der Aquakultur 4
3.2 Umfang und Prognosen der Aquakulturproduktion 4
3.3 Aquakulturproduktion nach Arten und Organismengruppen 4
3.4 Entwicklungspolitische Relevanz: Aquakulturproduktion nach wirtschaftlichem Status der produzierenden Länder 8
3.5 Aquakulturproduktion nach Ländern und Regionen 9
3.6 Klassifizierung von Produktionssystemen der Aquakultur 12
4 Einsatz von chemischen Mitteln in der Aquakulturproduktion 13
4.1 Datenrecherche 13
4.2 Beschreibung der Datenlage 14
4.3 Spektrum der in der Aquakultur eingesetzten chemischen und biologischen Mittel 15
5 Gefährdungspotentiale der eingesetzten chemischen und biologischen Mittel 20
5.1 Humantoxikologische Klassifizierung 20
5.2 Ökotoxikologische Klassifizierung 24
5.3 Hormonelle und neurotoxische Effekte 25
5.4 Risiken durch Antibiotika 26
5.5 Zusammenfassende Bewertung 28
6 Einsatz von chemischen Mitteln in Abhängigkeit von produzierten Organismengruppen und Produktionsverfahren 30
6.1 Zur Klassifizierung nach Intensitätsgrad 30
6.2 Methodisches Vorgehen 31
6.3 Ergebnisse der Datenrecherche und der Expertenbefragung 32
6.4 Diskussion der Datenlage 34
7 Chemikalieneinsatz in der Aquakultur in Entwicklungsländern 36
8 Optionen zur Reduktion der Anwendungsmenge chemischer Mittel in der Aquakultur 38
8.1 Ökologische Aquakulturproduktion 38
8.2 Rezirkulationssysteme 39
8.3 Integrierte Aquakultursysteme 40
9 Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen 42
10 Referenzen 46

11 Anhänge 51
11.1 Hauptarten der in Aquakultur im Jahr 2000 produzierten Fische 51
11.2 Hauptarten der in Aquakultur im Jahr 2000 produzierten Mollusken 52
11.3 Hauptarten der in Aquakultur im Jahr 2000 produzierten aquatischen Pflanzen 53
11.4 Hauptarten der in Aquakultur im Jahr 2000 produzierten Krustentiere 54
11.5 Hauptproduzenten (Länder) der Aquakultur 55
11.6 Klassifizierung von Aquakultursystemen nach Costa-Pierce 56
11.7 Chemische und biologische Mittel in der Aquakultur – tabellarische Übersicht 57
11.8 Humantoxizität von in der Aquakultur eingesetzten Chemikalien 73
11.9 Ökotoxizität von in der Aquakultur eingesetzten Chemikalien 83
11.10 Als endokrine Disruptoren und Nervengifte klassifizierte, in der Aquakultur eingesetzte Chemikalien 86

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aquakulturproduktion im Jahr 2000 5
Abbildung 2: Hauptgruppen der in Aquakultur produzierten Fische im Jahr 2000 6
Abbildung 3: Verteilung der Aquakulturproduktion nach wirtschaftlichem Status der produzierenden Länder 8
Abbildung 4: Globale Aquakulturproduktion im Jahr 2000 nach Regionen 9
Abbildung 5: In Aquakultur produzierte Haupt-Organismengruppen nach Regionen 11

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: In Aquakultur produzierte Haupt-Fischarten 6
Tabelle 2: Zehn Hauptspezies der Aquakulturproduktion im Jahr 2000 8
Tabelle 3: Chemische und biologische Mittel (Biozide im weiteren Sinne) in der Aquakultur 18
Tabelle 4: Für die Aquakultur zugelassene Antibiotika in Großbritannien, Norwegen und den USA 26
Tabelle 5: In der Aquakultur eingesetzte, in der EU oder USA verbotene Antibiotika 27
Tabelle 6: Hauptarten der in Aquakultur im Jahr 2000 produzierten Fische 51
Tabelle 7: Hauptarten der in Aquakultur im Jahr 2000 produzierten Mollusken 52
Tabelle 8: Hauptarten der in Aquakultur im Jahr 2000 produzierten aquatischen Pflanzen .. 53
Tabelle 9: Hauptarten der in Aquakultur im Jahr 2000 produzierten Krustentiere 54
Tabelle 10: Hauptproduzenten (Länder) der Aquakultur 55
Tabelle 11: Chemische und biologische Mittel mit biozider Wirkung in der Aquakultur 58
Tabelle 12: Human toxicity of the chemicals used in aquaculture 80
Tabelle 13: Environmental toxicity of chemicals used in aquaculture 84
Tabelle 14: Listing as endocrine disruptors and nerve toxins of chemicals used in aquaculture 89

1 Zusammenfassung

Aquakultur ist, neben der Landwirtschaft, ein sehr bedeutender Sektor der weltweiten Lebensmittelproduktion. Zum überwiegenden Teil findet die Aquakulturproduktion in Entwicklungsländern statt. In der gegenwärtigen Praxis der Aquakultur werden mehr als 300 chemische und biologische Mittel - davon 173 Biozide im weiteren Sinne - bei der Produktion eingesetzt. Diese sind nach allgemein anerkannten, internationalen Standards zu einem Gutteil als gefährlich einzustufen. Quantitative Angaben zu Einsatzmengen von Chemikalien in der Aquakultur, die eine Risikoabschätzung ermöglichen, sind derzeit nicht verfügbar. Qualitative Experteneinschätzungen weisen einerseits auf den Zusammenhang zwischen Chemikalieneinsatz und Produktionsintensität hin und heben andererseits die Bedeutung einzelner, besonders chemikalien-intensiver Produktionssysteme hervor. Alternativen zur chemikalien-intensiven Aquakultur, wie etwa die ökologische Aquakultur, existieren in Ansätzen. Im Sinne einer nachhaltigen Produktionsweise, die sowohl umwelt- und gesundheitsverträglich ist, als auch die Produzenten vor Absatzkrisen in Folge von Skandalen schützt, besteht dringender Bedarf zur:

- Herstellung von mehr Transparenz zum Einsatz von Chemikalien in der Aquakultur
- Etablierung von zukunftsfähigen Standards beim Chemikalienmanagement in der Aquakultur
- Entwicklung und Förderung von Alternativen zur chemikalien-intensiven Aquakultur

2 Einleitung

Die Produktion oder das „farming“ aquatischer Organismen, die sogenannte Aquakultur, ist weltweit der am schnellsten wachsende Sektor im Lebensmittelbereich (Cohen, 1997).

Die globale Aquakulturproduktion beläuft sich derzeit auf knapp 46 Millionen Tonnen pro Jahr mit einem Verkaufswert von 56.5 Milliarden US Dollar. Seit Mitte der 1980er Jahre verzeichnet die industrielle Aquakulturproduktion ein stetiges und deutliches Wachstum. Durchschnittliche Wachstumsraten von 8.9 % pro Jahr wurden seit 1970 erzielt. Der Anteil von fischereilichen Produkten aus Aquakultur an der weltweiten Versorgung mit fischereilichen Produkten ist hierbei von 5.3% im Jahr 1970 auf bereits 32.2% im Jahr 2000 angestiegen (Tacon, 2003).

In diesem Zusammenhang ist auch zu sehen, dass Fisch und fischereiliche Produkte für die Versorgung gerade des ärmeren Teils der Weltbevölkerung von entscheidender Bedeutung sind. Traditionell sind Fisch und Garnelen die wichtigste Proteinquelle für die ärmeren Bevölkerungsschichten in Asien, Lateinamerika und Afrika. Der tägliche Proteinbedarf von einer Milliarde Menschen – einem Sechstel der Weltbevölkerung – wird durch Fisch und fischereiliche Produkte gedeckt (Gately 1996). In Aquakultur produziertes, hoch proteinhaltiges „Fleisch“ (z.B. Speisefisch, Krustentiere, Mollusken) steht - nach Schwein, Huhn und Rindfleisch - heute bereits an vierter Stelle der globalen Fleischproduktion (Tacon, 2003) und wird Rindfleisch in den nächsten Jahren vermutlich sogar an dritter Stelle ablösen.

Während aber die Weltbevölkerung und damit der Proteinbedarf stetig wächst, sind bereits 75% der globalen Fischbestände bis an die Grenzen befischt (47%), überfischt (18%) oder erschöpft (10%) (FAO, 2002). Langfristig werden die fischereilichen Fangmengen stagnieren, während die weltweite Aquakulturproduktion weiterhin steigen wird.

Im Jahr 2000 belief sich der Anteil an Speisefisch aus Aquakultur an der gesamten Speisefisch-Produktion bereits auf 36.8% (Tacon, 2003). Das International Food Policy Research Institute prognostiziert, dass dieser Anteil bis zum Jahr 2020 sogar auf 41% gestiegen sein wird. Das Hauptwachstum wird dabei in den Entwicklungsländern liegen (Delgado et al. 2002).

Diese rasante Entwicklung im Aquakultursektor tritt in einer Zeit auf, in der das öffentliche Bewusstsein durch verschiedene Lebensmittelskandale wie etwa BSE für umwelt- und gesundheitsrelevante Themen im Lebensmittelbereich besonders sensibilisiert wurde. Es ist daher nicht verwunderlich, dass sowohl das Interesse an, als auch die Besorgnis über Interaktionen von Aquakultur einerseits und Umwelt- und Gesundheit andererseits in der Bevölkerung wächst. So wurden Fisch und Krustentiere bisher zwar generell eher als nahrhafte und „sichere“ Lebensmittel angesehen. Seit aber Rückstände von Antibiotika in Shrimps oder der Einsatz gefährlicher Pestizide zur Bekämpfung der Lachslaus in europäischen Lachsfarmen wiederholt für negative Schlagzeilen in der Presse sorgten, werden auch Lebensmittel aus Aquakultur mit zunehmender Skepsis betrachtet.

Gerade in den letzten Jahren zeigte sich verstärkt, dass nachhaltige Entwicklung im Aquakultursektor mit dem Schutz der Umwelt, der im Aquakultursektor tätigen Menschen und der Verbraucher einhergehen muss. Auch von Regierungen wird dieser Aspekt zunehmend ernst genommen und die Inkorporation von Umwelt- und Gesundheitsschutzschutzaspekten in nationale und internationale Aquakultur-

nationale und internationale Aquakultur-Entwicklunsprogramme vorangetrieben (FAO/NACA, 1994).

Aquakulturproduzenten sind besorgt, dass Produkten aus Aquakultur pauschal ein negatives Image angeheftet wird, Aquakultur ausschließlich als Ursache für Umweltschäden angesehen wird und staatliche Eingriffe möglicherweise zu Unrecht die weitere Entwicklung des Aquakultursektors bedrohen (Phillips, 1995).

Vor diesem Hintergrund soll in dieser Vorstudie ein Aspekt der Aquakultur näher beleuchtet werden, der gerade in letzter Zeit wiederholt ins Kreuzfeuer der Kritik geraten ist - der Einsatz von chemischen Mitteln in der Aquakultur. Eine breite Palette von chemischen und biologischen Wirkstoffen und Produkten wird in einigen Bereichen des Aquakultursektors eingesetzt. Über das Stoffspektrum und die quantitative Relevanz der eingesetzten chemischen und biologischen Mittel ist bisher jedoch wenig bekannt. Ziel dieser Vorstudie ist, nach Prüfung der vorhandenen Fachliteratur und Fachdatenbanken, eine Übersicht über das in der Aquakultur verwendete Spektrum von Stoffen mit biozider Wirkung im weiteren Sinne (Definition siehe Kapitel 4), deren Einsatz und deren Gefährdungspotentiale zu geben. Darüber hinaus soll überprüft werden, ob die verfügbare Datenlage es erlaubt, eine Korrelation zwischen verschiedenen Aquakultursystemen und der Menge der für die Produktion eingesetzten Chemikalien herzustellen und über solch einen Zusammenhang möglicherweise die Länder und Regionen zu identifizieren, in denen der Chemikalieneinsatz besonders relevant sein könnte.

In Kapitel 3 dieser Vorstudie wird zunächst ein Überblick über die globale Aquakulturproduktion gegeben, um einen Eindruck über diesen umfangreichen und komplexen Sektor der Lebensmittelproduktion zu bieten. Es wird dargestellt, welches die quantitativ relevanten Arten (Hauptarten) sind und in welchen Regionen und Ländern die Produktion dieser Arten stattfindet .

In Kapitel 4 wird dargestellt, welches Spektrum an chemischen und biologischen Mitteln für die Produktion von aquatischen Organismen eingesetzt wird und wie sich die derzeitige Verfügbarkeit an Daten über Spektrum und Menge der eingesetzten chemischen und biologischen Mittel darstellt.

Das darauf folgende Kapitel 5 zeigt die ökologischen und gesundheitlichen Gefahrenpotentiale auf, die von den eingesetzten Wirkstoffen und Produkten ausgehen können. Es werden die Wirkstoffe ausgewiesen, die nach verschiedenen, allgemein anerkannten Klassifizierungssystemen als umwelt- oder gesundheitsgefährdend eingestuft werden.

In Kapitel 6 wird die mögliche Beziehung zwischen der Menge der eingesetzten chemischen und biologischen Mittel und dem angewandten Produktionssystem näher betrachtet.

Kapitel 7 befasst sich mit der Relevanz des Chemikalieneinsatzes in der Aquakultur in Entwicklungsländern.

In Kapitel 8 werden beispielhaft Alternativen zur chemikalien-intensiven Aquakulturproduktion betrachtet, die Optionen zur Minimierung des Einsatzes von chemischen Mitteln in der Aquakultur darstellen.

Schlussfolgerungen, die aus den Ergebnissen dieser Vorstudie gezogen werden können und Handlungsempfehlungen, die sich hieraus ableiten, werden in Kapitel 9 vorgestellt.

3 Aquakulturproduktion – eine Übersicht

Dieses Kapitel bietet eine Übersicht über die in Aquakultur produzierten, quantitativ relevanten Arten (Hauptarten) und zeigt auf, in welchen Regionen und Ländern die Produktion welcher Arten stattfindet. Die in diesem Kapitel widergegebenen Daten sind zum überwiegenden Teil der sehr umfangreichen und detaillierten, aktuellsten Studie der FAO zum Status der globalen Aquakultur (FAO, 2003) entnommen.

3.1 Definition der Aquakultur

Bereits seit über 3000 Jahren wird Aquakultur, insbesondere im asiatischen Raum, traditionell in der extensiven Form betrieben. Als Aquakultur wird die Produktion, im englischen Sprachgebrauch das „farming“, aquatischer Organismen unter kontrollierten Bedingungen bezeichnet. Laut Definition der FAO[1] ist Aquakultur dadurch gekennzeichnet, dass bei der Aufzucht der aquatischen Organismen Maßnahmen ergriffen werden, um eine Steigerung der Produktion zu erzielen. Die Maßnahmen schließen beispielsweise den reinen Besatz, die Fütterung, den Schutz vor Fraßfeinden etc. mit ein (Tacon, 2003).

3.2 Umfang und Prognosen der Aquakulturproduktion

Die weltweite Aquakulturproduktion beläuft sich zur Zeit auf 45.7 Millionen Tonnen pro Jahr mit einem Verkaufswert von 56.5 Milliarden US Dollar. Etwa 7 Millionen Menschen werden, bei einem jährlichen Anstieg von 7%, weltweit im Aquakultur-Sektor beschäftigt (FAO, 2002).

Seit Mitte der 1980er Jahre verzeichnet die industrielle Aquakulturproduktion ein stetiges und deutliches Wachstum. Aquakultur ist weltweit der am schnellsten wachsende Sektor im Lebensmittelbereich (Cohen, 1997). Seit 1970 wurden durchschnittliche Wachstumsraten von 8.9 % pro Jahr erzielt. Der Anteil von fischereilichen Produkten aus Aquakultur an der gesamten, weltweiten Versorgung mit fischereilichen Produkten ist hierbei von 5.3% im Jahr 1970 auf bereits 32.2% im Jahr 2000 angestiegen (Tacon, 2003).

3.3 Aquakulturproduktion nach Arten und Organismengruppen

Über 200 verschiedene aquatische Organismen tierischer und pflanzlicher Art werden heute in Süßwasser, Brackwasser und mariner Aquakultur kultiviert; hierunter zahlreiche Fischarten, Krustentiere (insbesondere Garnelen), Mollusken und Algen. Während nur ein geringer Anteil (4.6%) dieser Organismen in brackigen Küstengewässern produziert werden, findet etwa die Hälfte (50.3%) der Produktion aquatischer Organismen in marinen Küstengewässern, in sogenannten Marikulturen, statt. Der Rest (45.1%) wird in Süßwasser produziert und dies sind fast ausschließlich Flossenfische (97.7%).

Den Hauptanteil der produzierten Organismen bilden die Flossenfische mit 131 Spezies, gefolgt von 42 Molluskenarten, 27 Spezies der Krustentiere, 8 Pflanzenarten, 2 Reptilien- sowie 1 Amphibienart. In Bezug auf das Produktionsvolumen stellt sich die Verteilung ähnlich dar. Mit etwa 23 Millionen Tonnen nehmen die Flossenfische den größten Anteil (50.4%) an der derzeitigen Weltproduktion von 45.7 Millionen Tonnen pro Jahr ein, gefolgt von den Mollusken (23.5%) und den aquatischen Pflanzen (22.2%). Deutlich geringeren Anteil haben die Krustentiere mit 3.6%, die Reptilien (0.22%) sowie mit 0.08% verschiedene aquatische Wirbellose. Trotz des geringen volumenbezogenen Anteils sind die hochpreisigen Krustentie-

[1] Food and Agriculture Oganization of the United Nations

re, insbesondere Shrimps, wirtschaftlich von großer Bedeutung in der Aquakultur. Sie stellen mit 16.6% ein Sechstel des Marktwertes der insgesamt in Aquakultur produzierten Organismen dar. In Abbildung 1 werden die Anteile, die die verschiedenen Organismengruppen an der Gesamtproduktion einnehmen, graphisch dargestellt.

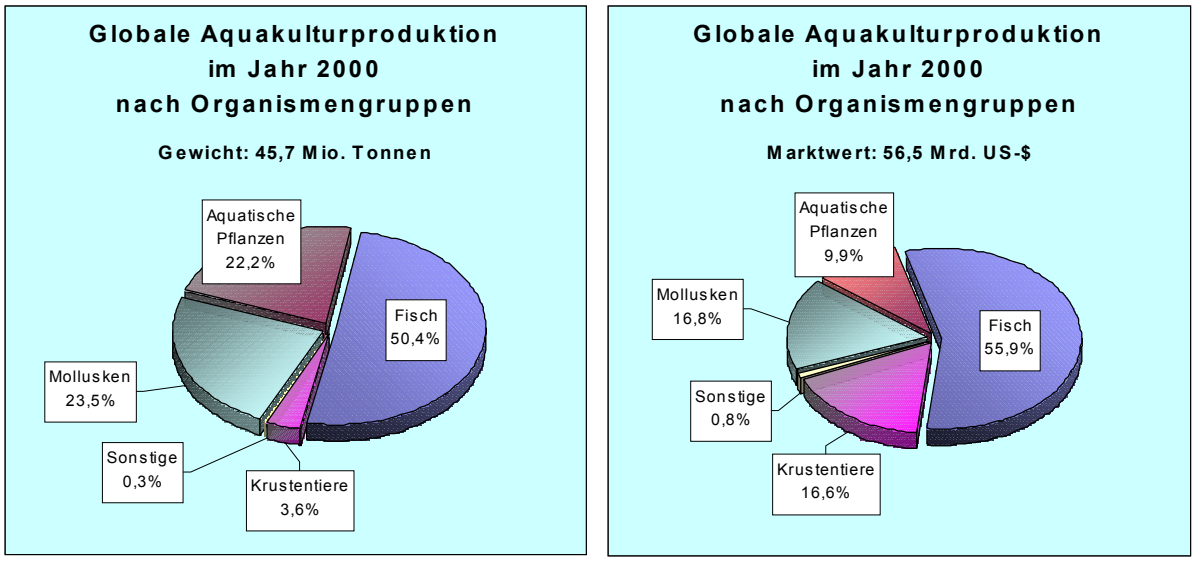

Abbildung 1: Aquakulturproduktion im Jahr 2000 nach Organismengruppen (links nach Gewicht; rechts nach Marktwert)
(Grafik: PAN Germany; Daten: Tacon, 2003)

Die FAO betont allerdings, dass speziesbezogene Angaben mit Vorbehalt zu bewerten sind, da über 20% der Aquakulturproduktion von den produzierenden Ländern nicht artspezifisch dokumentiert werden.

3.3.1 Flossenfische

Den überwiegenden Anteil der in Aquakultur kultivierten Fischarten bilden mit 85.8% Süßwasserfische. Während knapp 10% der kultivierten Fische diadrom[2] sind, erreichen marine Fischarten mengenbezogen lediglich einen Anteil von 4.4%. Für eine tabellarische und graphische Darstellung der in Aquakutltur produzierten Haupt-Fischarten siehe Tabelle 1 und Abbildung 2.

[2] Fische, die nach verschiedensten Migrationsmustern zwischen Süßwassergebieten und Meerwasser migrieren

Tabelle 1: **In Aquakultur produzierte Haupt-Fischarten**
(Datenquelle: Tacon, 2003)

Süßwasserarten	**Menge** [Mio. Tonnen]	**Marktwert** [Mrd. US-Dollar]
Cypriniden	15.7	15.3
Tilapia	1.37	1.7
Catfish (Katzenwels)	0.42	0.66
Diadrome Arten		
Salmoniden	1.5	4.9
Milchfisch	0.46	0.72
Aal	0.23	0.98
Marine Arten		
Marine Arten*	1.0	4.1

* in Datenquelle nicht weiter differenziert

Bemerkenswert ist, dass die fünf hauptsächlich produzierten Fischarten zur Familie der Cypriniden (Karpfenartigen) gehören. Diese fünf Karpfenarten nehmen zusammen mit einer jährlichen Produktion von 12.7 Millionen Tonnen (siehe Anhang 11.1) einen Anteil von 55% der aquakulturellen Fischproduktion und einen Anteil von etwa 28% an der gesamten Aquakulturproduktion ein. Weitere bedeutende Fischarten sind Tilapia (*Oreochromis niloticus*) mit über 1 Million Tonnen und Lachs (*Salmo salar*) mit fast 900.000 Tonnen.

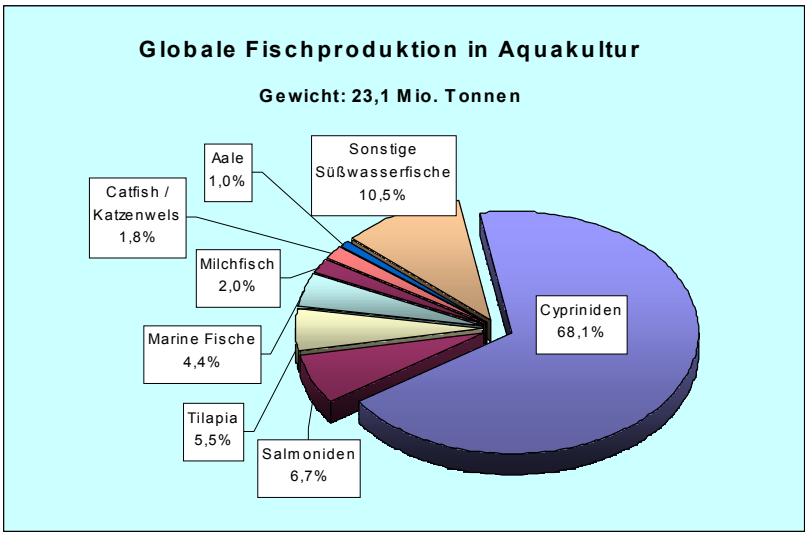

Abbildung 2: Hauptgruppen der in Aquakultur produzierten Fische im Jahr 2000
(Grafik: PAN Germany; Daten: Tacon, 2003)

Eine der FAO entnommene Übersichtstabelle über die im Jahr 2000 in Aquakultur produzierten Haupt-Fischarten findet sich in Anhang 11.1.

3.3.2 Mollusken

Die Welt-Produktion an Mollusken in Aquakultur beläuft sich auf 10.7 Millionen Tonnen und bildet damit einen Anteil von 23.5% der globalen Aquakulturproduktion mit einem Marktwert von über 9 Milliarden Dollar. Hauptsächlich produziert wird die Pazifische Auster (*Crassostrea gigas*). Mit einem Produktionsvolumen von fast 4 Millionen Tonnen ist diese Spezies mengenbezogen zudem die zweitbedeutendste in Aquakultur produzierte Spezies überhaupt. Eine Übersicht der Haupt-Molluskenarten bietet die in Anhang 11.2 dargestellte Tabelle der FAO (Tacon, 2003).

3.3.3 Aquatische Pflanzen

Im Jahr 2000 wurden 10.1 Million Tonnen aquatischer Pflanzen in Aquakultur produziert. Dies entspricht einem Anteil von 22.5% der gesamten Aquakulturproduktion und stellt einen Marktwert von 5.6 Milliarden US$ dar. Mit einem mengenbezogenen Anteil von 45.2% dominiert die Makroalge *Laminaria japonica* mit Abstand den Anbau aquatischer Pflanzen. Eine Übersicht der bedeutendsten in Aquakultur gezüchteten aquatischen Pflanzen bietet die in Anhang 11.3 dargestellte Tabelle der FAO (Tacon, 2003).

3.3.4 Krustentiere

Mit einer Gesamtproduktion von 1.65 Millionen Tonnen nehmen die Krustentiere mengenbezogen mit einem Anteil von nur 3.6% an der globalen Aquakultur eine eher unbedeutende Position ein. Marktwirtschaftlich betrachtet stellt diese hochpreisige Organismengruppe mit einem Marktwert von fast 9.4 Milliarden US $ jedoch einen bedeutenden Faktor dar. Mit einem mengenbezogenen Anteil von 66% wird der Markt der Krustentiere aus Aquakultur deutlich von den Garnelen (Shrimp) dominiert. Fast 90% der gezüchteten Garnelen wurden im Jahr 2000 von der Riesentigergarnele oder Giant Tiger Prawn (*Penaeus monodon*), sowie von der Hauptmannsgarnele oder Fleshy Prawn (*P. chinensis*) und der Zentralamerikanischen Geißelgarnele oder Whiteleg shrimp (*P. vannamei*) gebildet.

Eine Übersicht der hauptsächlichen in Aquakultur produzierten Krustentiere bietet die in Anhang 11.4 dargestellte Tabelle der FAO (Tacon, 2003).

3.3.5 Übersicht über die quantitativ relevantesten Arten

Zusammenfassend bietet Tabelle 2 eine Übersicht über die 10 quantitativ relevantesten, in Aquakultur produzierten Spezies. Diese 10 Spezies bilden einen Anteil von 54.8% an der gesamten Aquakulturproduktion.

Tabelle 2: Zehn Hauptspezies der Aquakulturproduktion im Jahr 2000
(Datenquelle: Tacon, 2003)

Spezies	**Organismen-Gruppe**	**Menge** [Mio. Tonnen/Jahr]
Japanese kelp (*Laminaria japonica*)	Makroalge	4.58
Pacific cupped oyster (*Crassostrea gigas*)	Mollusk	3.94
Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*)	Fisch	3.47
Grass carp (*Ctenopharyngodon idella*)	Fisch	3.45
Common carp (*Cyprinus carpio*)	Fisch	2.72
Carpet shell (*Ruditapes philippinarium*)	Mollusk	1.69
Bighead carp (Aristichthys nobilis)	Fisch	1.64
Crucian carp (*Carassius carassius*)	Fisch	1.38
Yesso scallop (*Pectin yessoensis*)	Mollusk	1.13

3.4 Entwicklungspolitische Relevanz: Aquakulturproduktion nach wirtschaftlichem Status der produzierenden Länder

Aquakulturproduktion findet fast ausschließlich in den Entwicklungsländern und den im Englischen „Low Income Food Deficit Countries“ (LIFDC) genannten Ländern mit niedrigem Einkommen und Nahrungsmangel statt. 41.68 Millionen Tonnen und damit 91.2% der globalen Produktion ist in Entwicklungsländern lokalisiert (siehe Abbildung 3). Ein Großteil der Produktion (38.35 Millionen Tonnen bzw. 83.9%) ist zudem in den LIFDCs angesiedelt. Dieser Anteil wird sich weiter erhöhen. In den letzten 3 Jahrzehnten wies der Aquakultursektor in den Entwicklungsländern Wachstumsraten auf, die siebenmal höher lagen als in den Industrienationen.

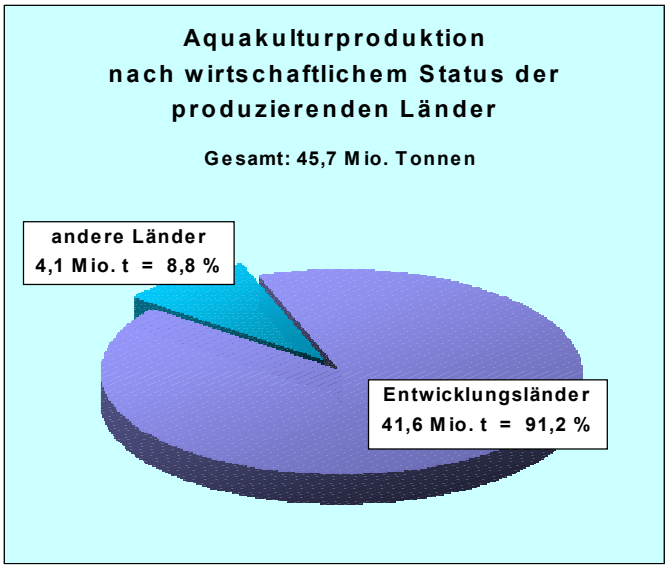

Abbildung 3: Verteilung der Aquakulturproduktion nach wirtschaftlichem Status der produzierenden Länder
(Grafik: PAN Germany; Daten: Tacon, 2003)

Das International Food Policy Research Institute (IFPRI) prognostiziert, dass im Jahr 2020 47% der globalen Speisefischproduktion aus Aquakultur in den Entwicklungsländern lokalisiert sein werden. IFPRI prognostiziert ebenfalls, dass der Anteil an Speisefisch aus Aquakultur an der gesamten Speisefisch-Produktion von heute 31% bis zum Jahr 2020 auf 41% gestiegen sein wird (Delgado et al. 2003). Hieraus wird deutlich, wie dominant der Anteil der Aquakulturproduktion in Entwicklungsländern gerade auch in den kommenden Jahren sein wird.

Bemerkenswert ist, dass in den Industrienationen die Produktion von hochpreisigen und carnivoren[3] Speisefischarten, wie beispielsweise Lachs und Forelle, dominiert (73.8%) während in Entwicklungsländern hauptsächlich omnivore/herbivore[4] und filtrierende Fischarten (93%) gezüchtet werden, die einen geringeren Marktwert besitzen (Tacon, 2003). So ist die Produktion in Entwicklungsländern untergliedert in die Produktion von vorrangig preisgünstigen Massen-Spezies für den heimischen Markt und hochpreisigen Edelspezies für den Export (FAO/NACA/WHO, 1999).

3.5 Aquakulturproduktion nach Ländern und Regionen

Die asiatischen Länder dominieren mengenbezogen den Aquakulturmarkt. Über 90% der globalen Produktion (41.72 Mio. t) findet in Asien statt. Mit großem Abstand schließen sich Europa (2.03 Mio. t oder 4.4%), Lateinamerika und Karibik (0.87 Mio. t oder 1.9%), Nordamerika (0.55 Mio. t oder 1.2%), Afrika (0.4 Mio. t oder 0.9%) und Ozeanien (0.14 Mio t oder 0.3%) an. In Abbildung 4 wird die regionale Verteilung der Aquakulturproduktion graphisch dragestellt.

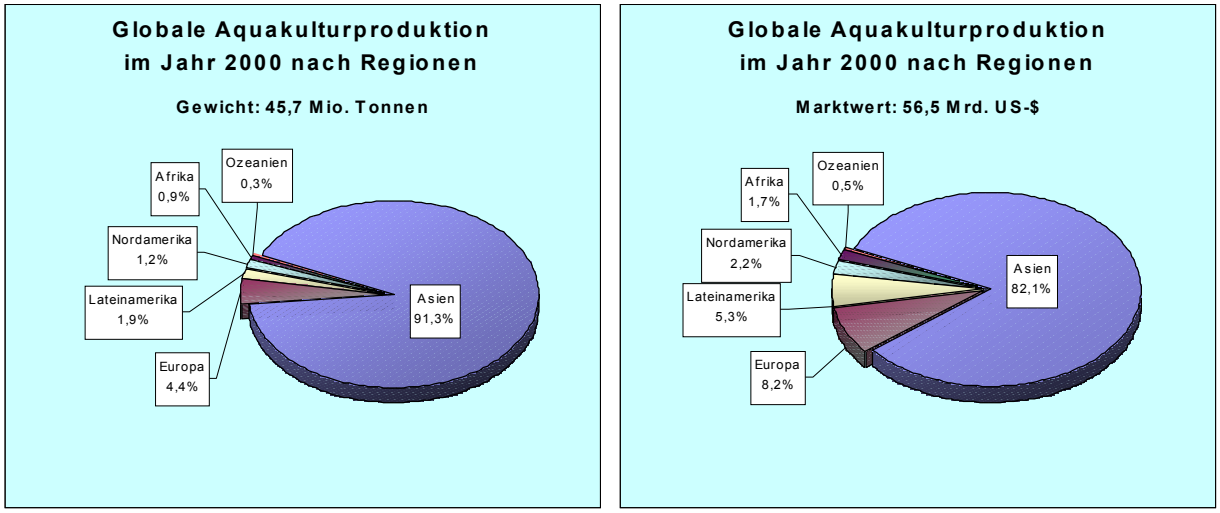

Abbildung 4: Globale Aquakulturproduktion im Jahr 2000 nach Regionen (links nach Gewicht; rechts nach Marktwert)
(Grafik: PAN Germany; Daten: Tacon, 2003)

[3] im eigentlichen Sinne „fleischfressend“, bei Fischen schließt der Begriff aber auch „fischfressende“ Arten mit ein
[4] omnivor = allesfressend; herbivor = pflanzenfressend

Hauptproduzent weltweit ist China mit einem Produktionsvolumen von 32.4 Millionen Tonnen. Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass die statistischen Angaben aus China möglicherweise korrekturbedürftig sind (siehe Kasten 1). Weitere Top-Produzenten sind mengenbezogen Indien (2.1 Mio. t), Japan (1.3 Mio. t), Phillippinen (1.04 Mio. t), Indonesien (0.99 Mio. t), Thailand (0.71 Mio. t), Republik Korea (0.70 Mio. t), Bangladesch (0.66 Mio. t), Vietnam (0.53 Mio. t) und - als einziges nicht-asiatisches Land - Norwegen auf Platz 10 (0.49 Mio. t). Tabelle 10 in Anhang 11.5 bietet eine Übersicht über die 30 Top-Aquakulturproduzenten (Länder) inklusive Produktionsmengen.

Kasten 1:
Zuverlässigkeit chinesischer Produktions-statistiken

Hohe Anstiege der fischereilichen Anlandungen in China in den letzten zwei Jahrzehnten sind nach neueren Studien vermutlich auf übertriebene Angaben staatlicher Stellen zurückzuführen, die für die Einhaltung staatlich vorgegebener Produktionsziele verantwortlich sind. Es wird vermutet, dass solche Übersteigerungen auch die aktuellen Produktionszahlen der Aquakultur beeinflusst haben können. Da die chinesische Aquakultur nach den heutigen Angaben einen Anteil von über 70% an der globalen Aquakultur einnimmt, würden Datenkorrekturen deutliche Veränderungen in der Gesamtstatistik bedingen (Weber, 2003).

3.5.1 Haupt-Organismengruppen nach Regionen

In den verschiedenen Regionen der Welt führt - wie auch global - die Fischproduktion meist mit großem Abstand die Aquakultur an. Ozeanien bildet hierbei eine Ausnahme. Mit knapp 100.000 Tonnen bilden in dieser Region die Mollusken die stärkste Fraktion der Aquakultuproduktion. Aquatische Pflanzen bilden nur in Asien und - mit weitem Abstand nach den dominierenden Fischen – in Afrika die zweitstärkste Fraktion. Amphibien und Reptilien werden nur in Asien und in der Region Lateinamerika und Karibik in nennenswertem Ausmaß kultiviert, sind aber auch hier anteilig von untergeordneter Bedeutung. Abbildung 5 verdeutlicht graphisch die Verteilung nach produzierten Haupt-Organismengruppen in den verschiedenen Weltregionen.

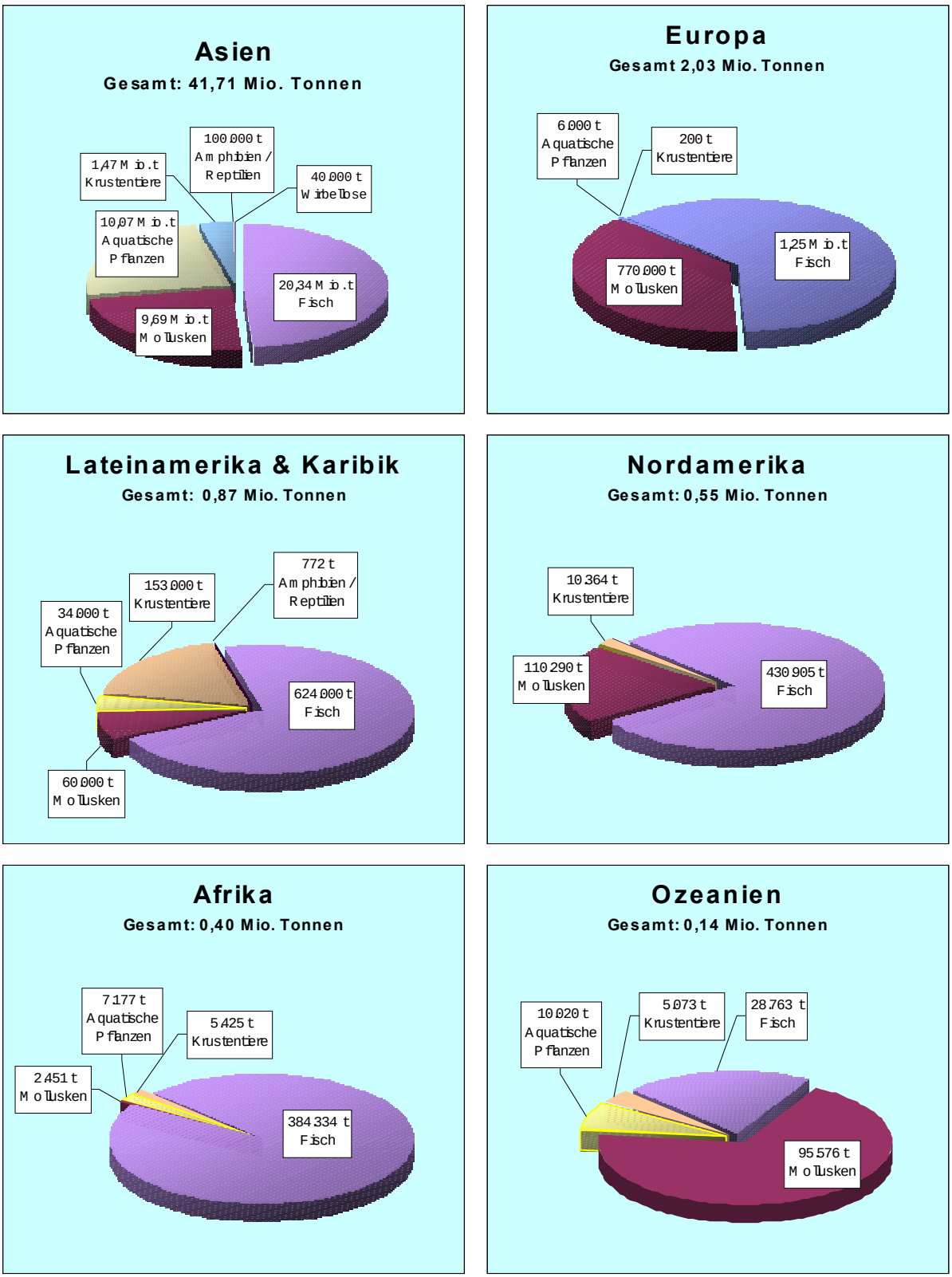

Abbildung 5: In Aquakultur produzierte Haupt-Organismengruppen nach Regionen
(Graphik: PAN Germany; Daten: Tacon, 2003)

3.6 Klassifizierung von Produktionssystemen der Aquakultur

Aquakultur stellt einen komplexen Produktionssektor mit einer großen Diversität von in Kultur gehaltenen Spezies und angewandten Produktionssystemen dar. Je nach gewählten Kriterien lassen sich zahlreiche Klassifizierungs-Kategorien unterscheiden. Im Folgenden werden einige bedeutendere Kategorien exemplarisch genannt. Über die mögliche Vielzahl der Klassifizierungs-Kategorien von Aquakultursystemen bietet die Tabelle in englischer Sprache von Costa-Pierce (2002) in Anhang 11.6 eine Übersicht.

Man unterscheidet unter anderem:

- nach dem **Salzgehalt** zwischen
  Süßwasser-, Brackwasser- und mariner Aquakultur
- nach **Lage** zwischen
  Inland- und Küsten-Aquakultur
- **technologisch** zwischen Produktion in beispielsweise
  Teichen, Becken, Tanks, Leinen, auf dem Land gelegenen Durchflusssystemen („land-based flow-through farming“), offenen Netzkäfigen, Rezirkulationssystemen
- nach der **Besatzstruktur** zwischen
  Monokultur und Polykultur
- nach dem Level der **Systemintegration** zwischen
  “stand alone“ und integrierter Aquakultur
- nach **Besatzdichte** und **Management-Level** zwischen
  extensiver, semi-intensiver und intensiver Aquakultur

In Kapitel 6 wird die Kategorisierung in extensiv, semi-intensiv und intensiv näher definiert und in Bezug zu Bedarf und Einsatz von chemischen Mitteln gesetzt.

4 Einsatz von chemischen Mitteln in der Aquakulturproduktion

Ein weites Spektrum von chemischen und auch biologischen Mitteln wird in der Aquakulturproduktion angewandt, beispielsweise, um die natürliche aquatische Produktivität zu erhöhen, den Transport von Organismen zu ermöglichen, die Reproduktion zu beeinflussen, das Wachstum zu fördern oder Boden- und Wasserqualität zu kontrollieren (siehe Kapitel 4.3). Darüber hinaus treten bei der Produktion von Organismen in Aquakultur veterinärmedizinische bzw. hygienische Probleme, wie beispielsweise Parasitenbefall und bakterielle und virale Infektionen auf, was mit hohen wirtschaftlichen Verlusten verbunden sein kann. Um das Ausbrechen von Krankheiten und parasitären Epidemien zu verhindern, setzen Aquakulturproduzenten Pestizide und andere chemische Mittel prophylaktisch und therapeutisch ein.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde vorhandenes Informationsmaterial zum Thema Chemikalieneinsatz in der Aquakultur identifiziert und nach qualitativen und quantitativen Daten über den Einsatz von chemischen und biologischen Substanzen ausgewertet. Der gesamte Rückstandsbereich (Rückstände von eingesetzten chemischen und biologischen Substanzen in Produkten aus Aquakultur) wird hier nicht betrachtet. In Anhang 11.7 werden die Ergebnisse der Recherche in Form einer tabellarischen Übersicht dargestellt.

4.1 Datenrecherche

Zur Datenrecherche wurden für diese Vorstudie folgende Aktivitäten durchgeführt:

- Recherche in wissenschaftlichen Datenbanken[5]
- Recherche in gängigen Fachzeitschriften[6]
- Recherche in Fachbibliotheken[7]
- Informationsbeschaffung im Rahmen bestehender Netzwerke (PAN International)
- Befragung von Produktionsverbänden in relevanten Ländern der Aquakulturproduktion[8]
- Befragung von Autoren der Fachliteratur[9]
- Befragung von Experten der FAO[10]; Auswertung der FAO-Homepage
- Befragung der Umweltbehörde einer relevanten Aquakultur-Nation[11]
- Überprüfung der Angebotslisten der für die Aquakulturproduktion relevanten Industrie[12]

---

[5] u.a. Aquatic Science and Fisheries Abstracts (ASFA);FAOSTAT Fisheries Data, Medline; Toxline;Toxnet

[6] u.a. Aquaculture; Aquaculture Asia; Aquaculture Engineering; Aquaculture Economics & Management; Aquaculture Magazine; Chemosphere; Marine Pollution Bulletin; North American Journal of Aquaculture; World Aquaculture

[7] Bundesforschungsanstalt für Fischerei Hamburg; Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaften der Universität Hamburg

[8] u.a. Alternative Aquaculture Association; Aquaculture and Environmental Group; Asian Fisheries Society; European Aquaculture Society; Global Aquaculture Alliance; World Aquaculture Society

[9] Stefan Bergleitner (Naturland); Sara Gräslund (Stockholm University, Department of System Ecology)

[10] Uwe Barg (FAO)

[11] Environment Canada (Environmental Protection Branch, Pollution Prevention Division)

[12] z.B. Vertreiber von Aquakultur-Chemikalien; Futtermittelhersteller

4.2 Beschreibung der Datenlage

Im Folgenden wird die Datenlage zum Chemikalieneinsatz in der Aquakultur hinsichtlich der qualitativen und quantitativen Aspekte betrachtet.

4.2.1 Qualitative Daten

Veröffentlichungen, die Auflistungen von allgemein, weltweit in der Aquakultur eingesetzten chemischen Mitteln bieten, konnten nicht identifiziert werden. Als Veröffentlichungen mit regionalem Bezug konnten einzelne Arbeiten, etwa die Studien von Arthur et al. (1997) und Rohana et al. (1997) über den Einsatz von Chemikalien in der asiatischen Aquakultur oder die Publikation der Cantox Environmental Inc (2001) über den Einsatz in der regionalen Aquakultur der kanadischen Atlantikküste, identifiziert werden. Darüber hinaus konnten einzelne Veröffentlichungen identifiziert werden, die systembezogene Anwendungslisten aufführen, wie etwa über den Einsatz von chemischen Mitteln in der Küsten-Aquakultur (FAO, 1997) bzw. der Marikultur (Alderman et al., 1994) oder der Teich-Aquakultur (Boyd & Massaud, 1999). Detaillierte Untersuchungen über das Spektrum der eingesetzten Chemikalien bei der Produktion spezifischer Spezies mit lokal stark begrenztem Bezug liegen vereinzelt vor, wie etwa die Untersuchung von Gräslund et al. (2003) zum Chemikalieneinsatz im intensiven Shrimp-Farming in Thailand. Eine Liste der Publikationen, die auswertbare Daten zum Spektrum eingesetzter Agenzien in der Aquakultur enthielten, findet sich in Kombination mit der Übersichtstabelle in Anhang 11.7.

4.2.2 Quantitative Daten

Verfügbare quantitative Daten über den globalen Einsatz von Chemikalien in der Aquakultur existieren bisher nicht (siehe hierzu auch Kapitel 6)(Barg schriftl. Mitteilung 2003; Gräslund, schriftl. Mitteilung 2003). In der Regel ist lediglich die Tatsache bekannt, dass eine Substanz angewandt wird. Nur einzelne Sachverständige mit Kenntnis über die in diesem Industriesektor gängige Praxis sind überhaupt in der Lage den Umfang der Verwendung einzelner Substanzen qualitativ als „vernachlässigbar“, „häufig“ oder „weit verbreitet“ etc. zu beschreiben (FAO, 1997). Anwendungsdaten mit lokal stark begrenztem Bezug für die Produktion spezieller Spezies liegen vereinzelt vor. Hierzu zählt etwa die Feldstudie von Gräslund et al. (2003) in deren Rahmen 76 Farmer von hauptsächlich intensiver Shrimp-Aquakultur in Thailand über den qualitativen und quantitativen Einsatz von biologischen und chemischen Mitteln befragt wurden. Auch eine Untersuchung über den Einsatz von Chemikalien in der regionalen Lachs- und Forellenproduktion der kanadischen Atlantikküste kann hierzu gerechnet werden (Cantox Environmental Inc., 2001). Die Autoren einer weiteren Studie über die mit dem Einsatz von Chemikalien in der Teich-Aquakultur verbundenen Risiken (Boyd & Massaut, 1999) nennen zwar für einige Substanzen „typische Anwendungsraten“ in Menge pro Fläche Aquakultur gekoppelt mit Anwendungsfrequenzen. Es werden jedoch nur teilweise volumenbezogene Konzentration in der Kultur angegeben und es wird keine spezies- oder länderspezifische Unterscheidung vorgenommen oder ein Bezug zur Menge der produzierten Organismen gegeben. Als ökonomische Größe konnte im Rahmen der vorliegenden Untersuchung lediglich eine von Gräslund et al. (2001) zitierte Angabe identifiziert werden, nach der im Jahr 1995 für das Shrimp-Farming in Thailand Chemikalien im Wert von 100 Millionen US $ eingesetzt wurden.

4.3 Spektrum der in der Aquakultur eingesetzten chemischen und biologischen Mittel

Nach Auswertung der im Rahmen dieser Vorstudie untersuchten Datenquellen finden derzeit insgesamt weit über 300 chemische und biologische Mittel der verschiedensten Klassifizierung Anwendung in der Aquakultur.

Zu den eingesetzten Wirkstoffen und Produkten zählen:

- Antibiotika
- Sonstige Therapeutika (andere als Antibiotika: z.B. Papain zur krankheitsvorbeugenden Reduzierung der gelatinösen Matrix von Fischeiern in Brutanstalten)
- Impfstoffe
- Biozide (inkl. bewuchshemmender Chemikalien = Antifouling)
- Desinfektionsmittel
- Pestizide (inklusive u.a. Herbizide, Fungizide, Insektizide, Molluskizide, Piscizide, Parasitizide)
- Anästhetika
- Komponenten zur Behandlung von Boden und Wasser (z.B. pH-Regulierung))
- Anorganische u. organische Düngemittel
- Hormone
- Immunostimulantien
- Mikroorganismische Produkte
- Vitamine
- Enzyme

4.3.1 Klassifizierung der eingesetzten Wirkstoffe

Im Rahmen dieser Vorstudie wird auf die Darstellung solcher chemischen und biologischen Mittel fokussiert, die zur Behandlung veterinärmedizinischer und/oder hygienischer Probleme eingesetzt werden (Impfstoffe werden nicht betrachtet) oder die dazu bestimmt sind, auf chemischem oder biologischem Wege Schadorganismen (von Einzellern bis zu Wirbeltieren) zu zerstören, abzuschrecken, unschädlich zu machen, Schädigungen durch sie zu verhindern oder sie in anderer Weise zu bekämpfen. Auch antimikrobielle Wirkstoffe (inkl. Antibiotika) gehören hierzu. In der vorliegenden Arbeit wird, im Hinblick auf andere existierende Definitionen, für diese Art von Substanzen der Begriff „Biozide im weiteren Sinne“ verwendet. Die Definition des Begriffs „Biozide“, wie sie z.B. in rechtlichen Regelungen erfolgt, wird hier nicht verwendet.

Von den Autoren der ausgewerteten Datenquellen wurde keine einheitliche Klassifizierung der Substanzen vorgenommen. Der Begriff „Pestizid“ beispielsweise wird von den Autoren teilweise im breiteren Sinne verwandt und beinhaltet Desinfektionsmittel. An anderer Stelle wird die Zugehörigkeit zu Pestiziden spezifischer interpretiert und beschränkt sich auf Chemikalien, die gezielt eine bestimmte Gruppe von Organismen, wie beispielsweise Algen, abtöten. Die gleiche Substanz wird daher je nach Einsatzweck und Definition von einigen

Autoren als Desinfektionsmittel bezeichnet, während sie in anderen Studien unter antimikrobielle Substanz, Pestizid oder auch Antifouling aufgeführt werden kann.
Diese Sachlage zeigt einerseits auf, dass keine einheitlich definierte Klassifizierung der in der Aquakultur angewandten Wirkstoffe und Produkte verwendet wird. Andererseits zeigt es auf, dass ein Wirkstoff bzw. Produkt für verschiedene Anwendungszwecke eingesetzt werden kann. Beispielsweise werden Antibiotika auch in niedrigerer Dosierung als Wachstumsförderer eingesetzt. Ein anderes Beispiel ist Löschkalk, der meistens als „Liming material“ zur pH Regulation eingesetzt wird und als „Komponente zur Behandlung von Boden und Wasser“ aufgeführt wird. Aufgrund seiner bioziden Wirkung kann Löschkalk aber auch als Biozid eingesetzt werden (FAO/NACA/WHO, 1999; Barg, schriftl. Mitteilung 2003). Unklar bleibt hierbei, ob die biozide Wirkung als Ziel oder als positiver Nebeneffekt Verwendung findet. Aus diesem Umstand heraus entsteht anscheinend die Schwierigkeit, Wirkstoffe bzw. ihre Produkte nach bestimmten Anwendungszwecken einzuordnen.

„Biozide im weiteren Sinne“

In der vorliegenden Untersuchung wird aufgrund dieser uneindeutigen Situation keine weitere Unterteilung der als „Biozide im weiteren Sinne“ (Definition siehe vorige Seite) zu verstehenden Substanzen vorgenommen. Alle Wirkstoffe und Produkte, die zumindest von einem Autor als Antibiotika, sonstige Therapeutika, Pharmazeutika, Desinfektionsmittel, Bakterizide, antimikrobielle Agenzien, Pestizide (Algizide, Herbizide, Fungizide, Insektizide, Molluskizide, Piscizide, Parasitizide) oder Antifouling bezeichnet werden, sind in alphabetischer Reihenfolge in Tabelle 3 (Kapitel 4.3.3) und in Tabelle 11 (Anhang 11.7) wiedergegeben.

4.3.2 Identifizierbarkeit

Die in den ausgewerteten Datenquellen aufgeführten chemischen und biologischen Mittel konnten aufgrund mangelnder Identifizierung nicht alle für diese Vorstudie verwendet werden. Dies liegt etwa daran, dass zahlreiche der in Felduntersuchungen aufgefundenen Produkte von den Autoren aufgrund fehlender oder mangelhafter Beschriftung, nicht originaler Verpackung etc. nicht eindeutig identifiziert und zugeordnet werden konnten. So stießen beispielsweise Gräslund et al. (2003) auf insgesamt 36 „unidentifizierbare Pestizide oder Desinfektionsmittel“, die von thailändischen Shrimp-Farmern eingesetzt werden. Darüber hinaus fanden sich in der untersuchten Literatur teilweise Gruppen-Benennungen ohne nähere Identifizierung der einzelnen Wirkstoffe wie z.B. „Quartäre Ammoniumverbindungen“, ausschließlich Produktnamen ohne identifizierte Wirkstoffe oder Nennung von uneindeutigen, chemischen Trivialnamen. In diesen Fällen wurden in Chemikalien-Datenbanken wie Chemfinder und Chemindex fehlende CAS-Nummern bzw. eindeutige Trivialnamen zur Identifizierung recherchiert. Konnte eine eindeutige Identifizierung auch durch Recherchen im Internet nicht vorgenommen werden, wurden derartige Angaben in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt. Englischsprachige Chemikalienbezeichnungen wurden ins Deutsche übersetzt.

4.3.3 Identifizierte chemische und biologische Mittel

Insgesamt wurden 173 Wirkstoffe, Wirkstoffgemische und Naturextrakte identifiziert, die in der Aquakultur Anwendung finden und den Bioziden im weiteren Sinne zuzurechnen sind.

Unter den genannten finden sich etwa 60 Antibiotika, die zum Teil auch weitverbreitet Anwendung in der Humanmedizin finden, wie etwa Penicillin oder Tetracyclin und deren Derivate. Unter den eingesetzten Antibiotika finden sich auch solche, die in einigen Ländern für den Einsatz in der Aquakultur verboten oder stark reglementiert sind, wie etwa Chloramphenicol (siehe Kapitel 5.4). Auch über 30 klassische Pestizidwirkstoffe aus der Landwirtschaft wie etwa die Organophosphate Diazinon, Dichlorvos, Malathion oder Monochrotophos werden in der Aquakultur eingesetzt. Des weiteren finden sich auch Wirkstoffe wie etwa Tributylzinn oder Kupferverbindungen, die von ihrer Anwendung als Antifoulinganstriche im Schiffsbau her geläufig sind. Klassische Desinfektionsmittel wie Formaldehyd oder Chlor, die in vielen Sektoren weit verbreitete Anwendung finden, sind ebenso Bestandteil der identifizierten Biozide im weiteren Sinne wie etwa Farbstoffkombinationen (Acid blue/Acid yellow), die sonst eher aus dem Textilsektor ein Begriff sind. Neben einzelnen Wirkstoffen werden auch Wirkstoffkombinationen in der Aquakultur angewendet. Hier sind zum Beispiel kombinierte Antibiotikapräparate, wie etwa Benzylpennicillin + Dihydrostreptomycin oder Gemische aus Wasserstoffperoxid und Peressigsäure zu nennen. Neben den chemischen Mitteln wurden auch Pflanzenextrakte mit biozider Wirkung identifiziert, die bei der Kultivierung aquatischer Organismen verwendet werden. Hierzu zählen etwa Zwiebel- oder Knoblauchextrakte, Nikotin, Extrakte aus der Derris-Wurzel (Rotenon) oder auch Saponin.

In Tabelle 3 werden die Namen der identifizierten Biozide im weiteren Sinne in alphabetischer Reihenfolge aufgelistet. In Anhang 11.7 werden die identifizierten chemischen und biologischen Mittel in einer weiteren Tabelle (Tabelle 11) mit zusätzlichen, orientierenden Informationen dargestellt. Neben den Namen der Wirkstoffe, Wirkstoffgemische und Naturextrakte finden sich in dieser Tabelle – ohne Anspruch auf Vollständigkeit - weitere Angaben, die in den ausgewerteten Informationsquellen angegeben waren oder zusätzlich recherchiert wurden. Hierzu zählt zum Beispiel die Zuordnung der Wirkstoffe zu bestimmten chemischen Gruppen, wie etwa Iodophore, Penicillinpräparate oder Sulfonamide. Außerdem werden hier Beispiele für weitere sogenannte Trivialnamen oder kommerzielle Produktnamen, unter denen die Wirkstoffe und Wirkstoffgemische vermarktet werden, genannt. Chemische Verbindungen können eine Vielzahl verschiedener Trivialnamen tragen. Eine eindeutige Zuordnung einer Substanz erlauben nur CAS-Nummern. Diese sind, soweit identifizierbar, in einer weiteren Spalte aufgelistet. Die CAS-Nummern wurden zum Teil von den Autoren angegeben und zum Teil in chemischen Datenbanken wie Chemfinder oder Chemindex nachrecherchiert. Des weiteren werden in den Spalten „Anwendung“ und „Anwendung (Untergruppe)“ zum besseren Verständnis der Funktion der eingesetzten chemischen und biologischen Mittel, die von den Autoren vorgegebenen Angaben über den Anwendungszweck genannt. Wurde in den verschiedenen Publikationen mehr als ein Anwendungszweck für einen Wirkstoffl genannt, so ist in der Tabelle beispielhaft nur eine Anwendung wiedergegeben. So finden sich hier etwa Einträge wie die den Pestiziden zuzuordnenden Piscizide, Insektizide, Molluskizide etc., sowie Desinfektionsmittel oder auch Antibiotika. Wenn keine Einträge in einer dieser Spalten gemacht wurden, bedeutet dies nicht, dass der genannte Wirkstoff keinen Anwendungszweck hat oder keiner chemischen Gruppe zuzuordnen ist,

sondern lediglich, dass diesbezüglich von keinem der Autoren Angaben gemacht wurden. In Tabelle 11 werden außerdem für jeden Wirkstoff-Eintrag alle Publikationen aufgelistet, in denen der jeweilige Wirkstoff genannt wurde, die gesamte zur Tabelle gehörende Referenzliste findet sich im Anschluss an die Tabelle.

Tabelle 3: **Chemische und biologische Mittel (Biozide im weiteren Sinne[13]) in der Aquakultur**

Acid blue / Acid yellow	Dichlobenil	Kupfer	Polyethoxypolypropoxy-polyethoxyethanol - Jod Komplex
Acriflavin	Dichlon	Kupfer (chelatgebunden)	Polyvinylpyrrolidon-Iod Komplex
Aluminiumsulfat	Dichlorvos	Kupferchlorid	Praziquantel
Ameisensäure	Dicloxacillin	Kupferoxid	Pyrethrum
Amitrol	Didecyldimethyl-ammoniumbromide	Kupfersulfat	2-Pyrrolidinon
Ammoniak	Didecyldimethyl-ammoniumchlorid	Kupfersulfat-Pentahydrat	Rifampicin
Amoxycillin	Diflubenzuron	Levamisole	Ronidazol
Ampicillin	Dimetridazol	Lincomycin	Rotenon
Antimycin	Diquat	Magnesiumhydroxid	Salzsäure (verdünnt)
Azamethiphos	Diquatdibromid	Magnesiumoxid	Saponin
Azinphosethyl	Diuron + Folpet	Magnesiumsulfat	Sarafloxacin
Benzalkoniumchlorid	Dolomit (MgCO3)	Malachitgrün	Simazin
Benzylpenicillin	Doramectin	Malathion	Somatosalm
Benzylpenicillin + Dihydrostreptomycin	Doxycyclin	Mebendazol	Spiramycin
Bicozamyzin	Emamectinbenzoat	Methylenblau	Streptomycin
Bronopol	Endosulfan	Monochrotophos	Rifampicin
Calciumchlorid	Endothall	Nalidixin	Sulfadiazin
Calciumhypochlorit	Enheptin	Natamycin	Sulfadiazin + Trimethoprim
Calciumsulfid	Enrofloxacin	Natriumdichlorisocyanat	Sulfadimethoxin
Calziumhydroxid	Erythromycin	Natriumhypochlorit	Sulfamerazin
Calziumhydroxid + Ammonium Phosphat	Fenbendazol	Natriumsulfit	Sulfamethazin
Calziumkarbonat	Florfenicol	Natriumthiosulfat	Sulfonamid:Ormetoprim Komplex
Calziumoxid	Flumequin	Neomycin	Teflubenzuron
Carbarsone	Formaldehyd	Niclosamid	Tetracayclin Derivate
Carbaryl	Fosfomycin	Nifurpirinol	Tetracyclin
Chlor	Fullers Earth	Nikotin	Thiaminhydrochlorid
Chloramin-T	Furaltadon	Nitrofurazon	Thiamphenicol
Chloramphenicol	Furanace	Norfloxacin	Thiopental iv
Chlorpyriphos	Furazan	Novobiocin	Tiamulin
Chlortetracyclin	Furazolidon	Olaquindox	Tributylzinn
Ciprofloxacin	Gentamicin	Ormetoprim	Trichlorphon
Cloxacillin	Glutaraldehyd	Oxacillin	Trifluralin

[13] Eine Definition des in vorliegender Vorstudie verwendeten Begriffs „Biozide im weiteren Sinne“ ist in Kapitel 4.3.1 auf Seite 15 wiedergegeben

Tabelle 3: Chemische und biologische Mittel (Biozide im weiteren Sinne[13]) in der Aquakultur

Co-trimaxozol	Glyphosat	Oxolinsäure	Trimethoprim
Co-trimazin	Hypobromit	Oxytetracyclin	Triphenylzinn
Cycloheximidin	Hypochlorit	Oxytetracyclin hydrochlorid	Triphenylzinnacetat
Cycloserin	Ivermectin	Ozon	Triphenylzinnchlorid
Cypermethrin	Jod	Papain	Tylosin
2,4-D	Jod; Nonylphenoletoxylat; Natriumdihydrogenphosphat; Alkoholetoxylat	Parathion	Wasserstoffperoxid (H2O2)
2,4-D (Dimethylamin-Salz)	Kaliumdimethyldithiocarbamat	Penethamat	Wasserstoffperoxid (H2O2) / Peressigsäure
2,4-D (Isooctylester)	Kaliumpermanganat	Penicillin	Xylol
2,4-D und Butoxyethylester	Kaliumperoxysulfat / Sulfamidsäure	Perfloxacin	Zwiebel
Deltametrin	Kalium-Ricinoleat	Peroxyessigsäure	
Diazinon	Kanamycin	Phosphorsäure / 2-Butoxyethanol / Iod / Oxiranmethylpolymer mit Oxiranmonobutylether	
Dibutylzinndilaurat	Knoblauch	Piromidinsäure	

5 Gefährdungspotentiale der eingesetzten chemischen und biologischen Mittel

Bewertungsrahmen

Nach der durchgeführten Daten- und Literaturrecherche lassen sich insgesamt 173 chemische und biologische Stoffe identifizieren, die zwar mit unterschiedlicher Zweckbestimmung in der Aquakultur eingesetzt werden, jedoch alle in ihrer Wirksamkeit dem Abtöten von Organismen dienen und als Biozide im weiteren Sinne zu verstehen sind. Dazu zählen Antibiotika, bewuchshemmende Chemikalien (Antifoulings), antimikrobielle Agenzien, Desinfektionsmittel sowie Pestizide (u.a. Algizide, Molluskizide, Parasitizide) und sonstige Therapeutika.

Zur Bewertung der umwelt- und humantoxikologischen Relevanz von Chemikalien sind im Rahmen einer Risikoabschätzung immer zwei Elemente einzubeziehen. Erstens die Analyse des toxikologischen und ökotoxikologischen Gefährdungspotentials der Substanz oder der Stoffgemische und zweitens die Abschätzung der möglichen Stoffexposition für Mensch und Umwelt, z.B. für aquatische Lebensgemeinschaften.

Da in den meisten Literaturquellen zur Aquakultur Informationen zu Anwendungsmengen und -frequenz, zu möglichen Expositionspfaden oder zu Rückstandskonzentrationen der eingesetzten Stoffe in angrenzenden Umweltkompartimenten wie Böden und Gewässer nicht genannt werden, muss sich die Charakterisierung auf eine Gefährdungsbeurteilung der Einzelstoffe oder von Stoffgruppen beschränken.

Hierzu wurde die PAN Germany Datenbank genutzt; die gelisteten Substanzen wurden hinsichtlich verschiedener Klassifizierungssysteme abgefragt. Die Klassifizierungen verschiedener Organisationen/Institutionen behandeln die Parameter akute und chronische Toxizität, aquatische und terrestrische Ökotoxizität sowie spezifische, kritisch zu bewertende Wirkeigenschaften.

Die genutzten Klassifizierungssysteme werden in der folgenden Ergebnisdarstellung sowie in den jeweiligen Anhängen 11.8 bis 11.10 näher beschrieben. Substanzen, die aufgrund des Fehlens einer CAS-Nummer nicht eindeutig identifiziert werden können, konnten nicht überprüft werden. Zudem kann das Fehlen einer Chemikalie in den verwendeten Klassifizierungssystemen nicht als Indiz für die Ungefährlichkeit des Stoffes interpretiert werden. So fallen z.B. die Antibiotika aus dem genutzten Analyserahmen heraus. Daher wird der Problematik der Nutzung von Antibiotika in der Aquakultur ein gesonderter Abschnitt gewidmet.

5.1 Humantoxikologische Klassifizierung

Es existieren verschiedene international etablierte Kriterien zur Beurteilung der Humantoxizität. Allgemein akzeptiert sind die Klassifizierungsrichtlinien zur akuten Toxizität von Pestiziden der Weltgesundheitsorganisation WHO. Für die Abschätzung irreversibler Effekte, wie Kanzerogenität, Mutagenität, Reproduktionstoxizität werden verschiedene Klassifizierungssysteme der Europäischen Union, der amerikanischen Umweltschutzbehörde U.S. EPA oder der internationalen Krebsforschungsbehörde IARC (International Agency of Research on Cancer) herangezogen. Als weiteres Kriterium für die chronische Gefährlichkeit einer Substanz dient die Berechnung des „acceptable daily intake“ (ADI-Wert) der WHO.

Eine detaillierte Definition der genannten Klassifizierungsrichtlinien findet sich zusammen mit der tabellarischen Übersicht der klassifizierten Chemikalien in englischer Sprache in Anhang 11.8.

5.1.1 Akute Toxizität

Die akute Toxizität einer Substanz ist ein übliches und akzeptiertes Kriterium in der Gefährdungsbeurteilung von chemischen Stoffen. Anhand standardisierter Tierversuche, zumeist mit Laborratten, wird der LD_{50} Wert bestimmt, die Dosis mit der 50% der Testpopulation getötet wird.

Klassifizierung der WHO

Seit Ende der siebziger Jahre publiziert die Weltgesundheitsorganisation (WHO) Klassifizierungsrichtlinien und Gefährlichkeitseinstufungen für Pestizide (WHO, 2000-02). Die Richtlinien werden alle zwei Jahre überarbeitet. Beurteilt wird der Einzelwirkstoff (fest oder flüssig) anhand von Toxizitätstest über dermaler oder oraler Aufnahmeroute. Der Aufnahmeweg über Inhalation wird nicht berücksichtigt, ebenso Gemische oder das toxische Potential von Formulierungshilfsstoffen. Die WHO Klassifizierungsrichtlinien basieren auf der Datensammlung des International Programme on Chemical Safety (IPCS), in die jede Partei (Forschung, Industrie etc.) Stoffdaten einbringen kann. Andere bekannte Gesundheitseffekte, z.B. chronische wie die Kanzerogenität, fließen in die Beurteilung mit ein.

Für 28 Pestizidwirkstoffe der 173 identifizierten Wirkstoffe, die in der Aquakultur eingesetzt werden, finden sich Klassifizierungen der WHO zu ihrer akuten Giftigkeit (Annex 11.8). Parathion, ein Organophosphat, wird als extrem gefährlich eingestuft (Klasse Ia), Azinphos ethyl, Dichlorvos, Monochrotophos und Nikotin sind laut WHO hoch gefährlich (Klasse Ib) und 12 weitere Stoffe sind als mäßig gefährlich eingestuft (Klasse II). 3 Stoffe gelten als minder gefährlich (Klasse III) und 7 Stoffe als wahrscheinlich ungefährlich bei korrekter Anwendung (Klasse U).

Klassifizierung der Europäischen Union

Die wichtigste und umfassendste Regulierung von gefährlichen Substanzen in der Europäischen Union bildet die Richtlinie 67/548/EEC vom 27 Juni 1967 „zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe“ (EEC, 1967). Bislang sind 28 Neufassungen, Ergänzungen oder Veränderungen der Richtlinie vorgenommen worden, die auf der Webseite der EU dokumentiert sind (EEC, 2000). Die Liste mit gefährlichen Chemikalien, ihre Risikoeinstufungen, Informationen zur Kennzeichnung und Verpackung sowie Risiko- und Sicherheitshinweise sind im Annex I der Richtlinie zusammengefasst.

Das Klassifizierungssystem der EU ist umfassender als das der WHO. Einerseits umfasst das Stoffspektrum mehr als nur Pestizide, andererseits erlauben die Informationen ein relativ umfassendes Instrument für die Beurteilung von Chemikalien. So werden Gefährlichkeitssymbole mit deskriptiven Risikohinweisen zur akuten Toxizität kombiniert und um Kategorien zur chronische Toxizität erweitert (kanzerogene, reproduktive und mutagene Effekte, s.u.).

Die EU klassifiziert insgesamt 41 Stoffe bzw. Stoffgruppen der 173 identifizierten Mittel, die in der Aquakultur eingesetzt werden, gemäß der EU-Richtlinie 67/548 mit Gefahrensymbolen und Sicherheitshinweisen (Annex 11.10). Sieben Substanzen werden als sehr giftig (Symbol T+) eingestuft: Azinphos ethyl, Dichlorvos, Diquat-dibromid, Monochrotophos, Nikotin, Parathion und Triphenylzinnacetat. Weitere 10 Stoffe gelten als giftig (Symbol T), 15 als schädigend (Symbol Xn), vier Substanzen als reizend (Symbol Xi) und zwei sind ätzende Substanzen (C).

5.1.2 Chronische Toxizität und irreversible Schädigungen

Die zur Zeit berücksichtigten Wirkendpunkte zur Beschreibung der chronische Toxizität und irreversibler Schädigungen von Chemikalien sind Krebs, Veränderungen des Erbmaterials (Mutagenität) sowie Effekte auf die Reproduktion bzw. Schädigungen der nachfolgenden Generationen. Zu diesen Effekten liegen verschiedene anerkannte Richtlinien und Klassifizierungssysteme vor.

Die Beurteilungsstrategien, die von den Organisationen der EU, der amerikanischen Umweltschutzbehörde U.S. EPA sowie der WHO genutzt werden, sind sehr ähnlich. In der Regel werden zunächst Chemikalien, die einer Beurteilung unterzogen werden sollen, selektiert. Ein Expertengremium überprüft die Validität der verfügbaren toxikologischen Daten und gewichtet diese. Die zur Beurteilung herangezogenen Daten umfassen sowohl tierexperimentelle Studien als auch, wenn verfügbar, epidemiologische Studien nach Stoffexpositionen bei Menschen. In der Regel ist die Datendichte für Pestizide weitaus größer als für Industriechemikalien, da Pestizide in den meisten Staaten eine recht umfassende Zulassungsprüfung vor ihrer Vermarktung durchlaufen müssen. Bei Industriechemikalien reicht bislang eine Anmeldung aus, die je nach produzierter Tonnage eine unterschiedlich umfangreiche Prüfung auf ihre Gesundheits- und Umweltgefährdung einschließt, die in der Regel jedoch den Informationsumfang für Pestizide nicht erreicht.

Einen Hinweis auf die chronische Giftigkeit einer Substanz bietet ebenfalls der kalkulierte Acceptable Daily Intake (ADI-Wert). Dieser Wert bildet die Dosis eines Stoffes ab, die ein Mensch lebenslang, ohne gesundheitliche Schäden davonzutragen, täglich zu sich nehmen könnte. Die Kalkulation stützt sich auf den jeweiligen wissenschaftlichen Kenntnisstand aus Tierexperimenten und ist somit revidierbar.

Zusatzinformationen zu den Klassifizierungssystemen und eine Liste der klassifizierten Substanzen finden sich in Annex 11.8.

Kanzerogenität

Nach Klassifizierung der EU gemäß Richtlinie 67/548 gibt es bei sechs der identifizierten 173 in der Aquakultur eingesetzten Biozide Hinweise auf kanzinogene Eigenschaften. Sie werden in die Klasse 3 mit dem Gefahrenhinweis R40 „Limited evidence of a carcinogenic effect“ eingestuft. Dies sind die Substanzen Amitrol, Carbaryl, Folpet, Formaldehyd, Simazin und Triphenylzinnacetat.

Die International Agency for Research on Cancer (IARC) ist eine Institution der WHO. Seit 1972 beurteilt die IARC, unter Beteiligung internationaler unabhängiger Expertengruppen ausgewählte Chemikalien und erstellt Monographien. Bislang wurden 860 chemische Stoffe bewertet.

Es finden sich 26 der in der Aquakultur eingesetzten 173 Stoffe in der IARC-Liste. Zwei Stoffe, das Antibiotikum Chloramphenicol sowie das als Desinfektionsmittel eingesetzte Formaldehyd, werden als wahrscheinlich krebserregend eingestuft (Klasse 2A). Weitere sieben Stoffe gelten als mögliche Karzinogene (Klasse 2B), darunter 2,4-D, Amitrol, Dichlorvos und Folpet. Die restlichen 17 Stoffe sind hinsichtlich ihrer Kanzerogenität nicht klassifizierbar (Klasse 3).

Die amerikanische Umweltschutzbehörde U.S. EPA hat ebenfalls 24 der identifizierten 173 Stoffe gelistet, die sich jedoch nicht vollständig mit den IARC Einstufungen decken. Hier werden die Stoffe Amitrol, Formaldehyd und Pyrethrine (Pyrethum) als wahrscheinlich krebserregend eingestuft (Klassen B1, B2, Likely), sechs weitere Stoffe als mögliches Karzinogen (Klasse C).

Für fünf Stoffe reicht die Datenlage nicht aus, um eine sichere Beurteilung durchzuführen und 10 Stoffe werden als wahrscheinlich nicht krebserregend bewertet (Klasse E, Not Likely).

Fortpflanzung - Reproduktion

Nur Triphenylzinnacetat wird von der EU nach Richtlinie 67/548 eingestuft, und zwar in Klasse 3. Der Gefährdungshinweis R63, der von der EU für Triphenylzinnacetat vergeben wurde, verdeutlicht, dass bei einer Exposition mit Triphenylzinnacetat ein mögliches Risiko besteht, das ungeborene Kind zu schädigen.

Mutagenität

Bei dem Organophosphat Monochrotophos bestehen nach der EU-Klassifizierung Anhaltspunkte auf eine mutagene Wirkung beim Menschen (Klasse 3) und es wird ein mögliches Risiko von irreversiblen Effekten angenommen (R 68).

Chronische Giftigkeit durch ADI (WHO) bestimmt

Die WHO hat bislang für 20 der identifizierten 173 Stoffe ADI-Werte festgelegt. Danach sind Triphenylzinnacetat und Triphenylzinnchlorid mit einer duldbaren täglichen Aufnahme von 0,0005 mg/kg Körpergewicht am giftigsten, gefolgt von Monocrotophos mit einem ADI-Wert von 0,0006 mg/kg Körpergewicht.

Eine detaillierte Beschreibung der Klassifizierungsrichtlinien und eine Auflistung der klassifizierten Wirkstoffe findet sich in Annex 11.8.

5.2 Ökotoxikologische Klassifizierung

Zur Beurteilung der Umweltgefährdung gibt es nur wenige Klassifizierungssysteme. So konnten für diese Vorstudie nur zwei Quellen herangezogen werden. Zum einen ist dies die Klassifizierung der Europäischen Union für gefährliche Stoffe nach EU-Richtlinie 67/548/EEC (s.o.), zum anderen ein Beurteilungs- und Rankingmodell zur Abschätzung von Umweltbelastungen durch den Einsatz von Pestiziden in der Landwirtschaft, entwickelt von der Cornell Universität in New York. Da es für den Landwirtschaftssektor entwickelt wurde, ist das System der Universität Cornell nur eingeschränkt geeignet für die Beurteilung des Umweltgefährdungspotentials von in der Aquakultur eingesetzten Substanzen (siehe unten).

Annex 11.9 bietet eine detailliertere Beschreibung der Klassifizierungssysteme sowie eine Liste der klassifizierten Substanzen.

EU- Klassifizierung

Ausgehend von den Befunden aus Laborexperimenten an ausgewählten Gewässerorganismen (Fisch-, Wasserfloh- und Algentests) werden von der EU gefährlichen Chemikalien entsprechend ihrer Umweltrisiken Gefährdungssymbole und Gefährdungshinweise zugeordnet. Zusätzlich werden die Stoffe hinsichtlich ihrer Gefährdungspotentiale für andere Ökosysteme (als die der aquatischen) eingestuft, die zusätzlich mit entsprechenden Gefährdungshinweisen differenziert werden können, z.B. „Gefährlich für Bienen“ oder „Gefährlich für die Ozonschicht“.

Insgesamt finden sich in der EU-Klassifikation 32 von den 173 identifizierten, in der Aquakultur genutzten Chemikalien. Davon sind 31 Substanzen als gefährlich für die Umwelt klassifiziert (Klasse N). 11 Stoffe sind mit dem Risikosatz „Sehr giftig für aquatische Organismen“ (R 50) versehen. Bei 22 Substanzen sind negative Langzeiteffekte in der aquatischen Umwelt möglich. Davon sind 17 Substanzen sehr giftig für aquatische Organismen (R 50/53), 4 Stoffe sind giftig (R 51/53) und eine Chemikalie wird als umweltschädigend eingestuft (R 52/53).

Universität Cornell

In dem Modell der Cornell Universität fließen zahlreiche Informationen zu den physikochemischen Stoffeigenschaften, der Toxizität und der Belastungspfade für verschiedene Umweltkompartimente bzw. Organismen ein. Entsprechend der Pestizideigenschaften wird jeder Parameter unterschiedlich gewichtet und anschließend der „Environmental Impact Quotient“(EIQ, Umwelt-Effekt-Quotient) berechnet (Cornell University, 1999).

Zum Beispiel wird das Schädigungspotential für Fische über die Bestimmung der Toxizität und des Expositionspotentials, in Form des run-off Potentials (Auswaschungspotential von einer Fläche in ein Gewässer) kalkuliert. In diesem Modell kommen somit Kriterien zum Tragen, die speziell den landwirtschaftlichen Bereich abbilden und somit für die besondere Situation in Aquakulturen nur einen groben qualitativen Anhaltspunkt liefern können. Das System der Cornell Universität ist eher ungeeignet für die Beurteilung des Umweltgefährdungspotentials von in der Aquakultur eingesetzten Substanzen. Das Gefährdungspotential der in der Aquakultur eingesetzten Substanzen wird in diesem System nämlich deutlich unterschätzt, da es etwa das Auswaschungspotential kalkuliert (run-off Potential), während die Substanzen in der Aquakultur direkt in den Wasserkörper eingebracht werden und somit mit höheren Konzentrationen das aquatische System belasten. In Ermangelung klassifizie-

render Systeme, die die spezielle Anwendung in der Aquakultur berücksichtigen, wird auf dieses System zurückgegriffen. Es muss jedoch betont werden, dass das tatsächliche Umweltgefährdungspotential der eingesetzten Substanzen deutlich höher liegen kann, als es sich nach der Wertung in diesem System darstellt.

Die Modellkalkulation berücksichtigt 23 der in der Aquakultur verwendeten Substanzen. Für Fische wurden Kupfer-Pentahydrat und Amitrol als Stoffe mit den größten Effekten bewertet. Vögel sind besonders durch Parathion, Chlorpyrifos, Kupfer-Pentahydrat, Deltamethrin, Endosulfan und Trifluralin gefährdet. Für Bienen wurden Chlorpyrifos , Parathion , Diazinon, und Diquatdibromid sowie für Nützlinge der Wirkstoff Parathion als besonders kritische Stoffe bewertet.

Insgesamt weisen die in der Landwirtschaft als Pestizide eingesetzten Wirkstoffe Parathion und Chlorpyrifos den höchsten Umwelt-Effekt-Quotienten auf.

5.3 Hormonelle und neurotoxische Effekte

Weitere Anhaltspunkte zur human- und ökotoxikologischen Gefährdung können anhand verschiedener Wirkmechanismen der Stoffe gewonnen werden. In dieser Analyse wird zum Einen der bei Insektiziden erwünschte Wirkmechanismus der Cholinesterase-Hemmung herangezogen. Dieser Wirkmechanismus kennzeichnet Insektizide als Nervengifte, die potenziell zu akuten, aber auch zu längerfristigen Schädigungen bei Mensch und Tier führen kann.

Ein weiterer einbezogener Wirkmechanismus ist die Fähigkeit von Chemikalien, das Hormonsystem von Mensch und Tier zu verändern. Solche Stoffe werden als hormonell wirksam oder als Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs) bezeichnet. Weitere Ausführungen und die klassifizierten Substanzen sind in Annex 11.10 dargestellt.

Hormonelle Wirkung

Die Erkenntnis der endokrinen (hormonellen) Wirksamkeit von Chemikalien, der sogenannten Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs), ist für die Wissenschaft und somit auch für Regulierungbehörden eine relativ neue Problematik. Zur Zeit werden von der OECD und der EU entsprechende Beurteilungsrichtlinien erarbeitet. So gibt es noch keine rechtlich verbindlichen Beurteilungskriterien oder Klassifizierungssysteme für EDCs auf internationaler oder Europäischer Ebene. An dieser Stelle wird eine offizielle Prioritätensetzung der EU für Chemikalien herangezogen (European Commission, 2000), bei denen eine hormonelle Wirkung aus Experimenten oder aus Monitoringstudien bekannt oder aufgrund der Ergebnisse wahrscheinlich ist.

In dieser Einstufung finden sich 15 der identifizierten 173 Substanzen wieder, die in der Aquakultur verwendet werden. Das Herbizid Amitrol sowie Triphenylzinnacetat werden der Kategorie 1 zugeordnet, d.h. in mindestens einer wissenschaftlichen Studie ist die hormonelle Wirksamkeit belegt. Sechs Stoffe, 2,4-D, Dichlorvos, Endosulfan, Malathion, Simazin und Parathion werden als potenziell wirksam eingestuft (Kategorie 2). Für Kupfersulfat bieten die verfügbaren Daten keine Hinweise für eine Einstufung als EDC (Kategorie 3c).

Cholinesterase-Hemmer

Einige insektizide Nervengifte, die Organophospate und N-Methyl Carmabate, besitzen einen primären Wirkmechanismus, der direkt die Reizleitung im Nervensystem hemmt. Sie hemmen das Enzym, das für den Abbau von Neurotransmittern zuständig ist, die Acetylcholinesterase (AChE). Dieser Wirkmechanismus kennzeichnet Insektizide als Nervengifte, die potenziell zu akuten aber auch zu längerfristigen Schädigungen bei Mensch und Tier führen kann.

Neun der 173 identifizierten, in der Aquakultur verwendeten Substanzen sind Cholinesterase-Hemmer und somit als Nervengifte grundsätzlich als problematisch einzustufen.

5.4 Risiken durch Antibiotika

Die Datenrecherche ergibt, dass ein großes Spektrum an Antibiotika in der Aquakultur verwendet wird. Mehr als 60 antibiotische Wirkstoffe konnten identifiziert werden (siehe Tabelle 11 in Anhang 11.7).

In Europa und den USA ist das für die Fischproduktion zugelassene Antibiotikaspektrum recht einheitlich und umfasst nur wenige Wirkstoffe (Tabelle 4).

Tabelle 4: Für die Aquakultur zugelassene Antibiotika in Großbritannien, Norwegen und den USA

Großbritannien* (FAO/NACA/WHO, 1999)	Norwegen* (FAO/NACA/WHO, 1999)	USA (Goldberg et al.,1997)
Oxytetracyclin	Oxytetracyclin	Oxytetracyclin
Oxolinsäure	Oxolinsäure	Sulfamethoxin-ormetropim
Amoxillin	Flumequin	Sulfamerazin
Co-Trimazin (Trimethoprim + sulfadiazin)	Co-Trimazin (Trimethoprim + sulfadiazin)	
	Florfenicol	
	Benzylpenicillin + Dihydrostreptomycin	

* nur zugelassen für die Kultivierung von Fischen

Weltweit betrachtet zeigt sich ein wesentlich weiteres Wirkstoffspektrum, insbesondere in Japan und Südost-Asien. In einigen Ländern gibt es zwar Regulierungen, sie werden jedoch nicht effektiv kontrolliert. In anderen Ländern können Farmer frei die für sie verfügbaren Antibiotika einsetzen, oftmals aus nicht kontrollierten Quellen und in schlechter Qualität (FAO/NACA/WHO,1999).

Dieser unkontrollierte Einsatz kann zu Gefahren für die dort lebende Bevölkerung, den Konsumenten und die Umwelt führen.

Die WHO bewertet die Resistenzbildung gegen antibakteriell wirksame Stoffe als großes weltweites Gesundheitsproblem und empfahl bereits 1997 den Gebrauch von allen Antibiotika, die auch in der Humanmedizin verwendet werden, in der Tierzucht zu beenden (Greenpeace, 2001). Die Gefahr besteht darin, dass sich aufgrund von Antibiotika-Rückständen in Lebensmitteln Resistenzen bei krankheitserregenden Bakterien im menschlichen Körper ausbilden. Werden die gleichen Wirkstoffe in der Humanmedizin eingesetzt, bleiben sie für die Therapie somit wirkungslos. Dies kann das Risiko schwerwiegender Erkrankungen wesentlich erhöhen. Deshalb sind eine Reihe von antimikrobiellen Wirkstoffen in Europa und den USA nicht in der Tierproduktion zugelassen (siehe Tabelle 5) (FAO, 2002).

Tabelle 5 gibt eine Übersicht über die in der Aquakultur relevanten Antibiotika, die unter strenger Regulierung bzw. Verbot stehen.

Tabelle 5: In der Aquakultur eingesetzte, in der EU oder USA verbotene Antibiotika (nach FAO, 2002a)

Substanz	EU-Richtlinie 2377/90/EEC Annex IV [a]	Verboten in den USA[b]	Verboten in den USA[c]
Cloramphenicol	x	x	x
Dimetridazol	x	x	x
Fluoroquinolones		x	x
Furazolidon (except for approved topical use)		x	
Nitrofurane (einschließlich Furazolidon)	x		x
Nitrofurazon (except for approved topical use)		x	
Ronidazol	x		

a) EU-Richtlinie 2377/90/EEC, Annex IV: On safety grounds, no Maximum Residue Limit (MRL) can be set. Substances placed in this Annex are prohibit from use in food animal species, although they may still be used in pet species. EEC, 1994).

b) Prohibit for extra-label animal and human drug uses in food producing animals.

c) Drugs currently banned for use in raising animals in the United States (USFDA, 2002); Source: www.fda.gov/cvm/index/updates/nitroup.htm.

Für den Konsumenten von Lebensmitteln mit Antibiotikarückständen bestehen folgende potenzielle Gefahren (FAO/NACA/WHO, 1999):

- Erzeugung von Medikamentenresistenzen bei krankheitserregenden Bakterien im menschlichen Körper
- Veränderungen der Darmmikroflora
- Allergien
- toxische Effekte

Die Stoffverbote der EU in der Tierproduktion begründen sich auch auf toxische, karzinogene und genotoxische Effekte (EEC, 1995). So kann z.B. Chloramphenicol beim Menschen u. a. Blutarmut (Anämie), Entzündungen der Mundschleimhäute (Stomatitis) oder das „gray baby"-Syndrom verursachen (Schnick, 1991, Goldberg & Triplett, 1997) und ist als wahrscheinlich krebserregend eingestuft (s.o.).

Bei Chloramphenicol kommt es zudem sehr schnell zur Resitenzausbildung. Dies ist insofern sehr bedenklich, da dieser Wirkstoff die letzte Behandlungsmöglichkeit bei Patienten mit akuter *Salmonella typhi* Infektion darstellt. Auch für das in der Aquakultur weitverbreitet eingesetzte Oxytetracyclin sind bereits Resistenzen belegt (FAO, 1997). Verschiedene Untersuchungen belegen allergische Reaktionen und andere Erkrankungen, wie z.B. Darminfekte oder Tumorbildung durch Antibiotika. Studien liegen u.a. zu Oxytetracyclin, Furazolidion, Erythromycin, Kanamycin, Quinolon und Sulfonamid vor (in: Goldberg & Triplett, 1997; Greenpeace, 2001).

Negative Auswirkungen auf die Umwelt sind durch die Ausbildung resistenter Bakterienstämme möglich, sowie über die direkte Schädigungen von Organismen. Resistenzen sind in der Regel in einem größerem Bereich um Produktionsstätten nachweisbar und bestehen länger als messbare Antibiotikarückstände (Husevag et al., 1991).

Die Medikamente werden zumeist über das Futter verabreicht und gelangen dann durch Faeces (Kot) und Futterrückstände in die Umwelt. Es wird geschätzt, dass etwa 75% der verabreichten Antibiotika auf diesem Weg in die Umwelt gelangen und sich an Sedimentpartikel binden oder sich in Lebewesen anreichern. Zum Beispiel wurden Rückstände von Oxolonsäure in wildlebenden Fischen 400 m vom Produktionsort nachgewiesen (Goldberg & Triplett, 1997). In den vergangenen Jahren wurde die Öffentlichkeit des öfteren auf die Problematik von Antibiotikarückständen, insbesondere durch hohe Rückstandsfunde bei Shrimps, aufmerksam. Eine Betrachtung der Ökotoxizität der Antibiotika findet an dieser Stelle nicht statt.

5.5 Zusammenfassende Bewertung

Insgesamt wurden von den 173 bioziden Substanzen/Substanzgruppen, die in der Aquakultur angewendet werden, bei insgesamt 67 Stoffen Einträge in der PAN Germany Datenbank ermittelt. 60 von diesen Stoffen sind nach offiziellen Klassifizierungssystemen der EU, der USA bzw. der WHO als akut oder chronisch gefährlich für die menschliche Gesundheit und/oder für die Umwelt eingestuft. Somit werden in der Aquakultur eine Reihe gefährlicher Stoffe eingesetzt, bei denen nachteilige Auswirkungen für den Anwender, den Konsumenten und für die Umwelt möglich sind.

Beispielsweise werden die Organophosphate Dichlorvos und Trichlorfon, das im Wasser schnell zu Dichlorvos abgebaut wird, weit verbreitet in der Aquakultur eingesetzt. Sie und die anderen Stoffe aus dieser Gruppe können andere Nichtzielorganismen, insbesondere Krustentiere in der Nähe von Aquakulturfarmen schädigen (FAO, 1997).

Organozinnverbindungen, wie Triphenylzinn, sind bereits im Nanogrammbereich hoch toxisch, persistent und zudem hormonell wirksame Substanzen. Sie sind in den meisten Europäischen Ländern in der Landwirtschaft oder als Antifouling-Anstriche für Schiffe streng reglementiert oder verboten (WWF, 2002).

Aber auch kupferhaltige Mittel, die zur Algenbekämpfung eingesetzt werden, können eine Umweltgefährdung darstellen. Sie zählen im Ranking zur Ermittlung der Stoffrisiken für die kanadischen Atlantikregion zu den Top Ten (Ernst, 2001). Ebenso das Desinfektionsmittel Formaldehyd. Formaldehyd wird weltweit in der Aquakultur gegen Verpilzung eingesetzt und stellt besonders für die Anwender ein Gesundheitsrisiko dar (FAO, 1997).

Viele verwendete Chemikalien wurden ursprünglich für andere Anwendungszwecke und Anwendungsorte, insbesondere für die Landwirtschaft, entwickelt. So besteht das Problem, dass die meisten der eingesetzten Substanzen und Produkte niemals speziell für den Bereich der Aquakultur geprüft, d.h. hinsichtlich ihrer Effekte auf die aquatische Umwelt, insbesondere die Küstengewässer, untersucht worden sind (FAO, 1997). Auch wurden bei Anwendung von Medikamenten in der Aquakultur die meisten Studien zur notwendigen Wartezeit in gemäßigten Klimazonen durchgeführt (FAO, 1997), während der Hauptteil der Aquakultur in wärmeren bis tropischen Klimazonen lokalisiert ist. Insofern ist das derzeitige Wissen um Gesundheits- und Umweltauswirkungen, die von dem Chemikalieneinsatz in der Aquakultur ausgehen können, sehr begrenzt.

Es gibt keine oder nur unzureichende Informationen zu den Einsatzmengen, der Anwendungsfrequenz oder zur Art der Entsorgung, mit der Folge, dass Abschätzungen zur realen Exposition von Substanzen für Mensch und Umwelt nicht durchführbar sind. Selbst in hoch regulierten Ländern wie Kanada sind Risikoabschätzungen nur bedingt und unzureichend durchzuführen, da es keine Dokumentationspflicht und keine verantwortlichen staatlichen oder privaten Institutionenen gibt, die entsprechende Informationen sammeln und zur Verfügung stellen (Ernst, 2001).

Andere Studien zu Chemikalienrisiken, wie z.B. die von Boyd & Massaut (1999) verwenden Daten zu „typischen Aufwandmengen“, die entweder von der chemischen Industrie oder aus Empfehlungen von Industrienationen, wie z.B. den USA, stammen.

Es bleibt generell zu fordern, dass Substanzen, die in der Aquakultur eingesetzt werden, eine Zulassungsprüfung speziell für den Anwendungsbereich Aquakultur durchlaufen müssen. Gefährliche Stoffe, die z.B. in der Landwirtschaft aufgrund potenzieller Gewässerbelastungen in zahlreichen Ländern strikt reguliert werden, sollten grundsätzlich nicht in der Aquakultur angewendet werden, da ein geschlossenes Produktionssystem nicht gewährleistet werden kann.

Richtlinien und Empfehlungen sollten erarbeitet und konsequent umgesetzt werden, z.B. eine Dokumentationspflicht, sowie die Verpflichtung der verantwortlichen Behörden entsprechende Informationen zu veröffentlichen. Beratungssysteme sind, insbesondere in den Entwicklungsländern, weiter auszubauen und auch im Sinne eines verbesserten Verbraucherschutzes finanziell von den Industriestaaten zu unterstützen.

6 Einsatz von chemischen Mitteln in Abhängigkeit von produzierten Organismengruppen und Produktionsverfahren

Die Ergebnisse der Recherche in der Fachliteratur und in den Fachdatenbanken sind in Kapitel 4 ausführlich dargestellt. Kernpunkt der Ergebnisse ist, dass über 300 chemische und biologische Substanzen identifiziert werden konnten, die in der Aquakultur eingesetzt werden und dass 173 dieser Substanzen den Bioziden im weiteren Sinne zuzuordnen sind. Für diese wurde eine Abschätzung der Gefährdungspotentiale vorgenommen. Hierbei zeigte sich, dass für insgesamt 60 der identifizierten 173 chemischen und biologischen Mittel mit biozider Wirkung konsentierte Gefährdungsmerkmale ermittelt werden konnten (siehe Kapitel 5). So finden sich hier Stoffe, die nach gängigen Klassifizierungen als wahrscheinlich krebserregend oder als Nervengift eingestuft werden sowie solche, die aufgrund ihrer akuten Giftigkeit als extrem gefährlich eingestuft werden oder für die es Hinweise auf mutagene Eigenschaften gibt. Somit werden in der Aquakulktur zahlreiche gefährliche Stoffe eingesetzt, die möglicherweise nachteilige Auswirkungen für den Anwender, den Konsumenten und für die Umwelt bedingen.

Von weiterem Interesse ist daher an dieser Stelle, wo hauptsächlich diese zum Teil gefährlichen chemischen und biologischen Mittel eingesetzt werden und wer hiervon besonders betroffen ist. Im Rahmen dieser Vorstudie soll daher näher betrachtet werden, in welchen Ländern bei der Produktion welcher Arten der Einsatz von chemischen Substanzen quantitativ besonders relevant ist.

Hierbei ist zunächst von Bedeutung, dass das Stoffspektrum und die Menge der in der Aquakultur eingesetzten chemischen Mittel in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren wie etwa dem kultivierten Organismus, der Produktionsintensität oder dem angewandten Produktionsverfahren variieren. Eine Ausgangshypothese für diese Vorstudie war, dass zwischen der Produktionsintensität und der Aufwandmenge an chemischen Mitteln ein einfacher Zusammenhang besteht. In Kombination mit der Kenntnis darüber, wo welche Produktionsintensitäten vorherrschen, ließen sich hierüber erste Aussagen darüber ableiten, in welchen Ländern bei der Produktion welcher Arten der Einsatz von chemischen Substanzen quantitativ besonders relevant ist.

Zum besseren Verständnis soll an dieser Stelle zunächst die Klassifizierung von Aquakultursystemen nach Produktionsintensität näher definiert werden:

6.1 Zur Klassifizierung nach Intensitätsgrad

Die Europäische Kommission (European Commission, 1995) definiert die Intensitätsstufen in der Aquakulturproduktion folgendermaßen:

Extensive Systeme

Jedes Kultursystem, das weder zusätzliche Zufuhr von Futtermitteln noch direkte Energiezufuhr benötigt, um für das Wachstum der in Kultur gehaltenen Spezies zu sorgen.

Semi-intensive Systeme

Semi-intensive Systeme stellen eine Weiterentwicklung der extensiven Systeme dar, die auf die externe Zufuhr von Futtermitteln und Energie angewiesen sind und somit sowohl von der natürliche Nahrungskette als auch von Zufütterung abhängig sind.

Intensive Systeme

Jedes Kultursystem, das ausschließlich von extern erzeugten Futtermitteln und Energie abhängig ist, um für das Wachstum der in Kultur gehaltenen Spezies zu sorgen.

Es gibt jedoch keine klar definierte und einheitliche gebräuchliche Unterscheidung der verschiedenen Intensitätsgrade von Aquakultur (NACA/FAO, 2001). Lane von der European Aquaculture Association (EAS) spricht sogar davon, dass es „absolut unmöglich" sei, Angaben über die Anteile der verschiedenen Intensitätsgrade an der gesamten Aquakultur zu erhalten, da „die Definition von intensiver Aquakultur bei jedem verschieden ist" (EAS schriftl. Mitteilung, 2003).

Diese Aussagen verdeutlichen die Schwierigkeiten bei der Generierung valider quantitativer Daten zu diesem Aspekt.

6.2 Methodisches Vorgehen

Um die o.g. Ausgangshypothese zu überprüfen, wurden über die Recherche in der Fachliteratur und den Fachdatenbanken (siehe Kapitel 4.1) hinaus einige Aquakulturverbände[14] und Aquakultur-Experten[15] befragt.

Die Befragung richtete sich auf folgende Aspekte[16]:

- **Chemikalieneinsatz**
  Gibt es quantitative Daten (Volumen/Marktwert) oder Schätzungen über den Einsatz von Chemikalien in der globalen Aquakultur oder der Aquakultur in bestimmten Regionen (z.B. Kontinenten)?
- **Strukturelle Statistiken**
  Gibt es quantitative Daten oder Schätzungen über die Anteile der verschiedenen Produktions-Intensitätsgrade (extensiv / semi-intensiv / intensiv) an der globalen (oder auch regionalen) Aquakulturproduktion?
  Gibt es Angaben über den Anteil der verschiedenen Produktions-Intensitätsgrade (extensiv / semi-intensiv / intensiv) in Entwicklungsländern und in entwickelten Ländern?
- **Korrelation zwischen Produktions- und Chemikalienintensität**
  Besteht ein Zusammenhang zwischen der Produktionsintensität (intensiv / extensiv) und/oder der angewandten Technologie (Teichsysteme / Rezirkulationssysteme etc.) einerseits und dem Volumen der eingesetzten chemischen Mittel andererseits?
  Ist die Produktion bestimmter Spezies mit einem besonders hohen Bedarf an chemischen Mitteln verbunden?

Von den Experten wurde hierbei nicht erwartet, dass präzise, quantitative Aussagen getroffen werden, sondern es wurde explizit auch zu qualitativen Aussagen aufgefordert, die möglicherweise über das breite Spektrum der Aquakultursysteme und der kultivierten Spezies vereinfachend generalisieren.

---

[14] European Aquaculture Society; World Aquaculture Society; Alternative Aquaculture Association; Aquaculture and Environmental Group; Asian Fisheries Society; Global Aquaculture Alliance; Southeast Asian Fisheries Development Center

[15] Uwe Barg (FAO); Stefan Bergleitner (Naturland); Sara Gräslund (Stockholm University, Department of System Ecology)

[16] Einige Adressaten wurden nur nach Auszügen aus dem genannten Fragenkatalog befragt.

6.3 Ergebnisse der Datenrecherche und der Expertenbefragung

Insgesamt gab es von 5 der 10 befragten Verbände und Experten Rückmeldung zu den befragten Aspekten des Chemikalienseinsatzes in der Aquakultur. Hierzu zählen Uwe Barg (FAO); Stefan Bergleitner (Naturland); Sara Gräslund (Stockholm University, Department of System Ecology), die European Aquaculture Society (EAS) sowie das Southeast Asian Fisheries Development Center (SEAFDEC), das im Auftrag der ursprünglich befragten Asian Fisheries Society auf unsere Fragen geantwortet hat. Die Reaktionen sind von unterschiedlichem Umfang. Sie schließen kurze Rückmeldungen mit ein, die ausschließlich aussagen, dass zu den befragten Aspekten keine Informationen existieren (siehe hierzu auch Kapitel 6.4), Kenntnis hierüber aber als wünschenswert eingestuft wird. Gräslund (schriftliche Mitteilung 2003) und Barg (schriftliche Mitteilung 2003) gaben auch weitergehende Antworten (s.u.).

Aus der Literaturbeschau und den eingegangenen Antworten der Verbände und Experten ergibt sich folgendes:

Die Verfügbarkeit von qualitativen und quantitativen Daten zum Chemikalieneinsatz in der Aquakultur wurde bereits in Kapitel 4.2.1und 4.2.2 detailliert beschrieben. Es hat sich herausgestellt, dass bisher keine quantitativen Daten über den globalen oder den großskalig-regionalen (z.B. Kontinente) Einsatz von Chemikalien in der Aquakultur existieren. Dies bestätigten in der Expertenbefragung auch Gräslund (schriftliche Mitteilung 2003), Barg (schriftliche Mitteilung 2003) und die European Aquaculture Society (EAS, schriftl. Mitteilung 2003). Auch Studien mit regional kleinskaligerem Bezug (z.B. kanadische Atlantikküste) liegen nur wenige vor. Anwendungsdaten mit lokal stark begrenztem Bezug, für die Produktion spezieller Spezies liegen lediglich vereinzelt vor (siehe hierzu das die Datenlage beschreibende Kapitel 4.2). In diesen Studien werden zwar teilweise Angaben zu Aufwandmengen und Anwendungsfrequenz gemacht, jedoch verwenden die Autoren, wie etwa Boyd & Massaut (1999) beispielsweise Daten zu „typischen Aufwandmengen“, die entweder von der Industrie oder aus Empfehlungen entwickelter Regionen, z.B. den USA, stammen. Eine direkte Identifizierung, in welchen Ländern bei der Kultivierung welcher Organismen in welchem Produktionssystem der Chemikalieneinsatz mengenbezogen besonders relevant ist, lässt sich somit allein über quantitative Daten aus den derzeit verfügbaren Informationen nicht vornehmen. Im Folgenden wird dargestellt inwiefern sich über die Produktionsintensität oder Produktionssysteme ein Zugang zu diesem Aspekt bietet.

6.3.1 Chemikalieneinsatz und Produktionsintensität

Im Prinzip kann die Aussage getroffen werden, dass mit zunehmendem Intensitätsgrad Besatzdichte und Ertrag einer gegebenen Produktionseinheit ansteigen, was durch ein höheres Technologie- und Managementniveau erreicht wird. Höhere Besatzdichten sind meist mit einer höheren Anfälligkeit für Krankheiten verbunden (z.B. Kautsky et al. 2000). Mit zunehmender Besatzdichte werden daher in der Regel mehr chemische Mittel prophylaktisch eingesetzt, um den Ausbruch von Krankheiten zu verhindern (FAO, 2000).

Gräslund bestätigt, dass in der Regel der Chemikalieneinsatz durchaus mit zunehmender Produktionsintensität ansteigt, betont aber, dass bisher keine Untersuchungen existieren, die diese Beobachtung belegen (Gräslund, schriftl. Mitteilung 2003). Auch nach Ansicht der FAO ist der Bedarf an Chemikalien minimal in extensiven und semi-intensiven Kulturmethoden und oft auf den Einsatz von Düngemitteln, boden- und wasserbehandelnden Komponenten (z.B. „Liming“) und wenige Pestizide beschränkt. Intensivere Produktionsmethoden sind

dagegen durch eine höhere Abhängigkeit von Chemotherapeutika, Futterzusatzstoffen, Hormonen und vor allem potenteren Pestiziden gekennzeichnet (FAO, 1997).

Dieser prinzipielle Trend kann jedoch wahrscheinlich nicht auf alle Aquakultursysteme übertragen werden. So kann nach Ansicht von Barg keine generalisierende Schlussfolgerung über diesen Zusammenhang gezogen werden, da es sowohl sehr gut gemanagte, intensive Systeme gibt, die einen relativ geringen Chemikalieneinsatz benötigen (z.B. deutliche Reduktion des Antibiotikaeinsatzes in der intensiven, norwegischen Lachs-Aquakultur) als auch übermäßigen Einsatz und Missbrauch von Chemikalien in extensiven, kleinskaligen Systemen (Barg, pers. Mitteilung 2003).

Sowohl Barg als auch Gräslund sehen auch ökonomische Faktoren als limitierend für den Chemikalieneinsatz in kleinskaligen, extensiven und semi-intensiven Systemen an, nicht nur systemisch/technologische. Kleinfarmer in einkommensschwachen Regionen lehnen den Einsatz von chemischen Mitteln oft nicht grundsätzlich ab und müssen nur aus finanzieller Not ohne Chemikalien auskommen. Bei entsprechender Einkommensverbesserung kann hier, trotz extensiver Systeme, von einer Steigerung des Chemikalieneinsatzes ausgegangen werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bisher keine globalen Daten generiert wurden, die einen generellen Zusammenhang von Produktionsintensität und Chemikalienbedarf be- oder widerlegen könnten. Die Meinungen von Aquakulturexperten zu diesem Aspekt sind heterogen. Dass tendenziell intensivere Systeme einen höheren Bedarf an Chemikalieneinsatz aufgrund der höheren Krankheitsanfälligkeit bei hohen Besatzdichten bedingen können, scheint unumstritten. Unter den Experten wird jedoch sowohl die Ansicht vertreten, dass der Umfang des Chemikalieneinsatzes mit der Produktionsintensität zusammenhängen kann (Gräslund, schriftl. Mitteilung 2003), als auch die Ansicht, dass die Produktionsintensität nicht das entscheidende Kriterium sei (Barg, schriftliche Mitteilung 2003). Um also die besonders chemikalien-intensiven Systeme identifizieren zu können, Maßnahmen zur Reduktion des Einsatzes von chemischen Mitteln ergreifen und gezielt Alternativen fördern zu können, müssen also zunächst zielgerichtet quantitative Daten zu diesem Aspekt generiert werden. Wir sehen dringenden Handlungsbedarf dafür, Transparenz im Chemikalienbedarf in der Aquakultur zu schaffen, die als Grundlage für rationale Regulierungs- und Monitoringmaßnahmen unabdingbar ist.

6.3.2 Chemikalieneinsatz und Produktionssysteme

Nach Einschätzung von Barg (schriftliche Mitteilung, 2003) kann zwar kein genereller Zusammenhang von Produktionsintensität und Chemikalienbedarf abgeleitet werden. Dennoch lassen sich seiner Ansicht nach, basierend auf Erfahrungswerten, Systeme abgrenzen, in denen der Einsatz von Chemikalien vermutlich von besonders hoher Relevanz sein könnte. Diese sind nach Barg:

- Intensive Kaltwasser-Aquakultur in Netzkäfigen (Lachs, Barsch, Brassen, Forellen, Steinbutt etc)
- Warmwasser-Aquakultur in Netzkäfigen (Schnapperfische, Barsche, Wolfsbarsch)
- Shrimpfarming
- Intensive Warmwasser Tank/Teich-Kultur (Catfish, Tilapia, „Snakehead“)

Auf der anderen Seite kann nach Barg die chinesische Algen- und Muschelaquakultur, in denen keine großen Mengen an chemischen Wirkstoffen eingesetzt werden (da sie von der natürlichen Produktivität der Küstengewässer abhängig sind), hiervon ausgeschlossen werden. Darüber hinaus sind die Aquakultur in Kaltwasser-Langstrombecken und die meisten Brut- und Aufzuchtsysteme (Larven, Jungfische etc.) nach Barg nur von geringer Relevanz für den Chemikalieneinsatz. Während in den Brut- und Aufzuchtanlagen zwar Behandlungen mit hohen Dosen von Therapeutika und Desinfektionsmitteln durchgeführt werden, sei das Gesamtvolumen auf die globale Aquakultur bezogen eher unbedeutend.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Herangehensweise von Barg, Produktionssysteme zu benennen, die einen hohen Einsatz von Chemikalien vermuten lassen, einen neuen Blickwinkel eröffnet. Die von Barg genannten Systeme können jedoch lediglich als erste Anhaltspunkte dafür dienen, in welchen Bereichen eine genauere Analyse des Chemikalienbedarfes nach Expertenansicht prioritär lohnenswert erscheint, um dann zielgerichtet Problemfelder unter Umwelt- und Gesundheitsschutzaspekten identifizieren zu können. Die genannten Systeme sind teilweise leider auf zu aggregiertem Niveau benannt (wie etwa „Brassen aus intensiver Kaltwasser Aquakultur in Netzkäfigen“). Um systematisch Befunde ableiten zu können, wo chemikalien-intensiv gearbeitet wird, müssten jedoch solche Angaben auf alle Kulturformen ausgedehnt werden und kultivierte Organismen auf spezifischerem Niveau benannt werden. Hierüber liegen bisher keine Angaben vor.

6.4 Diskussion der Datenlage

Im Hinblick auf die Beantwortung der Frage, in welchen Ländern bei der Kultivierung welcher Organismen in welchem Produktionssystem der Chemikalieneinsatz mengenbezogen besonders relevant ist, muss die vorliegende Datenverfügbarkeit als unzureichend bezeichnet werden. Auf Basis der durchgeführten Recherche und den eingegangenen Antworten der Experten und Aquakulturverbände kann die o.g. Hypothese im Moment nicht eindeutig belegt werden. Eine Identifizierung, in welchen Ländern bei der Produktion welcher Spezies in welchem Aquakultursystem der Einsatz chemischer Mittel mengenbezogen besonders relevant ist, konnte daher im Rahmen dieser Vorstudie aufgrund der unzureichenden Datenlage nicht erzielt werden.

Eine der Ursachen dafür, dass keine globalen Daten über die Einsatzmengen vorliegen, ist darin zu sehen, dass viele Regierungen dem Einsatz von Chemikalien und Medikamenten in der Aquakultur nur wenige Beschränkungen auferlegen und nur sehr limitierte Monitoringmaßnahmen zur Überprüfung dieser Auflagen durchführen (Weber, 2003). In den meisten Ländern ist kein zentrales System zur Erfassung von Einsatzdaten etabliert, welches eine umfassende Dokumentation von quantitativen Daten ermöglichen würde (Alderman et al. 1994). Für die europäischen Aquakultur gibt es nach Angaben der European Aquaculture Society (EAS) beispielsweise weder klassifizierte Daten über den Einsatz von chemischen Verbindungen noch eine Übersicht über eingesetzte Desinfektionsmittel. Die Federation of European Aquaculture Producers (FEAP) unternimmt nach Aussage der EAS zur Zeit eine Initiative, um solche Daten zu erheben (EAS, schriftl. Mitteilung 2003). Als einziges europäischen Land, verfügt Norwegen über ein zentrales Erfassungssystem. Der Nutzen eines solchen Systems zeigt sich bereits darin, dass über diesen Weg ein deutlicher Rückgang der eingesetzten Mengen an Antibiotika in der norwegischen Lachs-Aquakultur, von fast 49.000 Tonnen im Jahr 1987 auf nur 746 Tonnen 10 Jahre später, nachgewiesen werden konnte (FAO/NACA/WHO, 1999).

Des weiteren werden in vielen Regionen der Welt Chemikalien in der Aquakultur von oft nicht oder nur unzureichend ausgebildetem Personal ohne Dokumentation eingesetzt. In Asien beispielsweise, wo über 90% der globalen Aquakulturproduktion lokalisiert ist, wird die Anwendung von Pharmaka in der Aquakultur selten unter der Aufsicht von kompetenten Sachverständigen wie Veterinärmedizinern durchgeführt. Verkauf und Marketing der Chemikalien wird von den im Aquakultursektor tätigen Unternehmen betrieben. Dieser Umstand verdeutlicht die Schwierigkeit, Zugang zu Daten über Einsatzmengen von Chemikalien in der asiatischen Aquakultur zu erlangen (SEAFDEC, schriftl. Mitteilung 2003).

Ein weiteres Hindernis für eine quantitative Datenerfassung ist, dass Angaben darüber, ob eine chemische Substanz für den Einsatz in der Aquakultur von einer Regierung zugelassen ist oder nicht, in der Realität oftmals nur wenig aussagefähig sind. Obwohl der Einsatz bestimmter Produkte von einer Regierung offiziell verboten ist, finden diese oft dennoch umfangreichen Einsatz in der Aquakultur dieser Länder (Alderman et al., 1994). Black (2001) spricht in diesem Zusammenhang sogar von einem „generellen Einverständnis in Expertenkreisen darüber, dass viele verbotene Substanzen häufig und viel eingesetzt werden, während es gleichzeitig fast unmöglich ist, Informationen über den tatsächlichen Einsatz von legalen, zugelassenen Agenzien zu erhalten“.

Darüber hinaus wird eine aktuell bleibende Dokumentation dadurch erschwert, dass Aquakultur ein sich rasant entwickelnder Sektor ist, in dem sich Anwendungspraktiken schnell und wiederholt in Abhängigkeit von Krankheiten, Trends, dem Einfluss der zuliefernden Industrie und der Gesetzgebung verändern (Gräslund et al., 2003).

7 Chemikalieneinsatz in der Aquakultur in Entwicklungsländern

Ein großer Anteil der globalen Aquakulturproduktion ist in den Entwicklungsländern lokalisiert. Über 90% der globalen Produktion findet in diesen Ländern statt. Die Tendenz ist zudem deutlich steigend: Der Aquakultursektor wies in den letzten drei Jahrzehnten siebenfach höhere Wachstumsraten in den Entwicklungsländern als in den Industrienationen auf (siehe Kapitel 3.4). Mehrere Millionen Menschen arbeiten im Aquakultursektor, insbesondere in den Entwicklungsländern.

Wie bereits in Kapitel 4 und 5 dargestellt, werden im Aquakultursektor zahlreiche, zum Teil umwelt- und gesundheitsgefährdende Chemikalien eingesetzt. Es ist daher, nicht zuletzt entwicklungspolitisch, von großer Relevanz Gefahrenpotentiale, die mit der Lebensmittelproduktion in Entwicklungsländern verbunden sein können, frühzeitig zu erkennen und die betroffenen Länder bei der Entwicklung von Lösungsansätzen hierfür unterstützen zu können. Für ein solches Vorgehen ist jedoch u.a. erforderlich, zu identifizieren wie hoch der Anteil ist, den die Entwicklungsländer an der chemikalien-intensiven Aquakulturproduktion einnehmen und in welchen Entwicklungsländern die Aufwandmengen besonders relevant sind.

Eine Ausgangshypothese dieser Vorstudie war, dass sich der hohe Anteil der Entwicklungsländer an der globalen Aquakulturproduktion im Anteil der weltweit eingesetzten chemischen Mittel wiederspiegelt.

Geht man von der - bisher nicht befriedigend belegten - Annahme aus, dass höhere Intensitätsgrade in der Produktion oft auch mit höherem Chemikalienbedarf einhergehen, sind in diesem Zusammenhang folgende Angaben interessant:

- Es gibt zwar bisher keine Studien, die auf globaler Ebene Daten über die Anteile der verschiedenen Produktions-Intensitätsgrade an der gesamten Aquakultur generiert haben (Barg, schriftl. Mitteilung 2003).
- Bekannt ist jedoch, dass der Hauptteil der Aquakultur in extensiven bis semi-intensiven Aquakultursystemen produziert wird (FAO/NACA, 1994).
- Zur Zeit stammen zum Beispiel schätzungsweise 70-80% des gesamten in Aquakultur produzierten Ertrages an Speisefisch und Krustentieren aus extensiven und semi-intensiven Kultursystemen (FAO/NACA/WHO, 1999).
- Während in den entwickelten Ländern 65% der Speisefischproduktion aus intensiver Produktion in Monokulturen stammen, wird geschätzt, dass weniger als 20% der gesamten Produktion an Fisch und Krustentieren in Entwicklungsländern aus intensiven Systemen stammen. Der Trend geht hier jedoch in Richtung Intensivierung (FAO/NACA/WHO, 1999).

Aus diesen Angaben geht hervor, dass zwar fast die gesamte Aquakulturproduktion in Entwicklungsländern stattfindet und somit vermutlich auch ein bedeutender Anteil der insgesamt eingesetzten Chemikalien in diesen Ländern Anwendung finden wird. Ein Großteil der in Entwicklungsländern lokalisierten Aquakultur sind jedoch keine intensiven Produktionssysteme, extensive und semi-intensive Systeme dominieren. Während regional intensive Aquakultur in Entwicklungsländern zwar durchaus dominieren kann, wie etwa intensives

Shrimpfarming in Ecuador und Thailand, ist im Großen und Ganzen intensive Aquakultur vorrangig in den Industrienationen des Nordens lokalisiert. Es ist also zu erwarten, dass in den Entwicklungsländern, in denen über 90% der Aquakultur lokalisiert ist, zwar auch ein hoher Anteil der globalen Aufwandmenge an Chemikalien eingesetzt wird. Dieser Anteil wird jedoch vermutlich nicht bei 90% liegen, wie es dem Anteil an der globalen Aquakulturproduktion entsprechen würde, sondern eher niedriger. Es bleibt von großem Interesse die Zusammenhänge zwischen Chemikalieneinsatz und Produktionsintensität näher zu beleuchten.

Eine weitere Möglichkeit diesen Aspekt näher zu beleuchten ist die Produktionssysteme heranzuziehen, die nach Barg (siehe Kapitel 6.3.2) vermutlich von besonders hoher Relevanz für den Chemikalieneinsatz sind. Hierbei zeigt sich, dass einige dieser Systeme so gut wie ausschließlich in Entwicklungsländern lokalisiert sind. So findet etwa mindestens 91% (siehe Anhang 11.4) der weltweiten Produktion an Krebstieren, insbesondere Garnelen, in Entwicklungsländern statt (Tacon, 2003). Mindestens 92% der Tilapia-Produktion ist in Entwicklungsländern lokalisiert (siehe Anhang 11.1). Hier müssten allerdings noch Daten darüber identifiziert werden, welcher Anteil der Tilapia in den von Barg als relevant eingestuften „intensiven Warmwasser Tank/Teichsystemen“ kultiviert wird. Die Produktion in anderen, vermutlich relevanten Systemen, wie die intensive Kaltwasser-Aquakultur in Netzkäfigen (Lachs, Forelle etc.), findet dagegen fast ausschließlich in entwickelten Ländern statt.

Zusammenfassend lässt sich hervorheben, dass über 90% der globalen Aquakulturproduktion in Entwicklungsländern lokalisiert ist, bisher allerdings keine Kenntnis darüber besteht, wie groß die in diesen Ländern in der Aquakultur eingesetzten Mengen an chemischen Mitteln sind. Die wenigen vorhandenen Angaben (siehe oben) sind mit großen Ungenauigkeiten behaftet; typische Einsatzmuster konnten nicht identifiziert werden. Um Transparenz über den Chemikalieneinsatz in der Aquakultur zu schaffen und differenziert Aussagen treffen zu können, werden dringend spezifischere Daten zu diesem Aspekt benötigt.

8 Optionen zur Reduktion der Anwendungsmenge chemischer Mittel in der Aquakultur

Wie die vorhergehenden Kapitel gezeigt haben, wird bei der Kultivierung von Organismen in Aquakultur eine breite Palette von chemischen und biologischen Wirkstoffen und Produkten für verschiedene Zwecke eingesetzt, die teilweise ein hohes Gefahrenpotential für Gesundheit und Umwelt darstellen können. Aquakultur ist ein komplexer Sektor. Über 200 verschiedene Organismen werden bei unterschiedlicher Produktionsintensität und in unterschiedlichen Technologiesystemen produziert. Qualität und Quantität der eingesetzten chemischen und biologischen Mittel variieren in Abhängigkeit verschiedener Faktoren wie etwa von der produzierten Art, der Produktionsintensität und/oder dem Produktionsverfahren (siehe Kapitel 6). Mangels globaler und quantitativer Daten über den Einsatz chemischer Mittel (siehe Kapitel 4.2.2) lässt sich jedoch keine direkte Korrelation zwischen der eingesetzten Aufwandmenge, der produzierten Art und dem Produktionsverfahren ableiten. Erkennbar ist jedoch, dass es Produktionsverfahren gibt, bei denen hohe Mengen an chemischen Mitteln eingesetzt werden müssen, während andere einen sehr geringen Bedarf an der Zufuhr solcher Mittel haben.

Eindeutig ist ebenso, dass Alternativen zur chemikalien-intensiven Aquakultur bereits existieren, in der die Kultivierung aquatischer Organismen ganz ohne den Einsatz oder mit geringeren Mengen chemischer Mittel praktiziert werden. Im Hinblick auf eine ökologisch und sozial nachhaltige Politik und Praxis im Sektor Aquakultur werden im Folgenden beispielhaft Alternativen zur chemikalien-intensiven Aquakultur vorgestellt. Ein umfassender Technologievergleich konnte im Rahmen dieser Vorstudie nicht vorgenommen werden. Die genannten Beispiele sollen – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – einen ersten Eindruck über Optionen zur chemikalien-extensiveren Aquakulturproduktion vermitteln.

8.1 Ökologische Aquakulturproduktion

Der weitestgehende Verzicht auf chemisch-synthetische Mittel wird bei der ökologischen Aquakultur realisiert.

Während sich in der Landwirtschaft die ökologische Produktion von Lebensmitteln bereits etabliert hat, ist die ökologische Erzeugung im Aquakultursektor noch ein junges Gebiet. Erst seit Mitte der 1990er Jahre befassen sich einzelne Anbauverbände in Europa mit der Entwicklung spezieller Richtlinien in diesem Bereich. Das auf dem Markt verbindliche Warenvolumen aus anerkannt ökologischer Aquakultur nimmt seitdem stetig zu.

Auf europäischer Ebene bietet die Verordnung über den ökologischen Landbau (EWG) 2092/91 und die ergänzende EU-Ökotierhaltungsverordnung (EG) 1804/1999 den legislativen Rahmen für die ökologische Erzeugung pflanzlicher und tierischer Organismen. Bisher ist die EU-Verordnung jedoch noch nicht erweitert worden, um für die ökologische Erzeugung von aquatischen Organismen Rahmenrichtlinien vorzugeben.

Als Dachorganisation entwickelt IFOAM[17] zur Zeit Rahmenrichtlinien für die ökologische Aquakultur, diese befinden sich derzeit noch in der Entwurfsfassung. Als eine der ersten Zertifizierungs-Organisationen hat Naturland Richtlinien für die ökologische Aquakulturpro-

[17] IFOAM: International Federation of Organic Agiculture Movements (www.ifoam.org)

duktion aufgestellt und ist mittlerweile zu einem der bedeutendsten Zertifizierer von biologischen Aquakulturprodukten weltweit geworden.

Die Richtlinien von Naturland (Naturland, 1999) regeln unter anderem Aspekte wie die Haltung nicht einheimischer Spezies, die Herkunft der Futtermittel oder verbieten den Einsatz transgen erzeugter Besatztiere. Darüber hinaus wird vorgegeben, dass die Tiergesundheit in erster Linie durch vorbeugende Maßnahmen zu sichern ist und herkömmliche Arzneimittel nur nach Diagnosestellung und Verordnung eingesetzt werden. Routinemäßige und prophylaktische Behandlungen mit chemisch-synthetischen Mitteln sowie Hormonen sind nicht zugelassen. Auch bei Einrichtung und Betrieb der Haltungssysteme dürfen nur Materialien eingesetzt werden, die nachweislich keine schädigende Wirkung auf die gehaltenen Organismen oder die Umwelt ausüben. Zugelassene Maßnahmen beinhalten neben dem Einsatz von Gesteinsmehlen, homöopathischen Erzeugnissen und natürlich vorkommender, pflanzlicher Substanzen nur den Einsatz nicht-toxischer anorganischer Verbindungen (H2O2, Kochsalz, Kalk, Branntkalk, Natriumhypochlorid) sowie natürlich-vorkommender, nicht-toxischer organischer Verbindungen (Peressigsäure, Zitronensäure, Ameisensäure, Alkohol).

Neben einigen Fischarten wie etwa Atlantischer Lachs, Forelle, Karpfen und Seebrassen werden bereits Miesmuscheln, Mikroalgen (*Spirulina platensis*) und Garnelen in Europa, USA, Asien und Lateinamerika anerkannt ökologisch produziert.

Bereits im Jahr 2001 erreichten beispielsweise die ersten zertifizierten Garnelen aus ökologischer Produktion – das Resultat eines Public Private Partnerships (PPP) Projektes der Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) - den europäischen Markt. Zwischen 1999 und 2001 wurden in sinnvoller Kooperation der GTZ mit Naturland und den privatwirtschaftlichen Produzenten vor Ort Produktions- und Qualitätsstandards für die ökologisch und ökonomisch nachhaltige Produktion von Garnelen in Ecuador entwickelt und in die Praxis umgesetzt.

8.2 Rezirkulationssysteme

Eine spezielle Entwicklung der auf dem Land gelegenen intensiven Aquakulturproduktion sind Hallensysteme in denen das Kulturwasser wieder aufbereitet wird und im System rezirkuliert. Die Entwicklung solcher High-Tech Anlagen begann in den 1950er Jahren in Japan und wurde in den 1970er Jahren nach Europa getragen (European Commission, 1995). In Rezirkulationssystemen wird das mit Futterresten und Ausscheidungen der Organismen verschmutzte Wasser aus den Zuchtbecken nicht unbehandelt abgelassen sondern über mechanische und biologische Filtration gereinigt, entkeimt (z.B. über Ozonierung), mit Sauerstoff angereichert und im Kreislauf geführt.

Insbesondere hochpreisige Fische wie beispielsweise Steinbutt, Wolfsbarsch, Aale oder Catfish (Katzenwels) werden in den kostenintensiven Rezirkulationssystemen, vorrangig in Industrienationen, intensiv kultiviert. In Entwicklungsländern haben sich diese technik- und sehr kostenintensiven Systemen noch nicht etabliert.

Rezirkulationssysteme werden im Allgemeinen als umweltfreundlich und ressourcenschonend betrachtet (ohne den Aspekt des Energieverbrauchs zu berücksichtigen). Die Entnahme von Austauschwasser aus dem Umland wird tatsächlich sehr niedrig gehalten. Durch die weitgehende Abschottung zur Außenwelt wird es darüber hinaus Parasiten, Krankheitserregern und giftigen Algen schwer gemacht, in den Wasserkreislauf der Anlage zu gelingen.

Dies bedingt, dass in der Regel nur wenig Desinfektionsmittel und andere chemische Mittel für therapeutische Zwecke eingesetzt werden müssen. Da das Kulturwasser zudem durch ein aus Bakterien gebildetes Biofiltersystem fließt, ist der Einsatz von Antibiotika praktisch ausgeschlossen – der Biofilter wäre funktionsunfähig.

Es bleibt zu betonen, dass die Kreislauftechnologie nicht dem Anspruch einer ökologischen Aquakultur gerecht wird. Chemisch-synthetische, toxische Mittel werden, wenn nötig, eingesetzt. Es ist aber systemimmanent, das dem Ausbruch von Krankheiten oder Epidemien von Parasiten durch die vollständige Kontrolle des Kulturwassers – trotz intensiver Produktion mit hohen Besatzdichten – weitgehend entgegengewirkt wird. Ohne quantitative Angaben über Chemikalieneinsatz in Rezirkulationsanlagen kann keine Bewertung solcher Rezirkulationssysteme für den Aspekt des Chemikalieneinsatzes durchgeführt werden. Es liegt jedoch nahe, dass diese Technologie eher den chemikalien-extensiven Alternativen zuzurechnen ist.

8.3 Integrierte Aquakultursysteme

Bei der Integration von Systemen wird generell angestrebt, dass alle beteiligten Sub-Systeme von der Integration profitieren. Auch im Aquakultursektor wird die Integration von Aquakultur mit und in andere Systeme teilweise seit über 2000 Jahren praktiziert, wie etwa die Integration von Karpfenzucht in Reisfelder in China. In vielen Bereichen steckt dies jedoch noch in den Kinderschuhen. So gibt es bereits Beispiele für integrierte Aqaukultursysteme aus den Bereichen

- Aquakultur-Aquakultur (z.B. Shrimp-Tilapia-Farming)
- Aquakultur-Agrikultur (z.B. Reis-Fish-Farming) und
- Aquakultur-Forstwirtschaft sog. „Silvofishery“ (z.B. Shrimp-Aquakultur in Kombination mit Mangroven-Forstwirtschaft)

Meist handelt es sich hierbei um extensiv betriebene Systeme.

Integrierte Aquakultur kann unter mannigfaltigen Aspekten betrachtet werden und kann sicherlich in verschiedenen Bereichen positive Effekte für den Umwelt- und Gesundheitsschutz mit sich bringen. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird selektiv auf die Aspekte eingegangen, die den Einsatz von chemischen Mitteln in der Aquakultur betreffen.

Besonders hervorzuheben gilt hierbei, dass durch die Co-Kultivierung von aquatischen Organismen mit anderen kultivierten Organismen, wie beispielsweise Reis, die Kulturbecken quasi als eigenständige Ökosysteme betrachtet werden können (Fiorani et al., 2003), deren Stabilität deutlich höher liegen kann als in industriellen Monokulturen. Eine geringere Anfälligkeit für Krankheitserreger und Epidemien von Parasiten kann die Folge sein, wodurch der Bedarf an externer Zufuhr von synthetisch-chemischen Mitteln, etwa zur Bekämpfung von Schadorganismen, teilweise deutlich reduziert werden kann. Zumindest was den Bedarf an Pestiziden für die Produktion der landwirtschaftlichen Komponente (Reis) in integrierten Reis-Fisch-Farmen betrifft, konnte dies bereits nachgewiesen werden. So konnten Reisfarmer in Bangladesh durch die Umstellung auf integriertes Reis-Fish-Farming den Einsatz von Pestiziden in den Reisfeldern drastisch – um 80% - reduzieren (Phillips, 1995). Es bleibt zu überprüfen, in wie weit auch ein Rückgang von hygienischen und veterinärmedizinischen Problemen für die aquatische Komponente (Fisch) und in Folge eine Reduzierung des Bedarfs an chemischen Mitteln aus einer solchen Co-Kultivierung resultiert.

Die Co-Kultivierung verschiedener Organismen kann auch als Teil der Prinzipien des in der Landwirtschaft bereits existierenden integrierten Pflanzenschutzes (IPS), im Englischen als **Integrated Pest Management (IPM)** bezeichnet, betrachtet werden. Im IPM werden acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen bewusst ausgeschöpft, um die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmaßnahmen zu reduzieren. Gemäß § 2 Absatz 1 Nr. 2 Pflanzenschutzgesetz (PflSchG) ist der integrierte Pflanzenschutz „eine Kombination von Verfahren, bei denen unter vorrangiger Berücksichtigung biologischer, biotechnischer, pflanzenzüchterischer sowie anbau- und kulturtechnischer Maßnahmen die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendigste Maß beschränkt wird“ (BMELF, 1999). Von großem Interesse wäre, in welcher Form sich die für die Landwirtschaft erarbeiteten, und an der Schnittstelle von Agrikultur und Aquakultur bereits bewährten Prinzipien des IPM auf die Kontrolle und Bekämpfung von Schadorganismen im gesamten Aquakultursektor anwenden lassen.

Abschließend bleibt festzustellen, dass näher zu untersuchen ist, welche Möglichkeiten sich aus der Integration von Aquakultur in andere Systeme sowie der Anwendung der Prinzipien des für den landwirtschaftlichen Bereich entwickelten Systems des Integrierten Pflanzenschutzes (IPS) als mögliche Alternative zur chemikalien-intensiven Aquakultur bieten.

9 Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

Im Rahmen dieser Vorstudie konnte ein breites Spektrum von über 300 chemischen und biologischen Mitteln identifiziert werden, die in der Aquakultur beispielsweise als Düngemittel, Bodenverbesserer, Therapeutika, Desinfektionsmittel oder wie die Pestizide zur Kontrolle von Schadorganismen eingesetzt werden. Hiervon zählen 173 Substanzen bzw. Substanzgruppen zu den Bioziden im weiteren Sinne (vgl. Kapitel 4), die in dieser Vorstudie dargestellt und näher betrachtet wurden.

Es gibt keine Informationen zu den Einsatzmengen und zur Anwendungsfrequenz der Wirkstoffe und Produkte auf globaler Ebene. In der Regel ist lediglich bekannt, dass eine Substanz eingesetzt wird. Nur einzelne Sachverständige mit fundierter Kenntnis über die in diesem Sektor gängige Praxis sind überhaupt in der Lage, die Einsatzmengen qualitativ etwa als „vernachlässigbar“, „häufig“ oder „weit verbreitet“ einzustufen (vgl. Kapitel 4.2). Es existieren nur einzelne Feldstudien, die mit hohem Aufwand Informationen über den qualitativen und quantitativen Einsatz von chemischen Mitteln auf lokal sehr begrenzter Ebene und für die Produktion einzelner Spezies (z.B. intensives Shrimpfarming in Thailand) generiert haben und auch hier wird teilweise auf „typische Anwendungsraten“ Bezug genommen, die etwa von der chemischen Industrie stammen. Im Hinblick auf das Ziel, Einsatzmengen von Chemikalien länder- und kulturspezifisch zu benennen, muss die Datenlage als unzureichend gewertet werden (vgl. Kapitel 6.4).

Die unzureichende Datenlage ist u.a. darin begründet, dass es in den meisten Ländern keine Dokumentationspflicht oder verantwortliche staatliche oder private Institutionen gibt, die entsprechende Informationen sammeln und zur Verfügung stellen. Zum Beispiel verfügt Norwegen als einziges europäisches Land über ein zentrales Erfassungssystem. Darüber hinaus legen viele Regierungen dem Einsatz von Chemikalien und Medikamenten in der Aquakultur nur geringe Beschränkungen auf und führen nur sehr limitiert Monitoringmaßnahmen zur Kontrolle durch (vgl. Kapitel 4.2). Zudem werden in vielen Regionen Chemikalien in der Aquakultur von nicht oder nur unzureichend ausgebildetem Personal ohne Dokumentation eingesetzt.

Da sowohl Angaben über die globalen Einsatzmengen als auch Angaben über eine Zuordnung der Mengen an eingesetzten chemischen Mitteln zu den kultivierten Spezies und den verschiedenen Produktionssystemen fehlen, konnten im Rahmen dieser Vorstudie keine typischen Einsatzmuster identifiziert werden. Für eine Wertung darüber, in welchen Ländern bei der Produktion welcher Arten der Einsatz von chemischen Substanzen quantitativ besonders relevant ist, fehlt damit momentan noch die Basis. Auch die Meinungen der befragten Fachexperten sind diesbezüglich heterogen. Ausgesagt werden kann bisher nur, dass mit zunehmender Besatzdichte bei steigendem Intensitätsgrad der Produktion meist eine höhere Anfälligkeit für Krankheiten verbunden und daher in der Regel mehr chemische Mittel eingesetzt werden (vgl. Kapitel 6.3.1). Gut geführte intensive Betriebe mit relativ geringerem Chemikalienbedarf können jedoch ebenso wie übermäßiger Einsatz und Missbrauch in kleinskaligen, extensiven Systemen Ausnahmen von dieser Regel bilden. Eine systemische Zuordnung ist zur Zeit nicht möglich.

Von entwicklungspolitischer Relevanz ist bei dem Aspekt des Chemikalieneinsatzes in der Aquakultur, dass über 90% der globalen Aquakulturproduktion in Entwicklungsländern lokalisiert ist (vgl. Kapitel 3.4). Dementsprechend werden auch insbesondere die Entwicklungsländer, in denen Aquakulturproduktion stattfindet, einen großen Anteil der mit dem Einsatz von Chemikalien möglicherweise verbundenen umwelt- und gesundheitsbezogenen Gefährdungen zu tragen haben. Bisher besteht jedoch keine Kenntnis darüber, welchen Anteil die Entwicklungsländer an der chemikalien-intensiven Aquakulturproduktion einnehmen.

Von den im Rahmen dieser Vorstudie identifizierten 173 Bioziden im weiteren Sinne (vgl. Kapitel 4.3.3) wurden insgesamt 60 Stoffe nach verschiedenen, offiziell anerkannten Bewertungssystemen, wie etwa dem der WHO, als gefährlich klassifiziert (vgl. Kapitel 5). Somit werden in der Aquakultur zahlreiche gefährliche Stoffe eingesetzt, bei denen nachteilige Auswirkungen für den Anwender, den Konsumenten und für die Umwelt möglich sind. Zum Teil werden die Substanzen aufgrund ihrer hohen akuten Giftigkeit als extrem gefährlich eingestuft, haben negative Auswirkungen auf die Reproduktion oder es gibt Hinweise auf Mutagenität. Auch als wahrscheinlich krebserregend oder als Nervengifte eingestufte Substanzen werden eingesetzt. Einige dieser Substanzen sind in den meisten Europäischen Ländern etwa für Anwendungen in der Landwirtschaft oder als Antifouling-Anstriche für Schiffe streng reglementiert oder verboten.

Allgemein gesehen ist jedoch das derzeitige Wissen um Gesundheits- und Umweltauswirkungen, die vom Chemikalieneinsatz in der Aquakultur ausgehen können, sehr begrenzt. Viele verwendete Chemikalien wurden ursprünglich für andere Anwendungszwecke und Anwendungsorte, insbesondere für die Landwirtschaft, entwickelt. So besteht das Problem, dass die meisten der eingesetzten Substanzen und Produkte niemals speziell für den Bereich der Aquakultur geprüft, d.h. hinsichtlich ihrer Effekte auf die aquatische Umwelt, insbesonders die Küstengewässer, hin untersucht worden sind.

Basierend auf den Ergebnissen dieser Vorstudie lässt sich zusammenfassend sagen, dass es aufgrund der unzureichenden Datenlage über typische Einsatzmuster (Einsatzmengen, Anwendungsfrequenz) von chemischen Mitteln in der Aquakultur zur Zeit sehr schwierig bis unmöglich ist:

- Abschätzungen zur realen Exposition von in der Aquakultur eingesetzten Substanzen für Mensch und Umwelt und darauf basierend Risikobewertungen durchzuführen
- Besonders chemikalien-intensive Aquakultursysteme, sowie Länder und Regionen in denen der Chemikalieneinsatz qualitativ besonders relevant ist, zu identifizieren und hier gezielt Maßnahmen zur Reduktion des Chemikalieneinsatzes und zur Risikovermeidung/Risikominimierung zu ergreifen
- Gefahrenpotentiale, die mit der hauptsächlich in Entwicklungsländern lokalisierten Produktion aquatischer Lebensmittel verbunden sein können, frühzeitig zu erkennen, Menschen und Umwelt davor zu schützen und die betroffenen Länder bei der Entwicklung von Lösungsansätzen unterstützen zu können.

Handlungsempfehlungen

Internationale Übereinkommen, wie etwa der Code of Conduct for Responsible Fisheries (CCRF) der FAO, fordern bereits seit langem die einzelnen Staaten dazu auf, dass "der sichere, effektive und minimale Einsatz von Therapeutika, Hormonen, Medikamenten, Antibiotika und anderen Chemikalien zur Kontrolle von Krankheiten sichergestellt sein sollte" (Artikel 9.4.4). Weiterhin wird in Artikel 9.4.5 dazu aufgerufen, "in der Aquakultur den Einsatz von Chemikalien, die umwelt- und gesundheitsgefährdend sind, zu regulieren" (FAO, 1995).

Mit Blick auf die Implementierung der im CCRF genannten Forderungen und basierend auf den genannten Ergebnissen dieser Vorstudie lassen sich folgende Forderungen und Handlungsempfehlungen ableiten:

- **Grundlegende Daten über Einsatzmengen und Anwendungsfrequenz von chemischen Mitteln in der Aquakultur sollten in den Aquakulturnationen erhoben werden.**

  Dabei empfiehlt es sich mit der Datenerhebung zum Einen in den Ländern zu beginnen, die die Aquakultuprodukion dominieren. Hier sind insbesondere der globale Hauptproduzent China und die weiteren asiatischen Top-Produzenten (Indien, Japan, Phillippinen, Indonesien, Thailand, Republik Korea, Bangladesch, Vietnam) zu beachten. Zum Anderen sind auch gezielt mengenmäßig relevante, intensive Produktionstechnologien besonders zu untersuchen, wie etwa die Produktion von Katzenwels (Catfish) in den USA, Lachsproduktion in Küsten-Netzkäfigen (z.B. Norwegen, Kanada, Chile), intensives Shrimpfarming (z.B. Thailand, Ecuador) oder intensive Kulturen von Tilapia, um nur einige zu nennen. [18]

- **Dokumentationspflichten (Einsatzkataster) für die in der Aquakultur eingesetzten chemischen Substanzen sollten eingeführt und umgesetzt werden.**

  Ein Einsatzkataster ist die Voraussetzung für ein problemgerechtes Chemikalien-Management. Die Aquakulturproduzenten sollten hierbei mindestens folgende Angaben dokumentieren: Eingesetzte Produkte und Wirkstoffe, Einsatzmengen, Anwendungsfrequenz, Einsatzzweck, Art der Anwendung, Art und Größe des behandelten Bestandes, Erfolg/Misserfolg der Behandlung. Darüber hinaus sollten die verantwortlichen Behörden verpflichtet werden, entsprechende Informationen zu veröffentlichen.[19]

- **Aus Gründen der Vorsorge ist zu fordern, dass alle Substanzen, die in der Aquakultur eingesetzt werden, eine Zulassungsprüfung speziell für den Anwendungsbereich Aquakultur durchlaufen müssen und ihr Einsatz im Rahmen von Gesetzgebungen reguliert wird.**

  Die Ergebnisse der vorliegenden Vorstudie zeigen, dass zahlreiche Wirkstoffe in der Aquakultur eingesetzt werden. Hierunter sind auch viele Wirkstoffe, die hauptsächlich in der Landwirtschaft eingesetzt werden und dort zum Teil streng reglementiert sind. Es bleibt daher zu fordern, dass solche Stoffe auch für den speziellen Einsatz im Aquakul-

[18] Denkbar wäre etwa die Ermittlung von Verkaufszahlen, Einkauf von Marktstudien, Hochrechnungen auf Basis existierender kleinskaliger Erhebungen oder Rückstandsbetrachtungen. Die Verfahren lassen sich auch je nach Auffindbarkeit von Informationen verknüpfen.

[19] Methodisches Wissen darüber wie ein Einsatzkataster konzipiert und verwendet werden kann ist bei PAN Germany für den landwirtschaftlichen Bereich vorhanden (PAN Germany, 2002; PAN Germany, 2003).

tursektor einer Zulassungspflicht unterliegen. Ein Registrierungssystem für Chemikalien, die für den Einsatz in der Aquakultur „zugelassen“ sind, ist essentiell, um Umwelt und Gesundheit vor möglichen Gefahren aber auch den Aquakultursektor selber vor möglicherweise überzogenen Anschuldigungen und unbegründeten Skandalen zu schützen.[20]

- **Entwicklung und Förderung von Alternativen zur chemikalien-intensiven Aquakultur und von sicheren Produktionstechnologien**

  Maßnahmen sollten ergriffen und Projekte finanziert werden, um Aquakultursysteme zu fördern, in denen ohne oder mit geringem Chemikalieneinsatz produziert wird, wie etwa in der anerkannt ökologischen Aquakultur.

  Die Förderung solcher chemikalien-extensiven Aquakultursysteme kann beispielsweise durch die sinnvolle Kooperation des privaten und öffentlichen Sektors im Rahmen sogenannter Public Private Partnerships (PPP) Projekte in effektiver Weise unterstützt werden[21].

Weitere Aspekte, die zu diesem Thema berücksichtigt werden sollten:

- **Produkte aus Aquakultur, sowie Abwässer und Abfälle aus Aquakultur sollten im Rahmen von Monitoringprogrammen verstärkt auf Rückstände eines breiten Spektrums gefährlicher Substanzen analysiert werden.**

  Um Umwelt und Verbraucher schützen zu können und die Sicherheit der aus Aquakultur stammenden Lebensmittel zu garantieren, müssen umfangreiche Daten über mögliche Belastungen mit gezielt verwendeten Substanzen vorliegen.

- **Beratungs- und Schulungssysteme sind, insbesondere in Entwicklungsländern, einzuführen bzw. weiter auszubauen und auch im Sinne eines verbesserten Verbraucherschutzes finanziell von den Industriestaaten zu unterstützen.**

  Aquakulturproduzenten und in der Aquakultur Beschäftigte sollten verstärkt über die mit dem Einsatz von Chemikalien verbundenen, umwelt- und gesundheitsbezogenen Risken sowie über Alternativen zum Chemikalieneinsatz aufgeklärt werden und im sicheren Umgang mit chemischen Produkten geschult werden.

---

[20] Ein weiterer Zugang wäre, statt das Management von Chemikalien in der Aquakultur ins Blickfeld zu richten, den Weg der Risikoreduktion zu bestreiten. Dies ließe sich auf Basis der hier als gefährlich identifizierten Stoffe vorantreiben

[21] Beispielhaft ist hier die im Rahmen eines PPP-Projektes der Gesellschaft für Technsiche Zusammenarbeit (GTZ) realisierte Entwicklung und praktische Umsetzung von Produktions- und Qualitätsstandards der ökologischen Garnelenproduktion in Ecuador unter Kooperation von GTZ, Naturland und Produzenten vor Ort zu nennen.

10 Referenzen

- Alderman, D. J., Rosenthal, H., Smith, P., Stewart, J., Weston, D. (1994): Chemicals used in mariculture. ICES Cooperative Research Report, (202):100
- Arthur, J. R., Lavilla-Pitogo, C.R., Subasinghe, R.P. (1997): Use of chemicals in aquaculture in Asia. Proceedings of the meeting on the use of chemicals in aquaculture in Asia 20-22 May 1996; Tigbauan, Iloilo, Philippines, 2000, Southeast Asian Fisheries Development Center, Aquaculture Department, Tigbauan, Iloilo, Philippines
- Barg, U. pers. Mitteilung (2003): Telefonat vom 08.10.2003
- Barg, U. schriftl. Mitteilung (2003): FAI/FI response to queries by Ms. Nikov (PAN Germany) regarding the use of chemicals in aquaculture production with a focus on biocidal agents. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), e-mail vom 12.11.2003
- Black, K. D. (2001): Environmental impacts of aquaculture. Sheffield Academic Press, Sheffield, 214 Seiten
- BMELF (1999): Das Pflanzenschutzgesetz. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.), Bonn
- Boyd, C. E., Massaut. L. (1999): Risks associated with the use of chemicals in pond aquaculture. In: Aquacult. Eng. (2):113-132
- Cantox Environmental Inc.(2001): Scoring and ranking of chemicals used in regional aquaculture operations in atlantic Canada based on ecological risk potential. Cantox Environmental Inc, Halifax, Canada, prepared for Environment Canada, Pollution Prevention Division, Environmental Protection Branch
- Cohen, C. (1997): Fish products as a potential growth sector. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington, www.ifpri.org/themes/mp07/other/fish.htm, 29.06.03
- Commission Directive (2001): Commission Directive 2001/59/EC of 6 August 2001 adapting to technical progress for the 28th time Council Directive 67/548/EEC on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances.
- Cornell University (1999): A Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides. Cornell University, IPM Programme, New York State Agricultural Experiment Station Geneva , accessible through http://www.nysaes.cornell.edu/ipmnet/ny/Programme_news/EIQ.html, New York, USA
- Costa-Pierce, B. A. (2002): Ecological Aquaculture – The evolution of the blue revolution. Blackwell Science Ltd, Oxford, 382 Seiten
- Delgado, C., Rosegrant, M., Wada, N., Meijer, S. , Ahmed, M. (2002): Fish as food: Projections to 2020 under different scenarios. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington, MSSD Discussion Paper No. 52

- Delgado, L., Wada, N., Rosegrant, M.W., Meijer, S., Ahmed. M. (2003): Fish to 2020 – Supply and demand in changing global markets. The International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington, WorldFish Center, Penang, Malaysia (Eds.), ISBN 0-89629-725-X
- EAS schriftl. Mitteilung (2003): e-mail vom 22.10.2003 von Lane, A., European Aquaculture Society (EAS)
- EEC (1967): Council Directive 67/548/EEC of 27 June 1967 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances. Official Journal 196, Brussels, Belgium
- EEC (1994): Commission regulation No. 1430/94. Amending Annexes I, II, II, and IV of Council Regulation No. 2377/90 laying down a Community procedure for the establishment of maximum residue limits of veterinary medicinal products in foodstuffs of animal origin (OJ No. L 156, 23/6/1994)
- EEC (1995): The rules governing medicinal products in the European Communtity. Vol. VIII. Establishement of maximum residue levels for veterinary medicinal products in foodstuff of animal origin. Summary reports of the committee for veterinary medicinal products in support of classification in accordance with Council Regulation (EEC) No. 2377/90: 60-61
- EEC (2000): Legislation in Force. Brussels, Belgium, http://www.europa.eu.int/eur-lex/en/lif/dat/1994/ en_294A0103_51.html, 18.11.2003
- Ernst, W., Jackmann, P., Doe, K., Page, F, Julien, G., Mackkay, K., Sutherland, T. (2001): Dispersion and toxicity to non-target aquatic organisms of pesticides used to treat sea lice on salmon in net pen enclosures. In: Marine Pollution Bulletin, 42(6):433-444
- Eubanks, M. W. (1997): Hormones and Health., Environmental Health Perspectives Volume 105, Number 5, National Institute Environmental Health Sciences (NIEHS), USA
- European Commission (1995): Aquaculture and the environment in the European community., European Commission Directorate General for Fisheries, Office for official Publications of the European Communities, Brussels
- European Commission (2000): Towards the establishment of a priority list of substances for further evaluation of their role in endocrine disruption - preparation of a candidate list of substances as a basis for priority setting, Delft
- European Community (1967): Council Directive 67/548/EEC of 27 June 1967 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances, Official Journal 196, Brussels, Belgium, plus several amendments, adaptions and modifications as noted in the footnotes of the chapters
- European Community (1993): Document 393L0021, Council Directive 93/21/EEC of 27 April 1993 adapting to technical progress for the 18th time Council Directive 67/548/EEC on the approximation of laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substance, Official Journal L 110, Brussels, Belgium

- FAO (1995): Code of Conduct for Responsible Fisheries., Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO), Rome, http://www.fao.org/DOCREP/005/v9878e/v9878e00.htm, 18.11.2003
- FAO (1997): Towards safe and effective use of chemicals in coastal aquaculture., IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint group of experts on the scientific aspects of marine environmental protection – GESAMP, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Reports and studies No. 65, Rome, ISBN 92-5, ISSN 1020-4873
- FAO (2002): The state of world fisheries and aquaculture 2002. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), FAO Fisheries Department, ISBN 92-5-104842-8, http://www.fao.org/docrep/005/y7300e/y7300e00.htm, 10.07.2003
- FAO (2003): Review of the state of world aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), FAO Fisheries Circular No. 886, Rev. 2
- FAO/NACA (1994): Regional study and workshop on the environmental assessment and management of aquaculture development. Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO) and Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific (NACA), Bangkok, Thailand.
- FAO/NACA/WHO (1999): Report of the joint FAO/NACA//WHO study group on food safety issues associated with products from aquaculture. Bangkok, Thailand, 22-26 July 1997, World Health Organization (WHO) Technical Report No. 883, 55 Seiten
- Fiorani, J., Hendrix, J.Pauley, B. Suppa, A. (2003): Using farm outputs as inputs for aquaculture. – Simply nicer!, Ecological Agriculture 2003, http://www.kursus.kvl.dk/shares/ea/03Projects/32gamle/_2003/aquaculture.pdf, 10.10.2003
- Gately, C. (1996): Future food security must be found in farm-raised fish and managed natural fisheries. International Food Policy Research Institute (IFPRI) , Washington
- Goldberg, G., Triplett, T. (1997): Murky waters: Environmental effects of aquaculture in the US., The Environmental Defense Fund, http://www.environmentaldefense.org/documents/490_AQUA%2Epdf, 01.10.2003
- Gräslund, S. schriftl. Mitteilung (2003): e-mail vom 03.11.2003
- Gräslund, S., Bengtsson, B. E. (2001): Chemicals and biological products used in south-east Asian shrimp farming, and their potential impact on the environment – a review. In: The Science of the Total Environment, 280: 93-131
- Gräslund, S., Holmström, K., Wahlström, A. (2003): A field survey of chemicals and biological products used in shrimp farming. Marine Pollution Bulletin 46:81 – 90
- Greenpeace (2001): Antibiotika in der industriellen Meeresfrüchte-Produktion. http://archiv.greenpeace.de, 15.11.2003
- Husevag, B.; Lunestad, B. T.; Johannessen, P. J.; Enger, O., Samuelsen, O. B. (1991): Simultaneous occurrence of Vibro Salmonicida and antibiotic-resistent bacteria in sediments at abandoned aquaculture sites. In: Journal of Fish Diseases. 14(6): 631-640
- International Agency for Research on Cancer (1999): Preamble to the IARC Monographs. IARS Monographs, accessible through: http://www.iarc.fr/, Lyon, France

- Kautsky, N., Ronnback,P., Tedengren, M., Troell, M. (2000): Ecosystem perspectives on management of diseases in shrimp pond farming. In: Aquaculture, no. 1-3:145-161
- NACA/FAO (2001): Aquaculture in the third millennium., Subasinghe, R.P., Bueno, P., Phillips, M.J., Hough, C., McGladdery, S.E., Arthur, J.E. (Eds.), Technical proceedings of the conference on aquaculture in the third millennium. Bangkok, Thailand. 20-25 February 2000, NACA, Bangkok and FAO, Rome. 471 Seiten
- Naturland (1999): Richtlinien für die naturgemäße Aquakultur., Fassung 11/99 ©Naturland, Naturland – Verband für naturgemäßen Landbau e. V., Gräfelfing.
- PAN Germany (2002): From law to field. – Pesticide use reduction in agriculture – from pesticide residue ato action. Pesticide Action Network (PAN) Germany
- PAN Germany (2003): Pesticide use reporting.-Options and possibilities for Europe. Pesticide Action Network (PAN) Germany
- Phillips, M. J. (1995): Aquaculture and the environment - striking a balance. In: Aquaculture towards the 21st century: Proceedings of INFOFISH AquaTech '94, INFOFISH, Kuala Lumpur.
- Reigart, J. R., Roberts, J. R. (1999): Recognition and management of pesticide poisonings. Office of Prevention, Pesticides, and Toxic Substances, US Environmental Protection Agency, Washington, USA
- Rohana, P. S., Barg, U., Tacon, A. (1997): Chemicals in Asian aquaculture: Need, usage, issues and challenges. In: Arthur, J.R., Lavilla-Pitogo, C.R., Subasinghe, R.P.: Use of chemicals in aquaculture in Asia ., Proceedings of the meeting on the use of chemicals in aquaculture in Asia 20-22 May 1996, Tigbauan, Iloilo, Philippines, 2000, Southeast Asian Fisheries Development Center Aquaculture Department Tigbauan, Iloilo, Philippines
- Schnick, R.A. (1991): Chemicals for world-wide aquaculture. In: Fish Health Management in Asia-Pacific. Report on a Regional Study and Workshop on Fish Disease and Fish Health Management., Asian Development Bank and Network of Aquaculture Centres in Asia, Bangkok, Thailand: 441-446
- SEAFDEC schriftl. Mitteilung (2003): e-mail vom 28.10.2003 von Lavilla-Torres, C.R., Sustainable and Responsible Aquaculture in Southeast Asia (SEAFDEC), www.seafdec.org.ph
- Tacon, A. J. (2003): Aquaculture production trends analysis. In: Review of the state of world aquaculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), FAO Fisheries Circular No. 886, Rev. 2
- U.S. EPA, Office of Pesticide Programmes (2000a): Science policy on the use of data on cholinesterase inhibition for risk assessments of organophosphorous and carbamate pesticides. p. 16. Office of Pesticide Programme, US Environmental Protection Agency, Washington, USA
- US EPA, Office of Pesticide Programmes (2000): List of Chemicals Evaluated for Carcinogenic Potential. U.S. EPA Office of Pesticide Programmes, Washington, DC, USA
- Weber, M. L. (2003): What price farmed fish – A review of the environmental & social costs of farming carnivorous fish. Sea Web Aquaculture Clearinghouse, http://www.seaweb.org/resources/sac/pdf/WhatPriceFarmedFish_low.pdf, 05.10.2003

- WHO (2000-02): The World Health Organization (WHO) Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification 2000-02 (WHO/PCS/01.5), WHO, Vienne, Switzerland
- World Health Organisation/ International Programme on Chemical Safety (1999): Inventory of IPCS and other WHO pesticide evaluation and summary of toxicological evaluations performed by the joint meeting on pesticide residues (JMPR) through 1999, WHO/ IPCS, Vienna, Switzerland
- WWF (2002): Gefahren durch hormonell wirksame Pestizide und Biozide – Schadstoffe in Lebensmitteln, Garten und Haus. WWF Deutschland, Frankfurt a. Main, Seite 43

11 Anhänge

11.1 Hauptarten der in Aquakultur im Jahr 2000 produzierten Fische

Tabelle 6: Hauptarten der in Aquakultur im Jahr 2000 produzierten Fische

(Quelle: Tacon, 2003)

Species	Production [1/] (mt)	Production (% total)	Total Value (1000 US $)	Unit[2/] Value	Main producing countries (% species total)
Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*)	3,473,051	15.1	3,046,534	0.88	China 92.9, Bangladesh 3.6, Cuba 0.9
Grass carp (*Ctenopharyngodon idella*)	3,447,474	30.0	2,887,529	0.84	China 91.7, India 4.4, Egypt 1.9, Banglad. 1.4
Common carp (*Cyprinus carpio*)	2,718,277	41.8	2,836,022	1.04	China 78.0, Indonesia 6.3, India 3.2, Brazil 1.9
Bighead carp (*Aristichthys nobilis*)	1,636,623	48.9	1,419,136	0.87	China 98.6, Lao 0.3
Crucian carp (*Carassius carassius*	1,379,304	54.8	1,040,344	0.75	China 99.7
Nile tilapia (*Orecchromis niloticus*)	1,045,100	59.4	1,251,405	1.20	China 60.2, Egypt 15.1, Thailand 9.4, Phil[3] 7.4
Atlantic salmon (*Salmo salar*)	883,558	63.2	2,749,136	3.11	Norway 49.4, Chile 18.9, UK 14.6, Canada 7.7
Roho (*Roho labeo*)	795,128	66.7	1,487,909	1.87	India 71.4, Bangladesh 15.8, Myanmar 11.8
Catla (*Catla catla*)	653,440	69.5	650,951	1.00	India 83.6, Bangladesh 15.6
Mrigal carp (*Cirrhinus mrigala*)	573,294	72.0	527,256	0.92	India 90.2, Bangladesh 8.7
White amur bream (*Parabramis pekinensis*)	511,730	74.2	588,489	1.15	China 100.0
Milkfish (*Chanos chanos*)	461,857	76.2	715,091	1.55	Indoresia 47.0, Philippines 44.2, Taiwan[POC] 8.6
Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)	448,141	78.1	1,332,254	2.97	Chile 17.7, Norway 10.9, Italy 9.9, France 9.2
Channel catfish (*Ictalurus punctatus*)	269,367	79.3	447,170	1.66	USA 99.9
Japanese eel (*Anguilla japonica*)	220,043	80.3	885,092	4.02	China 73.0, Taiwan[POC] 13.8, Japan 11.0
Mud carp (*Cirrhinus molitorella*)	200,102	81.1	200,191	1.00	China 99.9
Black carp (*Mylopharyngodon piceus*)	170,786	81.9	290,257	1.70	China 99.2
Japanese amberjack (*Seriola quinqueradiata*)	137,328	82.5	1,235,892	9.00	Japan 99.6
Coho salmon (*Onchorynchus kisutch*)	108,626	82.9	408,838	3.76	Chile 86.0, Japan 12.1, Canada 1.9
Mandarin fish (*Siniperca chuatsi*)	98,859	83.4	840,301	8.50	China 100.0
Total Finfish	23,068,083	100	31,565,104	1.37	China 65.8, India 8.8, Indonesia 2.8, Bangladesh 2.6, Norway 2.1, Vietnam 1.6

1/ Total finfish aquaculture production, live weight equivalents); 2/ US $/kg live weight equivalent; 3/ Philippines.

11.2 Hauptarten der in Aquakultur im Jahr 2000 produzierten Mollusken

Tabelle 7: Hauptarten der in Aquakultur im Jahr 2000 produzierten Mollusken

(Quelle: Tacon, 2003)

Species	Production[1/] (mt)	Production (% total)	Total Value (1000 US $)	Unit[2/] Value	Main producing countries (% species total)
Pacific cupped oyster (*Crassostrea gigas*) Japanese	3,944,042	36.7	3,404,277	0.86	China 83.5, Japan 5.6, Korea Rep 5.3, France3.4, USA 1.0
Carpet shell (*Ruditapes philippinarum*)	1,693,012	52.5	2,129,698	1.26	China 95.5, Italy 3.1, Korea Rep 1.0
Yesso scallop (*Pectin yessoensis*)	1,132,866	63.1	1,529,089	1.35	China 81.2, Japan 18.6
Blue mussel (*Mytilis edulis*)	458,558	67.3	296,425	0.65	Spain 54.0, Netherlands 14.6, France 12.6
Blood cockle (*Anadara granosa*)	319,382	70.3	293,864	0.92	China 62.3, Malaysia 20.2, Thailand 17.2
Mediterranean mussel (*M. galloprovincialis*)	177,271	72.0	75,865	0.43	Italy 80.2, France 8.5, Greece 8.3
Green mussel (*Perna viridis*)	87,533	72.8	9,558	0.11	Thailand 64.0, Philippines 19.4, Malaysia 12.6
New Zealand Mussel (*Perna canaliculus*)	76,000	73.5	30,400	0.40	New Zealand 100
Northern quahog (Mercenaria mercenaria)	50,685	74.0	57,881	1.14	Taiwan POC 52.7, USA 47.3
Total molluscs	10,732,182	100	9,496,615	0.88	China 80.2, Japan 4.0, Spain 2.4, Korea Rep2.4, France 1.9, Italy 1.2

11.3 Hauptarten der in Aquakultur im Jahr 2000 produzierten aquatischen Pflanzen

Tabelle 8: Hauptarten der in Aquakultur im Jahr 2000 produzierten aquatischen Pflanzen

Quelle: Tacon, 2003)

Species	Production [1] (mt)	Production (% total)	Total Value (1000 US $)	Unit[2] Value	Main producing countries (% species total)
Japanese kelp (*Laminaria japonica*)	4,580,056	45.2	2,811,440	0.61	China 90.6, Korea [DPR] 7.9, Japan 1.2
Laver (*Porphyra tenera*)	1,010,963	55.2	1,183,158	1.17	China 47.6, Japan 38.7, Korea [Rep] 12.9
Eucheuma cotoni (*Eucheuma cottonii*)	604,600	61.2	43,889	0.07	Philippines 100.0
Wakame (*Undaria pinnatifida*)	311,105	64.2	148,859	0.48	Korea [REP] 68.3, Japan 21.4, Korea [DPR] 10.3
Elkhorn sea moss (*Kappaphycus alvarezii*)	17,432	64.4	1,484	0.08	Philippines 100.0
Warty gracilaria (*Gracilaria verrucosa*)	12,510	64.5	10,945	0.87	Taiwan [POC] 100.0
Spiny eucheuma (*Eucheuma denticulatum*)	6,544	64.6	637	0.10	Philippines 100.0
Green laver (*Monostroma nitidum*)	5,288	64.6	1,849	0.35	Korea REP 100.0
Total aquatic plants	10,130,448	100	5,607,835	0.55	China 77.6, Philippines 6.5, Japan 5.2, Korea DPR 3.9, Korea REP 3.7, Indonesia 2.0

11.4 Hauptarten der in Aquakultur im Jahr 2000 produzierten Krustentiere

Tabelle 9: Hauptarten der in Aquakultur im Jahr 2000 produzierten Krustentiere

(Quelle: Tacon, 2003)

Species	Production [1/] (mt)	Production (% total)	Total Value (1000 US $)	Unit[2/] Value	Main producing countries (% species total)
Giant tiger prawn (*Penaeus monodon*)	571,497	34.7	4,046,751	7.08	Thailand 51.6, Indonesia 15.8, India 9.2, Viet Nam 9.1, Philippines 7.1, Malaysia 2.7
Chinese river crab (*Eriocheir sinensis*)	232,391	48.8	1,162,602	5.00	China 99.9
Fleshy prawn (*Penaeus chinensis*)	219,152	62.1	1,324,969	6.04	China 99.5
Whiteleg shrimp (*Penaeus vannamei*)	143,737	70.8	878,324	6.11	Ecuador 34.9, Mexico 23.3, Brazil 17.4, Colombia 7.9, Venezuela 5.7, Nicaragua 3.6
Marine crabs (*Brachyura*)	125,341	78.4	501,700	4.00	China 99.9
Giant river prawn (*M. rosenbergii*)	118,501	85.6	410,001	3.46	China 82.2, Taiwan 6.9, Bangladesh 5.4, Thailand 3.1, Malaysia 1.1
Banana prawn (*Penaeus merguiensis*)	45,717	88.4	179,932	3.94	Indonesia 60, Viet Nam 30.4, Thailand 6.6
Metapenaeid shrimp (*Metapenaeus* sp)	20,916	89.6	75,800	3.62	Indonesia 93.5, Thailand 4.8
Indo-Pacific swamp crab (*Scylla serrata*)	10,752	90.3	34,993	3.25	Indonesia 47.7, Philippines 46.2
Red swamp crawfish (*Procambarus clarkii*)	7,718	90.8	27,632	3.58	USA 99.9
Indian white prawn (*Penaeus indicus*)	4,370	91.0	23,094	5.28	Viet Nam 79.5, Oman 9.9, India 6.9
Total Crustaceans	1,647,720	100	9,371,794	5.69	China 42.9, Thailand 18.4, Indonesia 8.9, Viet Nam 5.8, Bangladesh 3.9, India 3.2, Ecuador 3.1, Philippines 2.8, Mexico 2.0

11.5 Hauptproduzenten (Länder) der Aquakultur

Tabelle 10: Hauptproduzenten (Länder) der Aquakultur

(Quelle: Tacon, 2003)

Rang	Staat	Produktion [in Tonnen]	Marktwert [in Tsd. US-$]
1.	China	32.444.211	28.117.045
2.	Indien	2.095.572	2.166.761
3.	Japan	1.292.705	4.443.252
4.	Philippinen	1.041.311	729.789
5.	Indonesien	993.727	2.264.270
6.	Thailand	706.959	2.431.020
7.	Korea (Rep.)	697.856	607.860
8.	Bangladesh	650.121	1.159.730
9.	Vietnam	525.535	1.095.003
10.	Norwegen	487.820	1.356.389
11.	Korea (DVR)	467.100	280.650
12.	USA	428.262	870.375
13.	Chile	425.058	1.266.741
14.	Ägypten	340.090	815.040
15.	Spanien	312.171	382.392
16.	Frankreich	267.767	433.873
17.	Taiwan	256.385	847.305
18.	Italien	216.525	455.774
19.	Malaysien	167.858	256.974
20.	Brasilien	153.558	617.323
21.	Großbritannien	152.435	461.323
22.	Kanada	123.297	372.570
23.	Myanmar	90.812	111.152
24.	Neuseeland	85.640	54.070
25.	Griechenland	79.879	287.018
26.	Türkei	79.031	219.775
27.	Russische Föderation	77.130	204.778
28.	Niederlande	75.339	107.248
29.	Ecuador	62.111	323.567
30.	Kolumbien	61.768	257.812

11.6 Klassifizierung von Aquakultursystemen nach Costa-Pierce

(Quelle: Costa-Pierce, 2002)

Types	Kinds and levels
Stocking, management and economic intensity levels	Intensive Semi-intensive Extensive
Water salinities	Freshwater Brackishwater Seawater
Water flow characteristics	Running water (lotic) Standing water with flushing Standing water (lentic)
Amount of on-site waste treatment and recirculation	Open, no recirculation Semi-closed, partial recirculation Closed, full recirculation
Environmental location	Indoor Outdoor-natural Outdoor-artificial
Feed qualities	Complete Supplemental Natural
Feeding strategies	Continuous Scheduled Natural
Species' stocking strategies	Monoculture Janitorial polyculture
Species' temperature tolerances	Eurythermal Stenothermal cold water warm water
Species' salinity tolerances	Euryhaline Stenohaline
Species' natural food habits	Carnivorous Omnivorous Herbivorous Opportunistic
Fry sources	Hatcheries Wild capture of broodstock Natural
Level of systems integration	Stand alone Integrated
Unit types	Raceways Tanks, cages (floating, fixed) Net pens (fixed) Rafts (ropes, nets) Ponds
Marketing channels	Human food (local, export) Sport, recreation, tourism

11.7 Chemische und biologische Mittel in der Aquakultur – tabellarische Übersicht

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die in der ausgewerteten Literatur identifizierten, hauptsächlich chemischen Mittel, die in der globalen Aquakultur eingesetzt werden. Aufgelistet sind nur Wirkstoffe, die zu den Bioziden im weiteren Sinne (Definition siehe Kapitel 4.3) zählen.

Referenzen sind in der Tabelle mit Nummern aufgeführt, die Referenzliste findet sich am Ende der Tabelle. Einträge in den Spalten “Chemische Gruppe”, “Beispiele für weitere Namen/Kommerzielle Produkte”, “Anwendung” und “Anwendung (Untergruppe)” wurden unverändert von den verschiedenen Autoren übernommen. Sie dienen als weitere Orientierungshilfe ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Keine Einträge in diesen Spalten bedeuten ausschließlich, dass von den Autoren keine weiteren Angaben gemacht wurden.

Tabelle 11: Chemische und biologische Mittel mit biozider Wirkung in der Aquakultur

Wirkstoffe / Wirkstoff-gemische / Naturextrakte	CAS-Nummer	Chemische Gruppe	Beispiele für weitere Namen / Kommerzielle Produkte	Anwendung	Anwendung (Untergruppe)	Referenz
2,4-D	94-75-7			Pestizid	Herbizid/Algizid	46/55
2,4-D (Dimethylamin-Salz)	53404-32-3			Pestizid	Herbizid/Algizid	55
2,4-D (Isooctylester)	25168-26-7			Pestizid	Herbizid/Algizid	55
2,4-D und Butoxyethyle-ster	1929-73-3			Pestizid	Herbizid/Algizid	55
2-Pyrrolidinon	616-45-5	Iodophor		Desinfektionsmittel		38/49/53/55/73
Acid blue / Acid yellow				Pestizid	Herbizid/Algizid	46/54
Acriflavin	8048-52-0			Sonstige Therapeutika		7/46/49/56
Aluminiumsulfat	10043-01-3]			Pestizid	Herbizid/Algizid	46
Ameisensäure	64-18-6			Desinfektionsmittel		75
Amitrol	61-82-5			Pestizid	Herbizid/Algizid	46
Ammoniak	7664-41-7			Pestizid	Piscizid	7/73
Amoxycillin	26787-78-0	ß-Lactam Antibioti-kum (Penicillinprä-parat)	D-(-)-alpha-amino-p-hydroxybenzyl penicillin trihydrate	Antibiotika		6/7/17/25/46/57/73
Ampicillin	69-53-4	ß-Lactam Antibioti-kum (Penicillinprä-parat)		Antibiotika		17/25

Wirkstoffe / Wirkstoff-gemische / Naturextrakte	CAS-Nummer	Chemische Gruppe	Beispiele für weitere Namen / Kommerzielle Produkte	Anwendung	Anwendung (Untergruppe)	Referenz
Antimycin	518-75-2		Citrinin	Pestizid	Piscizid	46/55
Azamethiphos	35575-96-3	Organophosphat	Salmosan	Pestizid		6/17/42/75
Azinphosethyl	2642-71-9	Organophosphat	Gusathion A	Pestizid	Molluscizid	7/38
Benzalkoniumchlorid	63449-41-2	Quartäre Ammonium-verbindung	BKC, Roccal, Alkyldimethylbenzylammoniumchlorid, Fabcide, Aquazal, Progen	Desinfektionsmittel		7/20/38/44/46/49/56/57/73
Benzylpenicillin	61-33-6	ß-Lactam Antibioti-kum (Penicillinpräpa-rat)	Penicillin G	Antibiotika		17/50
Benzylpenicillin + Dihydro-streptomycin		Penicillinpräparat		Antibiotika		73
Bicozamyzin	38129-37-2			Antibiotika		25
Bronopol	52-51-7			Desinfektionsmittel		43/57
Calciumchlorid	10043-52-4			Sonstige Therapeutika		53/55
Calciumhypochlorit	7778-54-3			Desinfektionsmittel		20/38/49/51
Calciumsulfid	20548-54-3		Propond	Desinfektionsmittel		44
Calziumhydroxid	1305-62-0			Desinfektionsmittel		7/38/49/51/57/73
Azinphosethyl	2642-71-9	Organophosphat	Gusathion A	Pestizid	Molluscizid	7/38

Wirkstoffe / Wirkstoff-gemische / Naturextrakte	CAS-Nummer	Chemische Gruppe	Beispiele für weitere Namen / Kommerzielle Produkte	Anwendung	Anwendung (Untergruppe)	Referenz
Calziumhydroxid + Ammonium Phosphat				Pestizid		7
Calziumkarbonat	471-34-1		Calcit, Limestone	Desinfektionsmittel		7/20/38/51/73/75
Calziumoxid	1305-78-8			Desinfektionsmittel		7/38/49/51/53/55/57/73
Carbarsone	121-59-5			Sonstige Therapeutika		46
Carbaryl	63-25-2	Carbamate	Sevin	Pestizid		7/24/54
Chlor	7782-50-5			Desinfektionsmittel		20
Chloramin-T	127-65-1		Tosylchloramid-Natrium, Halamid	Desinfektionsmittel		7/17/46/49/56/57/75
Chloramphenicol	56-75-7	"Phenicol"	FG Mycin, Chloromycetin	Antibiotika		4/7/20/38/44/46
Chlorpyriphos	2921-88-2	Organophosphat	Dursban	Pestizid		7/38/24
Chlortetracyclin	57-62-5	Tetracyclin		Antibiotika		20/44/46/50/57
Ciprofloxacin	85721-33-1	Fluroquinolon		Antibiotika		20
Cloxacillin	61-72-3			Antibiotika		17
Co-trimaxozol		Sulfonamid		Antibiotika		7
Co-trimazin				Antimikrobielle Substanz		73
Cycloheximidin				Antibiotika		46

Wirkstoffe / Wirkstoff-gemische / Naturextrakte	CAS-Nummer	Chemische Gruppe	Beispiele für weitere Namen / Kommerzielle Produkte	Anwendung	Anwendung (Untergruppe)	Referenz
Cycloserin	68-41-7			Antibiotika		46
Cypermethrin	67375-30-8	Pyrethrin/Pyrethroid-Verbindung	Excis	Pestizid		6/42/57
Deltametrin	52918-63-5	Pyrethrin/Pyrethroid-Verbindung		Pestizid		6/17
Diazinon	333-41-5	Organophosphat	Dimpylat	Pestizid		7/38
Dibutylzinndilaurat	77-58-7			Sonstige Therapeutika		49
Dichlobenil	1194-65-6			Pestizid	Herbizid/Algizid	46/54/55
Dichlon	117-80-6			Pestizid	Herbizid/Algizid	46
Dichlorvos	62-73-7	Organophosphat	DDVP, Nuvan, Aquaguard	Pestizid	Parasitizid	6/7/20/24/38/39/42/46/56/57/73
Dicloxacillin	3116-76-5			Antibiotika		17
Didecyldimethyl-ammoniumbromide		Quartäre Ammonium-verbindung	Bromosept	Desinfektionsmittel		38/44
Didecyldimethyl-ammoniumchlorid	7173-51-5	Quartäre Ammonium-verbindung		Desinfektionsmittel		20
Diflubenzuron	35367-38-5			Pestizid		6/17
Dimetridazol	551-92-8			Pestizid		7/17/46
Diquat	231-36-7			Pestizid		46

Wirkstoffe / Wirkstoff-gemische / Naturextrakte	CAS-Nummer	Chemische Gruppe	Beispiele für weitere Namen / Kommerzielle Produkte	Anwendung	Anwendung (Untergruppe)	Referenz
Diquatdibromid	85-00-7			Pestizid	Herbizid/Algizid	46/55
Diuron + Folpet			Algon Algaecide	Pestizid	Herbizid/Algizid	45
Dolomit (MgCO3)	13717-00-5			Desinfektionsmittel		7/20/73
Doramectin	117704-25-3			Pestizid		6
Doxycyclin	564-25-0	Tetracyclin		Antibiotika		46
Emamectinbenzoat	137512-74-4		Slice	Pestizid		6/17/57/75
Endosulfan	115-29-7	Organische Chlorverbindung		Pestizid		20/38
Endothall	145-73-3		Aquatol	Pestizid	Herbizid/Algizid	46/54/55
Enheptin	121-66-4			Sonstige Therapeutika		46
Enrofloxacin	93106-60-6	Fluroquinolon		Antibiotika		7/20/38
Erythromycin	114-07-8	Makrolid-Antibiotikum		Antibiotika		7/38/44/46/49/57/75
Fenbendazol	43210-67-9			Pestizid	Anthelminthikum	46/57
Florfenicol	76639-94-6]	"Phenicol"	Aquaflor	Antibiotika		7/17/25/57/73/75
Flumequin	42835-25-6	Quinolon		Antibiotika		7/17/24/46/57/73
Formaldehyd	50-00-0		Formalin-F, Paracide-F, Parasite S	Desinfektionsmittel		7/17/20/38/44/45/46/49/51/53/55/56/57/73/75
Fosfomycin	26016-99-9		Disodium phosphonomycin	Antibiotika		46

Wirkstoffe / Wirkstoff-gemische / Naturextrakte	CAS-Nummer	Chemische Gruppe	Beispiele für weitere Namen / Kommerzielle Produkte	Anwendung	Anwendung (Untergruppe)	Referenz
Fullers Earth				Sonstige Therapeutika		53/55
Furaltadon	139-91-3	Nitrofuran		Antibiotika		46
Furanace	13411-16-0			Desinfektionsmittel		46
Furazan	288-37-9	Nitrofuran		Antibiotika		44
Furazolidon	67-45-8	Nitrofuran		Antibiotika		7/17/24/38/44/46
Gentamicin	1403-66-3	Aminoglykosid		Antibiotika		20/46
Glutaraldehyd	111-30-8			Desinfektionsmittel		7/38/57/73
Glyphosat	1071-83-6			Pestizid	Herbizid/Algizid	46/49/55
Hypobromit				Desinfektionsmittel		46
Hypochlorit	14380-61-1			Desinfektionsmittel		7/46/56/73
Ivermectin	70288-86-7		Ivomec	Pestizid	Avermectin	6/7/46/73/75
Jod	7553-56-2		Biodin, Chiefiodo, Poly-iodon	Desinfektionsmittel		44/57
Jod; Nonylphenoletoxylat; Natriumdihydrogen-phosphat; Alkoholetoxylat		Iodophor (gepuffert)	Buffodine	Desinfektionsmittel		57
Kaliumdimethyldi-thiocarbamat	128-03-0	Organophosphat	Aquaguard	Pestizid	Parasitizid	24

Wirkstoffe / Wirkstoff-gemische / Naturextrakte	CAS-Nummer	Chemische Gruppe	Beispiele für weitere Namen / Kommerzielle Produkte	Anwendung	Anwendung (Untergruppe)	Referenz
Kaliumpermanganat	7722-64-7			Desinfektionsmittel		7/20/38/44/46/49/51/56/73
Kaliumperoxysulfat / Sulfamidsäure			Virkon	Desinfektionsmittel		75
Kalium-Ricinoleat	7492-30-0			Pestizid	Herbizid/Algizid	46/51
Kanamycin	8063-07-8			Antibiotika		46/49
Knoblauch				Pestizid	Parasitizid	53/55
Kupfer	7440-50-8		Algon Algaecide, AV-70 Plus Algicide, A&V-70 Granular Algaecide	Pestizid	Algizid	6/45/46/55/73
Kupfer (chelatgebunden)			Algae-Rhap, Algimycin PLL, Algimycin PLL-C, Aquatrine Algaecide, Cutrine Algaecide, Cutrine Plus, Cutrine Plus II, Komeen Aquatic Herbicide, K-Tea Algaecide, SCI-62 Algicide/Bactericide	Pestizid	Herbizid/Algizid	7/45/51/55/73
Kupferchlorid	38994-31-9			Pestizid	Algizid	20
Kupferoxid	1317-38-0			Desinfektionsmittel	Antifouling	6/46
Kupfersulfat	7758-98-7			Pestizid	Algizid	20/38/45/46/49/51/56/57

Wirkstoffe / Wirkstoff-gemische / Naturextrakte	CAS-Nummer	Chemische Gruppe	Beispiele für weitere Namen / Kommerzielle Produkte	Anwendung	Anwendung (Untergruppe)	Referenz
Kupfersulfat-Pentahydrat	7758-99-8			Pestizid		55
Levamisole	14769-73-4			Pestizid	Anthelminthikum	7/46
Lincomycin	154-21-2			Antibiotika		25
Magnesiumhydroxid	1309-42-8			Desinfektionsmittel		73
Magnesiumoxid	1309-48-4			Desinfektionsmittel		73
Magnesiumsulfat	7487-88-9			Pestizid	Parasitizid	49/53/55
Malachitgrün	569-64-2		C.I. Basic Green 4	Pestizid	Fungizid/Parasitizid	7/20/38/44/49/56
Malathion	121-75-5	Organophosphat		Pestizid	Parasitizid	7/24/38/49
Mebendazol	31431-39-7			Pestizid	Anthelminthikum	46
Methylenblau	61-73-4			Pestizid	Fungizid/Parasitizid	7/46/56
Monochrotophos	6923-22-4	Organophosphat		Pestizid		40
Nalidixin	389-08-2	Quinolon		Antibiotika		7/46/49
Natamycin	7681-93-8			Antibiotika		46
Natriumdichlorisocyanat	2893-78-9		Troclosene sodium	Pestizid		20
Natriumhypochlorit	10022-70-5		Chlorox 12	Desinfektionsmittel		7/38/46/75
Natriumsulfit	7757-83-7			Sonstige Therapeutika		53/55
Natriumthiosulfat	7772-98-7			Desinfektionsmittel		75

Wirkstoffe / Wirkstoff-gemische / Naturextrakte	CAS-Nummer	Chemische Gruppe	Beispiele für weitere Namen / Kommerzielle Produkte	Anwendung	Anwendung (Untergruppe)	Referenz
Neomycin	1404-04-2	Aminoglykosid		Antibiotika		46/49
Niclosamid	1420-04-8			Pestizid	Anthelminthikum	7/20/46
Nifurpirinol	13411-16-0	Nitrofuran	Prefuran	Antibiotika		7/38/44/46/49
Nikotin	54-11-5			Pestizid		7/38
Nitrofurazon	59-87-0	Nitrofuran		Antibiotika		17/46
Norfloxacin	70458-96-7	Fluroquinolon		Antibiotika		20/38
Novobiocin	1476-53-5			Antibiotika		25
Olaquindox	23696-28-8			Antibiotika		50
Ormetoprim	6981-18-6	Sulfonamide		Antibiotika		7/17/24/38
Oxacillin	66-79-5			Antibiotika		17
Oxolinsäure	14698-29-4	Quinolon		Antibiotika		6/7/17/20/24/38/44/46/57/73
Oxytetracyclin	79-57-2	Tetracyclin	OK Mycin, Terramycin	Antibiotika		6/7/17/20/24/38/42/44/45/46/49/51/55/57/73
Oxytetracyclin hydrochlorid	2058-46-0		Terramycin Aqua	Antibiotika		75
Ozon	10028-15-6			Desinfektionsmittel		7
Papain	9001-73-4	Proteolytisches Enzym	Vermizym	Sonstige Therapeutika		53/55
Parathion	56-38-2	Organophosphat		Pestizid		40

Wirkstoffe / Wirkstoff-gemische / Naturextrakte	CAS-Nummer	Chemische Gruppe	Beispiele für weitere Namen / Kommerzielle Produkte	Anwendung	Anwendung (Untergruppe)	Referenz
Penethamat		Penicillinpräparat		Antibiotika		17
Penicillin	69-57-8	Penicillinpräparat		Antibiotika		46
Perfloxacin		Quinolinderivat		Antibiotika		20
Peroxyessigsäure	79-21-0			Desinfektionsmittel		57
Phosphorsäure / 2-Butoxyethanol / Iod / Oxiranmethylpolymer mit Oxiranmonobutylether			Mikroklene	Desinfektionsmittel		75
Piromidinsäure	19562-30-2]		Piromidic acid	Antibiotika		46
Polyethoxypolypropoxypolye-thoxyethanol - Jod Komplex			Wescodyne	Desinfektionsmittel		75
Polyvinylpyrrolidon-Iod Komplex	25655-41-8		Ovadine	Desinfektionsmittel		75
Praziquantel	55268-74-1	Quinolinderivat		Antibiotika		46
Pyrethrum	8003-34-7	Pyrethrin/Pyrethroid-Verbindung		Pestizid		6/20/42
Rifampicin	13292-46-1		Rifampin	Antibiotika		7/38
Ronidazol	7681-76-7			Sonstige Therapeutika	Antimikrobieller Wirkstoff	46
Rotenon	83-79-4		derris root	Pestizid	Piscizid	7/38/46/49/51/55/73

Wirkstoffe / Wirkstoff-gemische / Naturextrakte	CAS-Nummer	Chemische Gruppe	Beispiele für weitere Namen / Kommerzielle Produkte	Anwendung	Anwendung (Untergruppe)	Referenz
Salzsäure (verdünnt)	7647-01-0			Desinfektionsmittel		75
Saponin	8047-15-2		Teaseed, Sapogenin glycoside	Pestizid	Piscizid	7/20/38/44/51/73
Sarafloxacin	98105-99-8	Quinolon		Antibiotika		7/57
Simazin	122-34-9			Pestizid	Herbizid/Algizid	46/51
Somatosalm	123212-08-8			Desinfektionsmittel		17
Spiramycin	8025-81-8			Antibiotika		17/46/50
Streptomycin	57-92-1	Aminoglykosid		Antibiotika		46/50
Rifampicin	13292-46-1		Rifampin	Antibiotika		7/38
Sulfadiazin	69-35-9	Sulfonamid		Antibiotika		6/17/24/28/45
Sulfadiazin + Trimethoprim		Sulfonamid	Tribrissen	Antibiotika		7
Sulfadimethoxin	122-11-2			Antibiotika		17
Sulfamerazin	127-79-7	Sulfonamid		Antibiotika		45/46/53/55
Sulfamethazin	57-68-1	Sulfonamid		Antibiotika		20/46
Sulfonamid:Ormetoprim Komplex			Romet 30	Antibiotika		25/53/55/75
Teflubenzuron	83121-18-0		Calicide	Pestizid		6/17
Tetracayclin Derivate				Antibiotika		25

Wirkstoffe / Wirkstoff-gemische / Naturextrakte	CAS-Nummer	Chemische Gruppe	Beispiele für weitere Namen / Kommerzielle Produkte	Anwendung	Anwendung (Untergruppe)	Referenz
Tetracyclin	60-54-8	Tetracyclin		Antibiotika		02/17/20/25/50
Thiaminhydrochlorid	67-03-8			Sonstige Therapeutika		53
Thiamphenicol	15318-45-3			Antibiotika		7/17/25
Thiopental iv	76-75-5			Sonstige Therapeutika		17
Tiamulin	55297-95-5			Antibiotika		20/46/50
Tributylzinn	56573-85-4		TBT	Desinfektionsmittel	Antifouling	6/46/73
Trichlorphon	52-69-6	Organophosphat	Neguvon, Dipterex, Metrifonate	Pestizid	Parasitizid	7/24/20/38/46/56/73
Trifluralin	1582-09-8		Treflan	Pestizid	Fungizid	7/17/20/38/46
Trimethoprim	738-70-5	Sulfonamide		Antibiotika		6/7/17/20/24/38/45
Triphenylzinn	668-34-8			Pestizid	Molluskizid	73
Triphenylzinnacetat	900-95-8	Organozinn-Verbindung	Fentin acetate, Brestan	Pestizid	Molluskizid	7/38
Triphenylzinnchlorid	639-58-7	Organozinn-Verbindung	Fentin chloride, Aquatin	Pestizid	Molluskizid	7/38
Tylosin	1401-69-0			Antibiotika		50
Wasserstoffperoxid (H2O2)	7722-84-1		Perox-Aid	Desinfektionsmittel		7/20/53/55/57/73/75

Wirkstoffe / Wirkstoff-gemische / Naturextrakte	CAS-Nummer	Chemische Gruppe	Beispiele für weitere Namen / Kommerzielle Produkte	Anwendung	Anwendung (Untergruppe)	Referenz
Wasserstoffperoxid (H2O2) / Peressigsäure			Hyperox, Oxonia	Desinfektionsmittel		75
Xylol	1330-20-7			Pestizid	Herbizid/Algizid	46/53
Zwiebel				Pestizid	Parasitizid	53/55

Referenzliste für Tabelle 11

- **2** Panyakul, V.R. (2001): Project Activity Report, 14-17. November 2001, IFOAM Organic Shrimp Consultation, Earth Net Foundation & Green Net
- **6** Scottish Association for Marine Science and Napier University (2002): Review and synthesis of the environmental impacts of aquaculture., Scottish Executive Central Research Unit 2002, http://www.scotland.gov.uk/cru/kd01/green/reia-00.asp, 01.11.2003
- **7** FAO (1997): Towards safe and effective use of chemicals in coastal aquaculture., IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection – GESAMP, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Reports and studies No. 65, Rome, ISBN 92-5, ISSN 1020-4873
- **17** FAO (2002): The State of World Fisheries and Aquaculture 2002., Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), FAO Fisheries Department, ISBN 92-5-104842-8, http://www.fao.org/docrep/005/y7300e/y7300e00.htm, 10.07.2003
- **20** Gräslund, S., Holmström, K., Wahlström, A. (2003): A field survey of chemicals and biological products used in shrimp farming., Marine Pollution Bulletin 46:81 – 90
- **24** Weston, D. P. (1997):Ecological effects of the use of chemicals in aquaculture. In: Arthur, J. R., Lavilla-Pitogo, C. R., Subasinghe, R. P.: Use of chemicals in aquaculture in Asia., Proceedings of the meeting on the use of chemicals in aquaculture in Asia 20-22 May 1996, Tigbauan, Iloilo, Philippines, 2000, Southeast Asian Fisheries Development Center, Aquaculture Department Tigbauan, Iloilo, Philippines
- **25** Takashi, A. (1997): Transferable drug resistance plasmids in fish-pathogenic bacteria. In: Arthur, J. R., Lavilla-Pitogo, C. R., Subasinghe, R. P. Use of chemicals in aquaculture in Asia.,Proceedings of the meeting on the use of chemicals in aquaculture in Asia 20-22 May 1996, Tigbauan, Iloilo, Philippines, 2000, Southeast Asian Fisheries Development Center, Aquaculture Department Tigbauan, Iloilo, Philippines
- **38** Gräslund, S., Bengtsson, Beng-Erik (2001): Chemicals and biological products used in south-east Asian shrimp farming and their potential impact on the environment – a review. In: The Science of the Total Environment, 280: 93-131
- **39** Ross, A. (1989): Nuvan use in salmon farming. In: Marine Pollution Bulletin, 20(8):372-374
- **40** Shanahan, M., Trent, S. (2003): Chemical crustaceans: pesticides and prawn farming. In: Pesticide News 59, March 2003
- **42** Ernst, W., Jackmann, P., Doe, K., Page, F, Julien, G., Mackkay, K., Sutherland, T. (2001): Dispersion and toxicity to non-target aquatic organisms of pesticides used to treat sea lice on salmon in net pen enclosures. In: Marine Pollution Bulletin, 42(6):433-444
- **44** Primavera, J. H., Lavilla-pitogo, C. R., Ladjy, J. M., Dela Peña, M. R. (1993): A survey of chemical and biological products used in intensive prawn farms in the Philippines. In: Marine Pollution Bulletin, 26(1):35-40
- **45** Mishra, A. K., Singh, M. (1999): Drug, vaccine and pesticide use in aquaculture. In: INFOFISH International 5:25-30, Kuala Lumpur

- **46** Alderman, D. J., Rosenthal, H., Smith, P., Stewart, J., Weston, D. (1994): Chemicals used in mariculture., ICES Cooperative Research Report, (202):100
- **49** Buyers Guide (2003): Buyers Guide & Industry Directory. In: Aquaculture Magazine, 32nd Annual Edition, ISSN 0875-060
- **50** Halling-Sørensen, B. (2000): Algal toxicity of antibacterial agents used in intensive farming., Chemosphere 40:731–739
- **51** Boyd, C. E.; Massaut. L. (1999): Risks associated with the use of chemicals in pond aquaculture. In: Aquacult. Eng.2:113-132
- **53** U.S. FDA (2001): Fish and fisheries products – Hazards and control guidance., U.S. Food & Drug Administration (U.S. FDA), Center for Food Safety & Applied Nutrition, Third Edition June 2001, (http://www.cfsan.fda.gov/~comm/haccp4.html , 14.10.20003
- **54** Goldberg, G., Triplett, T. (1997): Murky Waters: Environmental Effects of Aquaculture in the US., The Environmental Defense Fund, http://www.environmentaldefense.org/documents/490_AQUA%2Epdf (01.10.2003)
- **55** Federal Joint Subcommittee on Aquaculture (1994): Guide to drug, vaccine, pesticide use in aquaculture., Prepared by the Federal Joint Subcommittee on Aquaculture, Working group on quality assurance in aquaculture production, in cooperation with the Extension Service, U.S. Department of Agriculture
- **56** European Commission (1995): Aquaculture and the environment in the European community., European Commission Directorate General for Fisheries, Office for official Publications of the European Communities, Brussels
- **57** Locatelli, L. (2003): Diseases and availability of medicines., Power Point Präsentation der Associazione Piscicoltori Italiani, In: Aquamedia, http://www.aquamedia.info/pptpres/profet/billund/loribillund/lorib…./slide0078.hat, 26.10.2003
- **73** WHO (1999): Report of the Joint FAO/NACA//WHO Study Group on Food Safety issues Associated with Products from Aquaculture, Bangkok, Thailand, 22-26 July 1997, World Health Organization (WHO) Technical Report No. 883, 55 Seiten
- **75** Cantox Environmental Inc.(2001): Scoring and ranking of chemicals used in regional aquaculture operations in atlantic canada based on ecological risk potential., Cantox Environmental Inc, Halifax, Canada, prepared for Environment Canada, Pollution Prevention Division, Environmental Protection Branch

Die Erläuterungen zu den Klassifizierungssystemen in Anhang 11.8, 11.9 und 11.10 sind im Wesentlichen aus aktuellen PAN Studien (PAN Germany 2002; PAN Germany 2003) entnommen und deswegen in englischer Sprache wiedergegeben.

11.8 Humantoxizität von in der Aquakultur eingesetzten Chemikalien

Appendix 11.8 presents the human toxicity of the chemicals used in aquaculture according to several organisations. The classifications were taken from the World Health Organisation (WHO) and its Programme, from the European Union (Directive 67/548EEC), from the International Agency on Research of Cancer (IARC) and from the U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA).

List of Abbreviations - Appendix 11.8

WHO	World Health Organisation
EU	European Union
IARC	International Agency on Research of Cancer
EPA	U.S. Environmental Protection Agency
ADI	Acceptable Daily Intake in mg/kg/bw
Mut	Mutagenicity
Rep	Reproduction

Acute Toxicity - World Health Organisation (WHO)

Classification	
Ia	Extremely hazardous
Ib	Highly hazardous
II	Moderately hazardous
III	Slightly hazardous
U	Unlikely to present hazard in normal use

Source: World Health Organisation (2000-02): The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard And Guidelines to Classification 2000-02

Classification of the EU 67/548

Symbol	Description
T+	Very toxic
T	Toxic
Xn	Harmful
Xi	Irritant
C	Corrosive

Several entries into the toxicity category define different toxicities for different exposure routes, the risk phrases 24-26/28 for instance means R24: Toxic in contact with skin and R26/28: Very toxic by inhalation and if swallowed.

The next list shows all risk phrases according to Directive 67/548. The risk phrases in the Appendix table also include environmental hazards (R50 - R56, R59).

List of EU 67/548 Risk Phrases to find in Appendix 11.8 to 11.10

Risk Phrase	Explanation
R 20	Harmful by inhalation.
R 20/21	Harmful by inhalation and in contact with skin.
R 20/21/22	Harmful by inhalation, in contact with skin and if swallowed.
R 20/22	Harmful by inhalation and if swallowed.
R 21	Harmful in contact with skin.
R 21/22	Harmful in contact with skin and if swallowed.
R 22	Harmful if swallowed.
R 23	Toxic by inhalation.
R 23/24	Toxic by inhalation and in contact with skin.
R 23/24/25	Toxic by inhalation, in contact with skin and if swallowed.
R 23/25	Toxic by inhalation and if swallowed.
R 24	Toxic in contact with skin.
R 24/25	Toxic in contact with skin and if swallowed.
R 25	Toxic if swallowed.
R 26	Very toxic by inhalation.
R 26/27	Very toxic by inhalation and in contact with skin.
R 26/27/28	Very toxic by inhalation, in contact with skin and if swallowed.
R 26/28	Very toxic by inhalation and if swallowed.
R 27	Very toxic in contact with skin.
R 27/28	Very toxic in contact with skin and if swallowed.
R 28	Very toxic if swallowed.
R 29	Contact with water liberates toxic gas.
R 30	Can become highly flammable in use.
R 31	Contact with acids liberates toxic gas.
R 32	Contact with acids liberates very toxic gas.
R 33	Danger of cumulative effects.
R 34	Causes burns.
R 35	Causes severe burns.
R 36	Irritating to eyes.
R 36/37	Irritating to eyes and respiratory system.
R 36/37/38	Irritating to eyes, respiratory system and skin.
R 36/38	Irritating to eyes and skin.
R 37	Irritating to respiratory system.
R 37/38	Irritating to respiratory system and skin.
R 38	Irritating to skin.
R 39	Danger of very serious irreversible effects.
R 39/23	Toxic: danger of very serious irreversible effects through inhalation.
R 39/23/24	Toxic: danger of very serious irreversible effects through inhalation and in contact with skin.
R 39/23/24/25	Toxic: danger of very serious irreversible effects through inhalation, in contact with skin and if swallowed.
R 39/23/25	Toxic: danger of very serious irreversible effects through inhalation and if swallowed.
R 39/24	Toxic: danger of very serious irreversible effects in contact with skin.
R 39/24/25	Toxic: danger of very serious irreversible effects in contact with skin and if swallowed.
R 39/25	Toxic: danger of very serious irreversible effects if swallowed.
R 39/26	Very toxic: danger of very serious irreversible effects through inhalation.
R 39/26/27	Very toxic: danger of very serious irreversible effects through inhalation and in contact with skin.

Risk Phrase	Explanation
R 39/26/27/28	Very toxic: danger of very serious irreversible effects through inhalation, in contact with skin and if swallowed.
R 39/26/28	Very toxic: danger of very serious irreversible effects through inhalation and if swallowed.
R 39/27	Very toxic: danger of very serious irreversible effects in contact with skin.
R 39/27/28	Very toxic: danger of very serious irreversible effects in contact with skin and if swallowed.
R 39/28	Very toxic: danger of very serious irreversible effects if swallowed.
R 40	Limited evidence of a carcinogenic effect.
R 41	Risk of serious damage to eyes.
R 42	May cause sensitization by inhalation.
R 42/43	May cause sensitization by inhalation and skin contact.
R 43	May cause sensitization by skin contact.
R 44	Risk of explosion if heated under confinement.
R 45	May cause cancer.
R 46	May cause heritable genetic damage.
R 48	Danger of serious damage to health by prolonged exposure.
R 48/20	Harmful: danger of serious damage to health by prolonged exposure through inhalation.
R 48/20/21	Harmful: danger of serious damage to health by prolonged exposure through inhalation and in contact with skin.
R 48/20/21/22	Harmful: danger of serious damage to health by prolonged exposure through inhalation, in contact with skin and if swallowed.
R 48/20/22	Harmful: danger of serious damage to health by prolonged exposure through inhalation and if swallowed.
R 48/21	Harmful: danger of serious damage to health by prolonged exposure in contact with skin.
R 48/21/22	Harmful: danger of serious damage to health by prolonged exposure in contact with skin and if swallowed.
R 48/22	Harmful: danger of serious damage to health by prolonged exposure if swallowed.
R 48/23	Toxic: danger of serious damage to health by prolonged exposure through inhalation.
R 48/23/24	Toxic: danger of serious damage to health by prolonged exposure through inhalation and in contact with skin.
R 48/23/24/25	Toxic: danger of serious damage to health by prolonged exposure through inhalation, in contact with skin and if swallowed.
R 48/23/25	Toxic: danger of serious damage to health by prolonged exposure through inhalation and if swallowed.
R 48/24	Toxic: danger of serious damage to health by prolonged exposure in contact with skin.
R 48/24/25	Toxic: danger of serious damage to health by prolonged exposure in contact with skin and if swallowed.
R 48/25	Toxic: danger of serious damage to health by prolonged exposure if swallowed.
R 49	May cause cancer by inhalation.
R 60	May impair fertility.
R 61	May cause harm to the unborn child.
R 62	Possible risk of impaired fertility.
R 63	Possible risk of harm to the unborn child.
R 64	May cause harm to breast-fed babies.
R 65	Harmful: may cause lung damage if swallowed.
R 66	Repeated exposure may cause skin dryness or cracking.
R 67	Vapours may cause drowsiness and dizziness.
R 68	Possible risks of irreversible effects.
R 68/20	Harmful: possible risk of irreversible effects through inhalation.
R 68/20/21	Harmful: possible risk of irreversible effects through inhalation and in contact with skin.
R 68/20/21/22	Harmful: possible risk of irreversible effects through inhalation, in contact with skin and if swallowed.
R 68/20/22	Harmful: possible risk of irreversible effects through inhalation and if swallowed.

Risk Phrase	Explanation
R 68/21	Harmful: possible risk of irreversible effects in contact with skin.
R 68/21/22	Harmful: possible risk of irreversible effects in contact with skin and if swallowed.
R 68/22	Harmful: possible risk of irreversible effects if swallowed.

Source: Commission Directive 2001/59/EC of 6 August 2001 adapting to technical progress for the 28th time Council Directive 67/548/EEC on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances.

Cancer Classification of the EC

Category	Description
Category 1	Substances known to be carcinogenic to humans. There is sufficient evidence to establish a causal association between human exposure to a substance and the development of cancer.
Category 2	Substances which should be regarded as if they are carcinogenic to humans. There is sufficient evidence to provide a strong presumption that human exposure to a substance may result in the development of cancer, generally on the basis of appropriate long-term animal studies or other relevant information.
Category 3	Substances which cause concern for humans owing to possible carcinogenic effects but in respect of which the available information is not adequate for making a satisfactory assessment. There is some evidence from appropriate animal studies, but this is insufficient to place the substance in Category 2.

Source: European Community (1967): Council Directive 67/548/EEC of 27 June 1967 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substance, Official Journal 196, Brussels, Belgium, plus several amendments, adaptions and modifications as noted in the footnotes of the chapters

Cancer Classification of the IARC

Group	Description
Group 1	The agent (mixture) is carcinogenic to humans.
Group 2A	The agent (mixture) is probably carcinogenic to humans.
Group 2B	The agent (mixture) is possibly carcinogenic to humans.
Group 3	The agent (mixture or exposure circumstance) is not classifiable as to its carcinogenicity to humans.
Group 4	The agent (mixture) is probably not carcinogenic to humans.

Source: International Agency for Research on Cancer (1999): Preamble to the IARC Monographs, IARS Monographs, accessible through: http://www.iarc.fr/, Lyon, France

Cancer Classification of the U.S. EPA (1986 to present)

Category 1986-1996	Description
Category A	Known to cause cancer in humans. Generally based on epidemiological data showing sufficient evidence to support a causal association between exposure to the substance and cancer.
Category B	Known to cause cancer in animals but not yet definitively shown to cause cancer in humans. These chemicals are designated “probable human carcinogens.” Category B is further split into pesticides for which some evidence exists that it causes cancer in humans (B1) and those for which evidence exists only in animals (B2).
Category C	Possible human carcinogens, where the data show limited evidence of carcinogenicity in the absence of human data.
Category D	This category is for chemicals for which the data are either incomplete or ambiguous and is labelled “cannot be determined.” This category is appropriate when tumour effects or other key data are suggestive or conflicting or limited in quantity and are thus not adequate to convincingly demonstrate carcinogenic potential for humans. In general, further chemical-specific and generic research and testing are needed to be able to describe human carcinogenic potential.
Category E	Probably not carcinogenic, with no evidence of carcinogenicity in at least two adequate animal tests in different species in adequate epidemiological and animal studies. This classification is based on available evidence and does not mean that the agent will not be a carcinogen under any circumstances.

Category 1996-1999	Description
Known/Likely	This category of descriptors is appropriate when the available tumor effects and other key data are adequate to convincingly demonstrate carcinogenic potential for humans, it includes: Agents known to be carcinogenic in humans based on either epidemiologic evi dence of a combination of epidemiologic and experimental evidence, demonstrat ing causality between human exposure and cancer. Agents that should be treated as if they were known human carcinogens, based on a combination of epidemio logic data showing a plausible causal association (not demonstrating it definitively) and strong experimental evidence. Agents that are likely to produce cancer in humans due to the production or anticipated production of tumors by modes of action that are relevant or assumed to be relevant to human carcinogenicity.
Cannot be determined	This category of descriptors is appropriate when available tumor effects or other key data are suggestive or conflicting or limited in quantity and thus, are not ade quate to convincingly demonstrate carcinogenic potential for humans. In general, further agent-specific and generic research and testing are needed to be able to describe human carcinogenic potential. The descriptor 'cannot be determined' is used with a subdescriptor that further specifies the rationale: Agents whose carcinogenic potential cannot be determined, but for which there is suggestive evidence that raises concern for carcinogenic effects. Agents whose carcinogenic potential cannot be determined because the existing evidence is composed of conflicting data (e.g., some evidence is suggestive of carcinogenic effects, but other equally pertinent evidence does not confirm any concern), agents whose carcinogenic potential cannot be determined because there are inadequate data to perform an assessment. Agents whose carcinogenic potential cannot be determined because no data are available to perform an assessment.
Not likely	This is the appropriate descriptor when experimental evidence is satisfactory for deciding that there is no basis for human hazard concern, as follows (in the absence of human data suggesting a potential for cancer effects): Agents not

likely to be carcinogenic to humans because they have been evaluated in at least two well conducted studies in two appropriate animal species without demonstrating carcinogenic effects. Agents not likely to be carcinogenic to humans because they have been appropriately evaluated in animals and show only carcinogenic effects that have been shown not to be relevant to humans (e.g., showing only effects in the male rat kidney due to accumulation of alpha(2u)-globulin). Agents not likely to be carcinogenic to humans when carcinogenicity is dose or route dependent. For instance, not likely below a certain dose range (categorized as likely by another route of exposure). To qualify, agents will have been appropriately evaluated in animal studies and the only effects show a dose range or route limita tion, or a route limitation is otherwise shown by empirical data. Agents not likely to be carcinogenic to humans based on extensive human experience that demon strates lack of effect (e.g., phenobarbital).

Category 1999 to present	**Description**
Carcinogenic to humans	This descriptor is appropriate when there is convincing epidemiologic evidence demonstrating causality between human exposure and cancer. This descriptor is also appropriate when there is an absence of conclusive epidemiologic evidence to clearly establish a cause and effect relationship between human exposure and cancer, but there is compelling evidence of carcinogenicity in animals and mechanistic information in animals and humans demonstrating similar mode(s) of carci nogenic action. It is used when all of the following conditions are met: There is evidence in a human population(s) of association of exposure to the agent with cancer, but not enough to show a causal association, and There is extensive evidence of carcinogenicity, and The mode(s) of carcinogenic action and associated key events have been identified in animals, and The key events that precede the cancer response in animals have been observed in the human population(s) that also shows evidence of an association of exposure to the agent with cancer.
Likely to be carcinogenic to humans	This descriptor is appropriate when the available tumor effects and other key data are adequate to demonstrate carcinogenic potential to humans. Adequate data are within a spectrum. At one end is evidence for an association between human exposure to the agent and cancer and strong experimental evidence of carcinoge nicity in animals; at the other, with no human data, the weight of experimental evidence shows animal carcinogenicity by a mode or modes of action that are relevant or assumed to be relevant to humans.
Suggestive evidence of carcinogenicity, but not sufficient to assess human carci nogenic potential	This descriptor is appropriate when the evidence from human or animal data is suggestive of carcinogenicity, which raises a concern for carcinogenic effects, but is judged not sufficient for a conclusion as to human carcinogenic potential. Exam ples of such evidence may include; a marginal increase in tumors that may be exposure-related, or evidence is observed only in a single study, or the only evi dence is limited to certain high background tumors in one sex of one species. Dose-response assessment is not indicated for these agents. Further studies would be needed to determine human carcinogenic potential.
Data are inadequate for an assessment of human carcinogenic potential	This descriptor is used when available data are judged inadequate to perform an assessment. This includes a case when there is a lack of pertinent or useful data or when existing evidence is conflicting, e.g., some evidence is suggestive of carcinogenic effects, but other equally pertinent evidence does not confirm a concern.
Not likely to be carcinogenic to	This descriptor is used when the available data are considered robust for deciding that there is no basis for human hazard concern. The judgement may be based on:

Category 1999 to present	Description
humans	Extensive human experience that demonstrates lack of carcinogenic effect (e.g., phenobarbital). Animal evidence that demonstrates lack of carcinogenic effect in at least two well designed and well conducted studies in two appropriate animal species (in the absence of human data suggesting a potential for cancer effects). Extensive experimental evidence showing that the only carcinogenic effects observed in animals are not considered relevant to humans (e.g., showing only effects in the male rat kidney due to accumulation of alpha-2u-globulin). Evidence that carcinogenic effects are not likely by a particular route of exposure. Evidence that carcinogenic effects are not anticipated below a defined dose range.

Source: US Environmental Protection Agency Office of Pesticide Programmes (2000): List of Chemicals Evaluated for Carcinogenic Potential, U.S. EPA Office of Pesticide Programmes, Washington, DC, USA

EU Classification of Substances Toxic to Reproduction

Category	Description
Category 1	1. Substances known to impair fertility in humans.
	2. Substances known to cause developmental toxicity in humans.
Category 2	1. Substances known to impair fertility in humans.
	2. Substances known to cause developmental toxicity in humans.
Category 3	1. Substances which cause concern for human fertility.
	2. Substances which cause concern for humans owing to possible developmental toxic effects.

Source: European Community (1967): Council Directive 67/548/EEC of 27 June 1967 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances. Official Journal 196, Brussels, Belgium, plus several amendments, adaptions and modifications as noted in the footnotes of the chapters

Mutagenicity Classification of the EU

Category	Description
Category 1	Substances known to be mutagenic to humans.
	There is sufficient evidence to establish a causal association between human exposure to a substance and heritable genetic damage.
Category 2	Substances which should be regarded as if they are mutagenic to humans.
	There is sufficient evidence to provide a strong presumption that human exposure to the substance may result in the development of heritable genetic damage, generally on the basis of appropriate animal studies, or other relevant information.
Category 3	Substances which cause concern for humans owing to possible mutagenic effects.
	There is evidence from appropriate mutagenicity studies, but this is insufficient to place the substance in Category 2.

Source: European Community (1967): Council Directive 67/548/EEC of 27 June 1967 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances. Official Journal 196, Brussels, Belgium, plus several amendments, adaptions and modifications as noted in the footnotes of the chapters.

Acceptable Daily Intake (WHO)

The values for the Acceptable Daily Intake (ADI) in Table 12 should be interpreted as follows: the smaller the value i.e. the amount a human can consume on a daily basis, the greater is the chronic toxicity of the pesticide.

Source: World Health Organisation/ International Programme on Chemical Safety (1999): Inventory of IPCS and Other WHO Pesticide Evaluation and Summary of Toxicological Evaluations Performed by the Joint Meeting On Pesticide Residues (JMPR) through 1999, WHO/ IPCS, Vienna, Switzerland

Tabelle 12: Human toxicity of the chemicals used in aquaculture

Substance	WHO	EU 67/548EC		EU	IARC	EPA	EU 67/548EC		WHO
	Acute	Symbol	Risk Phrases	Carcinogenicity			Rep	Mut	ADI
2,4-D	II	Xn	22-37-41-43-52/53		2B	D			0,3
2,4-D (Dimethylamin-Salz)					2B				
2,4-D (Isooctylester)					2B				
2,4-D und Butoxyethyl Ester					2B				
Amitrol	U	Xn; N	40-48/22-51/53	3	2B	B2			0,002
Ameisensäure		C	35						
Ammoniak		T; N	10-23-34-50						
Ampicillin					3				
Antimycin					3				
Azamethiphos	III								
Azinphos ethyl	Ib	T+; N	24-28-50/53						
Benzalkonium-chlorid		N	21/22-34-50						
Bronopol	II	Xn; N	21/22-37/38-41-50			E			
Calciumchlorid		Xi	36						
Calciumhypochlorit		N	8-22-31-34-50		3				
Calciumsulfid		Xi	31-36/37/38						
Carbaryl	II	Xn; N	22-40-50	3	3	C			0,008
Chlor		T; N	23-36/37/38-50						
Chloramin-T			22-31-34-42						
Chloramphenicol					2A				
Chlorpyriphos	II	T; N	24/25-50/53			E			0,01

Substance	WHO	EU 67/548EC		EU	IARC	EPA	EU 67/548EC		WHO
	Acute	Symbol	Risk Phrases	Carcinogenicity			Rep	Mut	ADI
Cypermethrin	II								
Deltametrin	II	T; N	23/25-50/53		3				0,01
Diazinon	II	Xn; N	22-50/53			Not Likely			0,002
Dichlobenil	U	Xn; N	21-51/53			C			
Dichlon		Xn; N	22-36/38-50/53						
Dichlorvos	Ib	T+; N	24/25-26-43-50		2B	C			0,004
Didecyldimethyl-ammoniumchlorid			22-34			E			
Diflubenzuron	U					E			0,02
Diquatdibromid		T+; N	22-26-36/37/38-43-48/25-50/53			E			
Emamectinbenzoat						Not Likely			
Endosulfan	II	T; N	24/25-36-50/53			E			0,006
Endothall		T	21-25-36/37/38						
Enheptin					3				
Folpet	U	Xn; N	20-36-40-43-50	3	B2				0,1
Formaldehyd		T	23/24/25-34-40-43	3	2A	B1			
Furazolidon					3				
Glutaraldehyd		T; N	23/25-34-42/43-50						
Glyphosat	U	Xi; N	41-51/53			E			0,3
H_2O_2			8-34		3				
Jod		Xn; N	20/21-50						
Kaliumpermanganat		Xn; N	8-22-50/53						
Kupfer						D			
Kupfersulfat	II	Xn; N	22-36/38-50/53						
Malathion	III	Xn	22		3	D			0,3
Monochrotophos	Ib	T+; N	24-26/28-68-50/53					3	0,0006
Natamycin	III								

Substance	WHO	EU 67/548EC		EU	IARC	EPA	EU 67/548EC		WHO
	Acute	Symbol	Risk Phrases	Carcinogenicity			Rep	Mut	ADI
Natriumsulfit					3				
Nikotin	Ib	T+; N	25-27-51/53						
Nitrofurazon					3				
Oxytetracyclin-hydrochlorid						D			
Papain		Xn	36/37/38-42						
Parathion	Ia	T+; N	27/28-50/53		3	C			0,004
Peroxyessigsäure		N	7-10-20/21/22-35-50						
Pyrethrine (Pyrethrum)	II	Xn; N	20/21/22-50/53			Likely			0,04
Rifampicin					3				
Rotenon	II	T; N	25-36/37/38-50/53			E			
Salzsäure (verdünnt)		T; C	23-35		3				
Simazin	U	Xn; N	40-50/53	3	3	C			
Streptomycin									0,03
Teflubenzuron	U								0,01
Trifluralin	U	Xi; N	36-43-50/53		3	C			0,048
Triphenylzinnacetat	II	T+; N	24/25-26-37/38-40-41-48/23-50/53-63	3			3		0,0005
Triphenylzinnchlorid									0,0005
Xylol					3	D			

11.9 Ökotoxizität von in der Aquakultur eingesetzten Chemikalien

Environmental toxicity of chemicals used in aquaculture

Appendix 11.9 presents the environmental toxicity of the chemicals used in aquaculture according to two organisations. The classifications were taken from the European Community (Directive 67/548EEC) and from the IPM (Integrated Pest Management) Programme of the University of Cornell.

Aquatic Toxicity - European Union

Acute Toxicity

Symbol	Fish LC_{50}, mg/L, 96h	Daphnia LC_{50}, mg/L, 96h	Algae IC_{50}, mg/L 72h	Risk Phrase
N	1	1	1	R50
N	1	1	1	R50/53
N	1 - 10	1 - 10	1 - 10	R51/53
-	10 -100	10 -100	10 -100	R52/53
-	-	-	-	R52

The Risk Phrases in the above table mean the following:

R50: Very toxic to aquatic organisms
R51: Toxic to aquatic organisms
R52: Harmful to aquatic organisms
R53: May cause long-term adverse effects in the aquatic environment

Combined Risk Phrases should be read with a ‘comma’ between the phrases, as in R50/53: Very toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.

Source: European Community (1993): Document 393L0021, Council Directive 93/21/EEC of 27 April 1993 adapting to technical progress for the 18th time Council Directive 67/548/EEC on the approximation of laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances. Official Journal L 110, Brussels, Belgium

Ecological Impact - University of Cornell

The IPM Programme of Cornell University (New York) has developed an elaborated approach to assess the impact of pesticides and pest management practises on the environment. Information on physical properties, toxicity and environmental fate were gathered to develop a model called the Environmental Impact Quotient (EIQ). The equation used in calculating the EIQ is based upon the three components of agricultural production systems: a farm worker component, a consumer component, and an ecological component.

Only the ecological component of the EIQ model will be reflected in this study. The EIQ model is built using a rating system: for each pesticide, parameter values between 1 to 5 according to the properties of the pesticide have been assigned.

Low values mean low impact, high values the opposite.

Within the components, individual factors are weighted differently. To give additional weight to individual factors, coefficients are used based on a one to five scale. Factors with the most weight are multiplied times five, medium-impact factors are multiplied times three and least-impact factors are multiplied times one.

Source: Cornell University (1999): A Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides. Cornell University, IPM Programme, New York State Agricultural Experiment Station Geneva , accessible through http://www.nysaes.cornell.edu/ipmnet/ny/Programme_news/EIQ.html, New York, USA

Tabelle 13: Environmental toxicity of chemicals used in aquaculture

	EU 67/548		University Cornell						
Substance	**Symbol**	**Risk Phrase**	**Fish**	**Birds**	**Bees**	**Beneficials**	**Total Terrestrial**	**Total Ecology**	**EIQ**
2,4-D		52/53	7	3	18	9	1	87	90
Amitrol	N	51/53	12	3	6	9	3	65,9	68,9
Ammoniak	N	50							
Azinphos ethyl	N	50/53							
Benzalkonium-chlorid	N	50							
Bronopol	N	50							
Calciumhypo-chlorit	N	50							
Carbaryl	N	50	3	9	9	15	1	43,7	52,7
Chlor	N	50							
Chlorpyriphos	N	50/53	8,5	25	45	15	1	79,9	104,9
Deltametrin	N	50/53	3	16,1	3	15	2	38,4	54,5
Diazinon	N	50/53	8	15	30	15	3	64,5	79,5
Dichlobenil	N	51/53	7	3	6	3	5	26	29
Dichlon	N	50/53							
Dichlorvos	N	50	3	9,6	15	15	1	49,2	58,8
Diflubenzuron			5,5	5	9	15	1	93	98
Diquatdibromid	N	50/53	7	5	27	3	1	47	52
Endosulfan	N	50/53	7	25	27	9	1	53,6	78,6
Endothall			7,5	5	10,5	6,4	5	52,8	57,8
Folpet	N	50							

	EU 67/548		University Cornell						
Substance	**Symbol**	**Risk Phrase**	**Fish**	**Birds**	**Bees**	**Beneficials**	**Total Terrestrial**	**Total Ecology**	**EIQ**
Glutaraldehyd	N	50							
Glyphosat	N	51/53	7	15	9	9	1	59,3	74,3
Jod	N	50							
Kaliumperman-ganat	N	50/53							
Kupfersulfat	N	50/53							
Kupfersulfat-Pentahydrat			14,5	25	9	3	1	22,9	47,9
Malathion			4,5	5	3	15	1	39	44
Monochroto-phos	N	50/53							
Nikotin	N	51/53							
Oxytetracyclin			4,6	13,7	15	3	1,6	30,4	44
Parathion	N	50/53	8	25	30	45	1	140,1	165,1
Peroxyessig-säure	N	50							
Pyrethrum	N	50/53	3	16	9	3	2	29	45
Rotenon	N	50/53	4	16	3	3	1	25	41
Simazin	N	50/53	9	3	6	3	5	23,2	26,2
Streptomycin			4,6	13,7	4,5	3	1,6	19,9	33,5
Trifluralin	N	50/53	8,5	25	9	3	1	32	57
Triphenylzinn-acetat	N	50/53							

11.10 Als endokrine Disruptoren und Nervengifte klassifizierte, in der Aquakultur eingesetzte Chemikalien

Chemicals used in aquaculture and their listing as endocrine disruptors and nerve toxins

Endocrine Disruption

The issue of endocrine (hormone) disrupting effects of pesticides is a relatively new subject. Therefore there are no confirmed lists of pesticides with endocrine disrupting properties on an official national or international (e.g. WHO, EU) level. Only in the last ten years this issue has been addressed more intensively by a wide range of scientists in several organisations. It is important to notice that not even the endocrine system of the human body is fully understood, therefore the range of effects hormone mimicking or blocking chemicals may cause cannot yet be fully understood. This chapter attempts to summarise aspects of the existing knowledge on endocrine disrupting effects on humans and the environment.

In the human body two communication systems exist which regulate all responses and functions of the body: the endocrine system and the nervous system. The endocrine system functions through chemical messengers (hormones) which are produced by glands, whereas the nervous system functions through electrochemical messengers running along certain pathways to the brain and back to the peripheral nervous system. Hormones composed by the endocrine system instruct body cells more subtly and slowly than the messengers sent over the nervous system. There are several features of the endocrine system which make it a) very complex and complicated to understand, and b) susceptible to chemical input from the outside world. Hormones are specific, slow-acting chemical messengers which travel through the bloodstream and encounter special receptors.Their effects usually continue in the body for long periods of time. The ‘specific’ nature of hormones is a particularly striking feature: this means that a hormone fits into a particular receptor, precisely as a key fits only the lock it is made for. This simple description is only a symbol. It does not depict the reality that, while many keys may fit into the lock, not all of them induce the appropriate effect, but may instead block the receptor (22). However, the specification does not exclude a certain flexibility. A specific receptor can be present on different kinds of cells in different organs of the body, which means that a hormone which belongs to this receptor can be used by the body to achieve different effects in different tissues (23) Hormones are responsible for the regulation of a large range of human activities and functions, including mutations in DNA nucleotides, biorhythm, mood, concentration of blood calcium and blood sugar, development of secondary sex characteristics and functioning of sex organs. Since certain hormones can alter gene expression and play important roles in regulating the growth and differentiation of cells, they are also involved in carcinogenesis. This is experimentally proven in cases of prostate and breast cancer. Possibilities of environmental contamination are of great concern, in that the introduction of very small amounts of chemicals can significantly effect hormones which play such an important part in the functioning of our bodies.

---

22 Eubanks, M. W. (1997): Environmental Health Perspectives Volume 105, Number 5, National Institute Environmental Health Sciences (NIEHS), USA

23 ibid

Most research dealing with endocrine disrupting chemicals has either been done on the alterations of reproductive organs or on the connection between cancer and hormones. As previously explained, hormones work with a kind of lock-key scheme and this is where environmental contaminants come into play. They may mimic other hormones, which means that there are suddenly “fake” hormones in the body which have not been induced by signals from endocrine glands and which subsequently log on to the receptors and stimulate an effect. What puzzles scientists is the fact that chemicals which mimic hormones do not necessarily resemble the chemical structure of the hormone. Blocking a hormone from inducing an effect is another way environmental contaminants can act.

There is evidence that certain pesticides are endocrine disruptors, for example the organochlorine POPs pesticides DDT, dieldrin, toxaphene and chlordane, mirex, and endosulfan. These pesticides act as estrogens and can alter the sex organs and/or induce cancer. The high hazard potential of endocrine disrupting chemicals has been demonstrated in lab experiments, by incidents of contamination in wildlife, and by pesticide accidents. After exposure to estrogenic pollutants an effect called ‘feminisation’ occurred in wildlife: fish species and amphibia which were exposed developed more female offspring than usual, and experiments showed that eggs (turtle eggs in this case) exposed to estrogens only develop female offspring. As a result of an accident with Kepone (synonym chlordecone), exposed men had a lower sperm count. The dramatic decrease in sperm count in men all over the world may be due to unintentional exposure to endocrine disrupting chemicals (24)

Unintentional endocrine disruption is a subtle and largely unknown process the symptoms of which may be apparent only decades later in humans and wildlife. Scientists all over the world have been alerted to these possible adverse effects.

In 2000, the European Union published a study: *Towards the establishment of a priority list of substances for further evaluation of their role in endocrine disruption - preparation of a candidate list of substances as a basis for priority setting (*25).In this study 564 substances were reviewed concerning their potential endocrine disrupting properties. The expert meeting created a list of 147 substances with endocrine disruption classifications. The expert also looked at the persistence of the substances and the exposure concern to those 147, which have been categorised. The table list all ingredients authorized used in aquaculture, which have been reviewed by the EU, as well as those reviewed by other scientists.

24 ibid

25 European Commission (2000): Towards the establishment of a priority list of substances fo further evaluation of their role in endocrine disruption - preparation of a candidate list of substances as a basis for priority setting, Delft

EU Endocrine Disruption Categories

Category	Description
Category 1	At least one study providing evidence of endocrine disruption in an intact organism. Not a formal weight of evidence approach.
Category 2	Potential for endocrine disruption. In vitro data indicating potential for endocrine disruption in intact organisms. Also includes effects in-vivo that may, or may not, be ED-mediated. May include structural analyses and metabolic considerations.
Category 3	No scientific basis for inclusion in list. Additionally category 3 distinguishes 3 subcategories: A(w,m) - no data available on wildlife relevant and/or mammal relevant endocrine effects; B - some data are available but the evidence is insufficient for identification. C - data available indicating no scientific basis for inclusion in list

Source: European Commission (2000): Towards the establishment of a priority list of substances fo further evaluation of their role in endocrine disruption - preparation of a candidate list of substances as a basis for priority setting, Delft

Cholinesterase Inhibition

Pesticides undergo different modes of action: organophosphorus (OP) and N-methyl carbamate (CB) pesticides inhibit primarily the acetylcholinesterase (AChE) and butyrylcholinesterase (BuChE) enzymes by phosphorylation and carbamation, respectively. This simply means that these pesticides change the enzyme structure, and therefore the enzyme becomes inactivated. Acetylcholinesterase is responsible for turning off the signal flow ensured by the neurotransmitter acetylcholine between a nerve cell and a target cell; for instance, a muscle fiber, gland or another nerve cell. Since the neurotransmitters are in charge of passing on a signal which leads to a stimulation, the inhibition of the signal-stopping enzyme leads to an overstimulation. This overstimulation is the reason, usually due to pulmonary secretion and respiratory failure, for the death of the poisoned person (26).

As in all poisoning, the grade of poisoning is dependant upon several parameters: exposure time, exposure dose, age, gender and constitution of the affected person.

There is very little knowledge regarding the function of butyrylcholinesterase (BuChE) in the nervous system. Several uncertainties have been defined. For example, it is not known if BuChE plays a role in the development and/or functioning of the nervous system, nor is it known if BuChE and/or AChE and other esterases play a more general role in cell growth and cell death, including in carcinogenesis. Over cholinergic pathways, the neurotransmitter acetylcholine acts in the entire human body: in the central nervous system (brain and spinal cord), as well as the peripheral nervous system. Little is known about the distribution of cholinergic pathways in the brain and their functions. Behavioural, cognitive, and

26 Reigart, J. R., Roberts, J. R. (1999): Recognition and Management of Pesticide Poisonings, Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances, US Environmental Protection Agency, Washington, USA

psychological changes can only be observed on humans; animal testing fails here in most cases. There is also little knowledge about the effects of longer term/ low dose exposures. The complexity of cholinesterase inhibition caused by pesticides can therefore hardly be assessed.

The approach of the U.S. EPA Office of Pesticide Programmes (OPP) is to measure cholinesterase inhibition in blood cells, but they also admit that more research needs to be done to appropriately address the complex effects. The Science Advisory Panel of OPP notes that *"...under SOME circumstances, measurement of SOME blood-borne cholinesterases would be appropriate to consider in establishing RfDs (27) for anticholinesterases....*", and *"Measured inhibition of cholinesterase activities in any of the blood fractions is best regarded as an imperfect mirror of enzyme inhibition in the true target tissues...."(28).*

At least two organisations use the measurement of cholinesterase inhibition in the blood: the California Department of Health Services (CDHS) removes agricultural workers who have been in contact with highly toxic organophosphorous or carbamate compounds and whose blood plasma or red blood cell levels show a certain percentage of cholinesterase inhibition from the workplace. The World Health Organisation (WHO) has similar guidelines as the CDHS and considers plasma inhibition of 50% a 'toxic' decrease (29).

Tabelle 14: Listing as endocrine disruptors and nerve toxins of chemicals used in aquaculture

	Endocrine Disruptor		Nerve Toxin
Substance	**Reviewed by EU**	**Endocrine Disruption Category**	**Cholinesterase Inhibitor**
2,4-D	x	2	
Amitrol	x	1	
Azamethiphos			Yes
Azinphos ethyl			Yes
Carbaryl	x		Yes
Chlorpyriphos	x		Yes
Deltametrin	x		
Diazinon	x	2	Yes

27 Reference Dose (note of the author)

28 U.S. EPA, Office of Pesticide Programmes (2000a): Science Policy on The Use of Data on Cholinesterase Inhibition for Risk Assessments of Organophosphorous and Carbamate Pesticides, p. 16. Office of Pesticide Programme, US Environmental Protection Agency, Washington, USA

29 U.S. EPA, Office of Pesticide Programmes (2000a): Science Policy on The Use of Data on Cholinesterase Inhibition for Risk Assessments of Organophosphorous and Carbamate Pesticides, Office of Pesticide Programme, US Environmental Protection Agency, Washington, USA

	Endocrine Disruptor		Nerve Toxin
Substance	**Reviewed by EU**	**Endocrine Disruption Category**	**Cholinesterase Inhibitor**
Dichlorvos	x		Yes
Diflubenzuron	x		
Endosulfan	x	2	
Kupfersulfat	x	3 C	
Malathion	x	2	Yes
Monochrotophos			Yes
Parathion	x	2	Yes
Simazin	x	2	
Trifluralin	x		
Triphenylzinnacetat	x	1	