

Hubold, Gerd; Klepper, Rainer

Working Paper

Die Bedeutung von Fischerei und Aquakultur für die globale Ernährungssicherung

Thünen Working Paper, No. 3

Provided in Cooperation with:

Johann Heinrich von Thünen Institute, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries

Suggested Citation: Hubold, Gerd; Klepper, Rainer (2013) : Die Bedeutung von Fischerei und Aquakultur für die globale Ernährungssicherung, Thünen Working Paper, No. 3, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, https://doi.org/10.3220/WP_3_2013

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/78247>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Die Bedeutung von Fischerei und Aquakultur für die globale Ernährungssicherung

Gerd Hubold und Rainer Klepper

Thünen Working Paper 3

Gerd Hubold und Rainer Klepper
Thünen-Institut für Marktanalyse
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Telefon: +49 531 596 5335 /5322

Fax: +49 531 596 5399

e-mail: gerd.hubold@ti.bund.de / rainer.klepper@ti.bund.de

Thünen Working Paper 3

Braunschweig/Germany, Mai 2013

Die Bedeutung von Fischerei und Aquakultur für die globale Ernährungssicherung

Gerd Hubold und Rainer Klepper

Thünen Institut für Marktanalyse
www.ti.bund.de

Ernährungssicherheit bedeutet, dass Menschen zu jeder Zeit ausreichend mit Lebensmitteln versorgt sind, um ein aktives und gesundes Leben zu führen. Nach wie vor ist dieses Ziel für einen erheblichen Teil der Weltbevölkerung nicht erreicht. Nach Zahlen der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) hungern derzeit fast eine Milliarde Menschen, d. h. sie sind nicht ausreichend mit Nahrungsenergie versorgt. Mehr als zwei Milliarden Menschen leiden an einer Unterversorgung mit Mikronährstoffen. Damit ist das Recht auf Nahrung global eines der am meisten verletzten Menschenrechte. Der größte Teil der hungernden und unterernährten Menschen lebt in den Entwicklungsländern, vor allem in Asien und Afrika südlich der Sahara.

(Bauhus et al. 2012).

Inhalt

1	<i>Zur Situation der Welternährung</i>	1
1.1	Globale Nahrungsmittelproduktion	1
1.2	Hunger, Unterernährung und Mangelernährung	5
1.3	Nahrungsbedarf; Proteine, Mikronährstoffe	8
1.4	Entwicklung des Proteinkonsums	9
1.5	Fisch in der Ernährung	10
2	<i>Nahrung aus dem Wasser</i>	17
2.1	Grundlagen der aquatischen Produktion	17
2.2	Fangfischerei	18
2.2.1	Globale Fischereiproduktion	18
2.2.2	Fischereimanagement	20
2.2.3	Entwicklung der Fischbestände	25
2.2.4	Fischereilich genutzte Arten	27
2.2.5	Fischer und Flotte	29
2.2.6	Fischereitechnik	30
2.2.7	Industriefischerei	31
2.2.8	Regionale Fischerei	32
2.2.9	Aussichten für die globale Fangfischerei	36
2.3	Aquakultur	37
2.3.1	Grundlagen	37
2.3.2	Weltweite Aquakulturproduktion	38
2.3.3	Arten in der Aquakultur	40
2.3.4	Formen der Aquakultur.....	42
2.4	Perspektiven für die Aquakultur	45
3	<i>Umweltauswirkungen und Ressourcenverbrauch von Fischerei und Aquakultur</i>	48
3.1	Umweltauswirkungen der Fischerei	48
3.1.1	Auswirkungen auf den befischten Bestand	48
3.1.2	Auswirkungen der Fischerei auf das Ökosystem	51
3.1.3	Müleintrag in die Meere	53
3.2	Ressourcenverbrauch der Fangfischerei	54
3.2.1	Einsatz von Primärenergie	54
3.2.2	Raumbedarf der Fangfischerei	55
3.2.3	Andere Ressourcen für den Fangfischereibetrieb	56
3.2.4	Emission von CO ₂	56
3.3	Ressourcenverbrauch der Aquakultur	56
3.3.1	Ressourcenverbrauch zur Futtererzeugung.....	56

3.3.2	Ressource Wasser	58
3.3.3	Platzbedarf.....	59
3.3.4	Einsatz von Primärenergie	60
3.3.5	Material, Anlagenbau	60
3.4	Umweltauswirkungen der Aquakultur	61
3.4.1	Abwasser.....	61
3.4.2	Krankheiten, Medikamente, Umweltchemikalien	61
3.4.3	Auswirkungen der Aquakultur auf Ökosystem und Biodiversität.....	63
3.4.4	Auswirkungen der Aquakultur auf das Klima.....	63
3.5	Ressourcenverbrauch und Umweltauswirkungen von Fischhandel und -verarbeitung	64
3.5.1	Transport	64
3.5.2	Verarbeitung.....	65
4	<i>Vergleich von Ressourcenverbrauch und Umweltauswirkungen des Fischsektors mit der landwirtschaftlichen Tierproduktion</i>	66
4.1	Nahrungsketteneffizienz	66
4.2	Energieeffizienz.....	68
4.3	Flächeneffizienz	71
4.4	Wasserbedarf	75
4.5	Abwasser, Eutrophierung, Medikamente und Krankheiten	77
4.6	Auswirkungen auf Biodiversität und Ökosystem	78
4.7	Treibhausgase.....	79
5	<i>Bewertung der Rolle von Fischerei und Aquakultur im Kontext der Welternährung</i>	82
6	<i>Zitierte Quellen.....</i>	86

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1—1: Globale landwirtschaftliche Produktion	2
Tabelle 1—2: Kalorische Werte und Proteingehalte	2
Tabelle 1—3: Global verfügbare Nahrung pro Person (2009)	3
Tabelle 1—4: Nahrungsenergiebedarf und –angebot in verschiedenen Regionen	3
Tabelle 1—5: Gesamtprotein: Bedarf und Angebot	4
Tabelle 1—6: Tierisches Protein; Bedarf und Angebot/Verbrauch	4
Tabelle 1—7: Gesamtanzahl und prozentualer Anteil unterernährter bzw. hungernder Menschen an der Weltbevölkerung	6
Tabelle 1—8: Mineralstoffe in Fischen	14
Tabelle 2—1: Die 20 wichtigsten Arten in der Meeresfischerei im Jahr 2008	28
Tabelle 2—2: Tabelle 2—3: Fänge wichtiger Fischereinationen im Jahr 2008.....	33
Tabelle 2—4: Hauptarten in der europäischen Fangfischerei (2009).....	35
Tabelle 2—5: Aquakulturproduktion der 10 größten Produzenten im Jahr 2010	38
Tabelle 3—1: Treibstoffverbrauch verschiedener Fangfischereien.....	55
Tabelle 3—2: Energieaufwand (ohne Futter) pro kg erzeugter Fischbiomasse	60
Tabelle 4—1: Nahrungsverwertung bei verschiedenen Tierproduktionsformen	67
Tabelle 4—2: Energieeinsatz in der Fischerei und Aquakultur (in kWh/kg) und Energieausbeute bezogen auf Protein (EROI)	70
Tabelle 4—3: EROI (Edible Protein Energy Return On Investment)	70
Tabelle 4—4: Flächenbedarf für die Proteinproduktion.....	72
Tabelle 4—5: Gesamtwasserverbrauch ausgewählter Produktionsformen der Aquakultur und Landwirtschaft	76

Tabelle 4–6: Klimagasemissionen (in CO ₂ Äquivalenten) für ausgewählte Tierprodukte und – proteine.....	80
---	----

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Entwicklung der Gesamtzahl unterernährter bzw. hungernder Menschen (in Mio.).....	6
Abbildung 1-2: Entwicklung des Anteils (in %) unterernährter bzw. hungernder Menschen in den Entwicklungsländern.....	7
Abbildung 1-3: Zusammenhang zwischen Flächenbedarf und Ernährung (Welthungerhilfe 2012)	9
Abbildung 1-4: Entwicklung des globalen Fischkonsums	11
Abbildung 1-5: Prozentualer Anteil von Fisch am Konsum tierischer Proteine in ausgewählten Ländern	12
Abbildung 1-6: Fischprotein (g/kopf und Tag) und Länder mit >20% Fischanteil am Tierproteinverbrauch.....	13
Abbildung 1-7: Agrarexporte der Entwicklungsländer	15
Abbildung 2-1: Entwicklung der Meeresfischerei.....	19
Abbildung 2-2: Fangentwicklung im Süßwasser	19
Abbildung 2-3: Überfischungskurve (nach Weltbank/FAO 2009)	25
Abbildung 2-4: Entwicklung der Meeresfischbestände 1974 – 2009	26
Abbildung 2-5: Anteile wenig genutzter, voll genutzter, und überfischter Bestände in verschiedenen Meeresregionen	27
Abbildung 2-6: : Schiffsgrößenverteilung in der globalen Fischereiflotte	29
Abbildung 2-7: Fischerboote im Hafen von Nouadibhou (Mauretanien).....	30
Abbildung 2-8: Entwicklung der Fänge im Nordost Atlantik.....	32

Abbildung 2-9: Entwicklung der Fänge im zentralen Westpazifik	32
Abbildung 2-10: Fangentwicklung in Industrie- und Entwicklungsländern	34
Abbildung 2-11: Kultivierte Arten mit >2 Mio. t Jahresproduktion in der Süßwasseraquakultur	40
Abbildung 2-12: Kultivierte Arten mit > 0,7 Mio. t Jahresproduktion in der Küsten- und Brackwasseraquakultur.....	41
Abbildung 2-13: Entwicklung der Lachsproduktion – Fang/Aquakultur.....	42
Abbildung 2-14: Fischpreis Index und FAO Nahrungsmittel Indices.....	46
Abbildung 2-15: Preisentwicklung in Fischerei und Aquakultur	46
Abbildung 3-1: Entwicklung des Nordsee-Kabeljaubestandes	49
Abbildung 3-2: Entwicklung des Nordsee-Heringsbestandes	50
Abbildung 3-3: Verbrauch von Antibiotika in der norwegischen Aquakultur	62
Abbildung 4-1: Nahrungsbedarf (kg Futter/kg Protein).....	68
Abbildung 4-2: Protein-Energieausbeute in Relation zum Energieeinsatz (EROI) für verschiedene Tiererzeugnisse aus Fang, Aquakultur und Landwirtschaft (%)......	71
Abbildung 4-3: Flächenbedarf (m ²) für die Produktion von 1 kg Protein in verschiedenen Betriebsformen	74
Abbildung 4-4: Spannweite des Süßwasserverbrauchs in der Tierproduktion und Aquakultur (m ³ Wasser/kg Protein)	77
Abbildung 4-5: Spannbreite der Klimagas-Emissionen (kg CO ₂ -Äq./kg Protein) bei verschiedenen Methoden der Tierproteinproduktion und Fischerei	81
Abbildung 5-1: Industrielle Algenproduktion in Japan	85
Abbildung 5-2: Spirulina Tabletten zur Nahrungsergänzung.....	85

1 Zur Situation der Welternährung

1.1 Globale Nahrungsmittelproduktion

Die gesamte in den FAO Statistiken erfasste Agrarproduktion der Erde beträgt mehr als acht Milliarden Tonnen pro Jahr (also über 1000 kg pro Kopf der Weltbevölkerung); davon sind ca. 7 Mrd. t pflanzliche Erzeugnisse, und eine Mrd. t sind tierische Produkte (Tabelle 1—1: Globale landwirtschaftliche Produktion). Diese Produktion entspricht einer Nahrungsenergie von über 13×10^{12} kcal, d.h. 5400 kcal/Kopf und Tag (FAO 2012a S.174).

Von der gewaltigen produzierten Menge steht allerdings nur ein Teil direkt für die menschliche Ernährung zur Verfügung. Nachernteverluste, Schlachtung und Verarbeitung, technische Nutzung und vor allem die Verwendung als Tierfutter verringern die als Nahrungsmittel verfügbare Menge erheblich. Weitere Verluste entstehen durch Verderb, Transport, Lagerung usw., die in den folgenden Abschätzungen aber nicht berücksichtigt werden. Weltweit wurden im Jahr 2010 von 2,5 Mrd. t geerntetem Getreide ca. 1,2 Mrd. t (46%) für die menschliche Ernährung genutzt; 800 Mio. t wurden zu Tierfutter verarbeitet, 500 Mio. t für industrielle Zwecke, für die Aussaat, oder gingen verloren (FAO 2012a, S.182). In der EU werden etwa zwei Drittel der Getreideernte für Tierfutter verwendet, und nur ein Drittel gelangt direkt in die Ernährung. Drei Prozent gelangen in die Erzeugung von Bioenergie (Europäische Kommission; http://ec.europa.eu/agriculture/cereals/index_en.htm; am 25.7.2012).

Im Bereich der Tierproduktion werden die globalen Mengen in Schlachtgewicht (carcass weight) angegeben. Nach Abzug von Knochen und Abfällen verbleiben ca. 50 bis 80% für den Verzehr (Omlor 2010). Die Bruttoerzeugung von Fisch beinhaltet Konsum- und Industriefischereien und wird in Fanggewicht angegeben. Bei der industriellen Verarbeitung von Konsumfischen entstehen Verarbeitungsverluste von 45 bis 50%, während bei Verzehr von Trocken- oder Salzfischen in Entwicklungsländern sehr viel weniger Verluste entstehen. Als globales Mittel wird hier ein nutzbarer Anteil von 67% des Fanggewichts angenommen (Tabelle 1—1).

Die produzierten Nahrungsmittel haben unterschiedliche Energie- und Proteingehalte (Tabelle 1—2). Der **Energiegehalt** ist besonders hoch bei Zucker und Ölfrüchten, die zu Speiseölen verarbeitet werden. Lebensmittel aus tierischer Erzeugung sind reich an **Protein** und enthalten essenzielle Aminosäuren und lebensnotwendige Mikronährstoffe. Hohe Proteingehalte in pflanzlichen Nahrungsmitteln finden sich vor allem in Hülsenfrüchten.

Tabelle 1—1: Globale landwirtschaftliche Produktion

Jahr 2009	Erzeugung (‘000 t)	Verzehranteil (%)**	Menge für Verzehr (‘000 t)
Getreide	2.489.302	46	1.145.079
Zuckerpflanzen	1.912.973	10	191.297
Gemüse, Salat	941.149	90	847.034
Knollenfrüchte	752.632	50	376.316
Obst, Früchte	587.670	100	587.670
Ölfrüchte	157.382	30	47.215
Hülsenfrüchte	61.506	70	43.054
Milch	696.554	100	696.554
Fisch gesamt: davon für Konsum:	145.300 123.600	67	82.500
Schweine	106.069	80	84.855
Geflügel	79.596	80	59.697
Eier	67.408	95	64.038
Rind und Büffel	61.838	60	37.103
Schafe/ Ziegen	13.048	55	7.176
Summe Pflanzen*	6.902.614	47	3.237.665
Summe Tiere	1.169.813	88	1.031.923
Gesamt	8.072.427	53	4.269.588

(nach FAO 2010a Stat. Yearbook, Tab. B1 – B12; und FAO 2012e SOFIA S.4); *ohne 33,5 Mio. t Genussmittel und Kautschuk;
**Verwendung für Verzehr geschätzt nach FAO 2011a S. 1-10; Omlor 2010; eigene Schätzung für Fisch).

Tabelle 1—2: Kalorische Werte und Proteingehalte

Produkt	Energiegehalt kcal/100g	Proteingehalt g/100g
Getreide	320	10
Zucker	400	0
Gemüse, Salat	20	2
Stärkeknollen	140	1
Obst, Früchte	50	1
Öle	800	0
Hülsenfrüchte	300	25
Milch	64	3,3
Fisch	100	17
Schweinefleisch	150	20
Geflügel	170	19
Eier	159	13
Rind/Büffel Fleisch	150	20
Schaf/Ziegenfleisch	200	18

(nach: Elmafda et al., 2000, GU Kalorientabelle)

Die gesamte für die Ernährung der Menschheit zur Verfügung stehende Produktion von ca. 4,3 Mrd. t, entspricht einer täglichen Menge von 1,7 kg Nahrungsmitteln pro Mensch mit einem Energiegehalt von knapp 2800 kcal und einem Proteinanteil von 94 g (Tabelle 1—3).

Tabelle 1—3: Global verfügbare Nahrung pro Person (2009)

Produkt	für Ernährung pro Jahr (1000 t)	Menge pro Person und Tag (g)	Energie pro Person und Tag (kcal)	Protein Pro Person und Tag (g)
Getreide	1.145.079	460	1.471	46
Zucker	191.297	77	307	0
Gemüse, Salat	847.034	340	68	7
Stärkeknollen	376.316	151	211	2
Obst, Früchte	587.670	236	118	2
Öle	47.215	19	152	0
Hülsenfrüchte	43.054	17	52	4
Milch	696.554	280	179	9
Schwein	84.855	34	51	7
Fisch	82.500	33	33	6
Geflügel	59.697	24	41	<5
Eier	64.038	26	41	3
Rind und Büffel	37.103	15	22	3
Schafe/ Ziegen	7.176	3	6	<1
Summe Pflanzen	3.237.665	1.300	2.379	61
Summe Tiere	1.031.923	414	373	33
Gesamt	4.269.588	1.714	2.751	94

(FAO 2010a *Statistical Yearbook*; und eigene Berechnungen; globale Bevölkerung 2009: 6,826 Mrd. Menschen)

Der mittlere Energiebedarf eines Menschen liegt bei 1650 bis 2650 kcal/Tag (Tabelle 1—4). Der Wert kann nur als grobe Annäherung verstanden werden, da der Bedarf nach Alter, Geschlecht und Art der Betätigung stark variiert. Aus der globalen Produktion könnte aber der gesamte Kalorienbedarf der Menschheit ohne weiteres gedeckt werden. Allerdings steht dem globalen Gesamtaufkommen in ein regional sehr unterschiedliches Angebot an verfügbarer Nahrungsmittelenergie gegenüber (Tabelle 1—4).

Tabelle 1—4: Nahrungsenergiebedarf und –angebot in verschiedenen Regionen

Bedarf (kcal/Person u. Tag)	Angebot (kcal/Person u. Tag)	Bemerkung	Quelle
1800		Minimale Energiezufuhr	FAO 2012b (website)
2050 - 2650		Mann	Dusseldorf und Sauter 2011 S.40
1650 - 2100		Frau	Dusseldorf und Sauter 2011 S.40
1680 - 1990		Erwachsene	FAO 2011b S.8
2200		Grenzwert für Hunger	FAO 2012c S.89
	4000	OECD Länder	World Fish Center 2011 S.20
	3430	Industrieländer	FAO 2012c part 2 S.92
	2790	Global	FAO 2012c part 2 S.92
	2750	Global 2009	Eigene Berechnungen
	2640	Developing countries	FAO 2012a part 3 S.174
	2500	Sub-Sahara	Worldfish Center 2011 S.20
	<2500	Sub-Sahara	FAO 2012a S.174 intro
	2120	ärmste Länder	FAO 2012c S.92

Während in den Industrieländern rechnerisch ein Angebot von 4000 kcal/Tag vorhanden ist, liegen die Werte in einigen afrikanischen Ländern unter 2200 kcal/Tag.

Die Berechnung der verfügbaren Nahrungsmengen durch die FAO erfolgt über die offiziellen Erzeugungs- und Handelsstatistiken der Länder (Produktion + Importe – Exporte / Bevölkerungszahl). Es ist naheliegend, dass dieser Wert nur eine Annäherung darstellen kann.

Neben dem Energiegehalt spielen die Proteine eine besondere Rolle in der Ernährung. Der Proteinanteil in der Ernährung hat sich in den vergangenen Jahrzehnten kontinuierlich erhöht von weltweit 67 g/Person und Tag in den 1980er Jahren auf 75 g im Jahr 2003 (Körber *et al.* 2009, S.175). Rechnerisch beträgt das globale Proteinangebot heute über 90 g/Person und Tag (Tabelle 1–5) und liegt damit deutlich über dem mittleren Protein Bedarf von 58 g/Tag (FAO 2011b).

Tabelle 1–5: Gesamtprotein: Bedarf und Angebot

Bedarf	Angebot / Verbrauch	Bemerkung	Quelle
0,8 g		Bedarf g/kg Körpergewicht/Tag	DGE 2012
58 g		g/Person/Tag „safe level“	FAO 2011b S.9
	53	g/Person/Tag Konsum Sub Sahara Afrika (2003-2005)	FAO 2011b S.9
	76	g/Person u. Tag Konsum global (2003-2005)	FAO 2011b S.9
	94	g/Person u. Tag global verfügbar (2009)	Eigene Berechnungen
	116	g/Person u. Tag, USA (2003-2005)	FAO 2011b S.9

Besonders hervorzuheben ist der Anteil an Protein aus tierischen Quellen. Dem Verzehr von **tierischem Protein** wird aus ernährungsphysiologischer Sicht eine besondere Bedeutung beigemessen. Der Verzehr sollte ca. 20 g/Tag betragen. Dies entspricht umgerechnet etwa 90 g magerem Fleisch, oder 120 g Fisch, oder 164 g Eiern, oder 630 g Milch (FAO 2012d). Die Proteinquellen können in ausgewogener Ernährung miteinander kombiniert werden.

Tabelle 1–6: Tierisches Protein; Bedarf und Angebot/Verbrauch

Bedarf (g Tierprotein / Kopf u. Tag)	Angebot (g Tierprotein / Kopf u. Tag)	Bezug	Quelle
20		global	FAO 2012d
	49,8	Industrieländer (2005)	FAO 2009 S.145
	33,6	Lateinamerika (2005)	FAO 2009 S.147
	33	global (2009)	eigene Schätzung
	23,9	global (2005)	FAO 2009 S.145
	22,3	Ost und Südostasien (2005)	FAO 2009 S.146
	18,3	Naher Osten, N-Afrika (2005)	FAO 2009 S.147
	17,4	Entwicklungsländer (2005)	FAO 2009 S.146
	9,4	Südasien (2005)	FAO 2009 S.148
	8,6	Subsahara Afrika (2005)	FAO 2009 S.148

Zu Anfang der 1960er Jahre waren in Entwicklungsländern durchschnittlich 9 g tierisches Protein pro Person und Tag verfügbar; im Zeitraum 2001-2003 waren es 21,5 g. In Industrieländern stieg die Menge im gleichen Zeitraum von 44 auf 57 g (Körber *et al.* 2009 S.175). Die Verfügbarkeit an tierischem Protein liegt im globalen Mittel bei 24 g (2005) bis 33 g (Tabelle 1—6). Aus der heutigen globalen Produktion könnte die Menschheit rechnerisch ausreichend mit tierischem Eiweiß versorgt werden.

Der Zugang zu tierischen Proteinen ist regional sehr unterschiedlich. Insbesondere in armen Ländern und Regionen kann eine geringe Verfügbarkeit von tierischem Eiweiß zu Mangel an Mikronährstoffen und essenziellen Aminosäuren führen und wird als eine entscheidende Ursache für Mangelernährung angesehen.

1.2 Hunger, Unterernährung und Mangelernährung

Die Schwelle für Hunger, bzw. Unterernährung liegt nach Angaben der FAO bei einer täglichen Kalorienaufnahme von weniger als 2200 kcal (FAO 2012c S.89). Die Nahrungsverfügbarkeit auf Länderebene wird aus den Produktions- und Handelsstatistiken (*balance sheets*) geschätzt und stellt einen (Brutto-) Mittelwert dar, der als Indikator für die Ernährungssituation in einem Land dient. Nach der Definition der FAO waren im Zeitraum 2010-2012 durchschnittlich 868 Mio. Menschen von Hunger betroffen (<http://www.fao.org/hunger/en/>), davon 16 Mio. in Industrieländern (FAO 2012c S.9).

Der prozentuale Anteil der Hungernden, bzw. Unterernährten an der Gesamtbevölkerung sank von 1990 bis 2012 von 19 auf 13%. In den Entwicklungsländern fiel der Anteil von 33 % in 1969 auf 15% in 2012 (FAO 2009c S.11 und 2012k S.9). Die Zahl der unterernährten Menschen lag in den letzten Jahrzehnten zwischen 850 Mio. und über einer Milliarde im Jahr 2009 (Tabelle 1—7). Der starke Anstieg in den Jahren 2008 und 2009 (FAO 2009c S.11) wurde allerdings auf Grund einer geänderten Datengrundlage und Methodologie in neueren Auswertungen nach unten korrigiert (FAO 2012k S.9 und 12); die Schätzungen für die Zeiträume 1990 – 1992, 1999 - 2001 und 2004 – 2006 hingegen nach oben (Abb. 1-1 und Abb. 1-2).

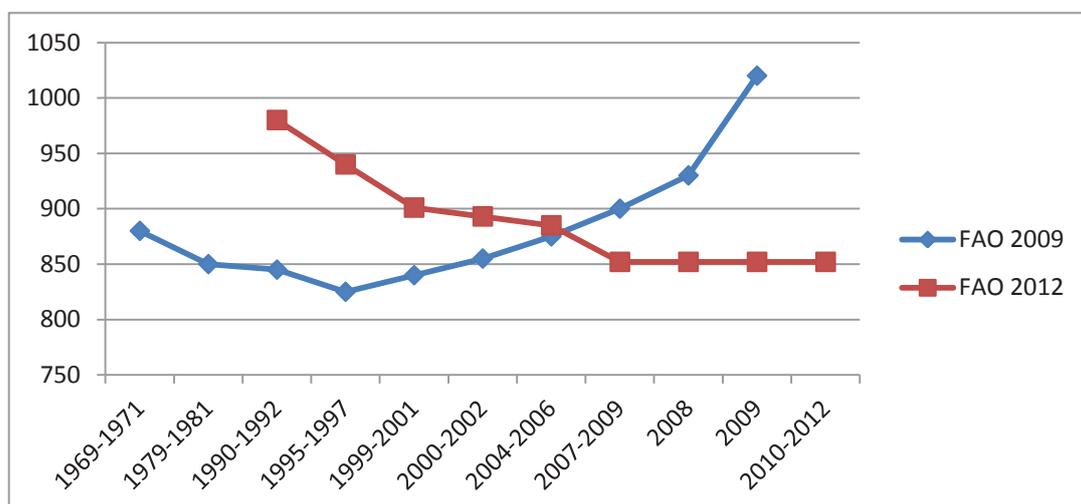
Damit hat der Anteil der Hungernden bzw. Unterernährten vor allem in den Entwicklungsländern deutlicher abgenommen als in früheren Statistiken ausgewiesen wurde. Allerdings wurden die wesentlichen Fortschritte im Zeitraum vor 2007-2008 erreicht, während sich in den letzten Jahren die relative Abnahme verringert hat und die absolute Zahl der Hungernden konstant hoch blieb.

Tabelle 1—7: Gesamtanzahl und prozentualer Anteil unterernährter bzw. hungernder Menschen an der Weltbevölkerung

Zeitraum	Hungernde gesamt (Mio.)	Unterernährung gesamt Welt (%)	Hungernde in Entwicklungs- ländern (Mio.)	Unterernährung in Entwicklungs- ländern (%)	Quelle
1969-1971	880			33	FAO 2009c S.11
1979-1981	850			25	FAO 2009c S.11
1990-1992	845			20	FAO 2009c S.11
1990-1992	1000	18,6	980	23,2	FAO 2012k S.9
1995-1997	825			18	FAO 2009c S.11
1999-2001	919	15,0	901	18,3	FAO 2012k S.9
2000-2002	855			17	FAO 2009c S.11
2004-2006	875			16	FAO 2009c S.11
2004-2006	898	13,8	885	16,8	FAO 2012k S.9
2007-2009	867	12,9	852	15,5	FAO 2012k S.9
2008	930			17	FAO 2009c S.11
2009	1020			19	FAO 2009c S.11
2010-2012	868	12,5	852	14,9	FAO 2012k S.9

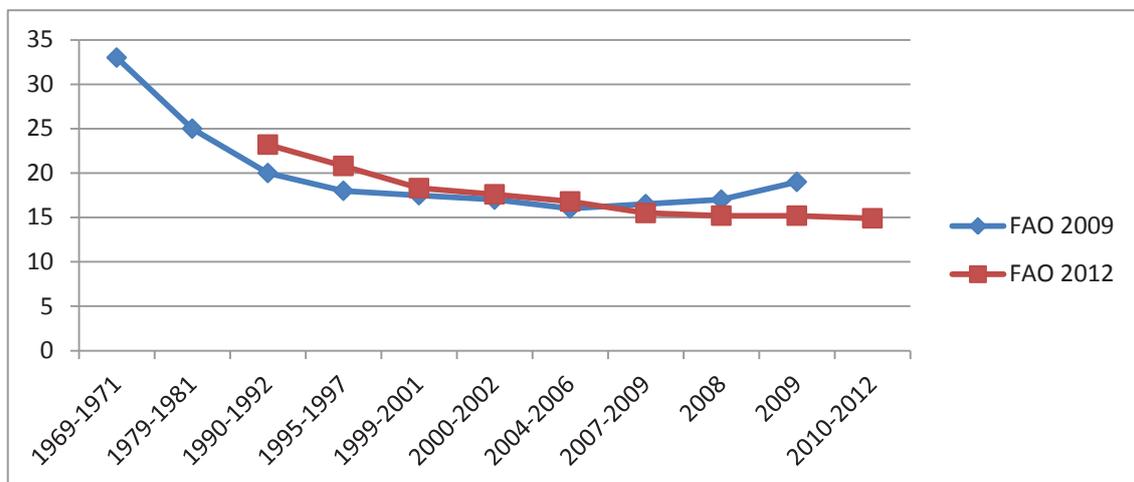
(FAO 2009c S. 11 und 2012k S.9)

Abbildung 1-1: Entwicklung der Gesamtzahl unterernährter bzw. hungernder Menschen (in Mio.)



Ältere Schätzung (FAO 2009c S. 11) mit Anstieg der Gesamtzahlen ab 2001; neuere Schätzung (FAO 2012k S.9) mit Abnahme der Gesamtzahl seit 1992 und Stagnation seit 2009. Daten aus Tab. 1.2-1; Zwischenwerte interpoliert.

Abbildung 1-2: Entwicklung des Anteils (in %) unterernährter bzw. hungernder Menschen in den Entwicklungsländern.



Ältere Schätzung (FAO 2009c S. 11) mit Zunahme des Anteils ab 2008; neuere Schätzungen (FAO 2012k S.9) mit Abnahme des Anteils seit 1990. Daten aus Tab. 1.2 - 1; Zwischenwerte interpoliert.

Ca. 80% aller hungernden Menschen leben im ländlichen Raum der Entwicklungsländer; 50% aller Hungernden sind Kleinbauern (Bauhus *et al.* 2012 S.5). Mit durchschnittlich 30% findet sich der größte prozentuale Anteil hungernder Bevölkerung in den afrikanischen Sub-Sahara Staaten. Von den derzeit 26 Ländern mit einem Nahrungsangebot von unter 2200 kcal/Tag und Person befinden sich 14 in der Sub-Sahara Zone (FAO 2012c S.90). Zwei Drittel aller Hungernden leben in 7 Ländern: Bangladesch, China, Demokratische Republik Kongo, Äthiopien, Indien, Indonesien und Pakistan; 40% allein in China und Indien (FAO 2012c S.88).

Während in Asien seit 1990-1992 die absolute Zahl der Hungernden von 739 Millionen Menschen auf 563 Millionen abgenommen hat, stieg sie im selben Zeitraum in Afrika von 175 auf 239 Millionen Menschen an (FAO 2012k S.9). Die erwartete Zunahme der Weltbevölkerung auf über 9 Milliarden Menschen im Jahr 2050 wird vor allem in den bereits heute unterversorgten Gebieten erfolgen. In Afrika könnte sich die Zahl der Menschen bis 2100 noch einmal auf 3,6 Milliarden mehr als verdreieinhalbfachen (Klingholz und Töpfer 2012 S.6). Damit wird die Verteilungsproblematik für die Welternährung in der Zukunft zu einer noch größeren Herausforderung werden.

Zu den dauerhaft unterernährten kommen Milliarden Menschen, die unter „verdecktem Hunger“, also Mangelernährung aufgrund unzureichender Versorgung mit Proteinen und Mikronährstoffen leiden.

1.3 Nahrungsbedarf; Proteine, Mikronährstoffe

Zur Sicherung einer ausgewogenen Ernährung sollte die menschliche Ernährung zu etwa 52-53 Energieprozenten auf Kohlehydraten, zu 16-17% auf Proteinen und zu 28-31% auf Fett beruhen; etwa 75% der Nahrung sollte pflanzlichen Ursprungs sein (DGE 2004). Tierischen Produkten wie Fleisch, Milch, Eiern und Fischen wird eine besondere Rolle bei der Versorgung mit essenziellen Aminosäuren, Fettsäuren und Mikronährstoffen zugesprochen, die in einer rein vegetarischen Ernährung nur schwer erreichbar ist.

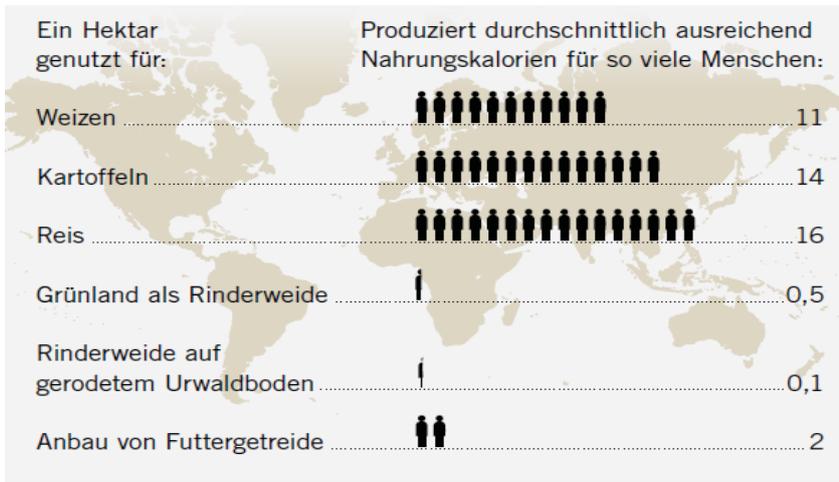
„Verborgener Hunger“ durch Mangel an Mikronährstoffen besteht derzeit durch

- Jodmangel bei weltweit 2 Mrd. Menschen,
- Mangel an Zink bei 1,2 bis 2 Mrd. Menschen,
- Eisenmangel bei 0,8 bis 1,2 Mrd. Menschen,
- Selenmangel bei 0,5 bis 1 Mrd. Menschen,
- Vitamin-A Mangel bei 200 Mio. Menschen,
- Verbreitete Defizite bei Calcium und Folsäure, sowie multiple Mikronährstoffdefizite (Dusseldorp und Sauter 2011 S.6).

Die Defizite entstehen in Armutsgebieten oft durch einseitig ausgerichtete Ernährung auf Basis von Reis, Maniok, Süßkartoffeln etc. bei gleichzeitigem Mangel an tierischem und hochwertigem pflanzlichen Protein. Mangelernährung während der ersten 3 Jahre im Leben eines Kindes führt zu deutlichen und bleibenden Entwicklungsstörungen (FAO 2011c S.19).

Eine rein vegetarische Ernährungsweise ist für den Menschen durchaus möglich; allerdings besteht bei veganer bzw. makrobiotischer Ernährung das Risiko einer defizitären Zufuhr von langkettigen n-3 Fettsäuren, Eisen, Calcium, Jod, Zink, Riboflavin, Vitamin B₁₂ und Vitamin D (DGE 2011). Auf die Zufuhr dieser Nährstoffe muss deshalb besonders geachtet werden. Hier sind spezielle Kenntnisse der Lebensmittelauswahl und -zubereitung bzw. die Sicherstellung der Versorgung durch angereicherte Lebensmittel oder Supplemente erforderlich. Diese sind aber für die Menschen in Hungergebieten in der Regel nicht verfügbar.

Vegetarische Ernährung hätte den Vorteil, dass auf den vorhandenen Agrarflächen wesentlich mehr Nahrungsmittel produziert werden könnten. Nach Schätzungen der Welthungerhilfe (2012) ernährt ein Hektar bebaut mit Weizen, Kartoffeln oder Reis zwischen 11 und 16 Menschen. Bei Anbau von Futtergetreide kann dieselbe Fläche dagegen nur die Ernährung für zwei Menschen sichern (Abbildung 1-3).

Abbildung 1-3: Zusammenhang zwischen Flächenbedarf und Ernährung (Welthungerhilfe 2012)

1.4 Entwicklung des Proteinkonsums

In den letzten zwei Dekaden erlebte der globale Nahrungsmarkt tiefgreifende Veränderungen der Ernährungsgewohnheiten, mit einem eindeutigen Trend zu mehr Proteinkonsum. Dieser Trend beruht auf verschiedenen interagierenden Faktoren wie gestiegenem Lebensstandard, Bevölkerungswachstum, Verstädterung, Zunahme des Welthandels und Veränderungen in den Nahrungsmittelströmen. Die Kombination dieser Faktoren hat die Nachfrage nach Fleisch, Milch, Eiern und Fischprodukten, aber auch nach Gemüse stark ansteigen lassen, während die Anteile von Grundnahrungsmitteln wie Getreide reduziert wurden (FAO 2010b S.67). Der globale pro-Kopf Fleischverbrauch stieg von 1961 bis 2007 von 23 auf 40 kg. Die Entwicklungsländer steigerten den pro-Kopf Fleischverbrauch im selben Zeitraum von 9 auf 29 kg, und selbst in den ärmsten Ländern (Low Income Food Deficit Countries, LIFDC) wuchs der Fleischverzehr statistisch von 6 auf 23 kg pro Kopf und Jahr (*ibid.*). Die Deckung des weltweit rasch zunehmenden Proteinbedarfs wird eine der größten Herausforderungen für die Nahrungsmittelproduktion der nächsten Jahre und Jahrzehnte werden.

Während der Konsum von tierischem Protein eine grundlegende Bedeutung für die Ernährungssicherung hat, ist er auch ein Indikator für Wohlstand und steigt überproportional mit steigendem Einkommen in sich entwickelnden Volkswirtschaften. Die FAO erwartet daher einen weiteren starken Anstieg des Fleischverbrauches bis 2050 auf 465 Mio. t (Dusseldorp und Sauter 2011 S.13), was knapp eine Verdoppelung gegenüber heute bedeutet. Der erwartete Bedarf wird vor allem in den Entwicklungsländern liegen, da in den Industrieländern in den letzten Jahren bereits eine Stagnation des Proteinkonsums auf dem erreichten hohen Niveau festzustellen ist.

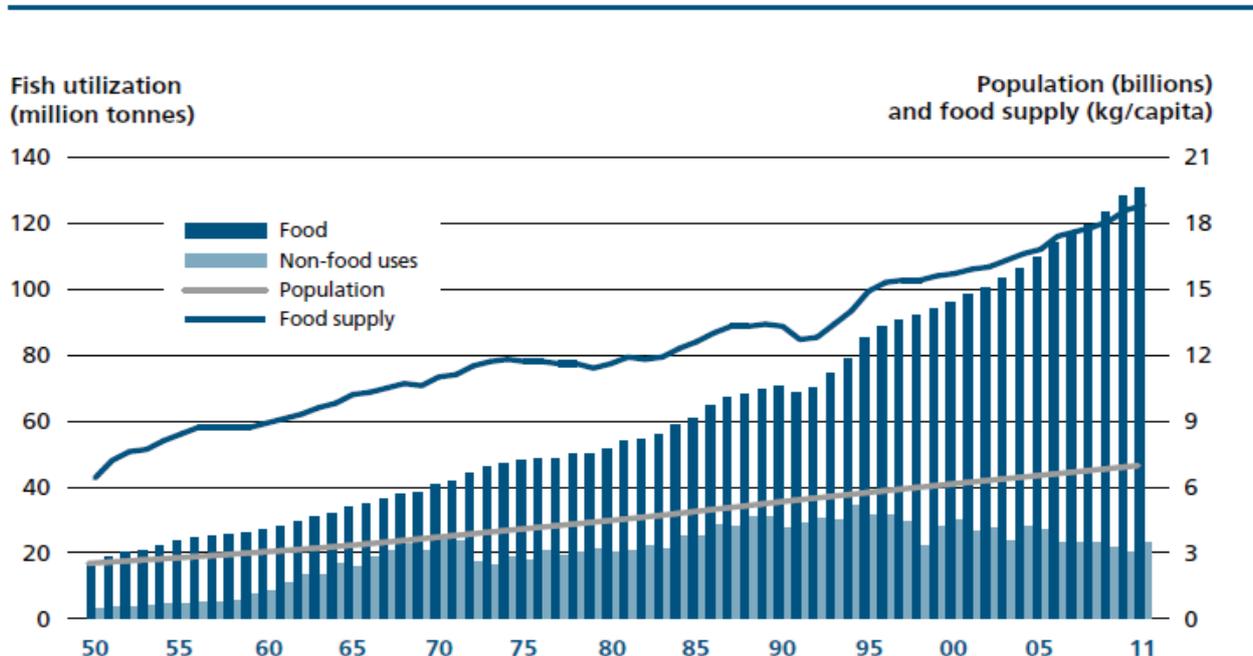
1.5 Fisch in der Ernährung

Fische und andere Wassertiere stellen in der globalen Ernährung mit ca. 33 g pro Tag statistisch nur einen geringen Anteil. Als Lieferanten tierischen Proteins spielen sie jedoch eine erhebliche Rolle in Ländern und Regionen mit geringem Fleischangebot. Fische sind auch in kleinsten Gewässern zu fangen oder zu kultivieren, und sie enthalten wertvolle Aminosäuren, ungesättigte Fettsäuren und Mikronährstoffe. Fisch kann mit wenig Aufwand konserviert (getrocknet, gesalzen) werden und ist ein gesuchtes Handelsobjekt auch in entlegenen Regionen. Der Beitrag von Fischerei und Aquakultur zur Welternährung kann daher unter den vier Gesichtspunkten **Menge, Verfügbarkeit, Qualität** als Nahrungsmittel und Handel/**Einkommen** betrachtet werden.

Mengenperspektive

Fische (und andere aquatische Organismen) trugen im Jahr 2009 mit 145,3 Mio. t (Frischgewicht) etwa 12% zur globalen Erzeugung von Tierprodukten (einschließlich Milch) bei. Sie waren damit von größerer Bedeutung als Schweinefleisch (106 Mio. t), Geflügel (80 Mio. t) oder Rindfleisch (62 Mio. t; Tabelle 1—1). Von der Gesamtmenge wurden 21,7 Mio. t für industrielle Zwecke (Fischmehl, Fischöl), als Köderfisch oder für Futterzwecke verwendet, so dass 123,6 Mio. t für die menschliche Ernährung erzeugt wurden (FAO 2012e S.3).

Bei der Verwendung als verarbeitetes Lebensmittel in Industrieländern beträgt die Gewichtsabgabe bei Fischen z.T. unter 50% (Belitz und Grosch 1992). In Entwicklungsländern werden Fische aber auch oft im Ganzen getrocknet, gehandelt, und gegessen, so dass deutlich weniger Verarbeitungsverluste auftreten. Bei angenommenen globalen Gewichtsverlusten von etwa einem Drittel bei der Verarbeitung der 124 Mio. t Konsumfische lässt sich die Menge der tatsächlich verzehrten Fischprodukte auf etwa 82,5 Mio. t schätzen (Tabelle 1—1). Dies entspricht nach Menge 8 % des Angebots an tierischen Produkten (bzw. 25% ohne Milch). Fischprotein stellt mit 5,6 g/Tag und Person einen Anteil von 6% am Gesamtproteinangebot, bzw. 17% des tierischen Proteins. Seit 1950 betrug der Produktionszuwachs bei Fischen und anderen aquatischen Erzeugnissen im Mittel 3,2% pro Jahr und übertraf damit deutlich das globale Bevölkerungswachstum von 1,7%, so dass sich die pro-Kopf Versorgung mit Fisch statistisch von etwa 6 kg auf über 18 kg (Fanggewicht) im Jahr 2010 verdreifachte (Abbildung 1-4; FAO 2012e S.4).

Abbildung 1-4: Entwicklung des globalen Fischkonsums**World fish utilization and supply**

(FAO 2012e, Figure 2, S.4)

Im Jahr 2010 stieg die aquatische Gesamtproduktion gegenüber 2009 um 3 Mio. t auf 148 Mio. t. Davon wurden 128 Mio. t für die menschliche Ernährung verwendet. Für 2011 liegen Schätzwerte vor, nach denen die Gesamtproduktion weiter auf 154 Mio. t anstieg und 131 Mio. t für die Ernährung zur Verfügung standen (FAO 2012e S.3). Für 2020 wird ein Gesamtaufkommen an Fisch von 164 Mio. t prognostiziert (OECD/FAO 2011, S.148).

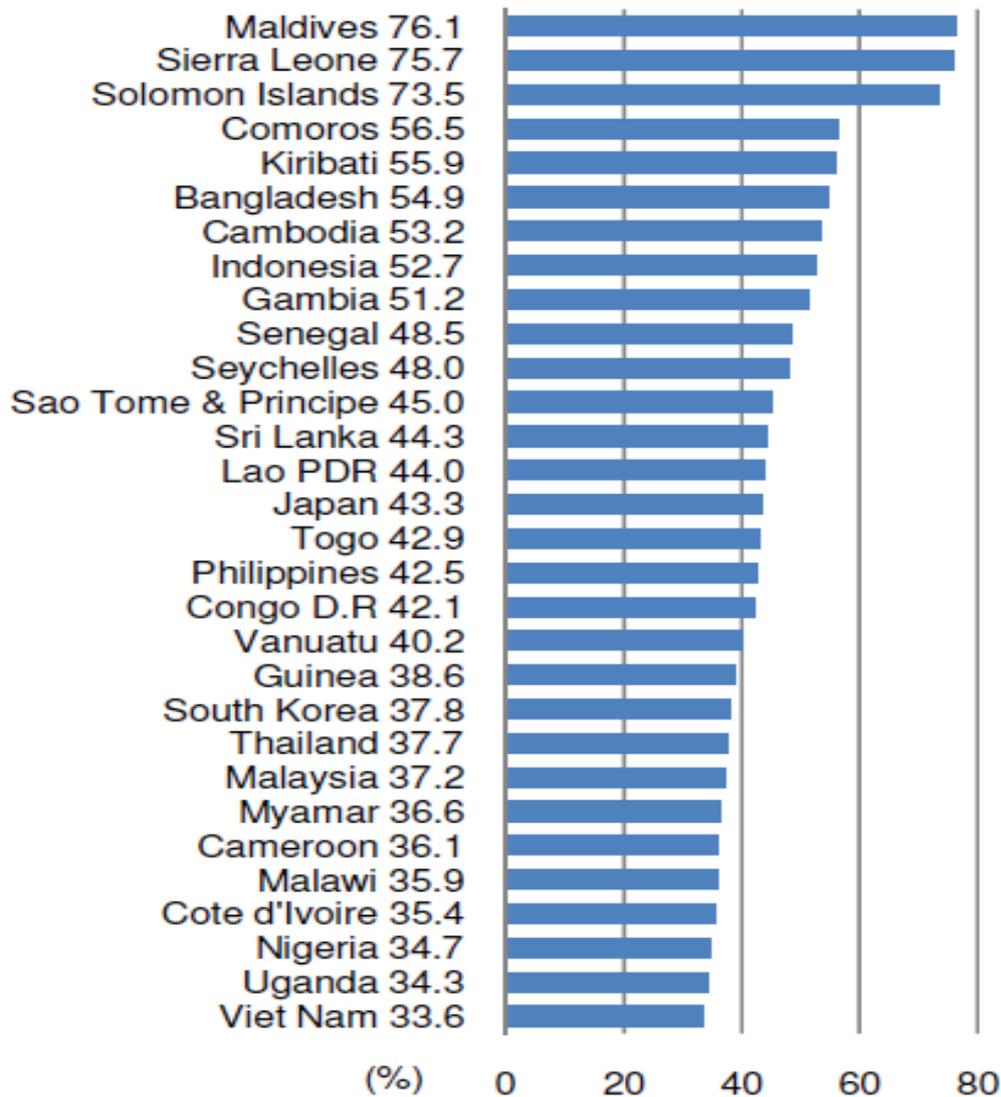
Zugangsperspektive

Fischerei und Aquakultur kann überall dort betrieben werden wo Wasser vorhanden ist, also an Küsten, Flüssen, Seen und in Teichen, Bächen, Bewässerungsgräben, oder in Siedlungen und Städten mit öffentlicher Wasserversorgung. Weltweit liegt der Schwerpunkt der Fischproduktion in den Entwicklungsländern mit über 80% der gesamten Erzeugung und 93% der Aquakulturproduktion (OECD 2010a S.108; OECD 2010b S.79). Größte Aquakulturproduzenten sind China, Thailand und Vietnam (FAO 2010b S. 10).

Mehr als 1,5 Mrd. Menschen bestreiten mit Fisch und anderen aquatischen Produkten über 20% ihres Konsums an tierischem Protein, und für ca. 3 Mrd. Menschen stellt Fisch mindestens 15% des Tierproteinangebotes (FAO 2010b S.3). In Inselstaaten wie den Malediven, Komoren, oder Salomonen kann der Anteil auf über 70% ansteigen, aber auch in den afrikanischen Ländern südlich der Sahara ist die Bedeutung des Fischeiweißes mit 76% in Sierra Leone, und 49% im Senegal außerordentlich groß. Selbst in meeresfernen afrikanischen Regionen ist Fisch oft eine Haupteiweißquelle, z.B. mit 35 bis 40% der Tierproteinversorgung im Kongo, Malawi und Uganda

(hier Fänge aus den großen ostafrikanischen Seen). Als einziges großes Industrieland hat Japan mit 43% Fischproteinanteil eine deutliche Abhängigkeit von Fischerei- und Aquakulturprodukten (Kawarazuka 2010 S.8; Abbildung 1-5).

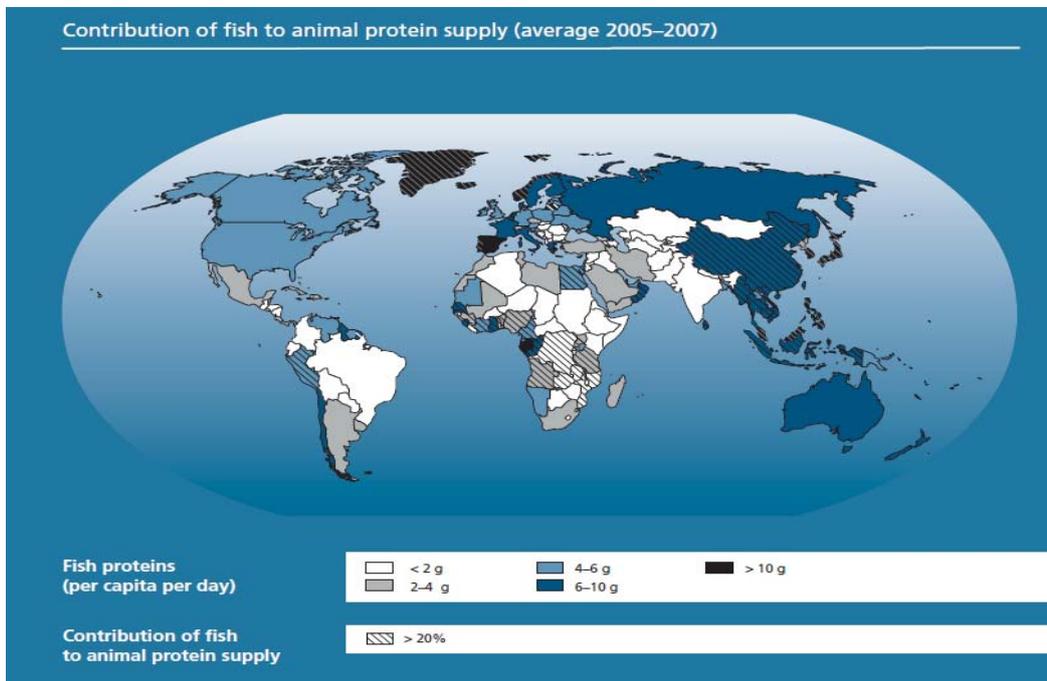
Abbildung 1-5: Prozentualer Anteil von Fisch am Konsum tierischer Proteine in ausgewählten Ländern



(Kawarazuka 2010 S.8; Daten: FAO 2009 food balance sheets)

Die absoluten Mengen an Fisch können sehr gering sein und dennoch einen erheblichen Anteil an der Versorgung mit tierischen Proteinen ausmachen. Die Abbildung 1-6 (FAO 2010b S.65) zeigt, dass in einer Reihe von Ländern Afrikas eine Fischversorgung von weniger als 2 g/Tag bereits einen Anteil von über 20% an der Versorgung mit tierischem Protein bedeuten kann. Solche besonders kritischen Länder sind z.B. Kongo, Zambia und Mozambique; und mit 2-4 g/Tag liegen Angola, Nigeria, Benin, Guinea oder Tanzania ebenfalls in einem Bereich, in dem bereits geringe Mengen Fisch erheblich zur Proteinversorgung beitragen.

Abbildung 1-6: Fischprotein (g/kopf und Tag) und Länder mit >20% Fischanteil am Tierproteinverbrauch



In Küstengebieten und an Flüssen und Seen spielen handwerkliche Kleinfischereien und der traditionelle Handel mit getrockneten Ganzfischen eine erhebliche Rolle für die Proteinversorgung. Weltweit leben 97% der Fischer in den Entwicklungsländern und arbeiten in handwerklichen Kleinfischereien (Hall und Andrew 2011 S.4-5). Da weit mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung in einer Entfernung von weniger als 60 km zu den Küsten lebt und $\frac{3}{4}$ aller großen Städte in Küstennähe liegen (Garcia und Rosenberg 2011 S.2873), kann die Bedeutung der kleinen Küstefischereien für die Proteinversorgung in Zukunft noch erheblich zunehmen, wenn der Trend zur Besiedelung der Küstenregionen weiterhin anhält. Allerdings muss es dazu gelingen, die küstennahen Meeresfischbestände nachhaltig zu bewirtschaften und zu sichern (s.u.).

Die hungernden Menschen in den ländlichen Räumen der Entwicklungsländer sind weitgehend vom globalen Lebensmittelhandel abgekoppelt und verfügen kaum über Finanzmittel um Nahrung auf den Märkten zuzukaufen. Deshalb muss die Verbesserung der Ernährungssituation durch Steigerung der Erzeugung vor Ort im Rahmen von „community development“ Projekten ansetzen. Durch die Vermittlung von Wissen über Anbaumethoden, ökologischem Verständnis für die Anwendung angepasster Produktionsweisen, Wassermanagement, etc. können die kleinbäuerlichen Lebensbedingungen verbessert werden. In diesen Konzepten ist auch eine zusätzliche Versorgung mit Eiweiß aus Aquakultur und Kleinfischerei ein entscheidender Faktor. So können z.B. Reisfelder durch integrierte Fischkultur zusätzlichen Ertrag liefern. Im Jahr 2010 wurden in China auf 1,3 Mio. ha Reisfeldern 1,2 Mio. t Fisch erzeugt. Reisfeld- Aquakultur wird auch in Indonesien, Ägypten, Thailand, Philippinen und Nepal betrieben (FAO 2012e S.30).

Qualitätsperspektive

Der Gehalt an essenziellen Aminosäuren wie Methionin und Cystein, die Vitamine B, A und D und eine Reihe von Mineralien (Kalzium, Phosphor, Eisen, Kupfer, Selen) machen Fisch für die Überwindung von Mangelernährung besonders wertvoll. Salzwasserfische sind zudem reich an Jod und essenziellen ungesättigten Fettsäuren (Tabelle 1–8; [FAO 2012g](#)). Dabei genügen bereits relativ geringe Mengen, um eine defizitäre Ernährung signifikant zu verbessern. In Thailand, Kambodscha und Bangladesch werden beispielsweise kleine Karpfinge in häuslichen Teichen kultiviert und komplett verzehrt; hierdurch werden bedeutende Mengen von Mikronährstoffen wie Vitamin A und Eisen auch aus Skelett und Innereien für die Ernährung verfügbar gemacht ([World Fish Center 2011b](#)).

Tabelle 1–8: Mineralstoffe in Fischen

Substanz	mg/100g	Spanne (mg/100g)
Natrium	72	30 -134
Kalium	278	19 -502
Kalzium	79	19 -881
Magnesium	38	4.5-452
Phosphor	190	68-550
Schwefel	191	130-257
Eisen	1,55	1-5,6
Chlor	197	3-761
Mangan	0,8	0,0003-25,2
Zink	0,96	0,23-2,1
Kupfer	0,2	0,001-3,7
Arsen	0,37	0,24-0,6
Jod	0,15	0,0001-2,73

(FAO 2012g)

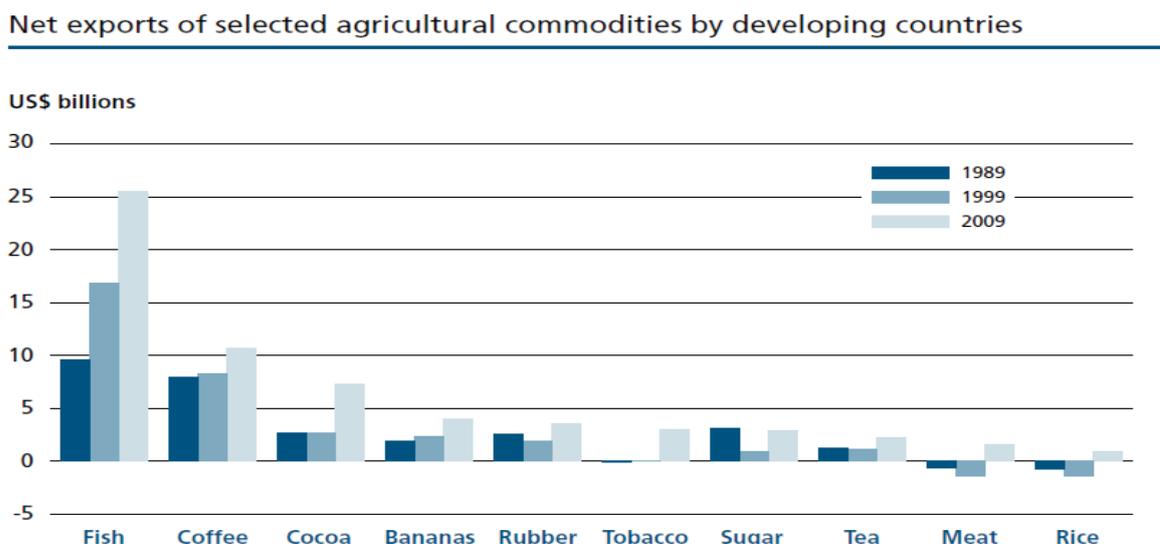
Einkommensperspektive

Nach Angaben der FAO ([FAO 2012e S.41](#)) beschäftigte die Fischerei und Aquakultur im Jahr 2010 weltweit ca. 54,8 Mio. Menschen. Das waren 4,2% der 1,3 Mrd. in der Landwirtschaft Beschäftigten. Insgesamt sind im Fischsektor (Produktion, vor- und nachgelagerte Bereiche) 660 - 820 Mio. Personen (10 – 12% der Weltbevölkerung) beschäftigt ([FAO 2012e S.10](#)). Das pro-Kopf Einkommen von Besatzungen auf Fischereifahrzeugen in Entwicklungsländern liegt im Mittel bei 1750 US\$ im Jahr – deutlich über der Armutsgrenze von 1,25 US\$ pro Tag ([Weltbank 2008](#)). Diese Arbeitsplätze liegen oft in den strukturschwächsten ländlichen Räumen – genau dort, wo 80% der armen und hungernden Menschen leben.

Die Beschäftigung im globalen Fischsektor stieg seit 1980 um 167%. Die gesamte Wertschöpfung des Fischerei- und Aquakultursektors liegt nach Schätzungen bei 400 Mrd. US\$ ([OECD 2010a S.20](#)) bzw. bei bis zu 600 Mrd. US\$ pro Jahr ([World Fish Center 2011a S.15](#)).

Durch die Erzeugung von Überschüssen in der Fischerei und Aquakultur ist es der ländlichen Bevölkerung möglich, am Marktgeschehen teilzunehmen und Teile ihrer Produktion zu verkaufen. 38,5% der globalen Fischproduktion werden exportiert (FAO 2011d, S. xvii). Der Export von Fischprodukten erzeugt Handelsüberschüsse; mit über 20 Mrd. € (2007) übertraf der Exporterlös von Fischprodukten den Umfang vieler anderer wichtiger Agrarprodukte der Entwicklungsländer (Abbildung 1-7; FAO 2012e S.72).

Abbildung 1-7: Agrarexporte der Entwicklungsländer



(FAO 2012e S.72)

Die Bedeutung des Fischhandels für die Ernährungssicherheit ist allerdings nicht eindeutig. Es gibt Beispiele für positive wie negative Auswirkungen des Fischhandels: positive Effekte wurden z.B. in Namibia, Chile, Sri Lanka, Fidschi Inseln, Nicaragua und Thailand beobachtet, während negative Beispiele aus Ghana, den Philippinen, und Kenia vorliegen (World Fish Center 2011a S.34).

In Afrika südlich der Sahara nahm das Angebot an Fisch in 12 Jahren um 14% auf 6,7 kg (2006) ab, während im gleichen Zeitraum die Exporte zunahm. Generell können durch den Export hochwertiger Arten (Thunfische etc.) in die Industrieländer und Import von weniger hochwertigen Arten (Makrelen, Sardinen) für den lokalen Konsum positive Beiträge für die Handelsbilanzen der Entwicklungsländer erreicht werden (World Fish Center 2011a S.36). In einer Studie der OECD konnte allerdings keine Korrelation zwischen Fischhandelsindikatoren und Entwicklungs- oder Wohlfahrtsindikatoren festgestellt werden (Béné 2008 S.14). Als Ursache hierfür wurde der zu geringe Umfang des Handels von Fisch und Fischprodukten in den meisten Ländern (< 2% des GDP in Subsahara Staaten) vermutet. Selbst in Ländern wie Ghana und Namibia, in denen der Fischsektor einen Anteil von 8% am GDP erreicht, konnte kein eindeutiger Effekt für die Armutsbekämpfung oder das Wirtschaftswachstum beobachtet werden (*ibid.*).

Eine wichtige Rolle in der Armutsbekämpfung fällt aber der Kleinfischerei und ländlichen Aquakultur dadurch zu, dass die nachgelagerten Tätigkeiten im Fischsektor in großem Umfang von

Frauen erledigt werden. Während das Fischen selbst zumeist von Männern betrieben wird, liegt ein Schwerpunkt für Frauen in der Verarbeitung, im Verkauf und im Fischhandel in Tätigkeiten, die wenig Kapital oder spezialisierte Fähigkeiten erfordern. In einigen Fällen wird aber auch Kleinfischerei von Frauen und teilweise auch von Kindern betrieben. Oft ist die Betätigung im Fischsektor für Frauen in Entwicklungsländern die einzige Einkommensquelle ([Dugan et al. 2007 S.465](#)).

2 Nahrung aus dem Wasser

2.1 Grundlagen der aquatischen Produktion

Die pflanzliche Urproduktion der Ozeane liegt in einer Größenordnung von 45 - 50 Mrd. t C (Kohlenstoff) pro Jahr, vergleichbar der Produktion der Landpflanzen von 45 - 68 Mrd. t C/Jahr (Longhurst *et al.* 1995). Von der terrestrischen Primärproduktion werden etwa 7% durch die Landwirtschaft genutzt. Eine dem Land vergleichbare Nutzung der marinen Primärproduktion ist allerdings nicht möglich, da die marine Primärproduktion im Gegensatz zur Pflanzenproduktion an Land vor allem von Mikroorganismen getragen wird, die sich in schneller Folge aufbauen und wieder absterben und für eine direkte menschliche Nutzung nicht geeignet sind. Größere Pflanzen wie Makroalgen, Tange, Seegräser usw. spielen im Meer nur eine geringe Rolle. Der größte Teil der mikrobiellen Produktion wird im Pelagial (Freiwasser) in bakteriellen Zyklen verbraucht, ohne dass hierauf eine namhafte Sekundärproduktion von Makroorganismen aufbauen kann.

Lediglich in nährstoffreichen Gebieten (Auftriebsgebiete, Schelfmeere) oder in produktiven Jahreszeiten („Frühjahrsblüte“) wird ein wesentlicher Teil der Primärproduktion für höhere Konsumenten verfügbar. Insgesamt erreicht die marine Zooplanktonproduktion etwa 1% der Primärproduktion. Aber auch die Zooplanktonorganismen der ersten Konsumentenstufe sind in der Regel zu klein, um für eine fischereiliche Nutzung in Frage zu kommen (eine Ausnahme ist z.B. der antarktische Krill, *Euphausia superba*, mit bis zu 7 cm Körpergröße).

In den marinen Nahrungsnetzen beträgt die Nahrungsenergieeffizienz etwa 10 - 20% zwischen den Trophiestufen, d.h. auf jeder nachfolgenden Konsumentenebene steht nur noch 1/5 bis 1/10 der Ausgangsenergie zur Verfügung. Dabei wird die Biomasse zunehmend in größere Partikel transformiert. Ab den planktonfressenden Kleinfischen (z.B. Sardellen, Sardinen) ist eine fischereiliche Nutzung ökonomisch möglich, da sich Partikel- (Fisch-) größe und das Konzentrationsverhalten (Schwarmbildung) für den Fang eignen. Die meisten Konsumfischarten leben räuberisch auf den höheren Trophiestufen, so dass das Potential für die konventionelle Meeresfischerei durch die Nahrungsketteneffizienz begrenzt ist. Die Schätzungen des Gesamtpotenzials gehen allerdings weit auseinander und liegen zwischen 22 und 2000 Mio. t/Jahr (Pauly 1996 S.26). Realistische Ansätze liegen in einer Größenordnung von 100 Mio. t/Jahr für konventionelle Fischerträge aus dem Meer (Gulland 1971). Die derzeitige globale Meeresfischerei liegt mit 80 Mio. t/Jahr bereits nahe an diesem theoretischen Grenzwert.

2.2 Fangfischerei

Unter dem Begriff „Fischerei“ werden im Folgenden die Aktivitäten beschrieben, die auf die Nutzung von wildlebenden Fischen, Krebstieren und Mollusken in Meer- und Süßwasser zielen. Fischerei beinhaltet in der Regel keine Beeinflussung der wildlebenden Bestände mit Ausnahme von Besatzmaßnahmen in einzelnen, begrenzten Fällen. Fischereien, die Besatzmaßnahmen durchführen, leiten über zur Aquakultur, bei der die Wasserorganismen unter mehr oder weniger intensiver menschlicher Einflussnahme produziert werden.

Die Fischerei nutzt die natürliche (Über-) Produktion wildlebender Fischbestände als nachwachsende Ressource. Die Möglichkeiten der Nutzung der Wildbestände sind durch biologische Gegebenheiten begrenzt und Erträge können nur nachhaltig erwirtschaftet werden, wenn die Bestandsentwicklungen und ihre Schwankungen bekannt sind und bei den entnommenen Mengen berücksichtigt werden.

In Abhängigkeit von ihrer Position im Nahrungsnetz sind genutzte Fischarten unterschiedlich effizient in der Verwertung der Nahrungsenergie. Hinzu kommt die spezielle Ökologie der Arten. Grundsätzlich sind für fischereiliche Zwecke vor allem die sogenannten „r-Strategen“ interessant, die große Populationen aufbauen und sich durch hohe Fruchtbarkeit und schnelles Individualwachstum auszeichnen. Diese Arten

- bilden große und dichte Bestände,
- sind weit verbreitet,
- sind sehr fruchtbar (Mio. Nachkommen pro Individuum und Jahr)
- wachsen schnell (1-3 Jahre zur Fanggröße)
- können eine zusätzliche fischereilich bedingte Mortalität kompensieren

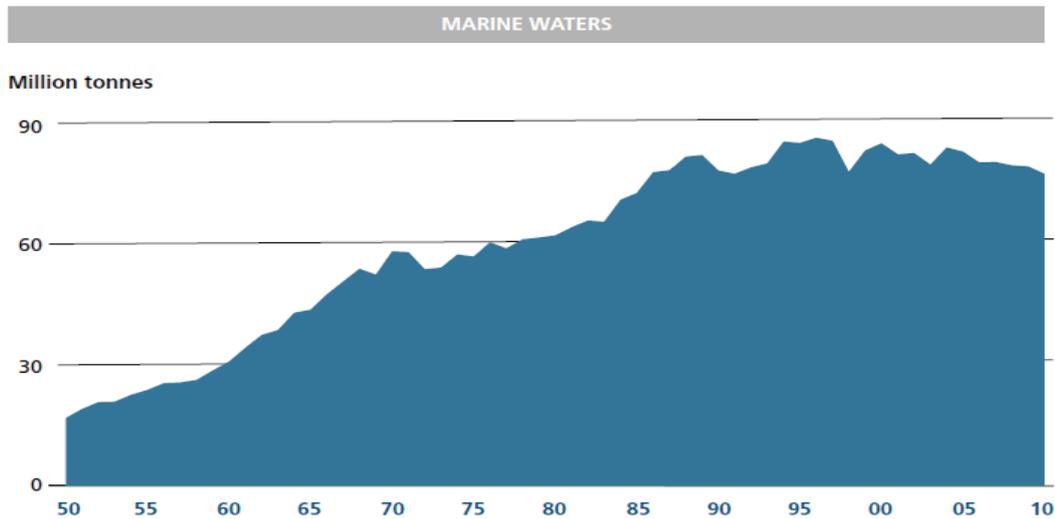
Arten, die diese Kriterien nicht erfüllen, können nur unter besonders kontrollierten Bedingungen eingeschränkt genutzt werden (z.B. Tiefseefische, Knorpelfische).

2.2.1 Globale Fischereiproduktion

Der weitaus größte Teil der globalen Fangfischereiproduktion (ca. 87%) wird im Meer erzielt. Die Entwicklung der Fangfischerei war bis in die 1990er Jahre von einem stetigen Wachstum gekennzeichnet. Erreicht wurde dies durch die Erschließung immer neuer Fischbestände und –arten mit immer effizienteren Fischereifahrzeugen, sowie durch die Einführung der ausschließlichen nationalen Wirtschaftszonen unter dem Internationalen Seerechtsübereinkommen (United Nations Convention for the Law of the Sea, UNCLOS) von 1982/1994 (FAO 2011e, S.5). Da neunzig Prozent der Fischfänge in den nationalen Wirtschaftszonen getätigt werden (FAO 2012e, S.94), gelangten viele Fischbestände unter die alleinige Zuständigkeit der Küstenstaaten und wurden in der Folge verstärkt genutzt. Der Höchststand der globalen **Meeresfischerei** wurde im Jahr 1996 mit 86 Mio.

t erreicht; danach fielen die Fänge auf unter 80 Mio. t (FAO 2012e S.3). Im Jahr 2011 betrug die Fangmenge im Meer 78,9 Mio. t (Abbildung 2-1).

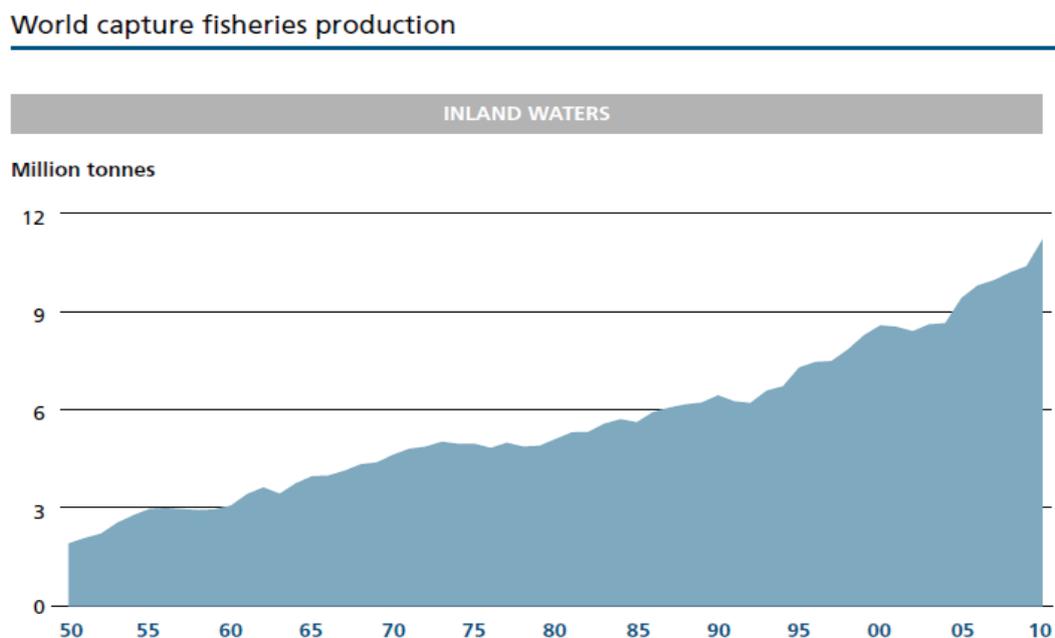
Abbildung 2-1: Entwicklung der Meeresfischerei



(FAO 2012e)

Die Fänge im Süßwasser stiegen dagegen auch in jüngerer Zeit weiter bis auf 11,5 Mio. t an (Abbildung 2-2; FAO 2012e S.5), so dass der Gesamtfang an Fischen und anderen Wassertieren im Jahr 2011 bei 90,4 Mio. t lag.

Abbildung 2-2: Fangentwicklung im Süßwasser



(FAO 2012e)

Eingedenk der sehr begrenzten Ausdehnung der globalen Süßwasserflächen und der zunehmenden Verschlechterung des Lebensraums für Süßwasserfische durch technische Nutzungen (Wasserentnahme, Abwasser-, Kühlwassereinleitung, Verbauung von Flussläufen durch Stauwerke, Begradigung, etc., und der Degradation ganzer Seen wie Aralsee oder Lake Chad), ist diese Steigerung von 30% seit 2004 unerwartet. Möglicherweise werden hier Verbesserungen in den nationalen Statistiken der Binnenfischerei sichtbar, die bisher nicht erfasste Mengen einbeziehen. Möglich ist auch eine Überschneidung in der statistischen Erfassung mit Aquakulturproduktion in Wassersystemen, die z.B. über Besatzmaßnahmen bewirtschaftet werden. Auch fehlerhafte Berichterstattung wird nicht ausgeschlossen (FAO 2012e S.23 - 24).

2.2.2 Fischereimanagement

Meeresfischbestände sind als Allmende in der Regel keinem spezifischen Besitzer zugeordnet; ihre Bewirtschaftung wird deshalb durch öffentliche Institutionen organisiert und überwacht. In der Regel übernehmen Ministerien für Landwirtschaft oder Umwelt diese Aufgabe. Grundlage für das Management sind wissenschaftlich erhobene Daten über den Altersaufbau der Populationen, ihre Bestandsstärke und Nachwuchsproduktion, sowie Fang- und Anlandedaten aus der Fischerei. Basierend auf den wissenschaftlichen Berechnungen werden als „output“ Parameter maximal zulässige Fangmengen (Total Allowable Catch, TAC), Mindestanlandelängen und Quoten für einzelne Fischer abgeleitet, oder über „input“ Parameter Maschinenleistung, Fanggeräte, Fangtage usw. festgelegt.

In Binnengewässern werden zumeist exklusive Fischereirechte vergeben, so dass die Bewirtschaftung dort individuell durch einzelne Fischer oder Interessengemeinschaften (z.B. Sportfischer) erfolgt. Ebenso befinden sich Aquakulturen in privatem Besitz, und es bestehen gesetzliche Regelungen über den Zugang zu Wasser, Raumnutzung und Abwasserlasten.

2.2.2.1 Internationale Zusammenarbeit im Fischereimanagement

Da Meeresfischbestände und wandernde Flussfische nicht durch nationale Hoheitsgebiete begrenzt sind, wird das Fischereimanagement länderübergreifend organisiert. Je nach Zuschnitt des betreffenden Managementsystems geschieht dies in bilateralen oder internationalen Abkommen. Im Nordatlantik wird die Bestandsbewirtschaftung durch die EU, NEAFC (North East Atlantic Fisheries Convention) und NAFO (Northwest Atlantic Fisheries Organization), sowie ICCAT (International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas) durchgeführt. Als Basis des Fischereimanagements der EU und der anderen nordostatlantischen Küstenländer werden jährlich durch den Internationalen Rat für Meeresforschung (ICES) wissenschaftliche Bestandsanalysen (Assessments) für über 100 befischte Bestände des Nordatlantik erstellt. Für diese Bestände liegen inzwischen lange Zeitreihen über Fänge, fischereiliche Sterblichkeit, Nachwuchszahlen und Biomasseentwicklung vor, so dass zuverlässige Vorhersagen über die zukünftigen Bestandsentwicklungen möglich sind, sofern die aktuelle Datenlage (Fischereistatistiken und wissenschaftliche Datenerfassung) ausreichend ist. Vor allem eine ungenügende Datenerhebung auf See einschließlich der Überwachung der Fänge und Anlandungen führt zu einer Verschlechterung der

Datenlage und damit zu Unsicherheiten in der Bestandsprognose, was schließlich zur Überfischung der Bestände beiträgt. Auch die Praxis des „discarding“, also des Rückwurfes von bereits gefangenen Fischen und anderen Meeresorganismen, sowie die „illegale, unregistrierte und unkontrollierte“ (IUU) Fischerei stehen derzeit einem nachhaltigen Fischereimanagement im Weg.

In einigen Meeresgebieten fahren Fischereifahrzeuge mit offiziellen Beobachtern, damit sichergestellt ist, dass Quoten, Fanggebiete, Mindestmaße etc. eingehalten werden. Allerdings ist eine flächendeckende Überwachung durch ein Beobachtersystem nur auf ausreichend großen Fangschiffen möglich. Eine gute Beobachterabdeckung der Fangschiffe ist bisher nur in einigen Gebieten wie z.B. in der ostpazifischen Thunfisch-Fischerei und im Nordwestatlantik (NAFO Gebiet) verwirklicht. Einige Reeder von Fischereifahrzeugen entziehen sich der Kontrolle und Überwachung indem sie in Staaten ausflaggen, die den Managementkonventionen nicht beigetreten sind, und die keine oder wenig eigene Kontrollen durchführen.

2.2.2.2 IUU Fischerei

Die illegale, unregistrierte und unkontrollierte Fischerei wird weltweit auf einen Umfang von 11 - 26 Mio. t im Wert von 10 - 23 Mrd. \$ jährlich geschätzt, entsprechend etwa 20% des gesamten Fangwertes (Agnew *et al.* 2009). Auch in der EU wird illegale Fischerei praktiziert. Vor allem aber ist die Europäische Union der weltweit größte Fischimporteure und deshalb auch ein Zielmarkt für außereuropäische IUU Fischer. Die EU-Kommission geht davon aus, dass im Jahr ungefähr 500.000 Tonnen IUU-Fisch entsprechend 16 % der gesamten Importe von Fischereiprodukten im Wert von 1,1 Milliarden Euro in die Gemeinschaft eingeführt werden (Europäische Kommission 2010a S.2).

IUU Fischer agieren außerhalb nationaler Wirtschaftszonen oder in schlecht überwachten Hoheitsgewässern (z.B. Ostafrika, Westafrika) unter Flaggen von Staaten, die bestimmten Fischereiabkommen nicht beigetreten sind (Flags of Convenience, FOC). Flaggenstaaten haben die Aufgabe, die Fischereiaktivitäten ihrer Schiffe zu überwachen und statistisch zu erfassen. Die FOC Länder nehmen jedoch diese Kontrollfunktion nicht wahr und eröffnen damit die Möglichkeit, unkontrolliert zu fischen. Dieser Mangel an Kontrolle äußert sich nicht nur in illegalen Fischereipraktiken, sondern auch in einem oft prekären technischen Zustand und menschenunwürdigen Bedingungen an Bord der IUU Schiffe. In einer Studie der australischen Fischereibehörde wurden 2005 im Lloyds Schiffsregister etwa 1200 große (über 24 m) Fischereifahrzeuge identifiziert, die unter FOC fahren, und weitere 1600 Schiffe mit „unbekannter Flagge“. Damit fahren 15% der globalen Fernfischereiflotte unter FOC oder unbekannter Flagge. Obwohl nicht alle diese Schiffe in illegale Aktivitäten verwickelt sein müssen, entziehen sie sich gleichwohl der Kontrolle durch „normale“ Flaggenstaaten und behindern die Bemühungen der Regionalen Fischereimanagement Organisationen (RFMO), die internationalen Fischbestände nachhaltig zu bewirtschaften. Das Gutachten bezeichnet es als Ironie, dass die illegalen Fischereiaktivitäten den Reedern eine Milliarde Dollar jährlich einbringen, während die FOC Staaten lediglich einige wenige Millionen Dollar für die Registrierung der Schiffe einnehmen.

Damit ist das FOC System ein „äußerst billiges und willkommenes Instrument für einige Hochseefischer, die Gesetze zu umgehen und enorme Profite zu erzielen“ (Gianni und Simpson 2005 S.3).

Die vier wichtigsten FOC Länder sind Belize, Honduras, Panama, und St. Vincent and the Grenadines. In diesen vier Ländern waren von 1999-2005 mehr als 75% aller FOC Schiffe registriert. (*ibid.* S.4). Im November 2012 richtete die EU Kommission ein offizielles Schreiben an die Länder Belize, Kambodscha, Fidschi, Guinea, Panama, Sri Lanka, Togo und Vanuatu, in dem diese zur Einhaltung ihrer Verpflichtungen als Flaggen-, Küsten-, Hafen- oder Marktstaaten in der Bekämpfung der illegalen Fischerei aufgefordert werden (Europäische Kommission 2012 c).

Sitzländer der Reeder sind hingegen zumeist Industriestaaten, allen voran Taiwan und Länder der EU. Im Jahr 2005 führte die EU insgesamt die Liste der Reeder mit FOC Schiffen an, wobei Spanien und die Kanarischen Inseln etwa die Hälfte der entsprechenden EU-Reeder stellte. Neuere Zahlen sind nicht verfügbar, aber es ist zu vermuten, dass die Zahl von FOC Schiffen und die IUU Fischerei seit 2005 nicht deutlich abgenommen haben. So stellt ein Bericht des Europäischen Parlaments aus dem Jahr 2012 fest: *„Im Laufe der Zeit hat sich die Praxis herausgebildet, dass EU-Reeder im Rahmen eines partnerschaftlichen Fischereiabkommens oder einer RFMO Fischfang betreiben, bis die auf diese Weise festgelegten Fangmöglichkeiten erschöpft sind, und dann ausflaggen, um andere Möglichkeiten nutzen zu können. Anschließend lassen sie sich wieder in das EU-Register eintragen. Ein solches regelmäßiges Umflaggen (flag hopping), wie in der Mitteilung erwähnt, gehört unterbunden,...“* (Europäisches Parlament 2012 S.3)

Zielarten der IUU Fischer sind häufig wertvolle Bodenfischarten, sowie Lachsfische, bei denen nach Agnew *et al.* (2009, S.3) die IUU Fänge 30-60% der legalen Fänge betragen. Große illegale Fänge werden auch bei Langusten und Tintenfischen getätigt (*ibid.*).

Die nichtregistrierten Fänge erhöhen die fischereiliche Sterblichkeit der befischten Bestände, so dass eine international kontrollierte nachhaltige Bewirtschaftung untergraben wird und das Risiko von Überfischung und Bestandszusammenbrüchen zunimmt.

Zur Verringerung der negativen Auswirkungen der IUU auf die globalen Fischbestände wurde 2001 auf Initiative der FAO ein internationaler Aktionsplan zur Eindämmung der IUU Fischerei verabschiedet („International Plan Of Action“; IPOA IUU), dem sich die Länder auf freiwilliger Basis anschließen können (FAO 2001). Es werden außerdem bei den Regionalen Fischereimanagementorganisationen (RFMO) und in einigen Fischereinationen schwarze Listen von Schiffen und Ländern geführt, die in IUU Fischerei verwickelt sind. Eine Liste des norwegischen Fischereiministeriums nennt IUU Schiffe aus Panama, Togo, Äquatorial Guinea, China, Nigeria, Sierra Leone, Russland und Kambodscha, die wegen illegaler Aktivitäten nicht in norwegische Gewässer einfahren, nicht in norwegischen Häfen anlanden, keine Versorgungsgüter aufnehmen, und auch keine sonstigen Dienstleistungen in den norwegischen Häfen in Anspruch nehmen dürfen (<http://www.fiskeridir.no/english/fisheries/iuu-list/iuu-list-1>, Abfrage Juli 2012).

Im Jahr 2010 wurde in der EU ein Zertifizierungssystem für Fischimporte eingeführt, das bei Fischanlandungen in ihren Häfen Nachweise von den Flaggenstaaten über die legale Herkunft verlangt. Mit dieser IUU-Verordnung soll verhindert werden, dass illegal gefangener Fisch auf den EU Markt gelangt. Allerdings wurden bisher zwar in einigen Fällen Fischlieferungen nicht in die EU gelassen, aber weder wurde ein Drittland als „nicht kooperierend“ eingestuft, noch wurden Fischereifahrzeuge der IUU-Fischerei bezichtigt ([Europäisches Parlament 2012 S.4](#)).

2.2.2.3 Beifänge und Rückwürfe (Discards)

Die Fangmethoden der Fischerei sind in unterschiedlichem Maße selektiv für die Zielarten. Besonders bei Netzen, die am Meeresboden geschleppt werden, bestehen die Fänge zu einem großen Teil aus nicht verwertbaren Beifängen (nicht marktfähige Fische, wirbellose Bodentiere usw.). Die unerwünschten Beifänge werden als Rückwürfe (Discards) zumeist stark geschädigt oder tot wieder ins Meer gegeben. In einigen Fischereien werden auch marktfähige Fische verworfen, um den Wert der Ladung zu steigern („high grading“), oder weil keine Quoten oder Anlandegenehmigungen für die gefangenen Fische vorhanden sind.

Die weltweiten Rückwürfe in der Fischerei wurden für die Jahre 1990-2000 auf 20 - 27 Mio. t geschätzt, später aber auf 7,3 Mio. t, entsprechend 8% der Jahresfänge korrigiert ([Kelleher 2005 S.iv](#)). Neuere Zahlen bestätigen diese Größenordnung mit 7 Mio. t Discards für das Jahr 2008 ([FAO 2010b S.12](#)). In der Grundschleppnetzfisherei werden gewichtet über alle Fischereiartern 7,5% Rückwürfe registriert; in einzelnen Fischereien auf Garnelen liegt dieser Wert jedoch bei bis zu 62% und in Baumkurrenfischereien bei 70% ([Kelleher 2005, S. 37 und S. 40 Tab.8 und 9](#)).

Die Discardpraxis bedeutet, dass bereits gefangene Fische nicht an Bord behalten werden und damit auch nicht in den Anlandestatistiken registriert werden. Da die Tiere durch den Fang zumeist getötet oder schwer geschädigt sind (Ausnahmen bei einigen Plattfischen, Haien u.a.) gehen sie dem Bestand verloren, so dass die Gesamtentnahme durch die Fischerei regelmäßig über den registrierten Fängen und Anlandungen liegt. Diese zusätzliche Mortalität muss abgeschätzt werden und in den Bewirtschaftungsmodellen zu der fischereilichen Sterblichkeit addiert werden. Da die Discardmengen nicht systematisch erfasst werden, werden sie auch nicht auf die Fangquoten angerechnet. Discarding stellt damit neben dem ethischen Problem der Verschwendung von Fischen und anderen Meerestieren auch ein konkretes Problem für die nachhaltige Bewirtschaftung der Meere dar.

In einer Untersuchung europäischer Fischereien wurde festgestellt, dass große Mengen untermaßiger Individuen kommerziell genutzter Arten, v.a. Kabeljau, Schellfisch und Wittling verworfen wurden ([Cappell 2001](#)). Damit verringerte das Discarding zukünftige Fangmöglichkeiten in einem geschätzten Umfang von 42 - 70% des möglichen Anlandewertes. Allein der Wert der in der UK Nordseefischerei auf Kabeljau im Jahr 1999 verworfenen Beifänge wurde auf 75 Mio. € geschätzt ([ibid. S. 2](#)).

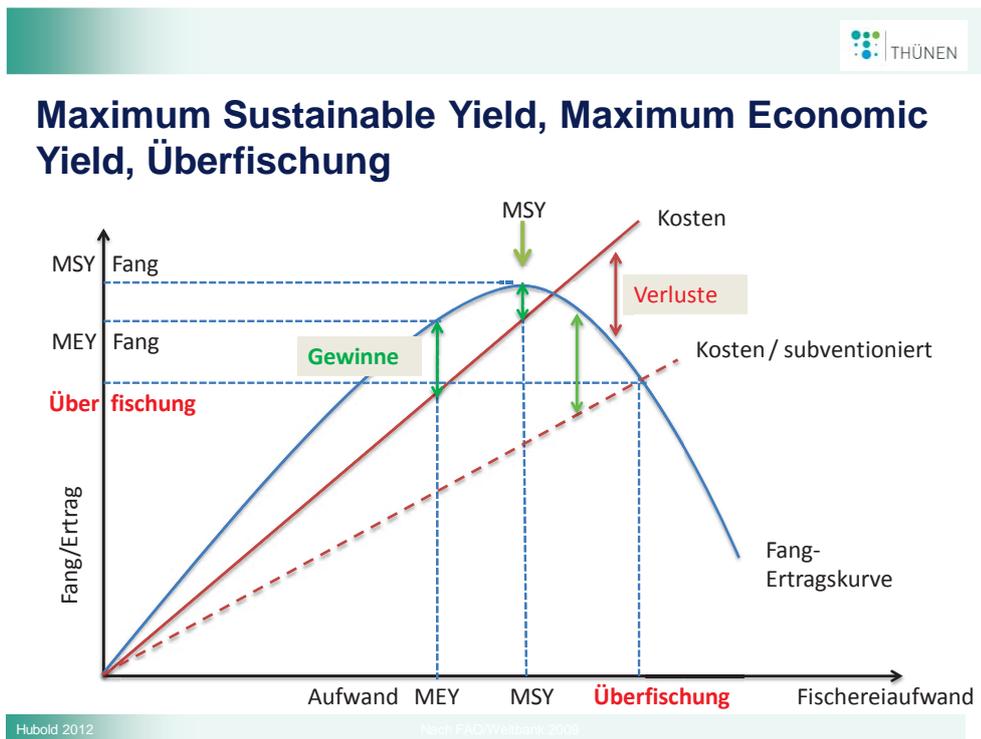
In einigen Ländern (z.B. Norwegen) ist der Rückwurf gefangener Fische nicht gestattet und die Einhaltung dieser Vorschrift wird streng kontrolliert. Auch in der EU wurde Anfang 2013 beschlossen, die Rückwürfe in den nächsten Jahren schrittweise zurückzuführen. Ein Problem dieser Regelung besteht darin, dass bei einem Rückwurfverbot vor allem kleine Fischereien unwirtschaftlich werden können, in denen keine ausreichende Lagerkapazität für die Beifänge vorhanden ist (Krabbenkutter, Plattfischkutter), und die für die angelandeten Beifänge keinen Absatzmarkt finden, der die Betriebskosten deckt. Auf der anderen Seite zeigen Beispiele aus Regionen, in denen die Beifänge gewinnbringend angelandet werden können, dass dieser Anreiz zur weiteren Überfischung von genutzten Beständen beitragen kann (Lobo *et al.* 2010).

2.2.2.4 Überfischung

IUU Fischerei und Rückwürfe können erheblich zur Überfischung beitragen; Hauptursache für die nicht nachhaltige Nutzung vieler Fischbestände sind jedoch die zu großen Fangflotten, befördert und aufrecht erhalten durch Subventionen.

Bei der Nutzung der Fischbestände steigt der Ertrag zunächst mit steigender Fischereiaktivität (Fischereiaufwand) an und erreicht ein ökonomisches Maximum (Maximum Economic Yield, MEY) bei relativ geringem Fischereiaufwand. Bei weiterer Aufwandssteigerung wachsen die Gesamterträge zunächst noch bis zum Maximalertrag (Maximum Sustainable Yield, MSY), der durch die biologische Reproduktionskraft des vorhandenen Elternfischbestandes bestimmt ist. Wird die Fischerei noch weiter ausgeweitet, sinken die Erträge trotz gesteigerten Aufwands und es tritt Überfischung ein (Abbildung 2-3). Beihilfen, die wie eine Kostensenkung wirken und höhere monetäre Erträge generieren, ermöglichen die Befischung jenseits des MSY und fördern so die Überfischung (FAO/Weltbank 2009 S.30). Die weltweiten finanziellen Beihilfen für die Fischerei betragen 27,2 Mrd. US\$ pro Jahr (Sumaila *et al.* 2012, S.2).

Nach Meinung von Sumaila *et al.* (2012 S.2) liegt die globale Fangkapazität - gestützt von Subventionen - derzeit 1,5 bis 2,5 mal höher als für eine Fischerei nach dem maximalen Dauerertrag (MSY) benötigt würde. Somit müsste der Fischereiaufwand weltweit um 40 - 60% (d.h. um bis zu 2,6 Mio. Fischereifahrzeuge) gesenkt werden, um die Fischerei nachhaltig zu gestalten. Dies wiederum würde bedeuten, dass 15 – 22 Mio. Personen, die vorwiegend mit Fischerei ihren Lebensunterhalt bestreiten, in andere Tätigkeiten gebracht werden müssten. Die Kosten für eine solche globale Aufwandsreduktion sollen sich auf etwa 203 Mrd. \$, verteilt über einen Zeitraum von 12 Jahren belaufen. Danach würde die Fischerei statt der bisherigen jährlichen Verluste von 13 Mrd. \$ Gewinne von 54 Mrd. \$ pro Jahr erwirtschaften (*ibid.*).

Abbildung 2-3: Überfischungskurve (nach Weltbank/FAO 2009)

In der EU ist durch die Gemeinsame Fischereipolitik (GFP) geregelt, dass kein weiterer Kapazitätsaufbau gefördert wird und mit öffentlichen Geldern stillgelegte Kapazitäten nicht ersetzt werden dürfen. So ist die EU Flotte in den vergangenen zehn Jahren um 8% auf ca. 84.000 Einheiten geschrumpft und die Maschinenleistung nahm um 11% ab. Auch andere wichtige Fischereinationen wie Island, Norwegen oder Korea haben in den vergangenen Jahren ihre Flotten reduziert (FAO 2012e S.11). Auf Grund der gleichzeitigen Effizienzsteigerungen durch verbesserte Fischortung, Fangtechnik, Kommunikation usw. ist allerdings davon auszugehen dass die erreichte Kapazitätsreduktion nicht zu einer deutlichen Reduzierung der Fangkraft geführt hat.

In anderen Ländern wird dagegen weiter Fischereikapazität aufgebaut: so nahm die motorisierte Fischereiflotte in Malaysia, Kambodscha und Indonesien von 2007 bis 2009 um 26, 19, und 11 % zu, und Vietnam weitete von 2008 bis 2010 seine Hochseeflotte um 10 % aus. In den Ende 2004 von einem Tsunami zerstörten Gebieten in Sri Lanka wurden im Rahmen des Wiederaufbaus im Jahr 2010 elf Prozent mehr motorisierte Boote gezählt als vor dem Unglück (FAO 2012e S.11).

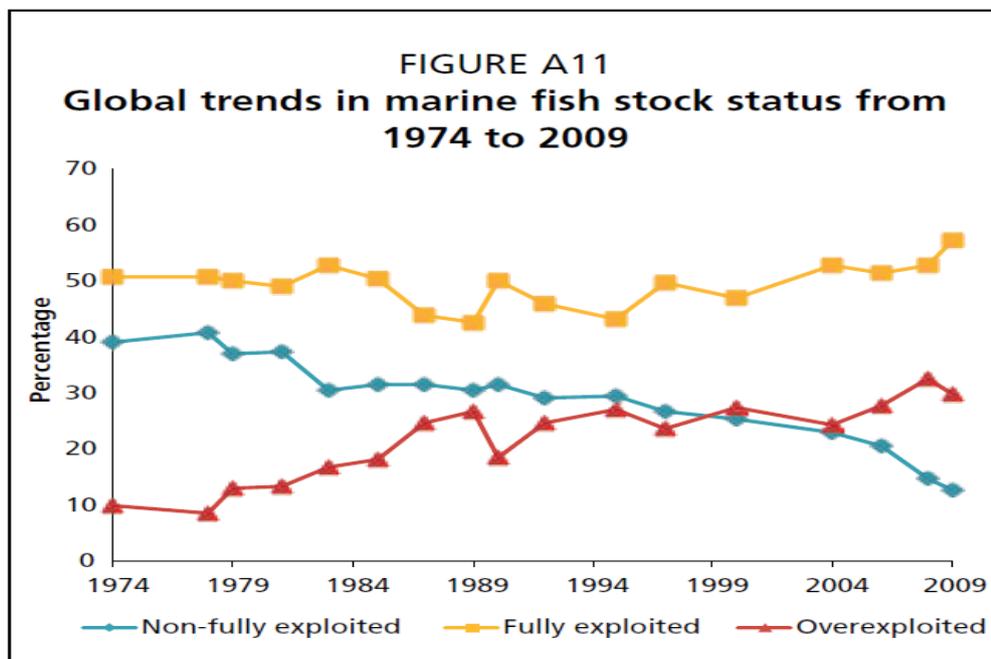
2.2.3 Entwicklung der Fischbestände

Nach jahrelangen regelmäßigen Ertragssteigerungen zeigten eine Reihe wichtiger Fischereien in den 1990er Jahren Erschöpfungserscheinungen durch Überfischung. Besonders die Erträge der verschiedenen Kabeljauartigen (*Gadiformes*) sanken nach einem Nutzungshöhepunkt in den 1960er und 1970er Jahren stark ab bis hin zu einzelnen Bestandszusammenbrüchen (z.B. Neufundlandkabeljau). Auch die größte globale Einzelfischerei auf die Peruanische Sardelle unterliegt

starken jährlichen Veränderungen, die allerdings weniger durch Überfischung als durch die ozeanographische Situation gesteuert werden (Auftriebsgebiet mit starker Abhängigkeit von El Nino „Southern-Oszillation“ Ereignissen; FAO 2011e S.7). Andere stark befischte Artengruppen entwickelten sich auch in den letzten Jahren noch positiv, so etwa einige Thunfischarten oder auch Tintenfische.

Die FAO (2011e S. 5ff) unterscheidet drei Haupttrends in der Entwicklung der Meeresfischereien: Gebiete in denen die Fänge ohne langfristigen Trend stark fluktuieren (z.B. Nordwest- und Südostpazifik), Gebiete mit deutlicher Abnahme der Fischererträge nach 1980 (z. B. der gesamte Nordatlantik) und Gebiete mit noch steigenden Erträgen, (z.B. Westpazifik und Indischer Ozean). Die Abnahme der Fänge im Nordatlantik war von besonderer Bedeutung, da besonders wertvolle Kabeljau- und andere Grundfischbestände vor Neufundland und in der Nordsee betroffen waren.

Abbildung 2-4: Entwicklung der Meeresfischbestände 1974 – 2009



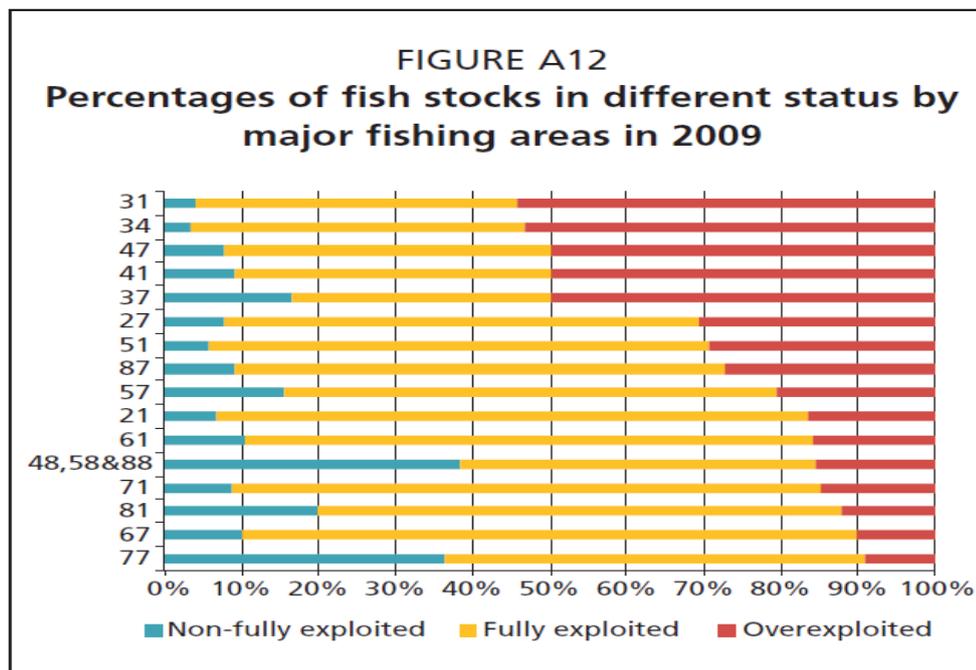
(FAO 2011e S.12 Abb. A11)

Aus der Zustandsanalyse von 395 Beständen, die 70% des Gesamtfanges ausmachen, stellt die FAO (2011e S.13) eine jährliche Trendanalyse über die globale Befischungssituation her. (Abbildung 2-5). Diese Analyse zeigt, dass im Jahr 2009 etwa 57% der genutzten Bestände vollständig befischt („fully exploited“) wurden, 30% überfischt waren und 13% nicht voll genutzt wurden. Da Fischbestände nachwachsende Ressourcen sind, ist es das Ziel guten Managements, die vorhandenen Bestände in der Höhe ihres maximalen Dauerertrages zu befischen; „fully exploited“ stellt insofern das Kriterium für eine optimale Bestandsnutzung dar. Die Zahl der vollständig genutzten Bestände hat seit 1990 zugenommen, was als Indiz für eine Verbesserung im Fischereimanagement gewertet werden kann. Anlass zu verstärktem Handeln bieten allerdings

die 30% überfischten Bestände, die dringend durch bessere Bewirtschaftung in einen produktiveren Zustand für nachhaltige Nutzung versetzt werden müssen.

In regionaler Auflösung zeigen sich die zentralatlantischen Gebiete (31 und 34) als am stärksten überfischte (54% der Bestände), während die geringste Überfischung im zentralen Pazifik (Gebiet 77) zu finden ist. Die nordatlantischen Gebiete 21 (West) und 27 (Ost) liegen im Mittelfeld mit <20% bzw. 30% überfischten Beständen (Abbildung 2-5).

Abbildung 2-5: Anteile wenig genutzter, voll genutzter, und überfischter Bestände in verschiedenen Meeresregionen



(FAO 2011e Fig. A12, S.14). FAO Regionen: 31 = Westlicher Zentralatlantik; 34 = Östlicher Zentralatlantik; 47 = Südost Atlantik; 41 = Südwest Atlantik; 37 = Mittelmeer und Schwarzes Meer; 27 = Nordost Atlantik; 51 = Westlicher Indischer Ozean; 87= Südost Pazifik; 57 = Östlicher Indischer Ozean; 21 = Nordwest Atlantik; 61 = Nordwest Pazifik; 48-58-88 = Antarktischer Ozean; 71 = Westlicher Zentralpazifik; 81 = Südwest Pazifik; 67 = Nordost Pazifik; 77 = Östlicher Zentralpazifik.

2.2.4 Fischereilich genutzte Arten

Die Fangstatistiken der FAO erfassen ca. 1000 genutzte Arten aus fast allen im Wasser lebenden Tierstämmen, sowie Pflanzen:

- Süßwasserfische (Karpfen, *Tilapia* etc.)
- Diadrome Fische (Lachse, Forellen, Störe etc.)
- Meeresfische (Plattfische, Kabeljauartige, Heringe, Thunfische etc.)
- Krebstiere (Krustaceen: Krabben, Garnelen)
- Weichtiere (Mollusken: Muscheln, Tintenfische, Schnecken)
- Stachelhäuter (Echinodermen: Seeigel, Seewalzen)
- Hohltiere (Coelenteraten, Quallen)

- Tunikaten (Seescheiden, Ascidien)
- Reptilien (Alligatoren, Schildkröten)
- Amphibien (Frösche)
- Warmblüter (Wale, Robben; nur z.T. in FAO Statistik erfasst)
- Pflanzen (Tange und Mikroalgen)

Tabelle 2—1: Die 20 wichtigsten Arten in der Meeresfischerei im Jahr 2008

	Fischart	Wiss. Name	(t)
1	Anchoveta (Peruanische Sardelle)*	<i>Engraulis ringens</i>	7 419 295
2	Alaska Seelachs	<i>Theragra chalcogramma</i>	2 649 152
3	Atlantischer Hering	<i>Clupea harengus</i>	2 479 202
4	Skipjack tuna, Bonito	<i>Katsuwonus pelamis</i>	2 454 013
5	Chub mackerel	<i>Scomber japonicus</i>	1 900 387
6	Chilenische Pferdemaakrele*	<i>Trachurus murphyi</i>	1 430 129
7	Largehead hairtail	<i>Trichiurus lepturus</i>	1 358 291
8	Blauer Wittling*	<i>Micromesistius poutassou</i>	1 283 536
9	Japanische Sardelle	<i>Engraulis japonicus</i>	1 265 763
10	Gelbflossenthun	<i>Thunnus albacares</i>	1 153 519
11	Europäische Sardine	<i>Sardina pilchardus</i>	1 043 560
12	Jumbo flying squid	<i>Dosidicus gigas</i>	857 429
13	Argentine shortfin squid	<i>Illex argentinus</i>	837 935
14	Chilenischer Hering*	<i>Strangomera bentincki</i>	795 139
15	Kabeljau	<i>Gadus morhua</i>	769 260
16	Kalifornische Sardine	<i>Sardinops caeruleus</i>	742 028
17	Pacific saury	<i>Cololabis saira</i>	622 119
18	Makrele	<i>Scomber scombrus</i>	610 994
19	Sprotte*	<i>Sprattus sprattus</i>	562 175
20	Akiami paste shrimp	<i>Acetes japonicus</i>	558 124
	Summe		29.992.050
	% des Gesamtfangs		34

*als Industriefisch zur Fischmehl und –öl Herstellung genutzt; (FAO 2011d)

Die wichtigste Gruppe sind die Fische mit 85% der Fangmenge, gefolgt von Weichtieren (7,3%) und Krebstieren (6,6%). Andere Taxa stellen nur < 1% (FAO 2011d S.7). Von den 25.000 - 30.000 bekannten Fischarten werden nur ca. 500 Arten in nennenswertem Umfang durch die Fischerei genutzt. Sehr große Fischereien von über einer Mio. t/Jahr werden von nur 11 Fischarten getragen. Die 20 wichtigsten Fischarten/Bestände stellen 34% der Gesamtanlandungen (Tabelle 2—1; FAO 2011d S.12).

Die größte Fischerei von derzeit 7,4 Mio. t auf die Peruanische Sardelle ist eine Industriefischerei für die Fischmehl und –ölgewinnung. Einige andere Arten, wie Blauer Wittling, Chilenische Pferdemaakrele, Chilenischer Hering und Sprotte werden ebenfalls überwiegend oder teilweise industrieller Verarbeitung zugeführt, die anderen Arten dienen vorwiegend dem menschlichen

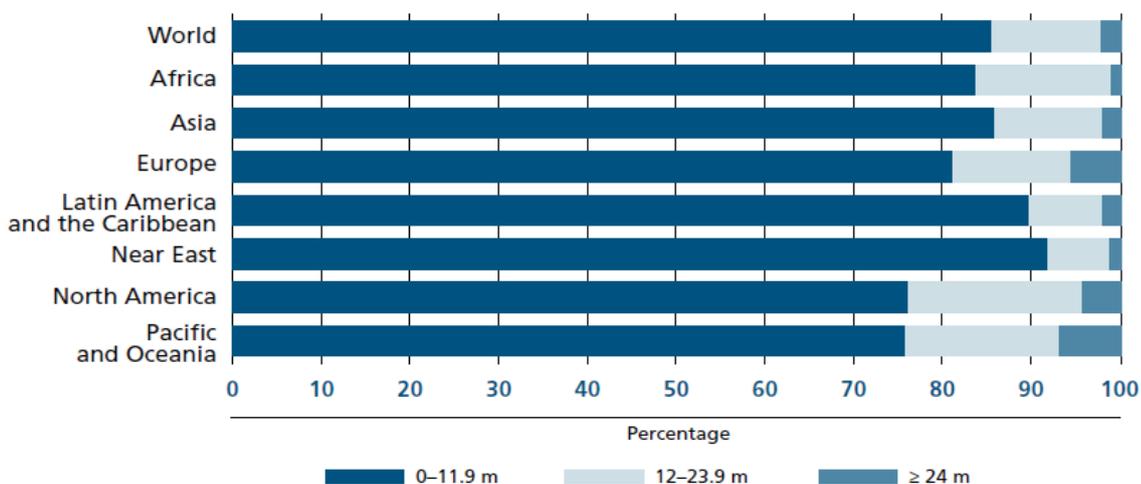
Konsum. Von den Gesamtfängen werden ca. 23 – 26 % für industrielle Zwecke verwendet (FAO 2012e S.3).

2.2.5 Fischer und Flotte

Nach Angaben der FAO (FAO 2012e S.41) beschäftigte die Fischerei und Aquakultur im Jahr 2010 weltweit ca. 54,8 Mio. Menschen (1970: 13 Mio.). 90 % der Fischer arbeiten in den Kleinfischereien der Entwicklungsländer. Die globale Fischereiflotte ist von 1970 bis zum Jahr 2000 um 75% auf ca. 4 Mio. Schiffe und Boote angewachsen (Weltbank/FAO 2009 S.19); aktuell liegt die Zahl bei ca. 4,3 bis 4,4 Mio. Schiffen und Booten (FAO 2010b S.30; FAO 2012e S.47). 60% der Boote sind motorisiert. Nur 2% der globalen Fischereiflotte sind große „industrielle“ Fangschiffe von über 24 m Länge, deren Anteil am höchsten in Ozeanien, USA und Europa ist (Abbildung 2-6; FAO 2012e S.49). Dementsprechend liegt die Fangleistung in diesen Regionen zwischen 18 und 26 t Fisch pro Fischer und Jahr, während der globale Durchschnitt nur bei 2,3 t / Jahr liegt (FAO 2012e Tab. 9 S.46).

Abbildung 2-6: : Schiffsgrößenverteilung in der globalen Fischereiflotte

Size distribution of fishing vessels by region in 2010



(FAO 2012e S.49)

Die große Zahl von handwerklichen (artesanalen) Fischern in Entwicklungsländern kann in einigen Regionen zu sehr hohen lokalen Konzentrationen fischereilicher Aktivität führen. So ist in Mauretanien fast die gesamte artisanale Flotte von 4000 Booten und 15.000 Fischern (Martin 2010 S.30) in den beiden Hafenstädten Nouakchott und Nouadibou konzentriert (Abbildung 2-7). Diese Boote operieren zumeist in Wassertiefen bis 20 m und im Abstand von bis zu 6 Meilen vor der Küste. Die Zahl der Boote hat sich von 500 im Jahr 1986 auf 4200 in 2007 verachtfacht; heute sollen davon noch etwa 3200 aktiv sein (Martin 2010 S.31). Auf Grund ihrer starken Konzentration um die beiden Hafenstädte kann diese Flotte einen erheblichen Fischereidruck auf die lokalen

Ressourcen ausüben (Tintenfische, Bodenfische, Krebstiere). Diese Situation wird zusätzlich durch z.T. illegale Fischerei größerer ausländischer Fangschiffe verschärft, die im offshore Bereich vor der Küste aktiv sind.

Abbildung 2-7: Fischerboote im Hafen von Nouadibhou (Mauretanien)



(Google Maps, am 5.7.2012)

2.2.6 Fischereitechnik

Moderne industrielle Fischereifahrzeuge verfügen über hochentwickelte Antriebs- und Navigationstechnik, die ihnen Reichweiten von mehreren tausend Kilometern ermöglicht; sie können Fische hydroakustisch orten, die Fangvorgänge durch Anzeige der Netzfüllung überwachen und lohnende Fangpositionen genau einhalten und damit auch Netzverluste an unterseeischen Hindernissen weitgehend vermeiden. Industrielle Flotten sind oftmals in Verbänden organisiert und können kurzfristig ozeanweit zu lohnenden Fanggebieten dirigiert werden. Moderne Kommunikation ermöglicht den Verkauf der Fänge von See aus am jeweils attraktivsten Markt; Reparaturen und Ersatzteile können von See geordert werden, so dass Ausfallzeiten minimiert werden. Alle diese Faktoren tragen zu einer Steigerung der Fangleistung bei, die zusätzlich zu den traditionell zugrunde gelegten Faktoren wie Motorstärke, Schiffsgröße und Einsatztage auf See in den Fang-Aufwandsmodellen mit berücksichtigt werden müssen.

Auch kleinere Fischereifahrzeuge haben durch Steigerung ihrer Motorleistung und andere technische Maßnahmen in den vergangenen Jahren ihre Fangkraft ausgeweitet. Durch größere Reichweiten bei höherer Maschinenkraft können auch artisanale Fanggeräte wie Langleinen, Stellnetze, Reusen und Treibnetze effektiver ausgebracht und eingeholt werden. Verbesserungen in der Verfügbarkeit von Eis und Infrastrukturen in den Anlandehäfen wirken qualitätssteigernd und führen zu höherer Wirtschaftlichkeit und Fangkraft auch der Kleinfischereien.

2.2.7 Industriefischerei

Einige Fischarten sind in sehr großen Mengen zu fangen, aber auf Grund ihrer Konsistenz oder Größe wenig attraktiv für die Vermarktung. Vor allem kleine pelagische Schwarmfische wie Sardellen, Sprotten, Sandaale, Holzmakrelen etc. können nur in geringen Mengen als Spezialitäten für den Konsum verwendet werden (gesalzene Anchovies, „Kieler Sprotten“, „Manjubinhas“, etc.). Diese Arten werden deshalb vorwiegend zu Futtermitteln oder zu Rohstoffen für die pharmazeutische Industrie verarbeitet. Der Anteil der Industriefischerei an den Fischfängen stieg in den vergangenen Jahrzehnten bis auf einen Höchststand von über 30 Mio. t in den 1990er Jahren. Im Jahr 2010 wurden noch 20,2 Mio. t Fische für industrielle oder Futterzwecke verwendet. Davon wurden ca. 5 Mio. t direkt verfüttert oder industriell genutzt. Für die Fischmehl und -ölherstellung wurden 15 Mio. t verbraucht (FAO 2012e S.13). Neben den pelagischen Schwarmfischen werden auch Verarbeitungsabfälle (ca. 5 Mio. t) und Zooplanktonarten wie Antarktischer Krill (ca. 103.000 t) zu Fischmehl und Fischöl verarbeitet (Fischmagazin 2011a). Im Jahr 2010 wurden 36% des Fischmehls aus Verarbeitungsabfällen gewonnen (FAO 2012e S.14). Die Produktausbeute bezogen auf das Fanggewicht der verarbeiteten Fische beträgt für Fischmehl 20 - 25% und für Fischöl 4 - 5% (Peron *et al.* 2010 S.817). Der Weltmarkt für Fischmehl und Fischöl umfasst ca. 4 Mio. t Mehl und 1 Mio. t Öl im Jahr.

Bis in die 1980er Jahre wurden 80% des Fischmehls als kostengünstiges Proteinergänzungsfutter in der Schweine- und Geflügelmast eingesetzt und nur 10% gingen in die Aquakultur. Im Jahr 2008 nutzte die Aquakultur 61% der weltweiten Fischmehlproduktion und 74% der Fischölproduktion (FAO 2012e S.177). Hauptproduzenten für Fischmehl und -öl sind Peru, Chile, Island, Dänemark und Norwegen. Hauptverbraucher ist China mit einem Anteil von 30 % der Weltproduktion (FAO 2012e S.81). Mit 1400 €/t (Fischmagazin 2011b) ist Fischmehl kein billiges Abfallprodukt, sondern ein teurer und hochwertiger Grundstoff für die Futtermittelindustrie. Durch das Verbot der Verfütterung von Protein und fetthaltigen Erzeugnisse aus Warmblütern an Rinder, Schweine, Geflügel und Fische in der EU seit 1.12.2000 (teilweise wieder aufgehoben ab Juni 2013) stieg der Bedarf an Fischmehl weiter an. Die starke Verteuerung von Fischmehl und -öl reflektiert die zunehmende Differenz zwischen Angebot und Nachfrage bei diesen Produkten.

Die Verwendung von Fischmehl in der Aquakultur ist in erster Linie für Garnelen und Raubfische unverzichtbar; aber auch Allesfresser (Karpfen, Welse) erhalten fischmehlhaltiges Futter, um das Wachstum zu beschleunigen. Auch in den Futtermitteln für Hühner und Schweine, Pelztiere und Haustiere wird weiterhin Fischmehl verarbeitet. Weltweit werden aber auch ca. 2,5 Mio. t Fisch allein für die Herstellung von Katzenfutter verwendet (Sena *et al.* 2008).

2.2.8 Regionale Fischerei

2.2.8.1 Wichtigste Fischereigebiete und -länder

Die wichtigste Meeresregion für Fischerei ist der Nordwestpazifik, der im Zeitraum 2005 – 2009 etwa 25% zum globalen Fangenertrag beisteuerte, gefolgt von Südostpazifik (16%) und dem zentralen Westpazifik (14%). Erst an vierter Stelle rangiert der Nordostatlantik mit 11% (FAO 2011e S.5).

Die Entwicklung der Fischerei verlief in den Großregionen unterschiedlich: Während vor allem der Nordatlantik in den vergangenen Jahren deutliche Fangeinbußen verzeichnete (Abbildung 2-8), steigerten sich die Fänge im zentralen Westpazifik und im Indischen Ozean (Abbildung 2-9). Allerdings konnten die Steigerungen die Einbrüche nicht kompensieren, so dass sich insgesamt eine leichte Abnahme der Gesamtfänge in der Meeresfischerei ergab.

Abbildung 2-8: Entwicklung der Fänge im Nordost Atlantik

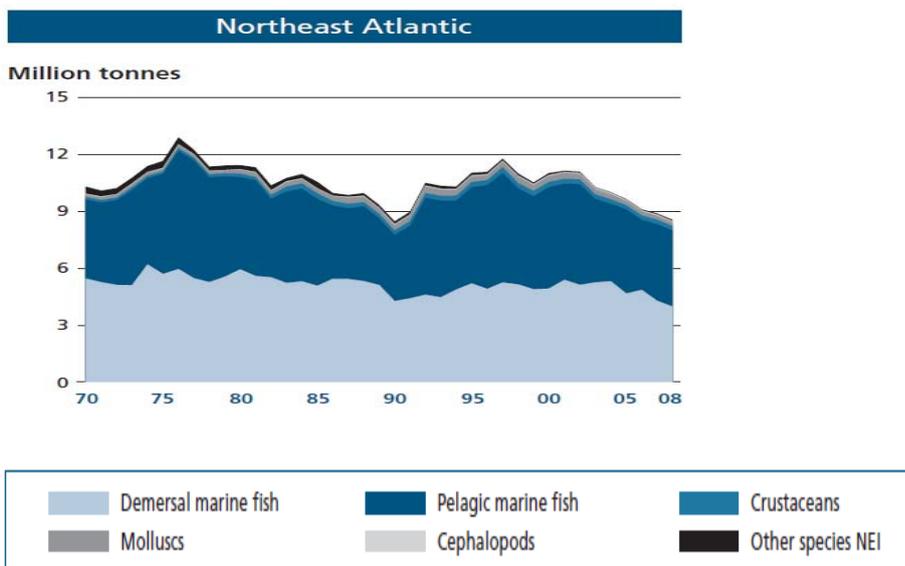
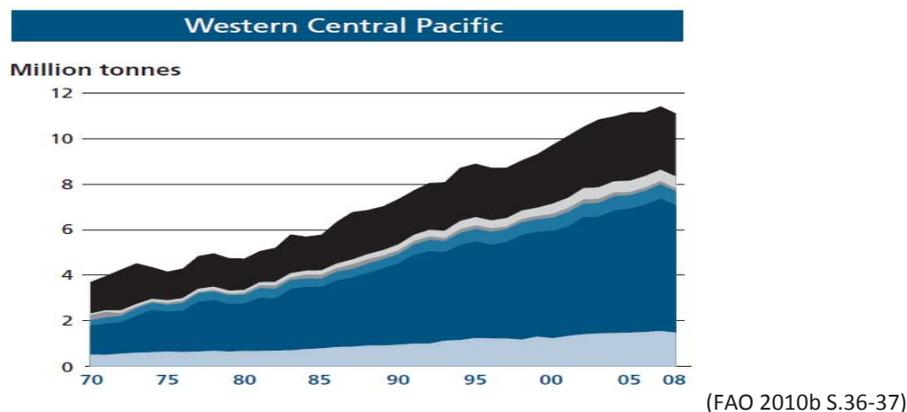


Abbildung 2-9: Entwicklung der Fänge im zentralen Westpazifik



Die Weltfischerei wird von einigen großen Fischereinationen dominiert: Auf Platz eins steht mit fast 15 Mio. t Fang China (Tabelle 2—2). Dessen starke Fangfischerei wird noch durch eine ebenfalls sehr umfangreiche Aquakulturproduktion ergänzt (die gesamte Fischereiproduktion Chinas beträgt 47,5 Mio. t / Jahr, oder 32% der Weltproduktion).

Tabelle 2—2: Tabelle 2—3: Fänge wichtiger Fischereinationen im Jahr 2008

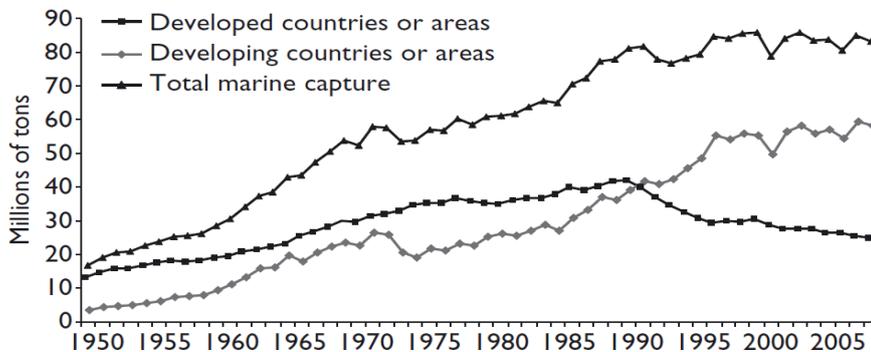
Rang	Land/Region	Fang (t Frischgewicht)
1	China	14.791.163
2	Peru	7 392 096
3	EU-27*	5 175 809
4	Indonesien	5 002 333
5	USA	4 349 853
6	Japan	4 323 590
7	Indien	4 099 227
8	Russland	3 383 724
....
11	Norwegen	2 431 371
18	Island	1.284.034
21	Spanien	918 147
24	Dänemark	690 212
49	Deutschland	280 080

(FAO 2011d S.9)

*(http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/fisheries/data/main_tables) am 1.11.2012

An zweiter Stelle der Fischereinationen folgt Peru, dessen Fangmenge vor allem auf dem massenhaften Fang von Kleinfischen (Sardellen, Pferdemaikrelen) zur industriellen Verwertung beruht. Die Europäische Union (EU-27) als Ganzes steht an dritter Stelle der Produzenten. Danach folgen Indonesien, USA und Japan. Unter den europäischen Ländern haben Norwegen (Weltrang 11), Island (18), Spanien (21) und Dänemark (24) eine bedeutende Fischerei. Deutschland findet sich im Jahr 2008 in der FAO Statistik auf Platz 49 mit etwa 280.000 t.

Die Fangmengen in den Entwicklungsländern sind in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen, während die Industrieländer seit 1990 rückläufige Fänge melden (Abbildung 2-10). Ursächlich hierfür sind neben der Überfischung wichtiger Bestände z.B. im Nordatlantik auch die neuen rechtlichen Zugangsregelungen zu vielen Fischgründen innerhalb der nationalen exklusiven ökonomischen Zonen im Rahmen der UNCLOS Vereinbarung, die den Fernflotten der Industrieländer den Zugang zu den Ressourcen außerhalb ihrer eigenen Gewässer erschwert. Die globale Fischproduktion der Entwicklungsländer übertrifft damit seit Anfang der 1990er Jahre die der Industrieländer deutlich. Im Jahr 2009 wurden in der Fischerei 65,7 von 88,9 Mio. t (74%) und in der Aquakultur 51,6 von 55,7 Mio. t (93%) in Entwicklungsländern produziert (FAO 2012h Tab. 36 S.234).

Abbildung 2-10: Fangentwicklung in Industrie- und Entwicklungsländern**Figure 1.4 Total Recorded Marine Capture Production by Economic Group, 1970–2005**

Source: FAO FishStat Plus.

(OECD 2010a S.180)

2.2.8.2 Fischerei in der EU

Die Europäische Union (EU-27) steht mit etwa 5,2 Mio. t Jahresfang (2008) in der Fischerei-statistik an dritter Stelle. Unter Berücksichtigung der Aquakultur liegt die europäische Gesamtproduktion von Fischprodukten bei 6,4 Mio. t (Frischgewicht), was Rang 4 (2007) bzw. Rang 5 (2009) unter den Weltproduzenten bedeutet ([Europäische Kommission 2010b S.13](#); [2012b S.12](#)). Die europäische Fangflotte bestand im Jahr 2011 aus 83.014 Schiffen mit einer Tonnage von 1,7 Mio. t und einer Maschinenleistung von 6,4 Mio. kW ([Europäische Kommission 2012b S.12](#)).

Die eigene Fischerei und Aquakultur deckt etwa 42% des Fischbedarfs der Gemeinschaft; 58% des EU Fischkonsums wird aus Drittländern importiert ([OECD 2010 S.63](#)). Die EU ist damit größter Fischimporteur mit 11% der globalen Importe nach Menge und 24,7% nach Wert ([FAO 2011d S. xvii](#)).

Siebzig Prozent der Fänge der EU Flotte werden im Nordost Atlantik getätigt (EU-Meer und NEAFC Konventionsgebiet in norwegischen und isländischen Gewässer). Knapp 10% der Fänge stammen aus außerhalb der EU gelegenen Gebieten im zentralen Ostatlantik (westafrikanische Fischereiabkommen) und 9% aus dem Mittelmeer. Die Fernfischerei im Südostpazifik stellt 2,6% der Fänge. Alle anderen Fanggebiete zusammen machen 6,2% der Fänge aus ([Europäische Kommission 2012b S. 20](#)).

Die Hauptfischereinationen der EU im Jahr 2009 waren Dänemark (778.000 t), Spanien (761.000 t), UK (587.000 t) und Frankreich (440.000 t). Deutschland lag auf Rang 8 der Mitgliedsländer ([Europäische Kommission 2012b S. 21](#)).

Die nach Anlandemengen wichtigsten Arten in der europäischen Fangfischerei sind pelagische Schwarmfische wie Sprotten, Hering, Makrelen usw. (EU Kom. 2012b S. 22). Ein Teil dieser Anlandungen dient der industriellen Verwertung zu Fischmehl und –öl (Tabelle 2–4).

Tabelle 2–4: Hauptarten in der europäischen Fangfischerei (2009)

Art	Menge (t)	Anteil
Sprotte (<i>Sprattus sprattus</i>) *	543 389	11 %
Atlantischer Hering (<i>Clupea harengus</i>)	531 443	10 %
Atlantische Makrele (<i>Scomber scombrus</i>)	346 850	7 %
Sandaale * (<i>Ammodytes spp.</i>)	339 270	7 %
Europäische Sardine (<i>Sardina pilchardus</i>)	243 359	5 %
Schild- und Pferdemaakrelen (<i>Trachurus spp.</i>)	172 672	3 %
Atlantische Pferdemaakrele * (<i>Trachurus trachurus</i>)	154 813	3 %
Atlantischer Kabeljau (<i>Gadus morhua</i>)	127 189	3 %
Skipjack Thunfisch (<i>Katsuwonus pelamis</i>)	114 490	2 %
Chilenische Pferdemaakrele * (<i>Trachurus murphyi</i>)	110 731	2 %
Europäische Sardelle (<i>Engraulis encrasicolus</i>)	102 212	2 %
Sardinelle (<i>Sardinella aurita</i>)	86 935	2%
Blauer Wittling * (<i>Micromesistius poutassou</i>)	85 158	2 %
Europäischer Seehecht (<i>Merluccius merluccius</i>)	84 384	2%
Gelbflossen Thunfisch (<i>Thunnus albacares</i>)	72 244	1 %

*z.T oder überwiegend als Industriefisch verwendet
(EU Kom. 2012b S. 22)

2.2.8.3 Fischerei in Deutschland

Die deutsche Fischereiflotte besteht aus 1651 Schiffen (2% der EU Flotte) mit 67.246 BRT (4% der EU Tonnage) und 158.067 kW (2,5% der EU Maschinenleistung) und bietet 1142 Arbeitsplätze (Vollzeitäquivalente; Europäische Kommission 2012b S.16).

Im Jahr 2011 betrug die deutsche Eigenproduktion von Fischereierzeugnissen für den menschlichen Konsum aus dem Meer, umgerechnet auf das Fanggewicht, 236.000 t (BLE 2011a S.11 Tab.1). Die Anlandungen der deutschen Hochsee- und Küstenfischerei stellten davon 196.000 t (ibid.). Die Fanggebiete waren vor allem Nord- und Ostsee sowie die westbritischen und norwegischen Gewässer; weitere Fanggebiete lagen vor Grönland, Westafrika und im Ostpazifik. Der größte Teil der Fänge (ca. 140.000 t, BMELV Stat. Jahrbuch 2012 S.247 Tab. 285) wurde im Ausland angelandet (ibid.). Bei den Auslandsanlandungen spielten Pferdemaakrelen (*Trachurus*) mit 19.964 t, Heringe (17.788 t), Sprotten (13.306 t) und Makrelen (12.413 t) eine herausragende Rolle (BLE 2011a S. 24 Tab. 10). Bei den Inlandsanlandungen lagen Muscheln (16.100 t) an erster Stelle, gefolgt von Krebstiere (Garnelen) (13.500 t), Hering (9400 t) und Kabeljau/Dorsch (5400 t) (BMELV Stat. Jahrbuch 2012 S.247 Tab. 284).

Die Erzeugung von Fischen und anderen Wassertieren im **Binnenland** (Süßwasser) im Jahr 2010 betrug in Aquakultur, Erwerbs- und Freizeitfischerei nach den Meldungen der Landesämter insgesamt mindestens 57.011 t, von denen etwa drei Viertel aus der Aquakultur stammen ([Brämick 2010 S.2](#)).

Der weitaus größte Teil der in Deutschland verfügbaren Menge von Fisch und Fischprodukten wird durch Importe gedeckt: Im Jahr 2010 waren dies 1,9 Mio. t Fisch und Fischereierzeugnisse (bezogen auf Fanggewicht) im Wert von 3,3 Mrd. €. Exportiert wurden 918.000 t Fisch und Fischprodukte im Wert von 1,5 Mrd. € ([FIZ 2011 S.18](#)). Der für den inländischen Verzehr verfügbare Anteil an Fischereierzeugnissen einschließlich der Anlandungen deutscher Fischereifahrzeuge lag danach 2011 bei 1,3 Mio. t. Der Selbstversorgungsgrad, d.h. der Anteil der Fänge deutscher Fischereifahrzeuge zusammen mit der binnenfischereilichen Erzeugung am gesamten inländischen Fischverbrauch lag in den Jahren 2010 und 2011 bei 20 bzw. 18% ([BLE 2010 S.5](#); [2011 S.5](#)).

Die (nach Gewicht) bedeutendsten Fischarten auf dem deutschen Markt sind Alaska-Seelachs aus nordpazifischer Fischerei (ca. 23%), Hering aus nordatlantischer Fischerei (ca. 20%), Lachs vorwiegend aus norwegischer oder chilenischer Aquakultur (ca. 13%), Thunfische, Boniten aus tropischer Fischerei (ca. 10%), *Pangasius*- Süßwasserwels aus tropischer Aquakultur (ca. 6%), Forellen aus europäischer Aquakultur (ca. 4%), Seelachs (ca. 3%), Rotbarsch, Seehecht, Kabeljau (jeweils ca. 2%) und Makrele, Sardine, Heilbutt aus atlantischer Fischerei; sowie Karpfen und Zander aus europäischer Aquakultur/Binnenfischerei (jeweils weniger als 1%). Vorwiegend aus afrikanischer Binnenfischerei stammt der Viktoriabarsch mit knapp 1% Mengenanteil ([FIZ 2011 S.9](#)). Insgesamt sollen auf dem deutschen Lebensmittelmarkt derzeit 660 Fisch-, Krebs- und Weichtierarten mit 880 zulässigen Handelsbezeichnungen verfügbar sein ([FIZ 2011 S.4](#)).

Die in Deutschland gehandelten Fisch- und Fischereiprodukte dienen überwiegend als Nahrungsmittel. Im Jahr 2010 betrug die Gesamtproduktion von Fischereierzeugnissen 497.685 t ([FIZ 2011 S.23](#)). Die Abfälle bei der gewerblichen Fischverarbeitung können vollständig zur Herstellung von Fischmehl und Fischöl verwendet werden, die in der Futtermittelindustrie und in der Aquakultur gefragt sind und attraktive Preise erzielen. Fischöle werden auch als Nahrungsergänzungstoffe (Omega-3-Fettsäuren) in der Industrie genutzt und auch im Handel angeboten. Im Jahr 2008 wurden in Deutschland 18.600 t Fischmehl und 12.182 t Fischöl hergestellt ([FAO FishstatJ](#)). Für diese Produktion wurden neben Fischabfällen aus dem Lebensmittel verarbeitenden Gewerbe auch nicht zum Verzehr geeignete Fische in einer Größenordnung von 55.000 t aus eigenen Anlandungen oder Importen verarbeitet ([FAO FishstatJ](#)).

2.2.9 Aussichten für die globale Fangfischerei

Die Prognosen für die weltweiten Fangfischereien gehen von einer Stabilisierung der Fänge ohne substanzielle weitere Steigerungen aus. Neue, unerschlossene Ressourcen sind nicht zu erwarten. Ein seit Jahren bekanntes Potenzial liegt noch in der Fischerei auf Antarktischen Krill (*Euphausia superba*), eine Garnelenart des Südpolarmeeres. Die von der regionalen Antarktiskonvention

(CCAMLR) streng überwachte Fischerei beträgt zurzeit 180.000 bis 210.000 t und wird zur Herstellung von Fischmehl (Norwegen) und in geringem Maß für den menschlichen Konsum (China) verwendet (Fischmagazin 2011a). Die von CCAMLR festgelegte zulässige Gesamtfangmenge von 620.000 t (<http://www.ccamlr.org/en/fisheries/krill-fisheries>, 24.9.2012) könnte möglicherweise auf bis zu 4,9 Mio. t angehoben werden (Nicol und Foster 2003) In jüngster Zeit haben auch deutsche Reeder wieder Interesse an einer Aufnahme der antarktischen Krillfischerei geäußert (Thünen Institut-SF, pers. Mittlg.).

2.3 Aquakultur

2.3.1 Grundlagen

Der Begriff „Aquakultur“ umschreibt die kontrollierte Aufzucht von Wasserorganismen wie Fische, Mollusken, Krebstiere und Pflanzen in natürlichen oder künstlichen Gewässern oder Behältern, die für die Zwecke der Produktion durch den Menschen angelegt oder verändert werden. Die Produktion der kultivierten Organismen wird durch verschiedene Maßnahmen wie Besatz, Fütterung, Kontrolle der Wasserqualität, Schutz vor Fressfeinden usw. beeinflusst. Im Gegensatz zur Fangfischerei sind die kultivierten Organismen in der Regel im Besitz der Aquakulturtreibenden.

In der Aquakultur können mit Muscheln, Karpfen oder Welsen auch Arten niedriger Trophiestufen verwendet werden, die zu einem großen Teil pflanzlich ernährt werden können und damit eine günstigere Energiebilanz aufweisen als Raubfische (wie z.B. Lachse und Forellen). Fast alle in Aquakultur gezüchteten Fischarten benötigen allerdings eine Zusatzfütterung von Fischproteinen und Fettsäuren (aus Fischmehl und Fischöl) um gute Wachstumsleistungen zu erreichen (s.u.).

In der Aquakultur werden vor allem Arten mit schnellem Wachstum und/oder hoher Nahrungseffizienz eingesetzt. Weitere Kriterien sind leichte Vermehrbarkeit, Unempfindlichkeit gegen dichten Besatz und Toleranz von niedrigen Sauerstoffgehalten und schlechter Wasserqualität, sowie Akzeptanz bei den Verbrauchern. Aus der Gruppe der Fische erfüllen vor allem Süßwasserarten (z.B. Karpfen, Welse, einige Barsche) und diadrome Wanderische (Lachse, Forellen) diese Kriterien. Mollusken und Krebstiere aus Brack- und Meerwasser sind ebenfalls gut in Aquakultur zu produzieren. Von den Meeresfischen konnten dagegen bisher nur wenige Arten erfolgreich in Kultur genommen werden.

Süßwasserfische (Karpfen, Welse, *Tilapia*- Buntbarsche) und tropische Garnelen können in einfachen Erdteichen mit geringer Wasserzufuhr gehalten werden; Salmoniden und andere Fische mit größeren Ansprüchen an die Wasserqualität leben in Teichen, Becken, Kanälen oder Gehegen mit durchströmendem Wasser. In Seen oder Meeresbuchten können Netzgehege oder Netzkäfige z.B. für die Lachsproduktion verwendet werden; Muscheln werden an Gestellen in Küstengewässern angesiedelt oder auf markierten Meeresbodenflächen ausgelegt. Extensive Aquakultur kann

auch in Verbindung mit landwirtschaftlicher Produktion stattfinden, indem Reisfelder oder Bewässerungssysteme zeitweise mit Fischen besetzt werden.

Eine hochtechnisierte Form der Aquakultur stellen geschlossene Kreislaufanlagen dar, in denen das Wasser umgewälzt, gereinigt und wiederverwendet wird. Diese Anlagen sind weniger abhängig von Frischwasserzufuhr, aber technologisch anspruchsvoll und energieaufwändig und eignen sich zurzeit nur für hochpreisige Produkte.

Neue Ansätze für intensive Aquakulturverfahren werden unter Begriffen wie „Aquaponic“ und „integrierte multitrophe Aquakultur“ gefasst; hier werden Wege gesucht, um Tier- und Pflanzenproduktion anlagentechnisch so zu verbinden, dass durch die Nutzung der jeweiligen Stoffwechselprodukte die Produktion beider Bereiche optimiert wird.

2.3.2 Weltweite Aquakulturproduktion

Aquakultur ist weltweit der am schnellsten wachsende Zweig der Produktion tierischer Nahrungsmittel. In den letzten drei Jahrzehnten wuchs die Erzeugung um jährlich 8,8% (FAO 2012e S.8). Die jährliche Steigerung übertraf das Bevölkerungswachstum deutlich, so dass die pro Kopf rechnerisch verfügbare Menge von 1,1 kg im Jahr 1980 auf 8,7 kg im Jahr 2010 anwuchs (FAO 2012e S.26).

In den 1950er Jahren betrug die globale Aquakulturproduktion lediglich 1 Mio. t. Im Jahr 2010 lag sie bereits bei 60 Mio. t (ohne pflanzliche Produkte) im Wert von 119 Mrd. US\$ (FAO 2012e S.26) und stellte damit 40% der gesamten aquatischen Tierproduktion. Etwa 62% der tierischen Aquakulturproduktion werden im Süßwasser erzeugt, 30% im Meer, und 8% im Brackwasser (FAO 2012e S.34).

Tabelle 2—5: Aquakulturproduktion der 10 größten Produzenten im Jahr 2010

Rang	Land	Aquakulturproduktion (t)	%
1	China	36.734.215	61,4
2	Indien	4.648.851	7,8
3	Viet Nam	2.671.800	4,5
4	Indonesien	2.304.828	3,9
5	Bangladesh	1.308.515	2,2
6	Thailand	1.286.122	2,2
7	Norwegen	1.008.010	1,7
8	Ägypten	919.585	1,5
9	Myanmar	850.697	1,4
10	Philippinen	744.695	1,2
	Welt gesamt	59.872.600	100

(FAO 2012e S.28;).

Schwerpunktregion der Aquakultur ist Ostasien, wo 89% der Gesamtproduktion erzeugt werden (Tabelle 2—5). Dies basiert vor allem auf der enormen Produktion in China, wo allein über 61% der globalen Menge erzeugt werden. Die restliche Produktion verteilt sich mit 4,3% auf Nord- und Südamerika; 4,2% Europa; 2,2% Afrika und 0,3% Ozeanien ([FAO 2012e S.27](#)).

Im Jahr 2009 erzeugte die Aquakulturindustrie in den **EU-Ländern** (EU-27) rund 1,3 Mio. t Fische, Weich- und Krebstiere im Wert von rund 3 Mrd. Euro und bot ungefähr 65.000 Menschen einen Arbeitsplatz. Haupterzeugerländer sind Spanien, Frankreich, UK, Italien und Griechenland, die zusammen 75% der Produktion liefern ([Eurostat webseite 12.7.2012](#)). Die derzeitige Verbrauchsnachfrage nach Fisch in der EU beläuft sich dagegen auf rund 12 Mio. t Fisch, so dass Aquakultur ca. 11% des Bedarfs deckt ([EU KOM 2009 S.2](#)).

In **Deutschland** und Europa ist Aquakultur bisher nur von geringer Bedeutung. Für das Jahr 2009 gibt Eurostat eine Produktion von 40.000 t für die deutsche Aquakultur¹ an. Davon waren 21.000 t Regenbogenforellen, 9900 t Karpfen und 3600 t Miesmuscheln ([Europäische Kommission 2012b S.26 und 29](#)). Für das Jahr 2011 legte auch das Statistische Bundesamt erstmals Zahlen über die Aquakulturerzeugung in Deutschland vor, und wies eine Gesamtproduktion von 39.000 t Fischen, Muscheln und weiteren Aquakulturprodukten aus. Die Hauptmenge (21.000 t / 53,1%) entfielen dabei auf Miesmuscheln, 18.000 t (46,6%) auf Fische. In der Fischproduktion überwog die Erzeugung von Forellen und verwandten Arten wie beispielsweise Saiblingen (zusammen 11.000 t) und Karpfen und verwandten Arten wie Schleien (zusammen 5400 t; [Stat. Bundesamt 2012](#)). Weitere Arten sind Aal (660 t), Wels (200 t), Krebstiere (7 t). Stör wird in geringen Mengen u.a. zur Kaviarproduktion gezüchtet.

In Deutschland gibt es insgesamt knapp 4.800 Aquakulturbetriebe. Etwa 3.800 Unternehmen betreiben wirtschaftlichen Teiche und 2.600 besitzen Becken und Fließkanäle zur Zucht von forellenartigen Fischen. 39 Betriebe haben sich auf die kontrollierte Aufzucht von Krebsen und 11 Betriebe auf die Produktion von Muscheln spezialisiert ([Stat. Bundesamt 2012](#)).

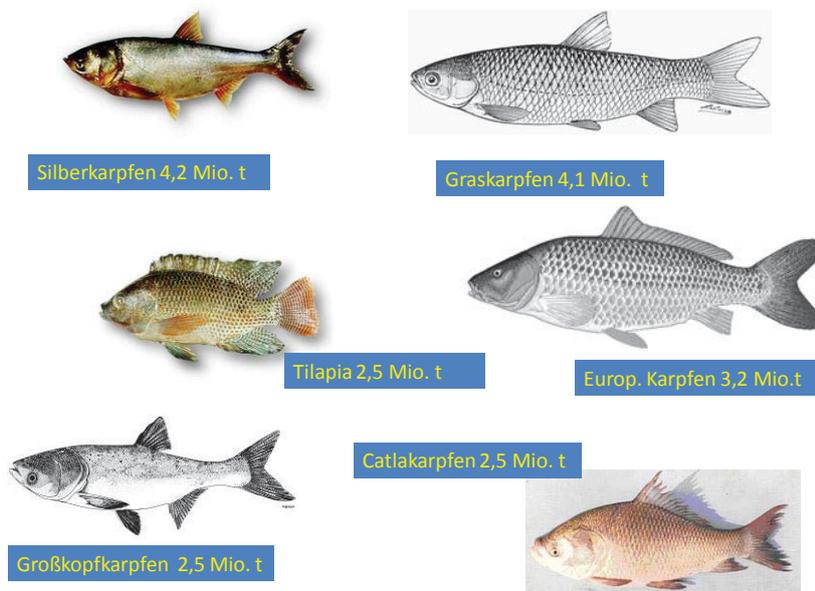
Angesichts der hohen Importe von Fischereiprodukten nach Europa hat die EU mit der 2002 angenommenen „EU-Strategie für eine nachhaltige Aquakultur“ eine Initiative zur Förderung der Aquakultur ins Leben gerufen und Leitlinien für den weiteren Ausbau der Aquakultur vorgegeben. Seither sind beachtliche Fortschritte in den Bereichen Umweltverträglichkeit, Sicherheit und Qualität der Aquakulturproduktion in der EU zu verzeichnen. Allerdings stagnierte die Gesamtproduktion im Aquakultursektor der EU im selben Zeitraum, während sie in anderen Teilen der Welt deutlich zunahm ([EU KOM 2009 S.3](#)).

¹ Die Aquakulturstatistik der EU schließt Muschelkulturen im maritimen Küstenbereich im Gegensatz zu den Statistiken des BMELV mit ein, wo sie den Anlandungen der Küstenfischerei zugerechnet wird ([Stat. Jahrbuch 2012 S. 246ff](#))

2.3.3 Arten in der Aquakultur

Weltweit wurden nach FAO Angaben im Jahr 2010 mehr als 600 verschiedene Wasserorganismen in Aquakultur gehalten. Davon waren 327 Fischarten, 102 Molluskenarten, 62 Krebstierarten, 6 Amphibien- und Reptilienarten (Frösche, Krokodile), 9 weitere wirbellose Tierarten und 25 Pflanzenarten (FAO 2012e S.37). Nur wenige Arten werden in großen Mengen produziert. Der Hauptteil der Aquakulturproduktion sind **Süßwasserfische** (Abbildung 2-11). An erster Stelle stehen Karpfenarten (Graskarpfen, Silberkarpfen mit 4,2 bzw. 4,1 Mio. t); Europäischer Karpfen (3,2 Mio. t) und weitere asiatische Arten (Catlakarpfen und Großkopfkarpfen mit je 2,5 Mio. t), sowie *Tilapia* und andere Buntbarsche mit ebenfalls 2,5 Mio. t. Die bedeutendste Salmonidenart im Süßwasser ist die Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) mit 0,7 Mio. t Jahresproduktion.

Abbildung 2-11: Kultivierte Arten mit >2 Mio. t Jahresproduktion in der Süßwasseraquakultur

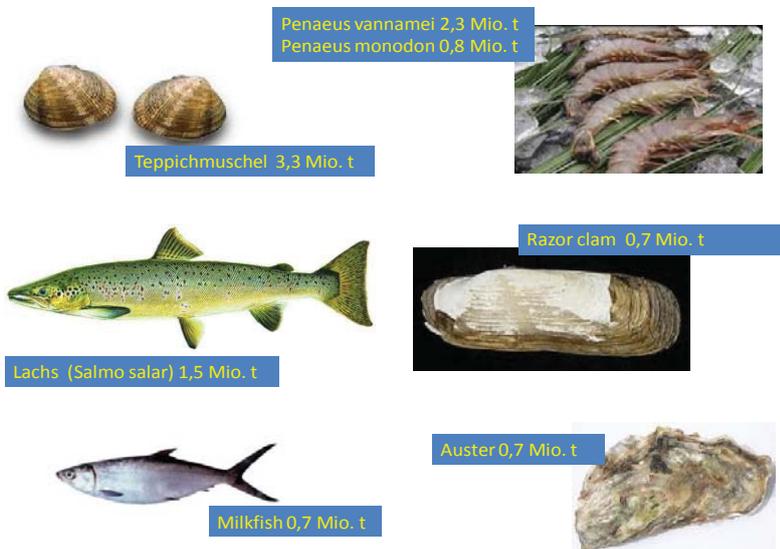


(Daten: FAO 2011d; Fischabbildungen: www.fao.org/fishery/culturedspecies/)

Im Brack- und Meerwasser sind die größten Produzenten die chinesische Teppichmuschel (3,1 Mio. t), Scheidenmuscheln (0,7 Mio. t) und Austern (0,7 Mio. t); die Zucht von Garnelen der Arten *Penaeus vannamei* und *P. monodon* erzeugt zusammen 3,1 Mio. t (Abbildung 2-12).

Diadrome Fische (die zwischen Meer und Süßwasser wandern) wie Lachse, Aale und Störe werden weltweit kultiviert, spielen aber außer den Lachsen und anderen Salmoniden, von denen im Jahr 2010 ca. 1,9 Mio. t produziert wurden, mengenmäßig ebenfalls nur eine untergeordnete Rolle (FAO 2012e S.36).

Abbildung 2-12: Kultivierte Arten mit > 0,7 Mio. t Jahresproduktion in der Küsten- und Brackwasseraquakultur



(Daten: FAO 2011d S.28; Fischabbildungen: www.fao.org/fishery/culturedspecies/)

Meeresfische, z.B. Wolfsbarsch (Fam. *Serranidae*) und Dorade (Fam. *Sparidae*), Kabeljau, oder Thunfische aus Aquakultur sind nur von geringer bzw. regionaler Bedeutung mit jeweils unter 200.000 t Jahresproduktion. Nur 2,6% der Produktion von Meeresfischen stammt aus Aquakultur (FAO 2012e S.24).

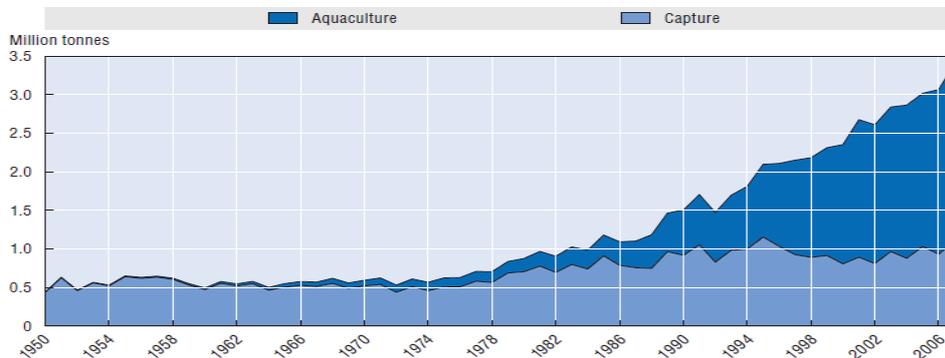
Die Aquakultur von **Pflanzen** lag im Jahr 2008 bei 19 Mio. t im Wert von 5,7 Mrd. US\$ (FAO 2012e S.40). Im Meer wurden vor allem Großalgen und Tange (99% *Laminaria japonica*) kultiviert, während im Süßwasser 68.400 t der Mikroalge *Spirulina* erzeugt wurden (FAO 2010b S.19). Das jährliche Wachstum dieses Sektors liegt noch über dem Zuwachs in der Aquakultur insgesamt, so dass eine zunehmende Bedeutung in Zukunft wahrscheinlich wird.

Das Artenprofil in der Aquakultur unterscheidet sich weitgehend von dem der Fangfischerei. Bei einigen wenigen Arten, die sowohl wild gefischt als auch kultiviert werden (z.B. Garnelen, Lachse, *Tilapia*) haben sich die Mengen auf Grund von hoher Nachfrage und gestiegenen Preisen bei gleichzeitiger Überfischung der natürlichen Bestände in den letzten Jahren stark zugunsten der kultivierten Produkte verschoben (Abbildung 2-13; OECD 2010a S.127).

Andererseits zeigen Versuche, weitere häufige Fangfischarten in Kultur zu nehmen (Kabeljau, Thunfische, Aal) bisher nur wenig Erfolg, da die künstliche Fortpflanzung unter Laborbedingungen noch nicht möglich, bzw. äußerst aufwändig ist, während gleichzeitig die natürlichen Bestände trotz teilweiser Überfischung nach wie vor große Fangerträge zu vergleichsweise geringeren Kosten erlauben.

Abbildung 2-13: Entwicklung der Lachsproduktion – Fang/Aquakultur

Figure B.4. World salmon production, by volume



Source: FAO Statistics.
(OECD 2010a S.127)

2.3.4 Formen der Aquakultur

2.3.4.1 Teiche und integrierte landwirtschaftliche Systeme

Einfache Formen der Hälterung von Fischen (v.a. Karpfen) in Teichen wurden in China bereits vor 4000 Jahren praktiziert (<http://www.fao.org/docrep/field/009/ag158e/AG158E02.htm>; am 11.7.2012). In ländlichen Gebieten überall auf der Welt, aber hauptsächlich in Ostasien, ist diese Form extensiver Teichwirtschaft auch heute weit verbreitet. Die Intensität kann dabei von dem einfachen Einsetzen von Fischen ohne weiteres Zutun, über Fütterung mit Abfällen, spezialisierte Fütterung, Verbesserung der Bedingungen in den Teichen usw., bis hin zu hochentwickelten Teichkulturen mit optimiertem Wasseraustausch, hochwertigem Futter, Einsatz verbesserter Varianten (Karpfen mit weniger Schuppen, schnellwüchsigeren Rassen), Bekämpfung von Krankheiten und Fressfeinden, Erzeugung von Fischbrut in Zuchtanstalten etc. reichen.

Aquakultur kann mit geeigneten Arten auch anderweitig landwirtschaftlich nicht brauchbare Flächen nutzen, so etwa brackige Gewässer oder versalzene Flächen. Bestimmte Wasserorganismen wie Muscheln und Pflanzen können ohne Futter oder Düngerzusatz herangezogen werden und verbessern durch ihren Stoffwechsel sogar die Wasserqualität (FAO 2012i S.3).

Da Wassertiere sehr unterschiedliche Ansprüche an ihre Umgebung stellen, kommen nicht alle Arten für eine extensive Haltung in Naturteichen in Frage. Es sind hier vor allem anspruchslose Arten wie Karpfen, *Tilapia*, und Welse, die ohne großen technischen Aufwand produziert werden können. Einige dieser Arten sind zudem bereits mit Naturnahrung aus den Teichen und etwas pflanzlicher Zufütterung (Getreide) gut zu ernähren. Für bessere Wachstumsleistungen werden allerdings bei allen Arten Tierproteine und Omega-3-Fettsäuren (aus Fischmehl und Fischöl) zugesetzt.

Neuerdings werden in Projekten des WorldFish Center in Asien Versuche zur Hälterung kleiner Zahnkarpfen (*Amblypharyngodon mola* oder *Esomus longimanus*) in Hungerregionen durchge-

führt, weil diese Fische ohne besondere Fürsorge in kleinsten Gewässern zusätzliche Proteine und vor allem Mikronährstoffe wie Vitamin A und Eisen für die unterernährte und mangelernährte Bevölkerung produzieren können (World Fish Center 2011b S.1 - 2).

Das Produktionspotenzial von Aquakultur in Teichen liegt zwischen 2 bis 8 t Fisch/ha im Jahr (WBGU 1999 S.184). In China beträgt der mittlere Ertrag aus Teichen 6,8 t/ha (FAO 2010b S.25). Tilapia in intensiver Teichkultur kann bis zu 10 t/ha erzeugen; und in indischen Karpfen Polykulturen werden bis 13,6 t/ha erzielt. *Clarias* Welse können in tropischen Durchfluss - Teichen bis 40 t/ha erzeugen (Dugan et al. 2007 S.466), und in Netzkäfigen in Küstengewässern können über 1000 t/ha und Jahr Lachse, Forellen oder Wolfsbarsche produziert werden (Bostock et al. 2010 S.2905). Damit können in der intensiven Teichkultur hohe Flächenenerträge erzielt werden.

Ein Nachteil der Erdteiche besteht in einem teilweise sehr hohen Wasserbedarf zur Kompensation von Verdunstung und Versickern. Der Wasserverlust in Teichen in den Tropen kann mit bis zu 20% pro Tag erheblich sein (Bostock et al. 2010 S.2901). Teichanlagen sind daher nicht überall möglich. Andererseits können Teichanlagen bei geeigneten Bodenverhältnissen auch als Wasserspeicher oder Rückhaltebecken in die Wasserversorgung für die Landwirtschaft eingebunden werden.

Bei ausreichender Wasserqualität und -menge können Teiche oder spezielle Durchflussanlagen mit höherem Wasserdurchsatz auch für anspruchsvollere Arten wie Forellen genutzt werden. Oft werden zusätzliche Belüftungseinrichtungen zur Erhöhung des Sauerstoffgehaltes und zur Verbesserung der Wasserqualität eingesetzt, so dass hier bereits von intensiven Aquakulturformen gesprochen werden kann.

Ebenfalls zu den eher intensiven Teichaquakulturen gehören die in Mangrovegebieten angelegten Teiche für die Aufzucht von tropischen Garnelen (*Penaeus vannamei*, *P. monodon*). Diese Anlagen können große Ausmaße annehmen und produzieren im industriellen Maßstab. In geeigneten Küstengebieten werden auch Teiche oder Becken an Land angelegt, die über Pumpen mit Meerwasser versorgt werden. In solchen Anlagen werden in Europa, z.B. an der galizischen Küste oder im Mittelmeerraum Meeresfische wie Wolfsbarsch und Dorade produziert.

Integrierte landwirtschaftliche Systeme

Eine Verbindung von Teichkultur und Landwirtschaft stellt die Fütterung von Fischen mit Abfallprodukten aus der landwirtschaftlichen Erzeugung sowie der Besatz von Reisfeldern mit Fischen während der Flutungsphase dar. Reisbauern in Asien haben seit jeher die Fische in den Reisfeldern als wertvolle Zusatzproduktion genutzt (Dugan et al. 2007 S.468). Auf diese Weise können hochwertige Nahrungsmittel zusätzlich erzeugt und gleichzeitig Pestizide eingespart werden, da sich die Fische u.a. von Schadinsekten und Moskitolarven ernähren. Weltweit wird etwa 90% der Reisproduktion auf 134 Mio. ha bewässerten Feldern durchgeführt, die potenziell auch für Fischhaltung genutzt werden könnten (FAO 2012e S.30). In China werden bereits 1,3 Mio. ha

Reisfelder für Fischhaltung genutzt, auf denen im Jahr 2010 ca. 1,2 Mio. t Fische produziert wurden (0,9 t/ha; *ibid.*). Auch andere Länder nutzen bereits die Reis-Fisch Produktion: Indonesien (92.000 t), Ägypten (29.000 t), Thailand (21.000 t), die Philippinen (150 t) und Nepal (45 t)(*ibid.*)

Eine weitere Form der Integration verschiedener Produktionsformen besteht in der „integrierten multitrophen Aquakultur“ (IMTA). Hier wird die Erzeugung verschiedener Wasserorganismen mit unterschiedlichen Nahrungsnischen in einem Teichsystem angestrebt. So werden etwa mit kommerziellem Futter gefütterte Fische zusammen mit Wasserpflanzen, Schnecken, Muscheln oder Krebsen gehalten, die die überschüssigen anorganischen und organischen Nährstoffe aus der Fischproduktion für ihr Wachstum verwenden können (OECD 2010b S.19).

2.3.4.2 Durchflusssysteme, Netzkäfige

Bei Verfügbarkeit genügend großer Wassermengen können Durchflusssysteme in oder neben Bach- oder Flussläufen angelegt werden. Durch den konstanten Wasseraustausch werden Stoffwechselprodukte abtransportiert, Sauerstoff zugeführt, und die Kondition der Fische im Allgemeinen verbessert. Durch die Frischwasserentnahme und Ableitung des Abwassers können die Anlagen erhebliche negative Umweltauswirkungen auf die natürlichen Fließgewässer haben und sind deshalb nur an wenigen Stellen realisierbar.

Starken Wasseraustausch gewährleisten auch Netzkäfige oder Netzgehege, die in größeren Gewässern, Flüssen, Meeresbuchten eingesetzt werden. Diese Anlagen sind kapitalintensiv und technisch anspruchsvoll, und sind ebenfalls wegen ihrer Umweltauswirkungen nicht überall möglich. In den Käfigen sind die Fische unter ständiger Kontrolle, Fütterung, Krankheitsbekämpfung, Sortierung etc. können effizient durchgeführt werden, und Stoffwechselprodukte werden schnell abgeführt. Anspruchsvollere Arten können so mit der notwendigen Wasserqualität und Sauerstoff versorgt werden. Netzkäfig-Aquakulturen werden von großen internationalen Unternehmen für die Produktion von Lachs eingesetzt.

Große Netzgehege werden auch zum Mästen („fattening“) von wild gefangenen Thunfischen im Meer verwendet; diese Form der Hälterung verbindet die Fischerei auf wildlebende Jungfische mit Aquakultur und stellt insofern eine Zwischenform der beiden Betriebsformen dar.

Durchflusssysteme und Netzkäfige produzieren wesentlich höhere Flächenerträge als Teiche. So können bei ausreichender Wasserversorgung in Durchflussbecken oder Netzkäfigen 1750 t Forellen oder Lachse, 1125 t Wolfsbarsche und Doraden, oder 300 t Thunfische pro ha im Jahr erzeugt werden (Bostock *et al.* 2010 S.2905).

2.3.4.3 Kreislaufanlagen

Der höchste Grad der Technisierung von Aquakultur findet sich in Kreislaufanlagen. Durch Wasseraufbereitung und Sauerstoffversorgung kann die Zufuhr von Frischwasser stark reduziert werden. Die Anlagen können damit unabhängig von Küstennähe oder Verfügbarkeit großer Frischwassermengen aufgestellt werden und vermeiden so die Konkurrenz um Raum und Wasser. Die Wassertemperatur wird optimal auf die Bedürfnisse der produzierten Organismen eingestellt. Solche Kreislaufanlagen erfordern hohe Investitionen und Betriebskosten, haben einen hohen Energiebedarf und sind bis heute mit großen Risiken behaftet. Die Anlagen sind deshalb vor allem für die Produktion hochpreisiger Produkte geeignet (in D: Kaviar, Aal, Welse, Garnelen, Besatzfische, Zierfische). Neuerdings werden auch Versuche unternommen, sogar Brack- oder Meerwasserarten in Kreislaufanlagen im Binnenland zu kultivieren. So soll in einem Projekt in Völklingen ab 2013 eine kommerzielle Produktionsanlage für 500 t Doraden, Störe und Wolfsbarsche in Betrieb gehen (<http://www.tageblatt.lu/nachrichten/europa/story/21999979> ; am 27.8.2012). Eine Aquakulturproduktion von Biogarnelen (*P. vannamei*) in Brackwasser, die in kleinem Maßstab wirtschaftlich arbeitet existiert in Kiel (<http://www.fischmagazin.de/newsartikel-seriennummer-1967.htm>; 18.7.2012).

2.4 Perspektiven für die Aquakultur

Trotz der äußerst erfolgreichen Entwicklung in den letzten Jahrzehnten ist die Zukunft der Aquakultur nicht ausschließlich positiv. Das Auftreten von Krankheiten, technische Ausfälle, Umwelt Risiken wie Algenblüten, Qualleninvasionen, Wasserverschmutzung, Marktrisiken wie Preisvolatilität von Inputfaktoren und Produkten, wechselndes Konsumentenverhalten, politische Entscheidungen im Markt-, Handels- und Umweltbereich, und die öffentliche Wahrnehmung der Fischproduktion stellen Risiken für die zukünftigen Erfolg der Aquakultur dar (OECD 2010b S.15/20).

Nach Einschätzung der FAO (2012e S.188) wird sich das weitere Wachstum der Aquakulturproduktion in den nächsten Jahren auf ca. 2,4% pro Jahr verlangsamen; u.a. wegen verstärkter Umweltauflagen für neue Aquakulturanlagen und steigender Futterkosten auf Grund begrenzter Verfügbarkeit von Fischmehl und Fischöl. Weltweit werden deshalb erhebliche Forschungsanstrengungen zur Substitution der Fischmehl- und Fischölaneile im Fischfutter durch pflanzliche Rohstoffe unternommen, um den sich abzeichnenden Engpass bei der Futtermittellieferung in der Aquakultur zu lösen, so z.B. auch am Institut für Fischereiökologie des Thünen Instituts in Hamburg (<http://www.vti.bund.de/de/startseite/institute/foe.html>).

Im Vergleich zu anderen Lebensmitteln zeigten die Preise von Fisch in den vergangenen Jahren nur sehr geringe Preisanstiege (Abbildung 2-14). Die Preisentwicklung für Aquakulturprodukte weicht seit etwa 2002 deutlich von der allgemeinen Fischpreisentwicklung ab (Abbildung 2-15) und erzielte noch geringere Preisaufschläge als Fischerzeugnisse insgesamt.

Abbildung 2-14: Fischpreis Index und FAO Nahrungsmittel Indices

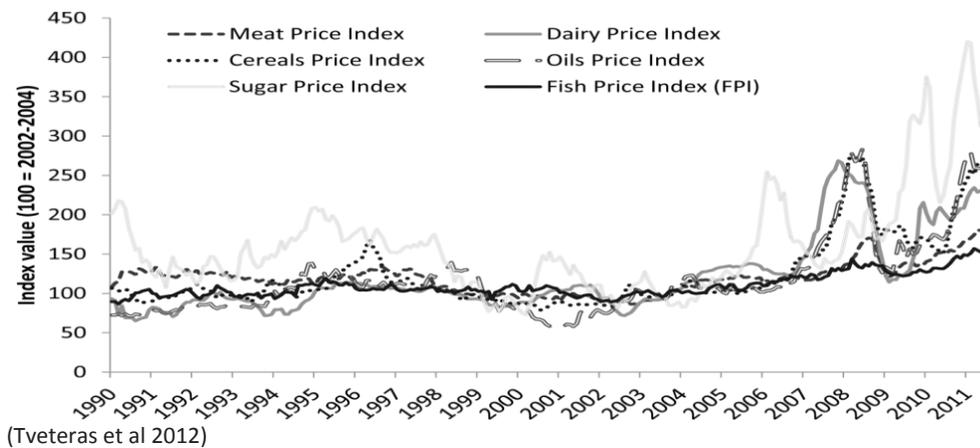
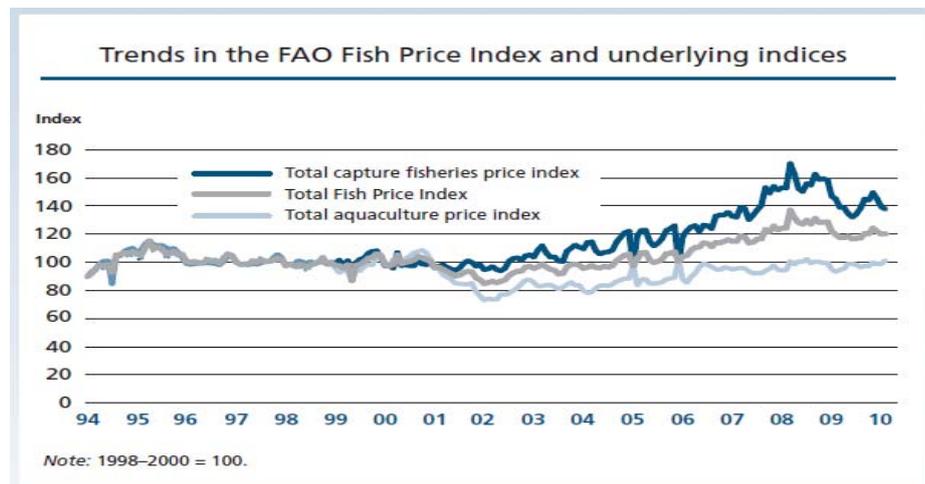


Abbildung 2-15: Preisentwicklung in Fischerei und Aquakultur



Die Aquakultur konnte in den vergangenen Jahren von Kostenreduktionen durch Produktivitätsgewinne und positive Skaleneffekte profitieren und mit günstigen Preisen den Markt beliefern, während die Fangfischerei die Kostensteigerung durch steigende Energiepreise und begrenzte Fangmöglichkeiten durch höhere Verkaufspreise auffangen musste (FAO 2010b S.51). Die geringen Preisanstiege könnten jedoch zu einem Hindernis für das zukünftige Wachstum der Aquakultur werden.

In vielen Ländern der Erde bestehen auf Grund der klimatischen Bedingungen und des begrenzten Raum- und Wasserangebotes sowohl in Binnengewässern als auch an den Küsten nur begrenzte Möglichkeiten zur Neuanlage oder Ausweitung vorhandener Aquakulturen in Teich- oder Durchflussanlagen. Fische und andere aquatische Organismen werden deshalb zunehmend in geschlossenen Anlagen erzeugt. In Deutschland bestehen zurzeit 39 Warmwasser-Kreislaufanlagen, die etwa 1.670 t Fische produzieren, mit einer Zuwachsrate von 11% von 2009 auf 2010 (Brämick 2010 S.33). Erzeugt werden Aal, Stör und Kaviar, sowie Zier- und Besatzfische. Durch die

Anreize, die durch das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) geschaffen wurden, wird die Abwärme von Biogasanlagen zunehmend für Aquakultur Kreislaufanlagen genutzt (*ibid.* S.35), so dass in Zukunft auch in größerem Umfang preiswertere Fische wie z.B. Welse und *Tilapia* erzeugt werden könnten.

Im Experimentalstadium befinden sich zurzeit Anlagen, die Pflanzen Hydrokultur („Hydroponic“) und Aquakultur miteinander verbinden. Diese als „Aquaponic“ bezeichneten Systeme können in weitgehend geschlossenen Einheiten Nährstoffe, Stoffwechselprodukte, CO₂ und Wasser wiederverwerten und erreichen eine hohe kombinierte Produktion von Fischen (z.B. *Tilapia*) und Pflanzen (z.B. Tomaten). Deutsche Forschungseinrichtungen (IGB Berlin) sind führend in der Entwicklung von Aquaponic Systemen, die in Zukunft als „urban farming“ auch in Deutschland Bedeutung erlangen könnten (<http://www.igb-berlin.de/astafpro.html>; am 27.9.2012).

3 Umweltauswirkungen und Ressourcenverbrauch von Fischerei und Aquakultur

Fische und andere genutzte Wassertiere wandeln Futter effizienter in Körpermasse um als terrestrische Warmblüter. Als wechselwarme Tiere halten sie keine erhöhte Körpertemperatur aufrecht (Ausnahme: Thunfische) und verwenden deswegen weniger Energie im Grundstoffwechsel. Viele Arten schweben schwerelos im Wasser oder ruhen am Grund, so dass sie ebenfalls weniger Energie für ihren Bewegungsapparat und für Aktivität verbrauchen. Sie können deshalb mehr Energie in Fleisch statt in Knochenbau anlegen und erreichen höhere Fleisch-zu-Knochen Anteile als Landtiere (Costa Pierce *et al.* 2012 S.120). Die Produktion tierischen Eiweißes durch Fischerei und Aquakultur ist damit grundsätzlich vorteilhaft gegenüber der Produktion von warmblütigen Landwirbeltieren.

Die Nutzung der aquatischen Ökosysteme durch Fischerei und Aquakultur erfordert spezielle Techniken, die die Menschen bereits in Urzeiten entwickelt haben. Diese Techniken greifen in die natürlichen Populationen und Lebensräume ein und verändern sie. Gleichzeitig unterliegen die wildlebenden Fischpopulationen permanenten natürlichen Veränderungen durch biologische Sukzession und Umweltvariabilität. In der Vergangenheit dominierten die natürlichen Veränderungen, während die Auswirkungen der Fischerei angesichts der relativ geringen Fangkraft und der gewaltigen Ausdehnung der Ozeane und seiner Lebensgemeinschaften als nur geringfügig betrachtet wurden. Gut untersucht sind die starken natürlichen Veränderungen der Sardinen- und Sardellenbestände der Auftriebsgebiete vor Peru, Kalifornien und Namibia, die mit den El Nino/ La Nina Klimaereignissen korrelieren, oder die Entwicklung des Heringsbestandes in Südschweden, dessen Aufstieg und spätere klimabedingte Abnahme letztlich zum Aufstieg und Niedergang der Hanse beitrug (Alheit und Hagen 2002 S.436)

Durch die immer weiter steigende Fangkraft der modernen Fischereifloten wurden in den vergangenen Jahrzehnten jedoch viele Arten und Ökosysteme über ihre nachhaltige Produktionskraft hinaus bis hin zum Zusammenbruch einiger großer Fischbestände und Schäden in den Ökosystemen beansprucht. Damit rückte die Frage nach den direkten Auswirkungen der Fischerei in den Mittelpunkt der Schutzbestrebungen zum Erhalt der marinen Ökosysteme.

3.1 Umweltauswirkungen der Fischerei

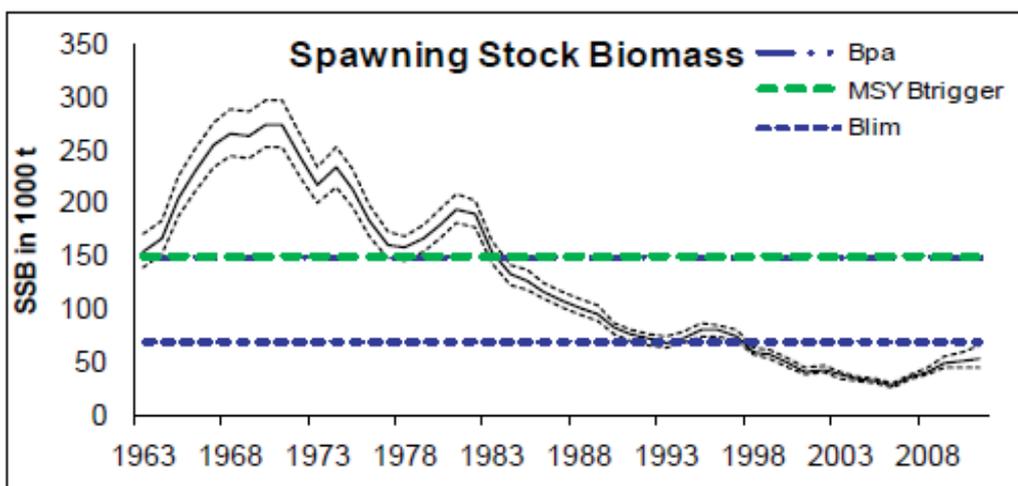
3.1.1 Auswirkungen auf den befischten Bestand

Nach den biologischen Produktionsmodellen erreichen Fischbestände ihre stärkste dauerhafte Produktion bei etwa der Hälfte der ursprünglichen Biomasse, die sich im nicht befischten Zustand einstellen würde. Durch die Dezimierung der Altfische haben die wachstumsstarken Jungfische

mehr Nahrung und Platz zur Verfügung und unterliegen weniger dem Kannibalismus; dadurch wird die Produktivität des Bestandes insgesamt erhöht. Der jährliche Produktionsüberschuss kann im vereinfachten (ein-Arten) Modell dauerhaft als Maximal Sustainable Yield (MSY) abgeschöpft werden.

Bei zu starker Befischung kann der Laichfischbestand auf eine Größe sinken, die nicht mehr genügend Nachwuchs produziert, um den maximalen Fischereiertrag zu liefern („Überfischung“). In dieser Situation besteht noch nicht die Gefahr eines Bestandszusammenbruchs, aber die Erträge liegen unter den Möglichkeiten und es entstehen somit Wohlfahrtsverluste. So liegt die Laicherbiomasse des Nordsee-Kabeljaubestandes bereits seit Anfang der 1980er Jahre mit 150.000 t unter einer Größe, die für eine zuverlässige Nachwuchsproduktion notwendig ist (Vorsorge Referenzwert, „ B_{pa} “) und unterschritt Ende der 1990er Jahre sogar den unteren Grenzwert („ B_{lim} “) von 75.000 t (Abbildung 3-1). Die jährliche Rekrutierung von Jungkabeljau in den Bestand beträgt seitdem weniger als 250 Mio. Einjährige pro Jahr mit der Folge, dass sich der Bestand bis heute noch nicht wieder auf ein nachhaltiges Niveau aufbauen konnte (ICES 2012a).

Abbildung 3-1: Entwicklung des Nordsee-Kabeljaubestandes

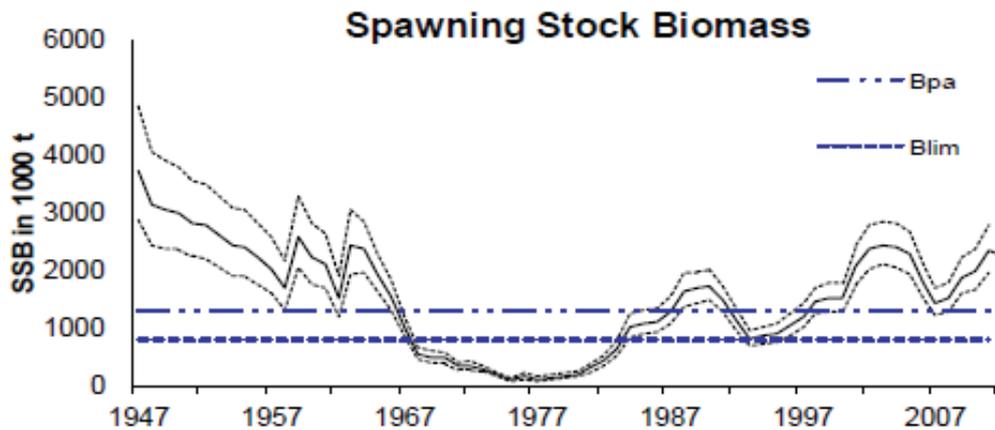


(ICES Advice 2012a)

Bei fortgesetzter Überfischung können Fischbestände so weit verkleinert werden, dass die betreffende Art im Bestandgebiet nicht mehr in kommerziell lohnenden Konzentrationen anzutreffen ist. Bestandszusammenbrüche bei Meeresfischen unterscheiden sich von Ausrottungsereignissen bei Landtieren, wo faktisch keine, oder nur sehr wenige Individuen überleben (asiatischer Tiger *P. tigris*, Restbestand um 3000 Individuen; <http://www.iucnredlist.org/details/15955/0>, 7.9.2012). Die Zahl der überlebenden Meeresfische bei einem Zusammenbruch einer kommerziellen Meeresfischerei liegt um mehrere Größenordnungen höher ($n \times 10^6$ Individuen) und erlaubt unter Schonung in der Regel den Wiederaufbau einer auch genetisch ausreichend diversen Population.

Dokumentierte Beispiele für fischereibedingte Bestandszusammenbrüche sind die Entwicklungen der Heringe im Nordostatlantik (Atlanto-Skandischer Hering 1960; Nordseehering 1977) und des Kabeljau im Nordwestatlantik (1990).

Abbildung 3-2: Entwicklung des Nordsee-Heringsbestandes



(ICES Advice 2012b)

Im Fall des Nordseeherings (Abbildung 3-2) lag die Restbestandsgröße im Jahr 1977 bei 400.000 t mit einem Anteil fortpflanzungsfähiger Laichfische von 125.000 t (ICES 2012b). Bei einem angenommenen Durchschnittsgewicht von 300 g pro Laichfisch entsprach dies einer Zahl von ca. 400 Mio. erwachsenen Heringen. Der jährliche Zugang von Jungfischen (Rekrutierung) lag 1977 bei 5,5 Mio. Individuen. Der Bestand konnte sich nach Einstellung der Fischerei im Laufe einiger Jahre wieder erholen und hat heute eine Gesamtbiomasse von 4,2 Mio. t, davon 2,3 Mio. t fortpflanzungsfähige Tiere, und trägt eine nachhaltige (MSC zertifizierte) Fischerei von fast 200.000 t pro Jahr.

Ein Wiederaufbau des ostkanadischen Kabeljaubestandes ist dagegen bis heute nicht gelungen, obwohl auch dort die fischereiliche Mortalität stark reduziert wurde. Verschiedene Faktoren (gesunkene Wassertemperatur, geringes Nahrungsangebot, Fressdruck durch eine stark angewachsene Robbenpopulation) werden als Gründe für den misslungenen Wiederaufbau diskutiert (<http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/csas/status/1998/a3-03e.pdf>; 7.9.2012).

In Süßwassersystemen ist die Gefahr gegeben, Fischbestände oder sogar ganze Arten vollständig auszurotten. Die IUCN Rote Liste führt 59 ausgestorbene Knochenfischarten aus dem Süßwasser (<http://www.iucnredlist.org/search>; 7.9.2012). Allerdings sind die Kontrollmöglichkeiten der Fischerei im Binnenbereich und die zumeist eindeutigen Nutzungsrechte in der Regel ausreichend um eine nachhaltige Bewirtschaftung der lebenden Ressourcen sicherzustellen. Maßgeblich für die Bedrohung der Süßwasserfauna, und hier besonders der wandernden Arten, sind vielmehr die Beeinträchtigungen durch Aufstauung, Begradigung, Verbauung und Verschmutzung. Bedeutsam ist auch die Beeinträchtigung oder Verdrängung durch eingeführte oder invasive Arten. So kommen die ehemals häufigen Arten Lachs, Maifisch, Neunauge und Stör in den meisten mitteleuro-

päischen Flüssen trotz kaum vorhandener Fischerei nicht mehr vor. Versuche, diese Arten wieder anzusiedeln sind bisher nur mäßig erfolgreich.

Die Fischerei übt also auf intensiv befischte Bestände einen sehr starken Einfluss aus, der aber auf Grund der großen Individuenzahlen, der hohen Reproduktionskraft und der weiträumigen Verbreitung zumindest bei den Meeresfischarten nicht zu irreversiblen Schädigungen führen muss. Es ist daher möglich, eine nachhaltige Fischerei zu betreiben, wenn die biologischen Grundlagen für die Fischerei bekannt sind und beachtet werden.

3.1.2 Auswirkungen der Fischerei auf das Ökosystem

3.1.2.1 Veränderungen der Nahrungsnetze

Durch die selektive Entnahme größerer räuberischer Fische verringert sich der Fressdruck auf kleinere Arten und Jungfische. Typische Beutefische wie z.B. Sprotten können davon profitieren und ihre Bestände ausweiten (ICES 2012c S.3). Aber auch Fischereien auf kleine Fischarten können Auswirkungen auf das Nahrungsnetz haben: So wurden in der nördlichen Nordsee negative Auswirkungen der Sandaalfischerei auf den Bruterfolg von Dreizehenmöwen nachgewiesen, die sich überwiegend von dieser Fischart ernährten (OSPAR 2010 S.9 ff.).

Die Fischerei verändert also durch ihre Aktivitäten die marinen Nahrungsnetze und beeinflusst durch die Entnahme der Zielarten auch die Entwicklung anderer, nicht direkt befischter Arten. Diese Auswirkungen sind in vielen Einzelfällen bekannt und müssen in Zukunft im Rahmen von Mehrarten – oder Ökosystem Management stärker beachtet werden.

3.1.2.2 Auswirkungen von Beifängen und Rückwürfen (Discards)

Eine direkte Auswirkung der Fischerei auf nicht-Zielarten stellen die Beifänge dar. In den meisten Fischereigeräten werden auch nicht erwünschte Fischarten und Meerestiere mitgefangen. Vor allem am Meeresboden geschleppte Netze (Grundschleppnetze, Baumkurren, Dredgen) fangen unselektiv alle Tiere, die nicht durch die Maschen entkommen können. In der Seezungenfischerei mit Baumkurren kann der Gesamtfang bis zu 90% aus Beifang bestehen (Groenewold und Bergman 2003). In der Schleppnetzfischerei auf Kaisergranat (*Nephrops*) vor der schwedischen Westküste werden pro kg gefangener Zielart 4,5 kg Beifänge getätigt (Ziegler und Valentinsson 2008 S.490).

Um den Anteil der gewünschten Zielart zu erhöhen und Beifänge zu reduzieren, können die Fanggeräte mit speziellen Durchlassmöglichkeiten versehen werden (größere Maschenweiten, Sortiergitter, Netzfenster). Durch den Einsatz eines Sortiergitters konnten die Beifänge in der schwedischen *Nephrops* Fischerei auf 1,35 kg pro kg Fang gesenkt werden (Ziegler und Valentinsson 2008 S.491). In der Nordsee Krabbenfischerei sind durch Einsatz von Siebnetzen Beifangreduzierungen von 13 - 26% möglich (Revill und Holst 2004).

Im freien Wasser geschleppte Netze oder Einkreisungsnetze werden in der Regel gezielt eingesetzt um Fischschwärme zu fangen; sie haben wenig unerwünschte Beifänge. Eine Ausnahme hiervon stellen die im Thunfischfang im Pazifik eingesetzten Ringwaden dar, wenn sie mit „Fish Aggregating Devices“ (FAD) verbunden werden. Die FAD (Bojen oder Flöße) locken verschiedene ozeanische Fischarten und Meeresschildkröten an, die dann gemeinsam in den Einkreisungsnetzen gefangen und getötet werden ([SEAFDEC 2012](#)).

Kilometerlange, im freien Wasser schwimmende Netzwände, sog. Treibnetze, fangen neben den Zielarten (z.B. Lachse) erhebliche Mengen an Vögeln, Meeressäugern und Meeresschildkröten und sind deshalb in vielen Meeresgebieten verboten. Andere passive Geräte wie Reusen und Langleinen haben geringere Beifänge. In allen Fischereiarten sind aber Beifänge von nicht-Zielarten in gewissem Umfang unvermeidbar.

Unter den derzeitigen Fischereigesetzen in der EU können auch hochwertige Beifänge nur angelandet und verwertet werden, wenn dies im Rahmen der Quoten und Mindestlängenbestimmungen legal ist. Andernfalls sind die Fischer verpflichtet, den Beifang wieder ins Meer zurückzugeben (Discard). Anfang 2013 wurde in der EU beschlossen, die Rückwürfe von Beifang in den nächsten Jahren schrittweise zu verbieten.

ins Meer zurückgegebenen Fische sind in den meisten Fällen tot oder schwer geschädigt. Ein großer Teil der Discards dient Meeresvögeln, Robben und anderen räuberischen und aasfressenden Arten als Nahrung. Bei weltweit geschätzten 7,3 Mio. t Discard pro Jahr ([Kelleher 2005](#)) wird so in den marinen Nahrungsnetzen eine erhebliche Biomasse für opportunistische Arten verfügbar und verändert die natürlichen Nahrungsgeflechte. In einigen Managementsystemen müssen die Beifänge angelandet und vermarktet oder zu Futterzwecken verwendet werden. Bis zu 400.000 t Fische werden direkt für die Fütterung von Bluefin-Thunfischen in Käfighaltung im Mittelmeer und anderswo eingesetzt ([Wijkström 2012 S.35](#)). Der Beifang in asiatischen Garnelenfischereien wird auf 6 Mio. t geschätzt, die als Futter in der dortigen Aquakultur verwendet werden.

Beifänge geschützter und seltener Arten von Meeresvögeln ([Zydelis et al. 2009](#)) oder Schweinswalen in Nord und Ostsee sind besonders problematisch, da hier durch die zusätzliche Mortalität in Fischernetzen die ohnehin kleinen Bestände weiter gefährdet werden ([ICES 2008 S.15](#)). Die Verringerung von unerwünschten Beifängen und Discards ist deshalb ein erklärtes Ziel des Fischereimanagements in Europa und weltweit. Fangtechnische Forschungsarbeiten helfen dabei, diesem Ziel näher zu kommen. In Zukunft werden in der EU – wie bereits in den norwegischen Fischereien – Fischbeifänge zwingend angelandet werden müssen (Discardverbot). Damit besteht die Hoffnung, dass die Fischerei ihre Anstrengungen weiter verstärkt, Beifänge von vornherein zu vermeiden.

Verluste von Fischen und anderen Meerestieren verursacht die Fischerei auch durch verlassene oder verlorene Kiemennetze, die aufgrund ihrer Konstruktion als passive Fanggeräte unter Um-

ständen Monate oder Jahre ohne weiteres Zutun Meerestiere fangen und töten können („Geisternetze“). Diese „Fänge“ tragen in unbekanntem Umfang zur Erhöhung der Sterblichkeit bei und können gefährdete Bestände weiter schwächen.

3.1.2.3 Auswirkungen der Fischerei auf den Meeresboden

Starke Umweltauswirkungen der Fischerei können entstehen, wenn Netze am Meeresboden geschleppt werden. Scherbretter und Scheuchketten graben sich in den meist weichen Meeresboden ein und zerstören bodenlebende Organismen und Lebensgemeinschaften. In Gebieten mit starker Fischereiaktivität, z.B. in der südlichen Nordsee können Bodenflächen mehrmals im Jahr „umgepflügt“ werden. Die mechanischen Einwirkungen beeinträchtigen vor allem größere, zerbrechliche Arten (Muscheln, Schnecken, Krebse) und verändern damit die Zusammensetzung der Bodenlebensgemeinschaften hin zu robusten, kleineren oder schnellwüchsigen Arten (Schlangensterne, Garnelen, Würmer). Dieser Effekt ist von der Fischerei durchaus erwünscht, um die Produktivität der Fischgründe in den flachen Küstenmeeren durch vermehrtes Nahrungsangebot zu erhöhen. Die Wiederherstellung der ursprünglichen Bodenlebensgemeinschaften nach Beendigung der Fischerei benötigt in der Nordsee einige Monate bis zu mehreren Jahren (SRU 2011 S.7). Tropische Korallenriffe, Tiefseekorallen und Schwammgemeinschaften können hingegen durch Schleppnetze, Gift- und Dynamitfischerei vollständig zerstört werden und regenerieren sich, wenn überhaupt, nur über lange Zeiträume.

Die Auswirkungen der Fischerei auf den Meeresboden sind deshalb differenziert nach den Lebensraumtypen zu betrachten. Während die gleichförmigen flachen Weichböden der Schelfmeere mit Grundschleppnetzen ohne irreversible Schäden zu befischen sind, stellen Zerstörungen an Hartsubstraten und koloniebildenden Organismen schwerwiegende Beeinträchtigungen der marinen Lebensräume dar.

Zum Schutz der empfindlichen Bodenhabitate werden weltweit Schutzgebiete eingerichtet (Marine Protected Areas, MPA) in denen Fischereiaktivitäten vollständig untersagt sind oder Fangmethoden mit Grundberührung und unselektive Methoden nicht zulässig sind. Solche Gebiete dienen auch als Rückzugsgebiete und können sich damit – auch zum Nutzen der Fischerei – positiv auf die Reproduktionskraft fischereilich genutzter Arten auswirken. Die Einrichtung von Meeresschutzgebieten stellt einen wichtigen Schritt zu einer planvolleren Meeresnutzung dar, wenn neben den Vorranggebieten für Verkehrswege, Windparks, Öl- und Gasförderung, MPA usw. auch Gebiete für die fischereiliche Nutzung unterschiedlicher Intensitäten freigegeben werden.

3.1.3 Müll eintrag in die Meere

Ein weltweit zunehmendes Umweltproblem im Meer stellt der **Müll eintrag** dar. Die Fischerei trägt hierzu in verschiedenen Meeresregionen zwischen 1 und 11% (Japan) bzw. 46% (Brasilien) bei (Macfadyen et al. 2009 S.11). Problematisch sind insbesondere verlorene Kiemennetze, die aufgrund ihrer Resistenz gegen Verrottung über längere Zeiträume weiter Meerestiere fangen

können. Solche „**Geisternetze**“ stellen in einigen Gebieten eine erhebliche Umweltbelastung dar (FAO 2012e S.132). In einem EU Forschungsprojekt (FANTARED) wurden in einem Jahr in der schwedischen Ostseefischerei 1500 Netzverluste mit einer Gesamtlänge von 160 km ermittelt (Macfadyen et al. 2009 S.13). Nur etwa 10% der verlorenen Netze wurden von den Fischern wiedergefunden. Der Verlust von umweltgefährdendem Netzmaterial soll zukünftig nach einem Beschluss der Internationalen Maritimen Organisation (IMO) von 2011 in Ergänzung der MARPOL Konvention von 1973/78 dem Flaggenstaat gemeldet werden, um geeignete Maßnahmen zu deren Entfernung treffen zu können; weitergehende Maßnahmen wurden allerdings nicht vereinbart (FAO 2012e S.123/134).

3.2 Ressourcenverbrauch der Fangfischerei

3.2.1 Einsatz von Primärenergie

Für die Entwicklung der Fischerei waren die Fortschritte in der Schiffstechnik von großer Bedeutung. Während die Fanggeräte anfangs nur in Küstennähe mit Ruder- und Segelbooten ausgebracht und gezogen werden konnten, nutzte die Fischerei schnell die aufkommende Dampfschiffstechnik und später die Dieselantriebe um immer größere Reichweiten zu erlangen und ihre Netze mit größerer Geschwindigkeit durch das Wasser ziehen zu können. Mit motorgetriebenen Winden, Netzholern und dem sog. „Powerblock“, durch den das gesamte Netz an Deck gehievt werden kann, erleichterte sich die schwere Handarbeit an Deck der Fischereifahrzeuge beträchtlich. Heute sind überall auf der Welt auch die kleinsten Boote und Einbäume mit Außenbordmotoren bestückt, und die großen Hochseetrawler und Fabrikschiffe verfügen über Maschinenleistungen von über 10.000 kW. Damit wurde der Einsatz fossiler Energieträger für den Fischfang immer stärker ausgeweitet.

Der Treibstoffverbrauch der Weltfischereiflotte betrug im Jahr 2000 etwa 42,4 Mio. t oder 1,2 % des globalen Verbrauchs an Treibstoffen (Tyedmers et al. 2005 S.636). 75-90% des direkten Energiebedarfs in der Fischerei sind Treibstoffe, 10-25% fallen für Schiffbau, Reparatur und Unterhaltung an (Tyedmers 2004 S.687). Bis zu 40% der Treibstoffe werden für die Verarbeitung an Bord, Winden, Beleuchtung etc. verbraucht, ca. 60% benötigt der Antrieb. Pro Tonne gefangenen Fisches werden im Mittel 620 l Treibstoff verbraucht. Die globale Fischerei produziert damit ca. 1,9 t Fisch pro eingesetzter Tonne Treibstoff (Tyedmers et al. 2005 S.636).

Der Energieverbrauch der verschiedenen Fischereiarten ist sehr unterschiedlich: Günstig sind passive Fanggeräte wie Stellnetze, Reusen und Angeln, die nicht durch das Wasser gezogen werden. Bei den Schlepp- und Ringwadenfischereien haben die Industriefischer den geringsten Verbrauch mit 40 – 100 l Treibstoff pro Tonne kleiner pelagischer Schwarmfische. Auch der Fang von Heringsschwärmen kann energie günstig durchgeführt werden. Sehr hohe Verbräuche haben dagegen Schleppnetzfishereien (Baumkurren) auf Plattfische oder hochmotorisierte Langleinen-Thunfischfänger (Tabelle 3—1). Überraschend ist der hohe Energieeinsatz bei einer artesischen

Subsistenzfischerei der kanadischen Cree Indianer, die 1400 l Treibstoff pro t Fisch verbrauchten (Tyedmers 2004 S.691).

Tabelle 3—1: Treibstoffverbrauch verschiedener Fangfischereien

Art	Treibstoffverbrauch
Industriefischerei	40 – 100 l/t
Hering (Ringwade)	100 – 140 l/t
Subsistenzfischerei der Cree Indianer	1400 l/t
Plattfische (Baumkurre)	2300 l/t
Garnelen (Schleppnetz)	3000 l/t
Thunfisch (Langleinen)	3400 l/t

(nach Tyedmers 2004, Tab.II S.689 u. S.691)

Die Treibstoffe für die Fischerei werden in den meisten Ländern über Steuerbefreiungen verbilligt; weltweit betragen die Treibstoffvergünstigungen 4,2 - 8,5 Mrd. US\$ (FAO-Weltbank 2009 S.13). Die Treibstoffkosten in der Fischerei liegen im Mittel bei etwa 10 - 25% der Gesamtkosten (FAO/ Weltbank 2009 S.12). In der deutschen Seelachsfischerei stieg der Anteil der Treibstoffkosten am Roherlös in den vergangenen Jahren auf Grund der Preissteigerungen bei Diesel bei gleichbleibenden Fischpreisen von 22 auf 30 % (Fischmagazin 2012b).

3.2.2 Raumbedarf der Fangfischerei

Traditionell üben Fischer ihre Tätigkeit auf dem Meer weitgehend frei und überall dort aus, wo es lohnende Fangmöglichkeiten gibt. Lediglich die Reichweite der Schiffe und die nationalen Hoheits- und Wirtschaftszonen von 3 bis 12 (und heute 200) Seemeilen, sowie die Quotenregelungen setzen der Fangtätigkeit Grenzen. Die Fischereiaktivitäten finden aber nicht gleichmäßig verteilt über die Meere statt, sondern konzentrieren sich in bestimmten Gebieten, die für die Fische aus verschiedenen Gründen attraktiv sind und in denen sie sich zeitweise oder regelmäßig konzentrieren und fangwürdige Bestände bilden. Grundsätzlich finden sich die größten Fischbestände in den flachen kontinentalen Schelfmeeren, also zumeist innerhalb der nationalen Wirtschaftszonen. Freiwasserarten bevorzugen oft Grenzzonen von Meeresströmungen oder Wirbelgebiete; für Bodenarten sind bestimmte Bodentypen (Hart-/ Weichboden) und Strukturen wie Steinfelder, Erhebungen, Rinnen, Abhänge usw. attraktiv. Bestimmte Gebiete werden als Laichgründe regelmäßig aufgesucht und beherbergen dann große Fischmengen auf kleinem Raum. Über die Jahrhunderte haben Fischer das Wissen um die besten Fangplätze als Betriebsgeheimnisse gehütet. Auch die modernen Fischlupen und Echolote können dieses Erfahrungswissen nur ergänzen, aber nicht ersetzen.

Mit der zunehmenden Erschließung der Meere als Wirtschaftsraum wurden Flächen für bestimmte Nutzungen (Verlegung von Kabeln und Pipelines, Öl- und Gasförderung, Meeresbergbau, Schifffahrtswege, militärische Übungsgebiete, neuerdings Windparks und Meeresumweltschutzgebiete) reserviert. Die Anliegen der Fischer werden in den Genehmigungsverfahren in der Regel kaum berücksichtigt, auch weil sie aufgrund mangelnder Bereitschaft zur Offenlegung ihrer Fang-

platzauswahl selten die besondere Bedeutung bestimmter Gebiete nachweisen können. Auf diese Weise sind in den vergangenen Jahren große Gebiete in Nord- und Ostsee, aber auch in anderen Schelfmeeren für die Fischerei verloren gegangen. Während sich die Fischerei mit den bisherigen Fischereiverbotzonen in der Regel arrangieren konnte, entstehen heute besondere Konflikte dort, wo traditionelle Fischgründe aufgrund ihrer biologischen Bedeutung großflächig als Meeresschutzgebiete ausgewiesen werden und einige oder alle Fischereiaktivitäten aus diesen Gebieten verbannt werden.

3.2.3 Andere Ressourcen für den Fangfischereibetrieb

Der Anteil der Fischerei an den Ressourcen für Häfen, Schiffbau, Netze, Köder etc. dürfte eher von untergeordneter Bedeutung sein. Eine Abschätzung für den Energieverbrauch zum Bau eines 10 m Thunfischfängers ergab zwischen 330 GJ (Fiberglas) und 830 GJ (Aluminium) (Tyedmers 2004 S.688).

3.2.4 Emission von CO₂

Der Treibstoffverbrauch der globalen Fischereiflotte von 41 Mio. t pro Jahr generiert ca. 130 Mio. t CO₂ (FAO 2012e S.126). Zwischen den verschiedenen Fischereien bestehen erhebliche Unterschiede. So kann ein kg Makrele in Spanien mit 0,01 bis 0,5 kg CO₂-Äquivalenten erzeugt werden (Ramos *et al.* 2011 S.606), während konventionelle Schleppnetzfischerei auf Kaisergranat in Schweden 32-37 kg CO₂-Äq. freisetzt (Ziegler und Valentinsson 2008 S.492).

3.3 Ressourcenverbrauch der Aquakultur

3.3.1 Ressourcenverbrauch zur Futtererzeugung

Während in der Fangfischerei vor allem der Treibstoffverbrauch und die Auswirkungen auf die Meeresökosysteme zu beachten sind, sind für die Aquakultur die Bereiche Fütterung, Energieeinsatz und Umweltbelastung durch Abwasser von besonderer Relevanz.

Ein Drittel (rund 20 Mio. t) der globalen Aquakulturproduktion wird von Muscheln oder filtrierenden Karpfen (Graskarpfen) erzeugt, die sich ohne zusätzliche Fütterung rein mikrobiell bzw. pflanzlich ernähren und damit sehr günstig hochwertiges tierisches Protein erzeugen (FAO 2012e S.10). Verschiedene Muschelarten ernähren sich, indem sie Partikel aus dem Wasser herausfiltern und tragen damit zur Verbesserung der Wasserqualität bei. Silberkarpfen und Großkopfkarpfen leben im Süßwasser von Planktonorganismen, deren Wachstum durch Abfälle oder durch die Exkremente anderer im Teich in Polykultur vergesellschafteter Fische angeregt wird. Auch die in Reisfeldern eingesetzten Fische (Karpfen, *Tilapia*, einige Welse) leben ausschließlich von der natürlichen Produktion von Würmern, Schnecken und Insekten und vertilgen dabei auch Schadorganismen, so dass sogar der Einsatz von Pestiziden und Dünger in den gemischten Kulturen deutlich (um bis zu 68%) verringert werden kann (FAO 2012e S. 29 - 31).

Bei intensiverer Haltung benötigen die meisten in Aquakultur gehaltenen Fischarten Futter, das essentielle Amino- und Fettsäuren aus Fischmehl und -öl enthält. Der Anteil der ausschließlich pflanzen- bzw. naturfutterfressenden Arten in der Aquakultur hat sich seit 1980 von 50% auf 33% verringert, u.a. weil die Nachfrage nach Produkten aus höherwertigen fleischfressenden Fischen und Krebstieren stark angestiegen ist (FAO 2012e S.10).

Für hochwertige Speisefische wie Lachse, Forellen, Saiblinge, Wolfsbarsch, Dorade und für das Mästen („fattening“) jung gefangener Thunfische ist der Einsatz von bis zu 75% fischbasiertem Futter notwendig. Aber auch Karpfen und andere omnivore Fische werden zusätzlich mit Fischmehl gefüttert, um essentielle Amino- und Fettsäuren zuzuführen und die Wachstumsleistungen zu verbessern.

Weltweit wurden im Jahr 2008 über 700 Mio. t industrielles Tierfutter erzeugt; 29,2 Mio. t (4,1%) davon war Futter für die Aquakultur (FAO 2012e S.173). Ein bedeutender Bestandteil vieler Tierfuttermittel, nicht nur in der Aquakultur, ist Fischmehl und Fischöl. Zur Herstellung von 1 kg Fischmehl sind 4,4 - 5 kg Fischrohmaterial erforderlich; die Ausbeute für Fischöl liegt bei 5% (Peron *et al.* 2010 S.817). Die Futtermittel für carnivore Aquakulturfische enthalten 17 – 65% Fischmehl und 3 – 25% Fischölanteile. Bei omnivoren enthalten die Futtermittel 2 – 25% Fischanteile (FAO 2012e S.177).

Die Verfütterung von wildgefangenem Fisch ist einer der wichtigsten Kritikpunkte an der Aquakultur. Das Mengenverhältnis von eingesetztem Wildfisch zu produziertem Aquakulturfisch („Fish-In-Fish-Out“ Relation; FIFO) ist ein Maß für die Effizienz der Fischproteinproduktion (s.u.). Obwohl sich der Fischanteil in industriellem Trockenfutter in den vergangenen Jahren deutlich verringert hat, werden in der Produktion hochwertiger carnivorer Fische immer noch erhebliche Fischanteile verwendet (z.B. bei Lachs: 24% Fischmehl und 16% Fischöl). Bei einer Nahrungsverwertungsrate von 1,3 für das Trockenfutter entspricht das einer Menge von ca. 5 kg Wildfisch pro kg Zuchtlachs (Naylor *et al.* 2009 S.15104).

In der globalen Aquakulturproduktion haben die carnivoren Arten bisher nur einen vergleichsweise geringen Mengenanteil. Für Arten mit omnivorer oder herbivorer Ernährung (*Tilapia*, Karpfen, Welse etc.) liegt die „Fish-in-Fish-out“ Relation bei 0,2 bis 0,6 (Costa-Pierce *et al.* 2012 S.122). Da weltweit die meisten produzierten Fische herbivor oder omnivor sind, wird für die futterbasierte Aquakultur ein globaler FiFo Mittelwert von 0,7 (Tacon und Metian 2008 S.156) bzw. 0,63 (Naylor *et al.* 2009 S. 15103) angenommen, so dass heute eine Nettoproduktion von 1,4 bis 1,6 kg Fisch pro kg verwendetem Wildfisch in der Aquakultur erreicht wird. Die Internationale Fischmehl und Fischölorganisation (IFFO) kommt zu noch geringeren FIFO Werten von 0,3 für die gesamte Aquakultur und 1,4 für Lachs (<http://www.iffo.net/default.asp?contentID=807> am 7.11.2012).

Die Futterkosten in der Aquakultur liegen typischerweise bei 50–70 % der Produktionskosten (Rana *et al.* 2009, S.12). Hochwertige Fischfutter werden international gehandelt und in großem Umfang von Aquakulturländern importiert. So betragen die Futterkosten für die *Tilapia*-

Produktion auf den Philippinen im Jahr 2003 zwischen 236 und 309 US\$ pro Tonne produzierten Fisches. 70-90% davon waren importierte Futterbestandteile (*ibid.* S.30). Steigende Rohstoffpreise für Fischmehl und Fischöl können deshalb erhebliche negative Auswirkungen auf die künftige globale Aquakulturproduktion haben.

Aufgrund der begrenzten Mengen von Fischmehl und –öl auf dem Weltmarkt sind die Preise in den vergangenen Jahren stark angestiegen: Fischmehl kostete vor 2005 zwischen 500 und 700 US\$ pro Tonne; im Jahr 2008 war der Preis auf 1210 US\$ angestiegen (Rana und Hasan 2009 S. ix) und nähert sich heute der 2000 US\$ Grenze (1400 €; *Fischmagazin* 2011b). Damit wird zunehmend die Verwendung von Beifängen und Verarbeitungsabfällen attraktiv. So wurden im Jahr 2010 bereits 36% des produzierten Fischmehls aus Fischabfällen hergestellt (FAO 2012e S.14).

Weltweit wird intensiv an der Substitution der fischbasierten Futterbestandteile durch pflanzliche Proteine geforscht, so z.B. in einem Projekt des Thünen Instituts für Fischereiökologie in Ahrensburg, wo ein vollständiger Ersatz des Fischmehls in der Ernährung von Spiegelkarpfen erprobt wird (http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dn050897.pdf). Da Fische die pflanzlichen Proteine im Allgemeinen deutlich schlechter verwerten als die des Fischmehls, wachsen die Tiere langsamer. Die schlechtere Verwertung der pflanzlichen Proteinträger liegt an ihrer weniger ausgewogenen Aminosäurezusammensetzung. Deshalb wird in kommerziellen Diäten bisher immer nur ein Teil des Fischmehls durch pflanzliche Bestandteile substituiert, obwohl diese kostengünstiger sind. In jüngster Zeit werden auch Versuche unternommen Insekten (Fliegen) als Bestandteil für kommerzielle Fischfutter zu verwenden. Allerdings müssen auch hier den Fliegenlarven Omega-3 Fettsäuren (aus Fischabfällen) zugesetzt werden um die gewünschten Futtereigenschaften zu erreichen (https://www.was.org/documents/MeetingPresentations/AA2009/AA2009_0817.pdf; am 14.2.2013).

3.3.2 Ressource Wasser

Fische und andere Wassertiere benötigen ausreichend Schwimmraum und eine Wasserqualität, die ihnen einen optimalen Stoffwechsel und damit Wachstum ermöglicht. Dies wird erreicht durch Zufuhr von Frischwasser aus Gewässern oder Brunnen oder durch den Wasseraustausch in schwimmenden Netzkäfigen. Grundsätzlich benötigt Aquakultur deshalb große Wassermengen. Der weitaus größte Teil des entnommenen Wassers wird allerdings in die Umwelt zurückgeführt und kann – bei entsprechender Wiederaufbereitung – vom Wasserverbrauch der Aquakultur subtrahiert werden. Die zu berücksichtigenden Faktoren sind Wasserentnahme, Wasserverbrauch und virtueller Wasserverbrauch. Der netto Wasserverbrauch der Aquakultur besteht aus Verdunstung, Versickerung, Einlagerung in die Organismen, Wasser zur Herstellung der Produkte, sowie dem vorgelagerten Verbrauch für die Erzeugung der Futtermittel (Bosma und Verdegem 2011 S.61).

Je nach Bodenbeschaffenheit, Grundwasserspiegel, Klima usw. sind die Wasserverluste in Aquakulturteichen sehr unterschiedlich. Im Durchschnitt liegt die Wasserentnahme für Teiche in der Süßwasseraquakultur bei etwa 17 m³ pro kg Produktion (*ibid.*). Durch Versickern und Rückfüh-

zung von 10 m³ verringert sich der Verbrauch auf ca. 7 m³/kg Fisch. Hinzuzurechnen sind knapp 2 bis 3 m³ indirekter Wasserverbrauch pro kg produzierter Fische durch die Produktion von Futtergetreide (Bosma und Verdegem 2011 S.61; Bostock et al. 2010, S.2901.).

Einen sehr großen Wasseraustausch haben freischwimmende Netzkäfige in Meeresbuchten zur Erzeugung von Lachsen und andere Salmoniden (Bostock et al. 2010, S.2905). Das Meerwasser steht aber in unbegrenzter Menge zur Verfügung und ist deshalb kein limitierender Faktor für diese Form der Aquakultur. Ein gewisser Süßwassereinsatz von bis zu 0,1 m³ pro produziertem kg für die Verarbeitung ist auch bei Meerwasseraquakultur nötig. Bei der Kultur von Süßwasserfischen können Arten wie Welse und Aal in Rezirkulationsanlagen mit 0,5 bis 1,4 m³/kg produziert werden. Intensive Haltung in Teichkulturen benötigt dagegen je nach Art 2,7 bis 16 m³/kg, in extensiver Haltung können bei geringerer Besatzdichte bis zu 45 m³/kg für Teichfische veranschlagt werden. Karpfen, *Tilapia* und Welse beanspruchen bei intensiver Haltung ca. 5 m³ Wasser pro kg (OECD 2010 S.62). Für die Produktion von *Pangasius* Welsen in Vietnam können u.U. bis zu 60 m³/kg verwendet werden, etwa so viel wie bei der Erzeugung von Forellen.

3.3.3 Platzbedarf

Aquakulturanlagen konkurrieren mit anderen Aktivitäten wie Freizeitfischerei, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Tourismus, Besiedelung usw. um besonders wertvolle Standorte an Bächen, Flüssen, Seen, und Meeresküsten.

Besonders problematisch ist die Anlage von Teichen für tropische Garnelen in Mangrovengebieten, durch die bereits erhebliche Waldflächen zerstört wurden. So verlor z.B. Thailand durch Aquakulturanlagen ca. 25% seiner Mangrovenfläche; in Ecuador und einigen Südostasiatischen Ländern führte die Zerstörung der Mangroven zu Versalzung von Böden und Grundwasser (GESAMP, 1991 S.13). In Indonesien wurden im Mahakam Delta 80.000 ha Mangrovenwald (75% des Bestandes) gerodet, um 10.000 t Garnelen zu erzeugen; und im Mekong Delta in Vietnam verschwanden 504.000 ha Mangroven für die Produktion von jährlich 160.000 t Garnelen (Bosma und Verdegem 2011 S.60). Heute sind Neuanlagen von Teichen in Mangrovengebieten in vielen Ländern verboten (Cai et al. 2012 S.270).

Ungünstig für die Gesamtproduktion von Nahrungsmitteln ist ebenfalls die Umwandlung von Ackerland, Obstanbauflächen und Reisfeldern in Teichanlagen. In Thailand waren 49% der heutigen Garnelenteiche zuvor Reisfelder und 27,5% waren Obstanbauflächen (*ibid.* S.271).

Damit ist der zukünftigen Ausweitung der Aquakultur aufgrund konkurrierender Raumnutzungsinteressen ein enger Rahmen vorgegeben. Eine Ausweitung von Aquakultur ist daher eher in kleinbäuerlicher Umgebung im Zusammenhang mit der Nutzung von natürlichen Gewässern, Bewässerungsanlagen und Reisanbau sinnvoll, sowie in Rezirkulationsanlagen, die platzsparend und mit wenig Wasserverbrauch betrieben werden können. Die hohen Investitionen und die Komplexität solcher Anlagen und die vergleichsweise hohen Produktionskosten stehen jedoch einer schnellen Ausbreitung dieser modernen Technologien entgegen.

3.3.4 Einsatz von Primärenergie

Der Energiebedarf in der Aquakultur kann je nach Betriebsform erheblich variieren (Tabelle 3—2). Für extensive Aquakultur in Naturteichen wird kaum Primärenergie aufgewendet. Für die extensive Produktion von 1 kg Welsbiomasse werden unter günstigen Klimabedingungen ca. 34 Kcal (0,04 KWh) fossile Energie eingesetzt (Costa-Pierce *et al.* 2012 S.114). Mit der Intensität der Haltungsform steigt der Energiebedarf durch den Einsatz von Pumpen, Belüftung, Heizung, Beleuchtung, Fütterungsautomaten, Kühlung und Transport etc. an. Besonders energieintensiv sind Rezirkulationsanlagen. Eine 2012 im Saarland im Bau befindliche Meerwasser-Kreislaufanlage für 500 t Jahresproduktion von Doraden (*Sparus aurata*), Wolfsbarsch (*Dicentrarchus labrax*) und Stör (*Acipenser* spp.) soll im Jahr 5 Mio. KWh verbrauchen (http://www.proplanta.de/Agrar-Nachrichten/Tier/Meeresfische-Saarland_article1345869350.html; am 8.11.2012). Pro kg Fisch entspräche das einem Primärenergieeinsatz von ca. 10 KWh bzw. 8600 Kcal oder 36 MJ (ohne Futter).

Tabelle 3—2: Energieaufwand (ohne Futter) pro kg erzeugter Fischbiomasse

Art	Haltungsform	Energieverbrauch (Elektrizität, Treibstoffe; ohne Futter)	Quelle
Lachs (<i>Salmo salar</i>)	Netzkäfig, Küste British Columbia	gering	Ayer + Tyedmers (2009)
Lachs (<i>Salmo salar</i>)	Bag System, Küste British Columbia	1,5 kWh/kg	Ayer + Tyedmers (2009)
Doraden, Wolfsbarsche, Störe	Rezirkulation in künstl. Seewasser Saarland (geplant)	10 kWh/kg (Schätzwert)	http://www.proplanta.de/Agrar-Nachrichten/Tier/Meeresfische-Saarland_article1345869350.html
Lachs (<i>Salmo salar</i>)	Durchfluss Seewasser British Columbia	13,4 kWh/kg	Ayer + Tyedmers (2009)
Seesaibling (<i>Salvelinus alpinus</i>)	Rezirkulation Süßwasser Kanada	22,6 kWh/kg	Ayer + Tyedmers (2009)

Eine Untersuchung verschiedener kanadischer Salmoniden-Aquakulturen ergab Primärenergieverbrauchswerte (Elektrizität und Treibstoffe) für den Betrieb der Anlagen zwischen nahe Null für Netzkäfighaltung in Küstengewässern bis 22,6 kWh/kg in intensiver Rezirkulationshaltung an Land (Ayer und Tyedmers 2009 Tab. 2 S.366).

3.3.5 Material, Anlagenbau

Für die Herstellung von Aquakulturanlagen in einfachen Teichen und Gräben sind praktisch keine Materialien erforderlich; Rezirkulationsanlagen stellen dagegen aufwändige Industrieanlagen dar. Eine detaillierte Analyse verschiedener Lachsfarmtechnologien in Kanada ergab, dass pro kg jährlich erzeugter Biomasse Materialien im Umfang von 16 t (Netzkäfige) und 937 t (Rezirkulationsanlage: Beton, Stahl, Edelmetalle, Kunststoffe) verbaut wurden (Ayer und Tyedmers 2009 Tab. 2 S.366).

3.4 Umweltauswirkungen der Aquakultur

3.4.1 Abwasser

Die Einbringung von Futter oder Dünger in natürliche Aquakulturateiche erhöht die Nährstoffkonzentrationen v.a. von Stickstoff und Phosphor und stimuliert so die biologische Produktion. Die Abwässer solche Teiche können erhebliche Mengen von Nährstoffen enthalten und müssen durch geeignete Abwasserbehandlung geklärt werden. Fische in Intensivhaltung werden besonders stark gefüttert und produzieren dementsprechend große Mengen Stoffwechselprodukte. Ein Kilogramm Trockenfutter für Salmoniden verursacht eine Abwasserbelastung von 25 - 50g Ammoniak, 200 - 300 g suspendierte Partikel, 5 - 15 g Phosphat und 30-60 g Nitrat ([Bergleiter et al. 2004 S.18](#)). Pro Tonne erzeugter Fische werden 20 - 35 kg Phosphat freigesetzt ([Ayer and Tyedmers 2009 Tab 2 S.366](#)). In Netzkäfiganlagen wird das Abwasser unbehandelt in die Umgebung abgegeben; hierdurch können erhebliche Ablagerungen unter den Käfigen und Verschmutzungsprobleme in den betroffenen Fjorden entstehen ([Wu 1995 S.159ff](#)). Durch angepasste Besatzdichten und eine weitere räumliche Verteilung der Netzkäfige können diese negativen Umweltauswirkungen verringert werden, allerdings können diese umweltschonenden Maßnahmen im Konflikt mit der Wirtschaftlichkeit der Anlagen stehen.

Auch Durchflussanlagen an Fließgewässern z.B. zur Forellenhaltung leiten ihre Abwässer in die Bäche und Flüsse ein. Gesetzliche Vorgaben zur Anlage von Schönungsteichen oder anderen Klärvorrichtungen, in denen das belastete Wasser biologisch aufbereitet wird, regeln heute die Abwasserbehandlung solcher Anlagen in Deutschland.

In den geschlossenen Rezirkulationsanlagen werden geringere Wassermengen benötigt und weniger Abwasser an die Umwelt abgegeben (ca. 10% des Hälterungsvolumens pro Tag) und zuvor in Filteranlagen gereinigt. Die entstehenden Klärschlämme können in der Landwirtschaft oder Biogasproduktion eingesetzt werden.

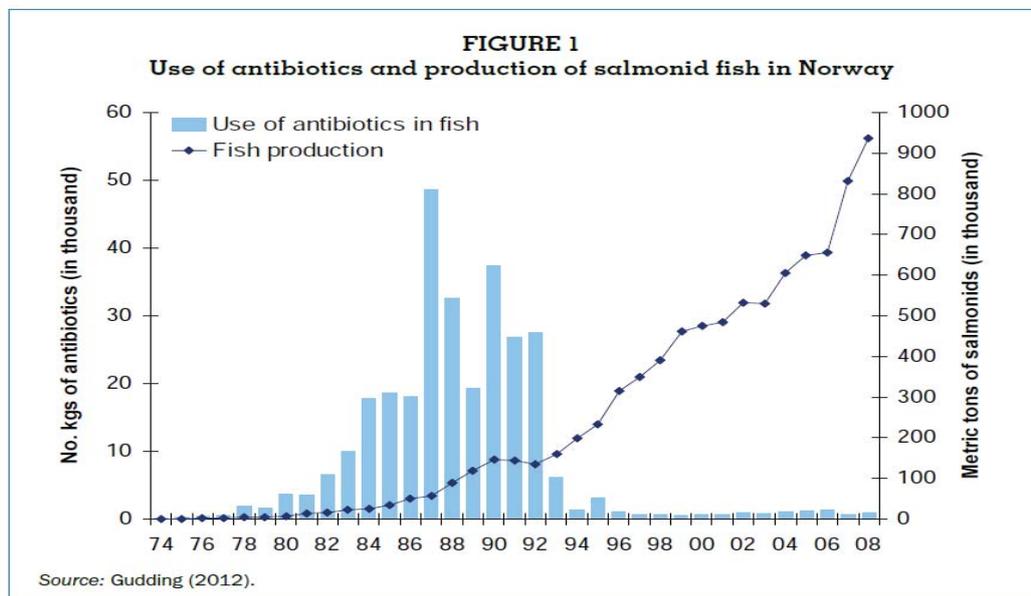
3.4.2 Krankheiten, Medikamente, Umweltchemikalien

Die Rückführung von Abflusswasser aus Aquakulturen kann negative Auswirkungen auf das Grund- oder Oberflächenwasser haben, wenn dadurch umwelttoxische Substanzen, Nährstoffe oder Rückstände von Pestiziden und Medikamenten in die Umwelt gelangen ([Bosma und Verdegem 2011 S.61](#)). Eine Anreicherung von pathogenen Keimen aus Aquakultur im Oberflächenwasser kann zu einer Gefährdung der lokalen Bevölkerung führen, wenn diese ihren Wasserbedarf aus flachen Brunnen in der Nähe der Teiche deckt (*ibid.*).

Auf Grund der dichten Haltung von 10 kg Fischbiomasse pro m² Wasserfläche („Naturland“ Vorgaben; [Naturland 2012 S.19](#)), bzw. 12,3 kg/m² (norwegische-) bis 43 kg/m² Fischbiomasse (chilenische Lachsproduktion) ([Fischmagazin 2012b 9/2012 S.50](#)) können sich in Aquakulturen Krankheiten und Parasiten schnell ausbreiten. Eine der gefährlichsten Fischkrankheiten, die Infektiöse Salmonidenanaemie (ISA), führte 2007 zu einem starken Einbruch in der chilenischen Lachspro-

duktion (Alvial *et al.* 2012). In verantwortlich geführten Aquakulturen werden daher medikamentöse Vorsorge und Behandlungsmaßnahmen durchgeführt. Die anfänglich verwendeten großen Mengen an Antibiotika werden dabei heute weitgehend vermieden und es wird zunehmend auf verschiedene präventive Maßnahmen gesetzt wie verbesserte Hygienemaßnahmen, resistenterer Fischvarianten, oder (Schluck) Impfungen (Browdy *et al.* 2012 S.165). Der Einsatz von Antibiotika konnte dadurch in der norwegischen Lachsaquakultur drastisch verringert werden (Abbildung 3-3). Es ist aber davon auszugehen, dass weltweit vor allem in den weniger entwickelten Länder immer noch Antibiotika und andere Medikamente in erheblichem Umfang in der Aquakultur eingesetzt werden, wie die wiederkehrenden Beanstandungen der europäischen Lebensmittelüberwachung nahelegen.

Abbildung 3-3: Verbrauch von Antibiotika in der norwegischen Aquakultur



(Hine *et al.* 2012 S.451 nach Gudding 2012)

Im Jahr 2006 betrafen Meldungen im europäischen Schnellwarnsystem für Aquakulturprodukte unzulässige Rückstände von *Chloramphenicol* (Breitbandantibiotikum) in Shrimps und Fischen aus Vietnam und Myanmar, *Kristallviolett* (anti-Pilzmittel) in Fischen aus Indonesien und Thailand, *Nitrofurane-Metabolite* (Antibiotikum) in Garnelen aus Bangladesch, Indien, Vietnam, China, Indonesien, Thailand und Venezuela; Rückstände von *Ciprofloxacin* (Antibiotikum) und *Enrofloxacin* (Antifinfektivum) in Fischen aus Vietnam, und *Nitrofurane* in Krebstieren aus Vietnam. Neben den Antibiotika wurde in der Vergangenheit Malachitgrün zur Behandlung von Pilz- und Bakterienkrankheiten verwendet. Malachitgrün ist heute auf Grund der kanzerogenen und mutagenen Eigenschaften in der EU für die Lebensmittelproduktion nicht mehr zugelassen, und es gilt eine „null Toleranz“ für Rückstände in Produkten. Noch im Jahr 2006 wurden im Schnellwarnsystem über 50 Fälle von Malachitgrün-Rückständen aus Indonesien, Vietnam, China und Spanien beanstandet. (Pund und Heberer 2007 S.29). In den ersten acht Monaten 2012 wurden im Schnellwarnsystem noch zwei Fälle von Malachitgrün in Welsen aus Vietnam und Garnelen aus Indien

gemeldet (Fischmagazin 2012c S.18), sowie *Cefalexin* (Antibiotikum) in Shrimps aus Vietnam (Fischmagazin 2012d S.16), und *Chloramphenicol* in Garnelen aus Vietnam (Fischmagazin 2012e S.14).

Weitere Chemikalien werden in marinen Aquakulturanlagen z.B. als „anti fouling“ Schutzanstriche für Netzgehege eingesetzt. In der Lachsproduktion werden hierzu kupferbasierte Produkte verwendet, die in den Anlagen ca. 0,5 kg/t Kupfer pro t erzeugter Fischbiomasse in die Umwelt abgeben (Ayer und Tyedmers 2009 Tab 2 S.366). Bei Algen führt eine Konzentration von 0,5 Mikrogramm gelöstes Kupfer in einem Liter Seewasser zu einer verminderten Photosynthese (und somit Wachstumshemmung). Bei höheren Konzentrationen (rund 10 Mikrogramm pro Liter) treten Auswirkungen bei Krebstieren auf (<http://www.ecomare.nl/de/ecomare-encyclopedie/natur-und-umwelt/stoffe-und-materialien/schwermetalle/kupfer/>).

3.4.3 Auswirkungen der Aquakultur auf Ökosystem und Biodiversität

Aquakultur kann durch die Produktion preiswerten Fischproteins dabei helfen, den Fischereidruck auf wildlebende Fischbestände zu verringern. Durch die Erzeugung von Fischbrut für Besatzmaßnahmen können natürliche Bestände wieder aufgebaut werden; seltene oder bedrohte Arten können gezielt gezüchtet und verbreitet werden. Auf der anderen Seite können Aquakulturen natürliche Gewässer stark belasten und so Wildbestände und empfindliche Ökosysteme (Bäche, Flüsse, Seen, Fjorde) gefährden. Die Einführung von exotischen und durch Züchtung veränderten Arten in Gewässer durch Individuen, die aus Aquakulturbetrieben entkommen, kann die Ökosysteme durch Konkurrenz um Lebensräume, Einführung räuberischer Arten, Verbreitung von Krankheiten, oder Verfälschung und Schmälerung des Genpools negativ beeinflussen (Cai *et al.* 2012 S.271). Viele Formen der Aquakultur nutzen freilebende Fischbrut oder Jungfische für die Aufzucht. Die Entnahme von Jungfischen für die Mästung z.B. bei Aal, Thun, tropischen Garnelen, oder Zackenbarschen kann die natürlichen Bestände zusätzlich zur Fischerei belasten und ist oft mit erheblichen Beifängen anderer Arten verbunden (*ibid.*). Die Einflüsse von Aquakultur auf das Ökosystem sind daher differenziert zu betrachten und jede zukünftige Ausweitung muss die ökologischen Auswirkungen stärker als in der Vergangenheit in Betracht ziehen um irreparable Schäden zu vermeiden.

3.4.4 Auswirkungen der Aquakultur auf das Klima

Im Gegensatz zur landwirtschaftlichen Tierproduktion, die für ca. 37% der anthropogenen Methanemissionen verantwortlich ist, erzeugen Wassertiere kein Methan (FAO 2010b S.120). Auch die CO₂ Abgabe ist bei Teichaquakulturen gering. Die Kulturen von Mollusken und Algen können sogar als CO₂ Senken fungieren und Algenbiomasse für die Bioenergieproduktion liefern (*ibid.*). Global sind etwa 70% der Fischproduktion und fast 100% der Muschel- und Algenproduktion mit nur minimalen Treibhausgasemissionen verbunden (De Silva 2012 S.77). Dadurch erlangt die Aquakultur an Bedeutung für eine wenig klimabelastende Erzeugung von tierischen Proteinen. Dagegen trägt die hochtechnisierte Aquakultur (v.a. für Lachs und andere Salmoniden) aufgrund des hohen Energieeinsatzes zur CO₂-Belastung bei. Intensive Lachskulturen produzieren

zwischen 1,9 und 28,2 kg CO₂ pro kg erzeugten Fisches (Ayer and Tyedmers 2009 S.371). Omnivore *Pangasius* Welse aus Aquakultur haben einen CO₂ Fußabdruck von 3 kg CO₂-Äq. pro kg Filet, und Forellen aus Süßwasserhaltung 7 kg CO₂-Äq. (Nijdam et al. 2012 S.765).

3.5 Ressourcenverbrauch und Umweltauswirkungen von Fischhandel und -verarbeitung

3.5.1 Transport

Fischerei- und Aquakulturprodukte gehören zu den weltweit am stärksten gehandelten Gütern. Hochpreisige Frischfische werden oft über weite Entfernungen als Luftfracht versandt. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes wurden 2010 insgesamt 17.300 t Fischprodukte als Luftfracht aus Drittländern direkt nach Deutschland eingeführt. Fisch hat damit den größten Anteil an den per Luftfracht nach Deutschland importierten Lebensmitteln (Keller 2010 S.21). Größter Einzelposten waren mit 7.182 t frische Filets des Viktoriabarsches aus Tansania. Weitere erhebliche Mengen an Fischluftfracht (>1000 t/Jahr) kamen aus Südafrika, Sri Lanka und Island. Da der größte Teil der deutschen Lebensmittelimporte (> 80%) über den europäischen Intrahandel und damit über andere EU-Länder erfolgt, ist davon auszugehen, dass weitere Flugtransporte den deutschen Fischimporten zuzurechnen sind. Der weitaus überwiegende Teil (etwa 91%) der Fischimporte nach Deutschland erfolgt jedoch über den Schiffsverkehr, und etwa 5% über den Straßenverkehr (*ibid.* S. 24).

Der Lufttransport von 1 t Gütern von Tansania nach Deutschland erfordert Treibstoffenergie im Umfang von 76.200 MJ und erzeugt 5,1 t CO₂ (berechnet nach (<http://www.ecotransit.org/calculation.en.html>; 8.10.2012). Eine Tonne LKW / Schiffsfracht über dieselbe Strecke würde im Vergleich nur 2.255 MJ Treibstoffenergie verbrauchen und 0,15 t CO₂ (150 g CO₂/kg) erzeugen. Der Flugtransport verursacht also das 33-fache an Emissionen verglichen mit dem Land/Seetransport. Ein reiner Schiffstransport z.B. von Kapstadt nach Hamburg verursacht Emissionen, die sogar nur 1,25% der Emissionen von Luftfracht betragen (<http://www.ecotransit.org/calculation.en.html>; 8.10.2012).

Die Seehandelswege für Frostfisch führen Containerware von den Fangplätzen im Nordatlantik oder Nordpazifik über China (Erstverarbeitung; Filetherstellung) nach Europa oder Nordamerika. Die Emissionen für 1 t Fisch, das diesen Weg genommen hat, liegen bei etwa 0,6 t CO₂ (und 2944 MJ Treibstoffenergie).

Emissionen fallen auch bei Transporten über Land an, etwa wenn an der Nordsee gefangene Garnelen (*Crangon crangon*) zum Schälen nach Marokko und wieder zurück gefahren werden. (http://www.heiploeg.nl/noordzee-garnalen.de_DE.html; 5.10.2012). Der LKW Transport von 1 t Garnelen von Ijmuiden nach Tanger (2600 km) erfordert pro Strecke ca. 2700 MJ (77 l Dieseläquivalent) und erzeugt 0,2 t CO₂ (<http://www.ecotransit.org/calculation.en.html>, 14.1.2013). Der Hin- und Rücktransport einer Tonne Garnelen erfordert also ca. 154 l Diesel und emittiert 0,4 t CO₂. Landtransporte, und damit Energieverbrauch und Emissionen fallen auch an, wenn Anlandungen von Meeresfischen weit

entfernt von den Auktionsplätzen und Märkten erfolgen, z.B. die Transporte von dänischen oder polnischen Häfen zur den großen Auktionen in Ijmuiden/NL.

3.5.2 Verarbeitung

Ein Großteil der weltweit verzehrten Fische wird von Hand verarbeitet und zubereitet, so dass außer der Energie für die Zubereitung keine weiteren Ressourcen benötigt werden. Einfache, energiearme Konservierungsmethoden sind Lufttrocknen und Salzen von Ganzfischen oder Filets.

In der industriellen Verarbeitung wird Prozessenergie für maschinelles Ausnehmen, Filetieren, Frosten, Garen, Verpacken usw. eingesetzt. Der Energieaufwand für die industrielle Verarbeitung von Konsumfischen liegt je nach Produkt bei 0,2 – 0,8 (Mittel 0,5) kWh/kg (entsprechend 1,8 MJ/kg) (<http://www.energieagentur.nrw.de/unternehmen/energieeffizienz-in-der-ernaehrungsindustrie-3733.asp>; 5.10.2012). Die Energiebeträge in der Verarbeitung von Peru Sardellen zu Fischmehl sind mit ca. 450 kWh/t (0,45 kWh/kg, bzw. 1,62 MJ/kg) ähnlich hoch.

(http://www.w-l.cl/wf/planta_harina_lineas_basicas/catalogos/descripcion_planta_harina.pdf, am 1.Okt 2012).

4 Vergleich von Ressourcenverbrauch und Umweltauswirkungen des Fischsektors mit der landwirtschaftlichen Tierproduktion

Die landwirtschaftliche Produktion von tierischem Protein hat Auswirkungen auf praktisch alle Bereiche der Umwelt, einschließlich Atmosphäre und Klima, Land und Boden, Wasser und Biodiversität. Direkte Auswirkungen entstehen beispielsweise durch Beweidung, indirekte durch die Rodung von Urwäldern für die Ausweitung der Flächen für den Futtermittelanbau. Die Auswirkungen sind bereits heute groß, und sie wachsen und verändern sich rasant. Die globale Nachfrage nach Fleisch, Milch, und Eiern nimmt stetig zu, getrieben von steigenden Einkommen, Bevölkerungswachstum und Verstädterung (sinngemäß aus [FAO 2006 S.1](#)).

4.1 Nahrungsketteneffizienz

Die fischereiliche Nutzung wildlebender Fischbestände basiert auf den natürlichen aquatischen Nahrungsketten und erfordert keinen Einsatz von Futtermitteln. Die potentielle Produktion ist dabei umso höher, je niedriger die befischte Art im natürlichen Nahrungsnetz steht: kleine pelagische Schwarmfische wie Sardinen und Sardellen, aber auch Heringe stehen als Planktonfresser auf der dritten Trophiestufe im Meer (Primärproduktion → Zooplankton → Fische) und können deshalb relativ große Biomassen bilden. Andere Fischarten leben räuberisch von kleineren Fischen oder anderen Meerestieren und haben dementsprechend höhere Trophiestufen von 4 oder 5. Der größte Teil der Fischereierträge aus dem Meer besteht aus Kleinfischarten, so dass die Meeresfischerei heute auf einer mittleren Trophiestufe von 3,2 basiert ([Duarte et al. 2009 S.970](#)). Diese Trophiestufe ist höher als die der Aquakultur und der landwirtschaftlichen Tiererzeugung.

In der Landwirtschaft erfolgt die Proteinproduktion durch Pflanzenfresser der zweiten Trophiestufe und ist daher prinzipiell günstig ([Duarte et al. 2009 S.970](#)). Vor allem die extensive Weidewirtschaft basiert auf der natürlichen Primärproduktion von Grasland, die nicht anderweitig für die menschliche Ernährung genutzt werden kann. Allerdings werden auch erhebliche Mengen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion als Tierfutter verwendet, die auch direkt für die menschliche Ernährung verwendet werden könnten, so dass durch die Umwandlung in tierisches Protein ein erheblicher Mengenverlust entsteht.

Auch die Produktion von tierischem Protein in der Aquakultur erfordert den Einsatz von Futtermitteln (pflanzlich und tierisch), deren Produktion in Konkurrenz zur Nahrungsmittelerzeugung steht, da die eingesetzten Nährstoffe wie Soja und Getreide, oder Fischmehl und Fischöl aus pelagischen Schwarmfischen zumindest teilweise auch direkt für die menschliche Ernährung verwendet werden könnten. Der Verlust ist umso größer, je höher die Trophiestufe des erzeugten Proteins ist.

Die in der Aquakultur erzeugten Fische leben bis auf wenige Ausnahmen (z.B. Graskarpfen) nicht vegetarisch, sondern sind Allesfresser (omnivor) oder Fleischfresser (carnivor) und stehen deshalb im Nahrungsnetz auf höheren trophischen Stufen als Kühe oder Schafe. Vor allem in der Erzeugung von Lachsen und anderen hochwertigen Meeresfischen werden hohe Anteile tierischen Futters verwendet. Die Marikultur erreicht so nur einen globalen trophischen Wert von 1,9 (Duarte *et al.* 2009 S.970), was die Nahrungsketteneffizienz dieser Produktionsweise zwischen Landwirtschaft und Meeresfischerei positioniert.

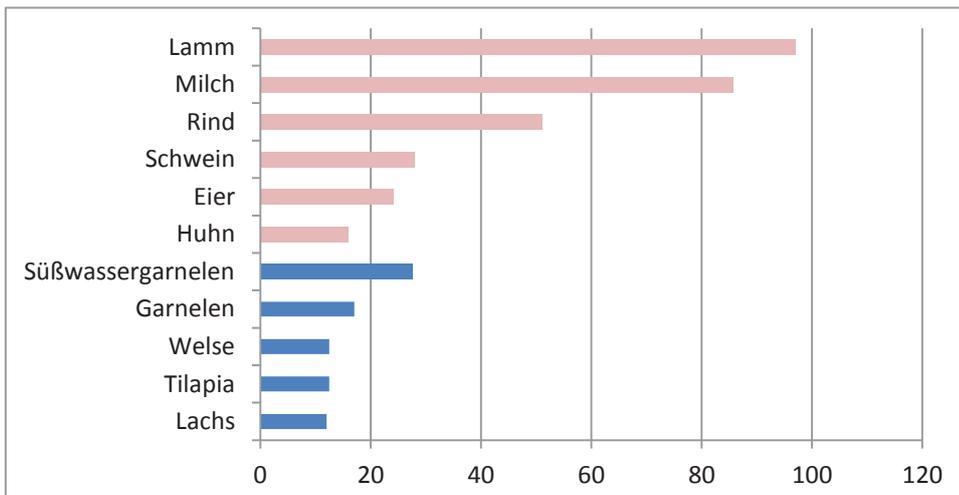
Aufgrund ihrer Physiologie und Lebensweise verwerten Fische aber das Futter effizienter als warmblütige Landtiere. In typischen Aquakultursystemen werden etwa 1,3 bis 2 kg Trockenfutter benötigt, um ein kg Fisch zu erzeugen (Costa-Pierce *et al.* 2012. S.121). Für die Lachsproduktion werden 1,3 kg Futter pro kg Produkt veranschlagt (Naylor *et al.* 2009 S.15104). Bezogen auf die essbare Biomasse (55- 60% des Lebendgewichts) werden somit zwischen 2,4 und 4,4 kg Trockenfutter benötigt, um 1 kg verzehrsfähiges aquatisches Produkt zu erzeugen, verglichen mit 3,0 bis 17,4 kg/kg für verschiedene terrestrische Tierhaltungssysteme (Tabelle 4—1). In der (intensiven) Rind- und Lammfleischerzeugung werden mehr als 10 kg Futtermittel pro kg Produkt („edible weight“) erforderlich (Costa-Pierce *et al.* 2012. S.113-114).

Auch bezogen auf die Proteinproduktion benötigen die Fische mit 12 bis 13 kg Nahrung pro kg Protein durchweg weniger Futter als die Landtiere (16 – 97 kg/kg). Lediglich Krebstiere benötigen mit 17 bzw. 28 kg/kg Protein ähnliche Futtermengen wie Geflügel und Schweine (Tab. 4.1 - 1).

Tabelle 4—1: Nahrungsverwertung bei verschiedenen Tierproduktionsformen

Produkt	kg Trockenfutter/kg Produktion	kg Trockenfutter/kg essbares Produkt	kg Trockenfutter/kg Protein*
Lachs*	1,3	2,4	12
Tilapia	1,5	2,5	12,5
Welse	1,5	2,5	12,5
Garnelen	1,5	2,7	17
Süßwassergarnelen	2,0	4,4	27,5
Huhn	2,0	3,1	16
Eier	2,8	3,1	24
Schwein	2,5	5,6	28
Rind	5,9	10,2	51
Milch	3,0	3,0	85,7
Lamm	4,0	17,4	97

(Costa-Pierce *et al.* 2012. S.121; *eigene Schätzung)

Abbildung 4-1: Nahrungsbedarf (kg Futter/kg Protein)

(Daten aus Tabelle 4–1).

4.2 Energieeffizienz

Der Energieverbrauch in der landwirtschaftlichen Tierproduktion bezieht sich zu über 50% auf die Futtererzeugung (v.a. Stickstoffdüngerherstellung) sowie Saatgut, Herbizide und Pestizide, Diesel für den Maschineneinsatz (Landbearbeitung, Ernte, Transport) und Elektrizität (Bewässerungspumpen, Trocknung, Heizung usw.). Hieraus resultiert ein mittlerer Energieeinsatz von 12,5 bzw. 14,2 kWh (51 MJ) für die Produktion von einem Kilogramm Schweine- oder Rindfleisch (FAO 2006 S.88), entsprechend **60 bis 70 kWh (216 bis 252 MJ) pro kg Protein**.

In der **Fangfischerei** fallen Energiekosten vor allem für den Bau und Betrieb der Fangschiffe an. 75-90% der eingesetzten Energie werden für den Schiffsantrieb verwendet und 10-25% für den Schiffbau, Unterhaltung, Verarbeitung an Bord, Netze, Köder usw. (Tyedmers 2004, S.687). Ein Fütterungsaufwand entfällt. In der globalen Fischerei werden für den Fang von 1 kg Fisch ca. 0,5 kg Treibstoff (5,8 kWh) eingesetzt. Für die industrielle Verarbeitung werden weitere 0,5 kWh benötigt (s. 3.5.2.). Pro kg Fanggewicht ist damit ein Primärenergieverbrauch von 6,3 kWh (22,7 MJ) anzusetzen. Bei einer angenommenen Schlachtausbeute von 55% in der industriellen Verarbeitung ergibt sich ein mittlerer Energieeinsatz von 11,5 kWh (41,4 MJ) pro kg Fisch. Bei einem mittleren Proteinanteil von 17% ergibt sich ein Energieaufwand von **67,4 kWh (243 MJ) pro kg Protein**.

In der **Aquakultur** wird Primärenergie für den Betrieb der Anlagen und zur Futterherstellung benötigt. Bei Aquakulturen mit hohem Energie- und Futtereinsatz z.B. für Salmoniden oder Meerbarsche in Rezirkulationsanlagen fällt zur Erzeugung von 1 kg Fisch (ohne Transporte) ein mittlerer Primärenergieverbrauch in der Hälterung von 10 kWh an. Für die Verarbeitung (von 1 kg Fisch) sind 0,5 kWh zu veranschlagen (s. 3.5.2.). Der Energieeinsatz für die Futterherstellung liegt bei 8,7 kWh (s. Textbox). Damit beträgt der gesamte Energieaufwand für die Erzeugung von 1 kg

Lachs in diesem Beispiel 19,2 kWh. Bei einem essbaren Fleischanteil von 62% ergibt sich ein Energieeinsatz von 31 kWh pro kg verzehrfähigem Fisch. Bei einem Proteinanteil von 20% für Lachsfische (FAO 1989) ergibt sich ein Energieaufwand von **155 kWh (558 MJ) pro kg Protein**.

Der Verwertungsfaktor für Trockenfutter beträgt für Lachse 1,3 (Naylor et al. 2009, S.15104). Es werden für 1 kg Produkt 1,3 kg Futter benötigt. Das Futter enthält 24% Fischmehl (312 g) und 16% Fischöl (208 g). Die Ausbeute bei der Herstellung von Fischmehl beträgt 20-25% (22,5%); die für Fischöl 5% (Peron et al. 2010 S.817). Es werden zur Herstellung des Futters also $0,312 \times 4,4 = 1,37$ kg Fischmehlfisch und $0,21 \times 20 = 4,2$ kg Fischölfisch = 5,57 kg Fisch insgesamt benötigt. Da in Fischmehl bereits ca. 8% Fischöl enthalten sind (Naylor et al. 2009) verringert sich der Rohfischbedarf um 0,5 kg auf 5,1 kg. Für den Fang (s. Tab. 3.2.1 - 1) werden etwa 0,51 kg Diesel aufgewendet (**5,9 kWh**). Für die Verarbeitung von 5,1 kg Rohware zu Fischmehl und –öl fallen nochmals **2,5 kWh** Energieverbrauch an. Unter der Annahme, das 60% der Inhaltsstoffe des Trockenfutters aus Getreide bestehen, kann hierfür ein mittlerer Energieaufwand von 0,43 kWh/kg, also **0,34 kWh** angesetzt werden (für Weizen; http://www.pilotbetriebe.de/download/Energiebilanz_WW.pdf), Der Energieaufwand für die Futterproduktion beträgt damit ca. **8,7 kWh** (31,3 MJ) pro kg erzeugtem Lachs.

In einer Rezirkulationsanlage in Deutschland für tropische omnivore **Welse** (*Clarias gariepinus*) werden für die Produktion von 1 kg Wels 0,7 bis **1 kWh** Prozessenergie eingesetzt (Bauernzeitung 2008 S.37). Für die Verarbeitung werden **0,5 kWh** aufgewendet. Der Energieeinsatz im Futter beträgt **3,2 kWh** (s. Textbox). Der Energieaufwand für die Produktion eines Kilogramms Wels beträgt somit **4,7 kWh**. Bei einer Schlachtausbeute von 55% und einem Proteinanteil von 17% ergibt sich ein Energieinput von **51 kWh (184 MJ) pro kg Protein**.

Clarias Welse verwerten das Futter etwa 1:1 und der Fischanteil im Trockenfutter liegt bei bis zu 25% Fischmehl und 7% Fischöl (De Graaf und Jansen 1996 Table 11). Für die eingesetzten ca. 1 kg Trockenfutter werden etwa 0,25 kg Fischmehl und 0,07 kg Fischöl, entsprechend 2,5 kg Rohfisch benötigt, die mit 0,25kg Diesel bzw. **2,91 kWh** Energieeinsatz gefangen werden. Die restlichen 75% des Trockenfutters bestehen aus Getreide, das mit etwa 0,43 kWh/kg produziert werden kann, so dass ein weiterer Energieinput von $0,75 \times 0,43 = 0,32$ kWh erfolgt. Die Futterproduktion erfordert also **3,2 kWh** pro kg Fisch.

Die Energieeffizienz verschiedener Produktionsmethoden kann über ihren Proteineffizienzquotienten (EROI) verglichen werden (Tyedmers 2004 S.683ff.; Murphy und Hall 2010). Dabei wird der Energiegehalt des produzierten Proteins in Beziehung gesetzt zur Energie, die für die Erzeugung aufgewendet wird (Edible Protein Energy Return on Investment, EROI). Der Energieinhalt von Fischprotein beträgt ca. 5 kWh/kg (18 MJ/kg; 4300 kcal/kg; FAO 1989). Aus den o.g. Beispielen errechnen sich EROI Werte von 3 bis 10% für die Proteinproduktion von Lachs und Wels aus intensiver Aquakultur, sowie in der Fischerei (Tabelle 4–2).

Tabelle 4—2: Energieeinsatz in der Fischerei und Aquakultur (in kWh/kg) und Energieausbeute bezogen auf Protein (EROI)

Art	Futter	Hälterung	Fang	Verarbeitung	Gesamt	Pro kg Protein	EROI
Fischerei	-	-	5,8	0,5	6,3	67,4	0,07 (7%)
Lachs Aquakultur	8,7	10	-	0,5	19,2	155	0,03 (3%)
Wels Aquakultur	3,2	1	-	0,5	4,7	51	0,10 (10%)

Im Vergleich verschiedener EROI Werte zeigt sich, dass die Energieeffizienz der Fischerei etwas besser als oder gleichauf mit anderen Proteinerzeugungsmethoden rangiert. Aquakultur kann bei extensiver Bewirtschaftung sehr energieeffizient sein, während intensive Aquakultursysteme in Form von Rezirkulationsanlagen eine ähnliche Effizienz aufweisen wie die terrestrischen Fleischerzeugungsmethoden (Tabelle 4—3).

Tabelle 4—3: EROI (Edible Protein Energy Return On Investment)

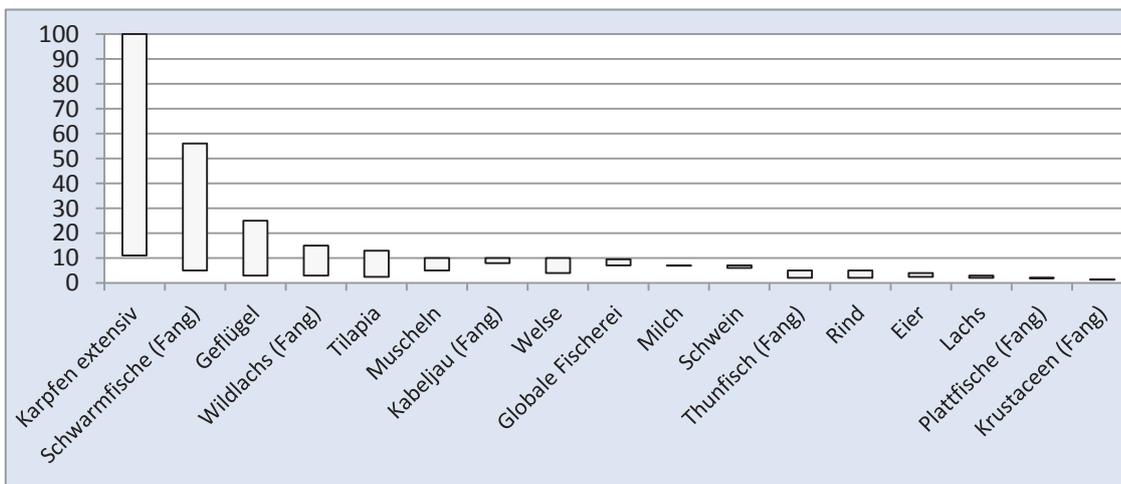
Fischerei	EROI (%)
Globale Fischerei	9,5 (*) – 8 (***) – 7 (***)
Schwarmfische (Hering, Makrele, Seelachs)	5 – 56 (*)
Wildlachs	3 – 15 (*)
Rotbarsch	11 (*)
Kabeljau	8 – 10 (*)
Thunfisch	2 – 5 (*)
Plattfische	2 (*)
Aquakultur	
Karpfen extensiv	11 - 100 (**)
Muschelkulturen, Skandinavien	5 - 10 (*)
Wels, intensiv, Deutschland	10 (***)
Wels, USA	4 (**)
<i>Tilapia</i> , verschiedene Methoden	2,5 – 13 (**)
Lachs, Rezirkulation	2 - 2,5-3 (*) (**)(***)
carnivore Fische	2 (*)
Krebstiere	1,4 (*)
Landwirtschaftliche Proteinerzeugung	
Truthahn	7,7 (*) – 10 (**)
Milch	7,1 (*) (**)
Schwein	6 (*) – 7,1 (**)
Eier	4 (*) – 2,5 (**)
Geflügel	3 (*) – 25 (**)
Rindfleisch	2 (*) – 5 (**)

Tyedmers 2004 S. 690/689; (**) Tyedmers et al. 2005 S.636; (***) eigene Berechnungen

Der mittlere EROI Wert für Protein aus **Fangfisch** beträgt 7 bis 9% (ohne Transport). Für unterschiedliche Fischereien kann der EROI Wert zwischen 2 und 56% liegen (Tabelle 4—2). Pelagische Fischereien haben EROI Werte zwischen 2 und 56%, mit der besten Energieausbeute bei

Schwarmfischen, die energie günstig in Einkreisungsnetzen gefangen werden können. Demersale (Boden- oder Tiefen-) Fischereien mit Schleppnetzen und Baumkurren haben dagegen EROI Werte von unter 11%. Tyedmers (2004 S.690) ermittelte für 29 nordatlantische Bodenfischereien einen mittleren EROI von 9,5%. Im Mittel ist der Energiegehalt im eingesetzten Treibstoff 10 bis 12,5 mal höher als im erzeugten Fischprotein (*ibid.*; Tyedmers *et al.* 2005 S.635). Der Protein-EROI Wert für die globale Fischerei von 8% ist etwas günstiger als der von **Milch** oder **Schweinefleisch** (7,1) und deutlich besser als der von **Rindfleisch** (2 bis 5%) (Tyedmers *et al.* 2005 S.636).

Abbildung 4-2: Protein-Energieausbeute in Relation zum Energieeinsatz (EROI) für verschiedene Tiererzeugnisse aus Fang, Aquakultur und Landwirtschaft (%).



Daten aus Tab. 4-3.

Die in der Literatur beschriebene Protein-Energieausbeute für extensive Karpfen- **Aquakultur** kann bis zu 100 % betragen; viele einfache Aquakulturverfahren erreichen bis 50%; hochtechnisierte Produktionsformen für Salmoniden erreichen nur 2 – 3 % (Abbildung 4-2). Für omnivore *Tilapia* und Welse werden 7 bis 13% erzielt. Relativ gering ist die Ausbeute bei einigen Krebstieren mit Werten von 1,4% da hier der Fleischanteil nur 30% des Lebendgewichtes ausmacht (Tyedmers 2004 S.691). Besonders effizient ist die Produktion von filtrierenden Mollusken und pflanzen- oder planktonfressenden Fischen, für deren Haltung wenig Futtermittel und Primärenergie eingesetzt werden müssen, sowie Polykulturen und einfache Verfahren der technischen Aquakultur, die auf die Produktion omnivorer Fische setzen.

4.3 Flächeneffizienz

Von den 149 Mio. km² Landfläche (einschließlich Eis) der Erde stehen 50 Mio. km² für die landwirtschaftliche Nutzung zur Verfügung (Körber *et al.* 2009 S.178); davon 15 Mio. km² für Ackerbau (FAO 2012j S.14). 34 Mio. km² (entsprechend 26% der eisfreien Landfläche) werden als Weideland genutzt (FAO 2006 S.272) und ein geringer Anteil sind Dauerkulturen. Ein Drittel des Ackerlandes wird für den Futteranbau verwendet (*ibid.*) Viehhaltung ist damit die menschliche

Aktivität mit dem größten Landverbrauch und beansprucht 80 % aller Agrarflächen der Erde (Körber *et al.* 2009 S.178).

Tabelle 4—4: Flächenbedarf für die Proteinproduktion

	Produktion (Rohgew.) kg/ha Jahr	Fläche m ² /kg Rohgew	Fläche m ² /kg Protein**	Quelle
Meeresfischerei				
Lachsfischerei Kanada	90-200	50-111	250-555	Costa-Pierce 2012 S.124
Fischproduktion Nordsee (2,5 Mio. t Fang auf 0,5 Mio. km ²)	44	227	1135	**
Globale Fischerei bez. auf Schelfmeere (72 Mio. t auf 30 Mio. km ²)	24	416	2080	**
Globale Fischproduktion (Fang, Meer) (78,9 Mio. t auf 361 Mio. km ²)	0,22	45.500	227.500	**
Binnenfischerei				
Binnenfischerei in Stauseen Asien max.	650	15	75	Kolding <i>et al.</i> 2006 S.11
Binnenfischerei in Stauseen Afrika max.	329	30	150	Kolding <i>et al.</i> 2006 S.11
Globale Binnenfischerei mittel (11,5 Mio. t auf 7,8 Mio. km ²)	15	667	3335	(**) aus FAO 2012e S.3 und FAO 2010i S.174
Binnenfischerei in D	7-25 (14)	714	3570	Brämick 2010 S.8
Aquakultur				
Fische intensiv in Rezirkulation (global) (ohne Ökosystemdienste)	20.000- 100.000	0,1 - 0,5	0,5 – 2,5	Costa-Pierce <i>et al.</i> 2012 S.123
<i>Clarias</i> in trop Teichen	40.000	0,25	1,25	Dugan 2007 S.466
<i>Pangasius</i> Aquakultur (5 m ² y kg-1 filet)	4.000	2,5	12,5	Nijdam <i>et al.</i> 2012 S.765
<i>Tilapia</i> (China)	10.000	1,0	5	Dugan <i>et al.</i> 2007
Teiche (China)	6.800	1,5	7,5	FAO 2010b S.25
Teich mit Fütterung	2000-8000	1,3-5	6,5 - 25	WBGU 1999 S.184
Teich mit Fütterung - Mittel	2000	5	25	Bosma und Verdegem 2008 S.64
Aquakultur Teichwirtschaft extensiv	1000	10	50	WBGU 1999 S.184
Aquakultur Fische in Reisfeld	790	13	65	FAO 2010b S.25
Fisch extensiv in Teichen (global)	100-500	20-100	100 - 500	Costa-Pierce <i>et al.</i> S.123
Lachszucht inkl. ökosystemdienst Flächen (Futteranbau und Fischerei)	60	167	835	Costa-Pierce <i>et al.</i> S.124
Landwirtschaft				
Milch (USA)	3130	3,2	97	(*)
Schwein (USA)	1540	6,5	32,5	(*)
Geflügel (USA)	935	10,7	56	(*)
Rind (USA)	307	32,6	163	(*)
Globale Fleischproduktion (1,02 Mrd. t auf 471 Mio. ha)	217	46	230	(**) nach Tab. 1.1 - 1 u. FAO 2006 S.272
Rind (extensiv)	20	500	2000	(**) nach Nijdam <i>et al.</i> 2012 S.768

(*) berechnet nach Koerber *et al.* 2009 S.179 und Tab. 1.1.-1 und 1.1.-2; (** eigene Berechnungen)

Der Flächenbedarf für extensive terrestrische Rinderproduktion wird von Nijdam *et al.* (2012 S.768) mit bis über 2000 m² pro kg Protein (entsprechend 400 m² für 1 kg Rindfleisch *ibid* S.763) angegeben. Bei einer Ausbeute von 80% (Tabelle 1—1) ergibt sich ein Flächenbedarf von 500 m² pro kg Schlachtgewicht bei Rindern. Auf der Basis einer von Körber *et al.* (2009 S.179) verwenden

amerikanischen Studie, die den gesamten Flächenbedarf (Futteranbau und Weideland) zur Produktion verschiedener tierischer Produkte in USA ermittelte, gelangt man zu einem wesentlich geringeren Wert von 32,6 m²/kg Schlachtgewicht beim Rind (vermutlich bezogen auf „feedlots“), bzw. 10,7 m²/kg für Geflügel- und 6,5 m²/kg für Schweinefleisch (Tabelle 4—4). Der Flächenbedarf der **Fischerei** im Meer und Süßwasser konkurriert nicht mit Agrarflächen; Fischereierzeugnisse sind daher *a priori* sinnvoll und effizient für die Proteinerzeugung einzusetzen. Allerdings begrenzen die natürlichen Produktionsmechanismen die Fangerträge von Fischen und Meerestieren auf ca. 100 Mio. t pro Jahr, die bereits jetzt annähernd ausgeschöpft werden. Aufgrund der Produktionsarmut der weiten ozeanischen Flächen und der Besonderheiten der marinen Nahrungsketten ist der mittlere jährliche Flächenertrag der **Meeresfischerei** mit global 0,22 kg/ha sehr gering. Berechnet auf den gesamten Ozean beträgt der Flächenbedarf für die Produktion eines Kilogramms Fisch fast 46 ha. Der Großteil der Meeresfischerei findet allerdings in den produktiveren Küsten- und Schelfmeeren statt, wo der Flächenertrag bei etwa 24 kg/ha und Jahr liegt (420 m²/kg). In der Nordsee werden auf 575.000 km² ca. 2,5 Mio. t Fische gefangen, was einer mittleren genutzten Produktion von 44 kg/ha (227 m²/kg) entspricht (Tabelle 4—41). Mit einem Flächenbedarf von 1135 m²/kg erzeugtem Protein weist die Nordseefischerei eine höhere Flächeneffizienz auf als die extensive Rinderhaltung.

Der mittlere rechnerische Flächenertrag der globalen **Binnenfischerei** liegt bei 15 kg/ha im Jahr entsprechend einem Flächenbedarf von 667 m² pro kg Produktion. Auf Protein bezogen, werden 3335 m² für die Erzeugung eines Kilogramms benötigt. In der Globalzahl sind wahrscheinlich Aquakulturaktivitäten enthalten (s. Kap 2.2.1.; [FAO 2012e S.23 - 24](#)), so dass der eigentliche fischereiliche Ertrag noch unter diesem Wert liegen dürfte. In Deutschland erzielt die Seen- und Flussfischerei Flächenerträge von 7 bis 25 kg/ha (im Mittel 14 kg/ha; [Brämick 2010 S.9](#)) und liegt damit nahe am globalen Mittel.

Der Flächenbedarf von Meeres- und Binnenfischerei liegt (mit Ausnahme intensiv bewirtschafteter Stauseen in Asien) um etwa den Faktor 10 über der intensiven Tierproduktion an Land. Da die Flächen aber nicht mit der Landwirtschaft konkurrieren, stellt sich die Frage, welche Produktionsform die Fläche effizienter nutzt, im Vergleich mit der Fischerei nicht. Die Anlage von Aquakulturteichen und Rezirkulationsanlagen an Land kann hingegen direkt mit landwirtschaftlich nutzbaren Flächen konkurrieren, wenn sie nicht außerhalb agrarisch nutzbarer Gebiete, in Küstengewässern, auf salzigen Flächen oder in Feuchtgebieten installiert werden. Oft werden Flächen für Aquakultur verwendet, die auch landwirtschaftlich oder forstwirtschaftlich genutzt werden könnten, oder die ökologisch besonders wertvoll sind. Der Nutzen der Aquakultur muss sich daher an vergleichbaren landwirtschaftlichen Tierproduktionssystemen messen lassen.

Die flächenbezogene Produktivität von **Aquakulturbetrieben** ist proportional zu ihrer Intensität. In mäßig intensiven Teichkulturen mit Fütterung liegen die Erträge zwischen 2000 und 8000 kg Fisch/ha im Jahr, ohne Berücksichtigung des Flächenbedarfs für die Futtererzeugung ([WBGU 1999 S.184](#)). In China beträgt der mittlere Ertrag aus Teichen 6800 kg/ha ([FAO 2010b S.25](#)). Da der weitaus größte Teil der globalen Aquakultur aus solchen mäßig intensiven futterbasierten

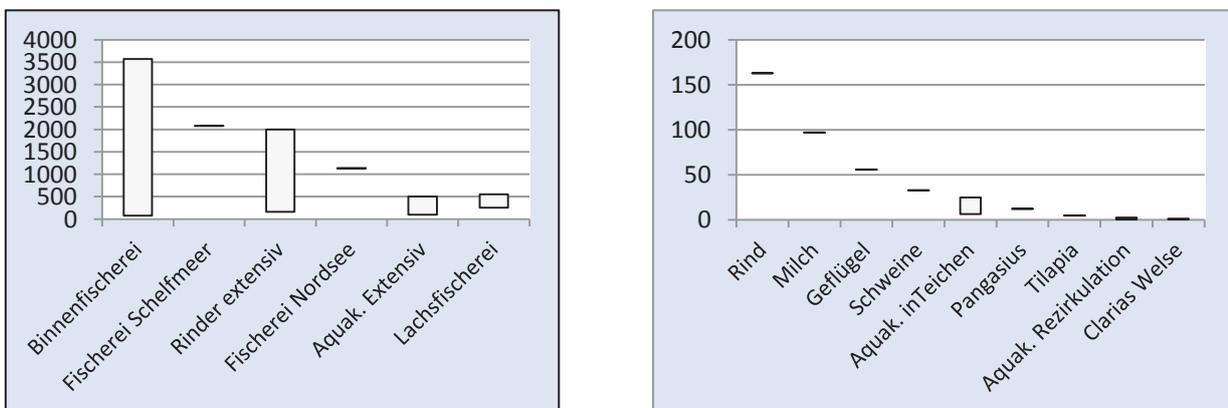
Teichwirtschaften stammt, ergibt sich ein mittlerer Flächenbedarf von 0,25 bis 5 m²/kg Produkt – und damit deutlich weniger als für die terrestrischen Tierproduktionsformen (Tabelle 4–4). *Tilapia* in intensiver Teichkultur kann bis zu 10.000 kg/ha erzeugen; und in indischen Karpfen Polykulturen werden bis 13.600 kg/ha erzielt. *Clarias* Welse können in tropischen Durchfluss – Teichen bis 40.000 kg/ha erzeugen (Dugan et al. 2007 S.466). Intensive Rezirkulationsanlagen haben eine Jahresproduktion von 20.000 – 100.000 kg/ha (Tabelle 4–4).

Unter den extensiven Produktionsweisen hat die Binnenfischerei die größte Spannweite und den höchsten Flächenbedarf von im Mittel über 3000 m² pro kg produziertem Protein (Abbildung 4-3links). Der mittlere Flächenbedarf der küstennahen Meeresfischerei liegt mit 2000 m²/kg Protein in der Größenordnung der extensiven Rinderhaltung; in der Nordsee liegt er sogar darunter. Extensive Aquakultur und die Wildlachsfischerei erzielen Erträge von einem kg Protein auf weniger als 500 m² Wasserfläche.

Unter den landwirtschaftlichen Tierhaltungsmethoden hat die Rindfleischerzeugung den höchsten Flächenbedarf mit 160 m² pro kg Protein, gefolgt von Milch mit knapp 100 m²/kg Protein. Die verschiedenen Aquakulturmethode n liegen mit weniger als 25 m² Fläche pro kg Protein deutlich unter dem Flächenbedarf der terrestrischen Tiererzeugung (Abbildung 4-3 rechts).

Allerdings wird bei diesen Flächenangaben in der Regel nicht berücksichtigt, dass weiterer Flächenbedarf für die Futterproduktion aus Wildfischen und Getreide entsteht. Ein Beispiel für eine sehr fütterungsintensive Aquakultur von Lachs zeigt, dass unter Einbeziehung dieser Flächen ein deutlich höherer Flächenbedarf von 170 m²/kg (835 m²/kg Protein) entsteht, der damit aber immer noch geringer ist, als der der extensiven Rinderhaltung (Tabelle 4–4).

Abbildung 4-3: Flächenbedarf (m²) für die Produktion von 1 kg Protein in verschiedenen Betriebsformen



(Daten aus Tabelle 4–4).

4.4 Wasserbedarf

Für die Produktion der täglichen Nahrung eines Menschen werden etwa 3000 Liter „blaues“ (Oberflächen- und Grundwasser) benötigt, entsprechend etwa einem Liter pro Kalorie Nahrungsenergie. Nur 2 bis 5 Liter werden zum Trinken benötigt (ANON 2007 S.5). Etwa 70% des (blauen) Wasserverbrauchs wird von der Landwirtschaft verursacht. Bezogen auf die Nahrungsenergie liegt der Wasserverbrauch der Tierproduktion etwa um einen Faktor 10 über dem der Pflanzenproduktion (Duarte *et al.* 2009 S.967). Mit einem anhaltenden Trend zu höherem Proteinkonsum kann die Ressource Wasser sehr viel schneller zu einem limitierenden Faktor für die Welternährung werden als andere Faktoren, wenn es nicht gelingt, das Potenzial des „grünen“ (Regen-) Wassers besser verfügbar zu machen. In diesem Kontext ist die Suche nach süßwassersparenden Proteinerzeugungsmethoden von größter Bedeutung. Aquakultur, und vor allem Marikultur, kann in der Zukunft in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle spielen.

Obwohl die Erzeugung von Wassertieren eng mit der Verfügbarkeit von Wasser verbunden ist, verbraucht auch die Süßwasseraquakultur nicht mehr Wasser als andere landwirtschaftliche Produktionsweisen. Selbst bei starker Saisonalität der Niederschläge in Zonen mit regenbasierter Landwirtschaft ist die Wasserversorgung für Fischhaltung oft weniger kritisch als etwa die für Maisanbau (Dugan *et al.* 2007 S.470). Dennoch kann eine künftige Ausweitung der Aquakultur nur sinnvoll sein, wenn der mit ihr einhergehende Süßwasserverbrauch vergleichbar oder geringer ist als der der landgebundenen Produktionsmethoden.

Im Meer können Aquakulturen weitgehend ohne Süßwasserverbrauch arbeiten. Aber auch im Süßwasser kann in natürlichen Teichen der Wasserzufluss bei einigen Arten sehr gering gehalten werden, so dass nur 50 Liter Wasser pro Kilogramm erzeugten Fischfleisches benötigt werden (Costa-Pierce *et al.* 2012 S.126). Vorteilhaft ist, dass auch für Landwirtschaft unbrauchbare Gebiete mit brackigem Wasser für Aqua/Marikultur genutzt werden können (*ibid.* S.127). Allerdings werden heute auch Aquakultursysteme mit sehr hohem Wasserverbrauch von bis zu 60 m³/kg Produkt betrieben (Tabelle 4–5). In einer Aufstellung typischer Verbrauchswerte gruppieren Costa-Pierce *et al.* 2012 S.125 landwirtschaftliche Produktionssysteme in „geringen Wasserverbrauch“ bis 3000 l/kg, „hohen Wasserverbrauch“ von 3000 – 10.000 l/kg und „extremen Wasserverbrauch“ über 10.000 l/kg. Diese Verbrauchswerte beziehen sich auf die Summe von „blauem“ und „grünem“ Wasser, d.h. Oberflächen-, Grund-, und Regenwasser. In allen drei Kategorien sind Aquakulturformen vertreten:

- Im niedrigen Bereich (<3.000 l/kg) befindet sich die Seewasseraquakultur und Marikultur mit unter 100 l Süßwasserverbrauch/kg, sowie die an Land installierten Rezirkulationsanlagen, die mit 500 – 1400 l Süßwasser pro kg produzierten Fisches auskommen. Die meisten Süßwasserfische in Teichhaltung einschließlich *Tilapia*, liegen mit bis zu 2800 l/kg in dieser Gruppe zusammen mit Soja und Leguminosen (2000-4000 l/kg) sowie Eiern und Milch (2700 l/kg).

- Im hohen Bereich (3000 – 10.000 l/kg) mit Geflügel (3500 l/kg) und Schweinefleisch (bis 10.000 l/kg) finden sich verschiedene Wels-Aquakulturen zwischen 3300 und 6400 l Wasserverbrauch pro kg.
- In der Gruppe mit extremem Wasserverbrauch (>10.000 l/kg) finden sich bestimmte Haltungsformen von Garnelen, *Pangasius* und Forellen mit bis zu 60.000 l; vergleichbar mit der Produktion von Schaf- oder Rindfleisch mit 15.000 – 50.000 l/kg (Tabelle 4–5).

Aufgrund der großen Spannweite in den Betriebsformen ist ein Mittelwert für den Wasserverbrauch der Aquakultur schwer anzugeben; nach einer Schätzung von [Verdegem and Bosma \(2009, Abstract\)](#) beläuft sich die **Entnahme** von Oberflächen- und Grundwasser durch die Süßwasseraquakultur im Mittel auf 16,9 m³/kg Produkt, was diese Produktionsform insgesamt in die Gruppe mit extremem Wasserbedarf einreicht. Allerdings ist durch die Rückführung eines großen Teils des entnommenen Wassers ein wesentlich geringerer mittlerer Nettoverbrauch von 7 m³/kg Produkt zu veranschlagen, wenn diese Abwässer ausreichend geklärt werden.

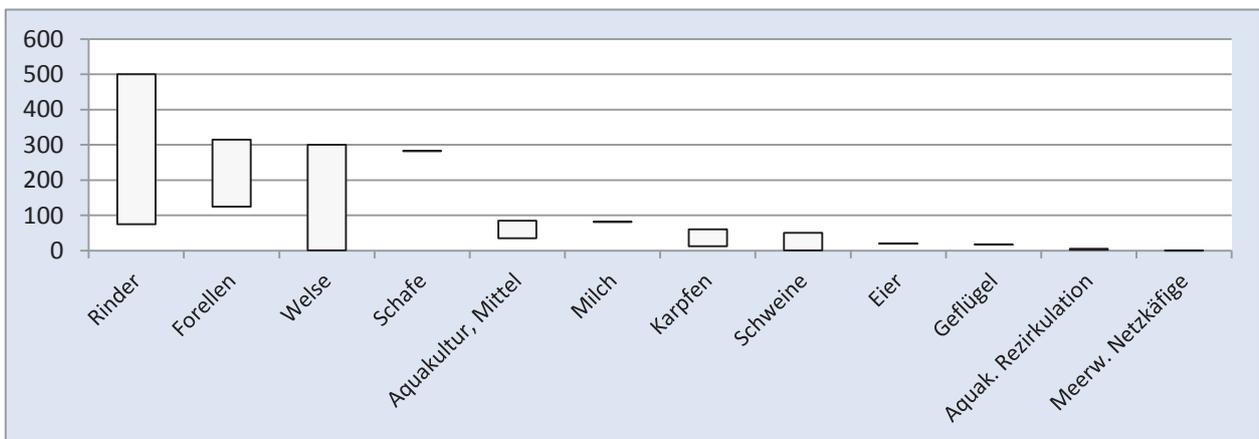
Tabelle 4–5: Gesamtwasserverbrauch ausgewählter Produktionsformen der Aquakultur und Landwirtschaft

Produktion	Süßwasserverbrauch (m ³ /kg Produkt)	Süßwasserverbrauch (m ³ /kg Protein) ****	Quelle
Gemüse, Obst	0,1 – 0,5	5 – 25	*
Soja, Leguminosen	2 - 4	8 – 16	*
Reis	1,9	95	**
Meerwasseraquakultur in Netzkäfigen	0 – 0,1	0 – 0,5	*
<i>Clarias</i> Wels in Teichen	0,05 – 0,2	0,25 – 1	**
Rezirkulationssysteme Aquakultur	0,5 – 1,4	2,5 – 7	*
Karpfen/ <i>Tilapia</i> Polykultur in Teichen	2,5 - 12	12,5 – 60	**
Süßwasserfische in Teichkulturen	2,7 – 7,8	13,5 – 39	*
Welse in Naturteichen	4 - 16	20 – 80	*
Süßwasseraquakultur, Mittelwert (netto/brutto)	7 – 16,9	35 – 84,5	***
Forellen	25 - 63	125 – 315	*
<i>Pangasius</i> Wels in Vietnam	bis 60	bis 300	*
extensive Schweinezucht in China	0,1	0,5	*
Geflügel	3,5	18	*
Eier	2,7	20,8	*
Milch	2,7	81,8	*
Schweine	4,7 - 10	23,5 – 50	*
Rindfleisch	15 - 43	75 – 215	*
Schafe	51	283	*
Rindfleisch	bis 100	bis 500	**

(*Costa-Pierce *et al.* 2012 S. 125-126; ** Dugan *et al.* 2007 S.470; *** Verdegem and Bosma 2009) ****eigene Berechnungen

Bezogen auf die Proteinerzeugung liegt die Aquakultur mit einem Wasserverbrauch von 35 bis 84,5 m³/kg im unteren Bereich der landwirtschaftlichen Tierproduktion und kann damit beim Faktor Wasser mit anderen Produktionsformen konkurrieren (Abbildung 4-4). Dennoch sollte eine Ausweitung der Aquakultur in jedem Fall vor dem Hintergrund knapper Süßwasserressourcen bevorzugt in Meer- und Brackwasser, bzw. in Kreislaufanlagen erfolgen. Heute stammen bereits 32,2 % der Aquakulturprodukte aus Meerwasser und 7,7 % aus Brackwasser (FAO 2010b S.22).

Abbildung 4-4: Spannweite des Süßwasserverbrauchs in der Tierproduktion und Aquakultur (m³ Wasser/kg Protein)



(Daten aus Tabelle 4—5)

4.5 Abwasser, Eutrophierung, Medikamente und Krankheiten

Viehzucht ist vermutlich die größte sektorale Quelle von Wasserverschmutzung, Eutrophierung und der damit verbundenen Entstehung von sauerstoffarmen Zonen in Küstengewässern und eine der wichtigsten Quellen für Düngemittel und Pestizeidinträge, sowie für resistente Keime und Hormone in der Umwelt (aus FAO 2006 S. xxii).

Globale quantitative Erhebungen über die Umweltauswirkungen der Landwirtschaft sind schwierig zu erhalten (FAO 2006 s. xxii). Auf regionaler Ebene zeigen Schätzungen, dass z.B. in den USA die Fleischerzeugung und die mit ihr verbundene Futtermittelproduktion für 55 % der Boden-erosion verantwortlich ist, 37% der Pestizide und 50% der Antibiotika verwendet, sowie ein Drittel der Stickstoff und Phosphorbelastung ausmacht, die in Süßwassersysteme gelangen (FAO 2006 S. xxii). Die Stickstoff-Verwertungseffizienz liegt für Rindfleisch bei 5% und 15% bei Schweinefleisch, während Garnelen 20% und Fische 30% des aufgenommenen Stickstoffes verwerten. Deshalb geben Aquakulturen 2 - 3mal weniger Stickstoff an die Umgebung ab als terrestrische Fleischerzeugungssysteme (Costa-Pierce *et al.* 2012 S.121).

Einige schwere Krankheiten des Menschen wie z.B. Pocken und Diphtherie können mit domestizierten Tieren in Zusammenhang gebracht werden. Die Intensivhaltung von Vieh fördert die Ausbreitung von Tierkrankheiten und Parasiten, von denen einige auf den Menschen übertragbar sind (*Campylobacter*, *E. coli*, Salmonellen, *Clostridium*; Bandwürmer, usw. (FAO 2006 S. 140 - 141).

Die Krankheiten der Wassertiere und der Fische (z.B. ISA, „Infektious Salmon Anaemia“) sind dagegen nicht humanpathogen. Parasiten wie Karpfenläuse verursachen große Schäden in den Fischbeständen, sind aber nicht auf den Menschen übertragbar. Parasitische Fischnematoden können bei mangelnder Garung hingegen im Menschen Schäden verursachen. Regelmäßig wird in den EU Informationsmeldungen auf Parasitenbefall mit *Anisakis* sp. oder *Pseudoterranova* sp. hingewiesen, z.B. in gekühltem Seeteufel (Fischmagazin 2012f S.16). Fischnematoden treten vor allem in wild gefangenen Fischen auf; intensive Aquakulturen sind in der Regel frei von Nematoden.

Auf Grund des vergleichsweise schnellen Verderbs von Fisch und Fischprodukten besteht ein Risiko einer Sekundärbesiedelung mit Krankheitserregern wie z.B. Salmonellen in der Wertschöpfungskette und stellt daher besondere Anforderungen an Transport und Lagerung.

4.6 Auswirkungen auf Biodiversität und Ökosystem

Die Bedrohung der Biodiversität ist heute eines der gravierendsten ökologischen Probleme. Es wird geschätzt, dass die Aussterberate von Arten um das 50 bis 500-fache über dem natürlichen Werten in der Erdgeschichte liegt. Viehbestände bilden heute 20% der gesamten terrestrischen Wirbeltierbiomasse, und die 30% der Erdoberfläche, die heute von Viehhaltung beansprucht werden, waren einst Habitate für Wildtiere. Möglicherweise ist heute die menschliche Tierproduktion die Hauptursache für die Abnahme der Biodiversität, da sie Hauptantrieb für Entwaldung und Landdegradation ist, stark zu Umweltverschmutzung, Klimaänderung, Sedimentation in Küstengebieten, und Einführung invasiver Arten beiträgt (sinngemäß aus FAO 2006 S. xxiii).

Die Vereinnahmung von Land- und Süßwasserökosystemen durch den Menschen hat dazu geführt, dass die globale Biodiversität durch massiven Lebensraumverlust ernsthaft bedroht ist. Auch die Süßwasseraquakultur kann zu dieser Bedrohung beitragen, wenn sich entwichene Individuen in fremden Ökosystemen etablieren, wenn Krankheiten und Parasiten eingeschleppt werden, oder wenn die Wasserqualität durch die Aquakulturbetriebe aufgrund mangelnder Aufbereitung der Abwässer beeinträchtigt wird. Extensive oder ökologisch angepasste Aquakultur - wie auch die ökologische Landwirtschaft - kann hingegen den Erhalt oder sogar eine Zunahme von Biodiversität bewirken, wenn strukturreiche Teichkulturen mit nachhaltigen Methoden bewirtschaftet werden.

Die Fischerei kann bei hoher Intensität einen gravierenden Eingriff in die aquatischen Ökosysteme darstellen. Aus stark befischten Beständen werden jährlich 50 - 90% der nachwachsenden Jungfische entnommen; die Elternfischbiomasse wird auch bei nachhaltiger Befischung auf etwa die Hälfte – und bei Überfischung bis auf unter 10 % der ursprünglichen Größe reduziert, mit Auswirkungen auf die Altersstruktur der Population, den Genpool, und die aquatischen Nahrungsnetze. Besonders in der Meeresfischerei beeinträchtigen Beifänge und Beschädigungen des Meeresbodens darüber hinaus auch nicht direkt genutzte Teile der Ökosysteme.

Die Nutzung der Ozeane durch den Menschen ist vor allem auf die Küstengebiete konzentriert, in denen mehr als 90% der Fänge erzielt werden. In intensiv genutzten Küstenmeeren wie z.B. der Nord- und Ostsee sind die Bestands- und Umweltveränderungen durch die Fischerei erheblich, aber nicht irreversibel, und keinesfalls mit der dauerhaften Denaturierung der Landökosysteme zu vergleichen. Überfischte Bestände der Massenfischarten können sich unter Schonung zumeist in wenigen Jahren erholen, da die verbleibenden Restpopulationen der Meeresorganismen aus vielen Millionen Individuen bestehen und sich schnell wieder über weite Meeresgebiete verbreiten können. Riskant sind Fischereiauswirkungen auf seltene Meerestiere (Meeressäuger, Schildkröten und Vogelarten), die als Beifänge in den Netzen sterben und auf komplexe Bodenökosysteme wie Korallenriffe. Weltweit existieren aber bis heute keine Beispiele für durch Fischerei ausgestorbene Meerestierarten oder unwiederbringlich verlorene Habitate. Fischerei im Rahmen von nachhaltigen Bewirtschaftungsmodellen kann daher eine dauerhafte und umweltverträgliche Quelle von hochwertigem tierischem Eiweiß für die Menschheit sein.

4.7 Treibhausgase

Einer Studie der FAO zufolge ist Viehhaltung für 18 % der globalen Treibhausgasemissionen ursächlich und übertrifft damit die des Verkehrssektors (Dusseldorp und Sauter 2011 S.68). Der größte Teil der CO₂ Freisetzung entsteht durch die fortschreitende Landnutzung, vor allem durch das Abholzen bzw. Abbrennen von Wäldern für die Ausweitung von Weiden und Futteranbauflächen (FAO 2006 S.xxi). Ein hoher Anteil an der globalen Methangasproduktion (37% des anthropogenen Ausstoßes) rührt von den Verdauungsprozessen der genutzten Wiederkäuer und ist besonders klimarelevant, da Methan 23 mal mehr Treibhausgaspotenzial besitzt als CO₂. Außerdem trägt die Viehhaltung 65% der anthropogenen Stickoxide bei (v.a. aus Gülle), die 296 mal klimarelevant sind als CO₂. Weiterhin ist Viehhaltung verantwortlich für fast zwei Drittel (64%) der anthropogenen Ammoniakemissionen, die sauren Regen und Versauerung der Ökosysteme verursachen (FAO 2006 S.xxi).

Bezüglich der CO₂ Emissionen stechen unter den terrestrischen Produktionsarten besonders die Rindfleisch-, Hammel-, und Lammproduktion mit bis zu 150 kg CO₂-Äquivalenten pro kg Fleisch, bzw. über 600 bis 800 kg CO₂-Äq. pro kg Protein zu hervor (Tabelle 4–6; Abbildung 4-5). Der Mittelwert für die gesamte globale Tierproduktion beträgt dagegen nur 6 kg CO₂-Äq./kg (bzw. 31 kg CO₂-Äq. pro kg Protein).

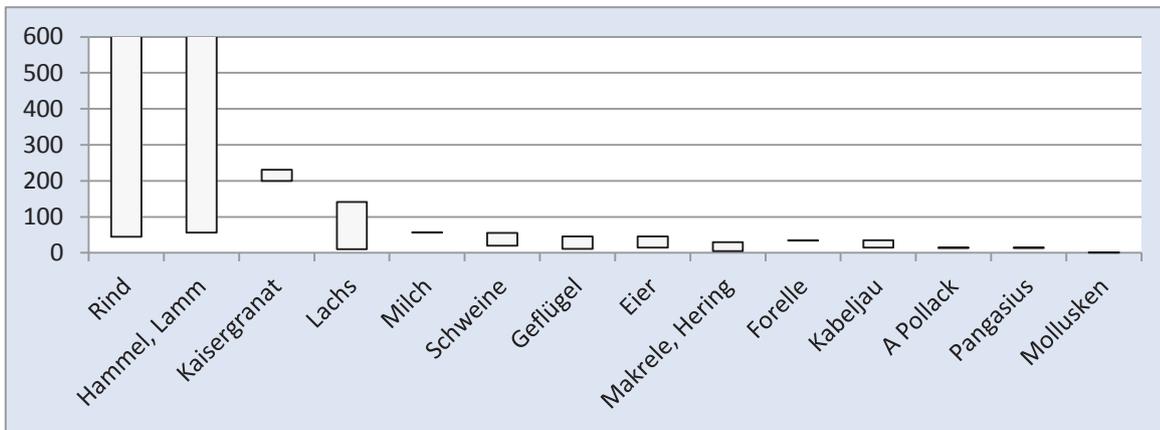
Tabelle 4—6: Klimagasemissionen (in CO₂ Äquivalenten) für ausgewählte Tierprodukte und –proteine

	CO ₂ Emission bez. auf Produkt (kg CO ₂ -Äq. kg ⁻¹)	Protein- gehalt (g/100g)	CO ₂ Emission bez. auf Protein (kg CO ₂ -Äq. kg ⁻¹)	Quelle
Tierische Produktion				
Milch	1 – 2 (1,4)	3,5	29 - 57	Nijdam et al 2012 S.763/764
Geflügel	2 – 6 (3)	19	11 - 46	Nijdam et al 2012 S.763/764
Eier	2 - 6	13	15 - 46	Nijdam et al 2012 S.763/764
Schwein	4 – 11 (5)	20	20 - 55	Nijdam et al 2012 S.764/764
Globale Tierproduktion mittel	6,1	20	31	Nach FAO 2006 S.113
Rindfleisch	9 - 129	20	45 - 645	Nijdam et al 2012 S.763
Hammel, Lamm	10 - 150	18	56 - 833	Nijdam et al 2012 S.763
Fischerei				
Makrele, Hering	1	20	5	Nijdam et al. 2012 S.764
NE Atlantische Makrele (Filet)	1 – 6	20	5 - 30	Ramos et al. 2011 S.606
Alaska Pollack (Filet)	3	20	15	Nijdam et al. 2012 S.764
Kabeljau (Filet)	3 – 7	20	15 - 35	Nijdam et al. 2012 S.764
Globale Fischerei	1,7	17	10	Tyedmers et al 2005 S.636
Viktoriabarsch (nur Luftfracht)	5	20	25	s. Kap. 3.3.1.
Kaisergranat Schleppnetz, Schweden	32 – 37	16	200 - 231	Ziegler und Valentinsson 2008 S.492
Aquakultur				
Mollusken, Algen in Aquakultur	0	16	0	FAO 2010b S.120
Pangasius (Filet) Aquakultur	3	20	15	Nijdam et al. 2012 S.765
Lachs (Filet) Aquakultur	3 - 8	20	15 - 40	Nijdam et al. 2012 S.764
Aquakultur global	3 - 15	20	15 - 75	Nijdam et al. 2012 S.763
Lachs Aquakultur	1,9 – 28,2	20	10 - 141	Ayer and Tyedmers 2009 S.371
Forelle Aquakultur süßw. (Filet)	7	20	35	Nijdam et al. 2012 S.764

Dem gegenüber liegt der Mittelwert für den CO₂ Ausstoß der globalen **Fischereiflotte** bei 1,7 kg pro kg Fanggewicht (Tyedmers *et al.* 2005 S.636), entsprechend ca. 3,4 kg pro kg Filetgewicht. Einschließlich Verarbeitung liegen die CO₂ - Werte der Fischereien zwischen 1 und 7 kg CO₂-Äq. pro kg Fischfilet, entsprechend 5 bis 35 CO₂-Äq. pro kg Fischprotein. Eine Ausnahme stellt die sehr energieintensive Fischerei auf Kaisergranat dar, die mehr als 200 kg CO₂-Äq. pro kg Fischprotein erzeugen kann (Tabelle 4—6-1 und Abbildung 4-5).

Die **Aquakultur**produktion von Mollusken und Algen erzeugt keinen CO₂ Ausstoß und kann sogar als CO₂ Senke wirken. Die Produktion von Fischen in Aquakultur emittiert zwischen 3 und 15 kg CO₂-Äq. pro kg Produkt (entsprechend 15 bis 75 kg CO₂-Äq. pro kg Protein), allerdings mit deutlich höheren Werten bei intensiver Rezirkulationshaltung von Lachsen (Tabelle 4—6; Abbildung 4-5). CO₂ Emissionen entstehen vor allem durch die eingesetzten fossilen Treibstoffe; die Produktion ist aber weitgehend frei von anderen klimawirksamen Gasen wie Methan, Stickoxid, oder Ammoniak.

Abbildung 4-5: Spannbreite der Klimagas-Emissionen (kg CO₂-Äq./kg Protein) bei verschiedenen Methoden der Tierproteinproduktion und Fischerei



(Daten aus Tab. Tabelle 4—6)

5 Bewertung der Rolle von Fischerei und Aquakultur im Kontext der Welternährung

Die Aufgabe, die Menschheit ausreichend mit tierischen Proteinen zu versorgen, wird zu einer großen Herausforderung für die nahe Zukunft. Die Möglichkeiten des Fischsektors wurden in der Vergangenheit in diesem Kontext oft vernachlässigt. Neuere globale Analysen der Ernährungssituation adressieren jetzt aber zunehmend das Potenzial, das Fischerei und Aquakultur für die Welternährung bieten können. Im Jahr 2011 nahmen FAO und OECD erstmals den Fischsektor in ihre mittelfristige Prognose im Rahmen des „Agricultural Outlook“ auf (OECD/FAO 2011 S.147ff) und prognostizierten ein Wachstum von 15% bis zum Jahr 2020, im Wesentlichen bedingt durch Steigerungen in der Aquakulturproduktion.

Auch in einer umfassenden Darstellung der Welternährungssituation im Auftrag der britischen Regierung werden die Probleme und Möglichkeiten von Fischerei und Aquakultur ausführlich behandelt (Foresight 2011). Bereits heute hängt die Versorgung von ca. einer Milliarde Menschen mit tierischem Protein in den ärmsten Ländern hauptsächlich von Fischerei und Aquakulturproduktion ab (*ibid.* S.10). Das nicht adäquate Management internationaler Fischereien verdeutlicht exemplarisch viele der politischen und institutionellen Hindernisse effektiver gemeinsamer Problemlösungen (*ibid.* S.14). Der Foresight Report empfiehlt, traditionelle genossenschaftliche Modelle für die Nutzung der Allmende Fisch stärker zu entwickeln und durch langfristige und übertragbare individuelle Fangrechte Anreize für Aufwandreduzierung und Aufbau der Ressourcen zu erreichen. Gleichzeitig sollten alle Fänge und Anlandungen genau erfasst werden. Dies ermöglicht bei einer transparenten wissenschaftsbasierten Bewirtschaftung der Ressource Fisch verbesserte Erträge, verringerte Managementkosten und höhere Ressourcenrenten. Ökosystembasierte adaptive Managementstrategien sollten das Instrument der temporären oder permanenten Meeresschutzgebiete nutzen. Solche adaptiven Strategien werden besonders angesichts der zu erwartenden Veränderungen von Fischverbreitung und –wanderungen durch Klimavariabilität notwendig werden (*ibid.* S.20). Selbstverständlich müssen auch alle bereits heute illegalen destruktiven Fischereimethoden wie Dynamit- und Gifffischerei, unzulässige Fanggeräte, Zerstörung von Riffen, sowie der Beifang von Begleitarten und das Töten von konkurrierenden Fischfressern (Robben, Meeresvögeln) abgestellt werden um eine ökosystemgerechte Fischerei zu gewährleisten. Der Weg hin zu einer nachhaltigen Fischerei kann durch öffentlichen Druck von Verbrauchern und Handel gegen IUU Fischerei und Sanktionierung nicht nachhaltiger Fischereien unterstützt werden.

Aber selbst mit optimalen Managementmethoden kann ein nachhaltiger Fischereiertrag aus Wildfängen der Weltmeere nur in der Größenordnung von 100 Mio. t pro Jahr liegen (Gulland 1971). Darum wird ein Großteil der zukünftig benötigten aquatischen Proteine und Pflanzen in Aquakultur erzeugt werden. Für die Entwicklung einer umweltverträglichen und biodiversitätserhaltenden Aquakultur ist sicher zu stellen, dass Futter-, Wasser- und Energieeinsatz optimiert

werden, etwa durch die Verwendung effizienterer Fischarten und optimierter Futtermittel mit geringerem Einsatz von Fischmehl und -öl aus Wildfischfängen. Die Ausweitung der Aquakultur darf nicht zur Überfischung freilebender Fischbestände oder zur Zerstörung von ökologisch wertvollen Feuchtgebieten und Küstenlandschaften führen und keine fremden Arten in die Gewässer einbringen, die die Genpools wildlebender Arten verfälschen. Die Bekämpfung von Fressfeinden in Teichen und Hälterungsbecken darf nicht zur Bedrohung dieser Arten (Vögel, Säuger, Reptilien, Fische) in den von der Aquakultur genutzten Gewässern führen, und es müssen ausreichend natürliche Lebensräume, wie z.B. Feuchtgebiete und Sümpfe erhalten werden.

Für die ländliche Aquakultur in Teichen und Durchflusssystemen gilt – wie für die Landwirtschaft insgesamt – das Ziel, durch „nachhaltige Intensivierung“ (Foresight 2011), bzw. durch „nachhaltige Produktivitätssteigerung“ (Bauhus et al. 2012 S.15) genug Nahrung auf den heute genutzten Flächen zu erzeugen, damit auch in Zukunft ausreichend unberührtes Land für natürliche Habitate und deren unverzichtbare Ökosystemdienste erhalten bleibt (Foresight 2011 S.33). Potenzial für nachhaltige Produktivitätssteigerung besteht in der Aquakultur zum Beispiel dadurch, dass die verwendeten Fischstämme bisher wenig gezielt züchterisch bearbeitet werden (Begemann et al. 2012 S.39). Durch züchtungsgenetische Verbesserungen könnten erhebliche Produktionssteigerungen erwartet werden. In einem Projekt zur Entwicklung leistungsfähigerer *Tilapia* Stämme auf den Philippinen wurden in einem Zeitraum von 12 Jahren individuelle Wachstumssteigerungen von 64% erzielt (Yosef 2009, S.2).

Erhebliches Potenzial könnte auch in der offshore Aquakultur außerhalb der unmittelbaren Küstengewässer mit ihren vielfältigen Nutzungskonkurrenzen liegen. In einem Forschungsprojekt des Alfred-Wegener-Instituts in Bremerhaven wird zurzeit untersucht, wie die Fundamente von Windkraftanlagen in offshore Windparks für Netzgehege oder Muschelkulturen genutzt werden können (http://www.awi.de/fileadmin/user_upload/News/Print_Products/PDF/2000_2001/2JB000122.PDF; 14.1.2013). Erfolgversprechende Versuche für die Fischproduktion in verankerten offshore Unterwasser-Netzkäfigen werden an der Universität Hawaii in einem Demonstrationsprojekt durchgeführt (http://www.oar.noaa.gov/spotlite/archive/spot_hawaii.html; 17.12.2012). Die Nutzung des offenen Meeres für Aquakulturanlagen könnte in Zukunft bedeutende Mengen von Fischeiweiß für die Versorgung der Menschheit produzieren, wenn es gelingt, die technischen Herausforderungen, die mit dem Bau von Offshore-Anlagen verbunden sind, zu meistern und die Wirtschaftlichkeitsschwelle zu erreichen.

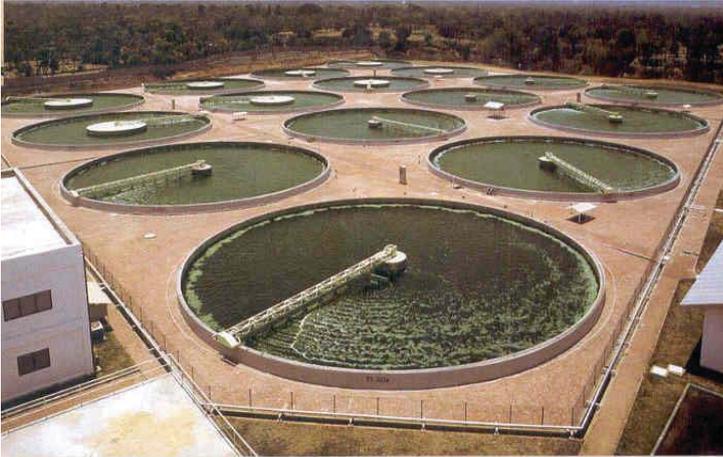
Eine deutliche Ausweitung der Aquakultur im ländlichen Raum der Entwicklungsländer wird durch Wissensvermittlung zur Nutzung vorhandener und neu angelegter Wasserflächen, Be- und Entwässerungssystemen, Reisfeldern etc. im Rahmen von „community development“ Vorhaben erfolgen und kann zu einer nachhaltigen Steigerung der Proteinproduktion in den bedürftigsten Regionen und Ländern beitragen. So wird etwa von der FAO das AFSPAN Projekt ("Aquaculture for Food Security, Poverty Alleviation and Nutrition") entwickelt, das sich gezielt für die Entwicklung von Aquakultur für die Ernährungssicherung und Armutsbekämpfung einsetzt (<http://www.fao.org/news/story/en/item/159323/icode/>).

In den Industrieländern wird die zukünftige Entwicklung dagegen in hochtechnisierten Rezykulationsanlagen liegen. Geschlossene Kreislaufsysteme sind effizient bei Wasser- und Platzbedarf, erfordern aber aufwändige Technologien und sind energieintensiv. Sie können für hochpreisige Produkte wie Lachs, Kaviar etc. bereits heute wirtschaftlich sein. Im Zusammenhang mit der subventionierten Bioenergieerzeugung im Rahmen des EEG entstehen in Deutschland zunehmend Warmwasser-Kreislaufanlagen z.B. für afrikanische Welse, die die Abwärme von Biogasanlagen nutzen (Brämick 2010 S.35).

Potenzial für intensive Produktion auf engem Raum beinhalten neue Technologien der integrierten Kultur von Fischen und Pflanzen (Aquaponic), wie sie derzeit im Versuchsstadium betrieben werden (<http://www.igb-berlin.de/astafpro.html>; am 27.9.2012). Solche integrierten Anlagen werden als Vision für zukünftige lokale Erzeugung von Gemüse und Fischprotein in den Innenstädten großer Metropolen auf Dächern oder in speziellen Gebäuden gesehen und könnten möglicherweise zur Versorgung einer immer stärker urbanisierten Menschheit beitragen.

Bereits industriell etabliert ist die Erzeugung von pflanzlichen Proteinen durch die Kultur einzelliger Algen im großtechnischen Maßstab. Wegen ihres hohen Gehaltes an sekundären Pflanzenstoffen werden Mikroalgen der Gattungen *Spirulina* und *Chlorella* kommerziell als Nahrungsergänzungstoffe und als wertvoller Rohstoff für die pharmazeutische Industrie angebaut. *Spirulina* enthalten β -Karotin, die Vitamine B und E, Calcium, Eisen und Magnesium, und darüber hinaus alle essentielle Aminosäuren. Der Schwerpunkt der Mikroalgenproduktion liegt in tropischen und subtropischen Gebieten (<http://www.naturland.de/mikroalgen.html>).

Die Bedeutung von *Spirulina* geht bereits heute weit über die Produktion von Nahrungszusatzstoffen und pharmazeutischen Produkten in Industrieländern hinaus. Die Vollversammlung der Vereinten Nationen hat auf ihrer 60. Sitzung im Jahr 2005 eine Resolution verabschiedet, in der zur Verwendung von *Spirulina* Algen zur Bekämpfung von Hunger und Unterernährung aufgerufen wird, und die FAO beauftragt, eine Analyse des Potenzials zu erstellen (Habib *et al.* 2008 S.1). Die *Spirulina* Algen kommen natürlicherweise in alkalinen Gewässern in Mexico und Afrika, z.B. im Tschadsee vor und wurden dort traditionell als vitamin- und proteinreiche Ergänzungsnahrung genutzt. Die Algen können ebenfalls als Zusatzfutter in der Aquakultur und Viehhaltung verwendet werden. Die Produktion von *Spirulina* ist vergleichsweise einfach und kann selbst in kleinsten Anlagen erfolgen. Bei einem Proteingehalt von 60% in der Trockenmasse wird eine Proteinproduktion erreicht, die pro Flächeneinheit 20fach über der von Soja liegt, 40-fach über Mais, und 200-fach über Rindfleisch (Habib *et al.* 2008 S.10). Die Produktion benötigt wenig Platz und nutzt auch salziges Wasser und Abwasser. Mit 2100 l pro kg Protein beträgt der Wasserbedarf in der industriellen Produktion von *Spirulina* nur 25% des Bedarfs von Soja, 17% von Mais, und 2% von Rindfleisch (*ibid.* S.10). Der EROI Wert ist 5 mal größer als der von Soja, doppelt so hoch wie der von Mais, und 100 mal höher als der von Rindfleisch aus Masthaltung (*ibid.*).

Abbildung 5-1: Industrielle Algenproduktion in Japan

(aus Habib *et al.* 2008 S.15)

Die weltweiten Aktivitäten zur Entwicklung der Produktion von *Spirulina* für die Bekämpfung von Hunger und Unterernährung werden von der UN durch eine eigens zu diesem Zweck gegründete Organisation, die “Intergovernmental Institution for the Use of **Micro-algae *Spirulina* Against Malnutrition**” (IIMSAM) gebündelt (<http://www.iimsamspirulinaledge.org/isp/aboutiimsam.aspx>). Auch kommerzielle Unternehmen beschäftigen sich erfolgreich mit der *Spirulina* Produktion (z.B. <http://www.algae-industrymagazine.com/small-farms-in-the-developing-world/>). Die kommerzielle Erzeugung von *Spirulina* Algen lag im Jahr 2008 bei 68.400 t (FAO 2010b S.19).

Abbildung 5-2: Spirulina Tabletten zur Nahrungsergänzung

(Foto: <http://en.wikipedia.org/wiki/Malnutrition>)

Traditionelle Fischerei, Aquakultur, und neue Produktionsmethoden für aquatische Organismen können also in der zukünftigen Versorgung der Menschheit mit Proteinen eine wichtige Rolle spielen. Besonders die vergleichsweise vorteilhaften Produktionszweige wie nachhaltige pelagische Fangfischerei, sowie die Aquakultur von herbivoren und omnivoren Fischen und Weichtieren und die Erzeugung von Mikroalgen werden erheblich dazu beitragen, dass sich die Versorgung auf lokaler und globaler Ebene verbessert, sodass das Ziel, alle Menschen zu jeder Zeit ausreichend mit hochwertigen Lebensmitteln zu versorgen, keine unerreichbare Vision bleiben muss.

6 Zitierte Quellen

- Acharya D., 2011: Fillet quality and yield of farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.): Variations between families, gender differences and the importance of maturation. Thesis, Norwegian University of Life Sciences. (http://brage.bibsys.no/umb/bitstream/URN:NBN:no-bibsys_brage_29353/1/deependra%20acharya.pdf)
- Agnew D.J., Pearce J., Pramod G., Peatman T., Watson R. 2009: Estimating the Worldwide Extent of Illegal Fishing. *PLoS ONE* 4(2): e4570. (<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0004570>)
- Alheit, J Hagen E. 2002: Climate variability and historical NW-European fisheries. In: Wefer G., Berger W.H., Behre K-E., Jansen E. (Hrsg.): *Climate Development and History of the North Atlantic Realm*; Springer Verlag 2002. (http://books.google.de/books?hl=de&lr=&id=LElrcInl0C8C&oi=fnd&pg=PA435&dq=Alheit,+J+Hagen+E.+2002:++Climate+variability+and+historical+NW-European+fisheries.&ots=CnfJTtKPdm&sig=sVdwrD7kcpDxw_f6VOhpZbtXmxc#v=onepage&q&f=false)
- Alvial A., Kibenge F., Forster J., Burgos J.M., Ibarra R., St-Hilaire S., 2012: The Recovery of the Chilean Salmon Industry. The ISA crisis and its consequences and lessons. World Bank, Puerto Montt. 83 pp. (http://www.gaalliance.org/cmsAdmin/uploads/GAA_ISA-Report.pdf)
- ANON 2007: Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London: Earthscan, and Colombo: International Water Management Institute. (http://www.fao.org/nr/water/docs/Summary_SynthesisBook.pdf)
- AWI - Alfred Wegener Institut 2012: Marikultur in offshore Windparks; (http://www.awi.de/de/institut/allgemeine_dienste/technologietransfer/technologieangebote_und_awi_innovationen/marikultur_in_offshore_windparks/)
- Ayer N., Tyedmers P. 2009: Assessing Alternative Aquaculture Technologies: Life Cycle Assessment of Salmonid Culture Systems in Canada, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 17 Iss. 3:362-373). (http://sres.management.dal.ca/Files/Tyedmers/LC_Impacts.pdf)
- Bauernzeitung 2008: Biogaswärme für den Afrikanischen Wels; 45. Woche 2008 S. 37-38. (<http://www.pal-anlagenbau.de/content/fileadmin/pal/content/pdf/Proettlin2.pdf>)
- Bauhus J. , Christen O., Dabbert S., Gauly M., Heißenhuber A., Hess J., Isermeyer F., Kirschke D, Latacz-Lohmann U., Otte A, Qaim M., Schmitz P.M., Spiller A, Sundrum A., Weingarten P., 2012: Ernährungssicherung und nachhaltige Produktivitätssteigerung; Stellungnahme des Wiss. Beirats für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Jan. 2012 (http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Agrarpolitik/Stellungnahme-Ern%C3%A4hrungssicherung.pdf;jsessionid=1990EFC676412382ED8B5D1867E30D05.2_cid296?__blob=publicationFile)
- Begemann F., Herdegen M., Dempfle L., Engels J., Feindt P.H., Gerowitt B., Hamm U., Janßen A., Schulte-Coerne H., Wedekind H. 2012: Wissenschaftlicher Beirat für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim BMELV: Empfehlungen zur Umsetzung des Nagoya-Protokolls bei genetischen Ressourcen in der Land-, Forst-, Fischerei- und Ernährungswirtschaft. Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 60 S. (http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Biodiversitaet/EmpfehlungUmsetzungNagoya.pdf?__blob=publicationFile)

Belitz H.D., Grosch W. 1992: Lehrbuch der Lebensmittelchemie, 4. Auflage, 1992; Springer Verlag.

Béné, C. 2008: Global Change in African Fish Trade: Engine of Development or Threat to Local Food Security? *OECD Food, Agriculture and Fisheries Working Papers*, No. 10, OECD publishing. doi:10.1787/230215206300; (<http://ideas.repec.org/p/oec/agraaa/10-en.html>)

Bergleiter S., Pätzold J., Stamer A., Teufel J. 2004: Ökologische Fischproduktion: Struktur, Entwicklung, Probleme, politischer Handlungsbedarf. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Bonn, Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau. (<http://www.orgprints.org/4200>)

BLE 2010: Die Hochsee und Küstenfischerei in der Bundesrepublik Deutschland; BLE Ref. 523, Hamburg.

(http://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/02_Kontrolle/02_Fischerei/01_Fischwirtschaft/Anlandestatistik2010.pdf?__blob=publicationFile)

BLE 2011: Der Markt für Fischereierzeugnisse in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2011. BLE Ref. 523, Hamburg.

(http://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/02_Kontrolle/02_Fischerei/01_Fischwirtschaft/Jahresbericht2011.pdf?__blob=publicationFile)

BMELV Statistisches Jahrbuch 2012: <http://www.bmelv-statistik.de/de/statistisches-jahrbuch/>

Bosma R.H., Verdegem M.C.J 2011: Sustainable aquaculture in ponds: Principles, practices and limits, *Livestock Science* 139 (2011) 58–68. (<http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/409750>)

Bostock J., McAndrew B., Richards R., Jauncey K., Telfer T., Lorenzen K., David Little D., Ross L., N., Gatward I., Corner R. 2010: Aquaculture: global status and trends *Phil. Trans. R. Soc. B* 2010 365, 2897–2912. (<http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/365/1554/2897.abstract>)

Brämick U. 2010: Jahresbericht zur Deutschen Binnenfischerei; BMELV 2010

(http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Tier/JahresberichtBinnenfischerei.pdf?__blob=publicationFile)

Browdy, C.L., Hulata, G., Liu, Z., Allan, G.L., Sommerville, C., Passos de Andrade, T., Pereira, R., Yarish, C., Shpigel, M., Chopin, T., Robinson, S., Avnimelech, Y. & Lovatelli, A. 2012: Novel and emerging technologies: can they contribute to improving aquaculture sustainability? In R.P. Subasinghe, J.R. Arthur, D.M. Bartley, S.S. De Silva, M. Halwart, N. Hishamunda, C.V. Mohan & P. Sorgeloos, eds. *Farming the Waters for People and Food*. Proceedings of the Global Conference on Aquaculture 2010, Phuket, Thailand. 22–25 September 2010. pp. 149–191. FAO, Rome and NACA, Bangkok. (<http://www.fao.org/docrep/015/i2734e/i2734e00.htm>)

Cai, J., Jolly, C., Hishamunda, N., Ridler, N., Ligeon, C. & Leung, P. 2012. Review on aquaculture's contribution to socio-economic development: enabling policies, legal framework and partnership for improved benefits. In R.P. Subasinghe, J.R. Arthur, D.M. Bartley, S.S. De Silva, M. Halwart, N. Hishamunda, C.V. Mohan & P. Sorgeloos, eds. *Farming the Waters for People and Food*. Proceedings of the Global Conference

on Aquaculture 2010, Phuket, Thailand. 22–25 September 2010. pp. 265–302. FAO, Rome and NACA, Bangkok. (<http://www.fao.org/docrep/015/i2734e/i2734e00.htm>)

Cappell R. 2001: Economic Aspects of Discarding. UK Case Study: Discarding by North Sea Whitefish Trawlers; Study prepared for MAFF and EC DG Fish by Nautilus Consultants Ltd. (<http://www.eurocbc.org/UKdiscards01.pdf>)

Catchpole, T. L. (2009): Effective discard reduction in European fisheries: Options for fishers and fisheries managers. Surrey: WWF UK. (http://assets.wwf.org.uk/downloads/discard_reduction.pdf)

- Costa-Pierce, B.A., Bartley, D.M., Hasan, M., Yusoff, F., Kaushik, S.J., Rana, K., Lemos, D., Bueno, P. & Yakupitiyage, A. 2012: Responsible use of resources for sustainable aquaculture. In R.P. Subasinghe, J.R. Arthur, D.M. Bartley, S.S. De Silva, M. Halwart, N. Hishamunda, C.V. Mohan & P. Sorgeloos, eds. *Farming the Waters for People and Food*. Proceedings of the Global Conference on Aquaculture 2010, Phuket, Thailand. 22–25 September 2010. pp. 113–147. FAO, Rome and NACA, Bangkok. (<http://www.fao.org/docrep/015/i2734e/i2734e00.htm>)
- De Graaf G., Janssen J. 1996: Handbook on the Artificial Reproduction and Pond Rearing of the African Catfish *Clarias gariepinus* in Sub-Saharan Africa. FAO Fisheries Technical Paper No. 362. ROM, 1996
- De Silva, S.S. 2012: Climate change impacts: challenges for aquaculture, In R.P. Subasinghe, J.R. Arthur, D.M. Bartley, S.S. De Silva, M. Halwart, N. Hishamunda, C.V. Mohan & P. Sorgeloos, eds. *Farming the Waters for People and Food*. Proceedings of the Global Conference on Aquaculture 2010, Phuket, Thailand. 22–25 September 2010. pp. 75–110. FAO, Rome and NACA, Bangkok. (<http://www.fao.org/docrep/015/i2734e/i2734e00.htm>)
- DGE 2004: Der neue DGE Ernährungskreis. (<http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=413>)
- DGE 2011: Vegane Ernährung; Nährstoffversorgung und Gesundheitsrisiken im Säuglings- und Kindesalter (<http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=1130>) 11.05.2011
- DGE 2012: Europäische Referenzwerte für die Proteinzufuhr. (<http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=1227>)
- Duarte C.M., Holmer M., Olsen Y., Soto D., Marba N., Guiu J., Black K., Karakassis I. 2009: Will the Oceans Help Feed Humanity? *BioScience* December 2009; Vol. 59 No. 11:967-976 (http://www.aquafeed.com/documents/1259799636_1.pdf)
- Dugan P., Sugunan V.V., Welcomme R.L., Béné C., Brummett R.E., Beveridge M.C.M. 2007: Inland Fisheries and Aquaculture; pp. 459-483, in: *Freshwater Fisheries*; CGIAR-IWMI Part 4 Ch8-16 final.indd (<http://www.iwmi.cgiar.org/assessment/water%20for%20food%20water%20for%20life/chapters/chapter%2012%20fisheries.pdf>)
- Dusseldorp, M., Sauter A. 2011: Endbericht zum TA-Projekt „Forschung zur Lösung des Welternährungsproblems – Ansatzpunkte, Strategien, Umsetzung“; Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB); Arbeitsbericht 142. 1-184. Feb. 2011. (<http://www.tab-beim-bundestag.de/de/publikationen/berichte/ab142.html>)
- Elmadfa I., Aign W., Muskat E., Fritzsche D. 2000: Die große GU Nährwert Kalorien Tabelle, Gräfe und Unzer Verlag
- Europäische Kommission 2009: Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat. Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Zukunft für die Aquakultur. Neuer Schwung für die Strategie für die nachhaltige Entwicklung der europäischen Aquakultur; Brüssel, den 8.4.2009; KOM(2009)162 endgültig. (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0162:FIN:DE:PDF>)
- Europäische Kommission 2010a: EC Regulation 1005/2008 to Prevent, Deter and Eliminate Illegal, Unreported and Unregulated (IUU) Fishing; Information Note, p1-8. (http://ec.europa.eu/fisheries/cfp/illegal_fishing/info/information_note01_en.pdf)

- Europäische Kommission 2010b: Facts and Figures on the Common Fisheries Policy. Basic Statistical Data. Maritime Affairs and Fisheries, Brüssel 2010. (<http://bookshop.europa.eu/en/facts-and-figures-on-the-common-fisheries-policy-pbKLAH09001/>)
- Europäische Kommission 2011: Agriculture and fishery statistics - Main results – 2009-10; Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2011;152 pp. (http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-FK-11-001/EN/KS-FK-11-001-EN.PDF)
- Europäische Kommission 2012a: Agricultural and Rural Development; Cereals, oilseeds and protein crops, rice (http://ec.europa.eu/agriculture/cereals/index_en.htm)
- Europäische Kommission 2012b: Facts and Figures on the Common Fisheries Policy. Basic Statistical Data. Maritime Affairs and Fisheries, Brüssel 2012. (http://ec.europa.eu/fisheries/documentation/publications/pcp_en.pdf)
- Europäische Kommission 2012c: Maria Damanaki`s news. E-newsletter, 19.11.2012
- Europäisches Parlament 2012: Fischereiausschuss; Arbeitsdokument über die externe Dimension der Gemeinsamen Fischereipolitik; DT\888516DE.doc; PE478.693v01-00 (http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/pech/dt/888/888516/888516de.pdf)
- FAO 1989: Yield and nutritional value of the commercially more important fish species. FAO Fisheries Technical paper 309. Rom, 187 pp. (<http://www.fao.org/docrep/003/T0219E/T0219E01.htm#ch1>)
- FAO 2001: International Plan of Action to prevent, deter and eliminate illegal, unreported and unregulated fishing. Rome, FAO. 2001. 24p. (<http://www.fao.org/docrep/003/y1224e/y1224e00.htm>)
- FAO 2006: Livestock`s long shadow. Environmental issues and options. FAO Rom, 390 pp. (<http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM>)
- FAO 2009a: The State of Food and Agriculture 2009. Rom. (<http://www.fao.org/docrep/012/i0680e/i0680e00.htm>)
- FAO 2009b: The state of food insecurity in the world. P 1-56. Rom. (<http://www.fao.org/docrep/012/i0876e/i0876e00.htm>)
- FAO 2010a: Statistical Yearbook (FAOSTAT) Tables B1- B12, Rom 2010 (<http://www.fao.org/economic/ess/ess-publications/ess-yearbook/ess-yearbook2010/yearbook2010-production/en/>)
- FAO 2010b: The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA), Rom 2010. (<http://www.fao.org/docrep/013/i1820e/i1820e00.htm>)
- FAO 2010c: Fishery and Aquaculture Statistics 2008. FAO Rom. (<http://www.fao.org/docrep/013/i1890t/i1890t.pdf>)
- FAO 2011a: Food Outlook – Market Assessments, S. 1-10; Rom, Nov. 2011 (<http://www.fao.org/docrep/014/al981e/al981e00.pdf>)
- FAO 2011b: World Livestock 2011 – Livestock in food security. Rome, FAO. 1-115. (<http://www.fao.org/docrep/014/i2373e/i2373e00.htm>)
- FAO 2011c: The State of Food Insecurity in the World. Rom (<http://www.fao.org/docrep/014/i2330e/i2330e00.htm>)
- FAO 2011d: Yearbook of Fishery and aquaculture Statistics 2009; Rom. (<http://www.fao.org/docrep/016/ba0058t/ba0058t00.htm>)
- FAO 2011e: Review of the State of World Marine Fishery resources; Rom (<http://www.fao.org/docrep/015/i2389e/i2389e.pdf>)
- FAO 2012a: Statistical Yearbook, World Food and Aquaculture, **Part 3: Feeding the World**, S.174-194; Rom (<http://www.fao.org/docrep/015/i2490e/i2490e00.htm>)

- FAO 2012b: What is chronic hunger? FAO Hunger Portal (<http://www.fao.org/hunger/en/>) 23.10.2012
- FAO 2012c: Statistical Yearbook, World Food and Aquaculture, Part 2: Hunger Dimensions, S.84-95; Rom (<http://www.fao.org/docrep/015/i2490e/i2490e00.htm>)
- FAO 2012d: Background and Meat Consumption; Rural Infrastructure and Agro-Industries Division; 25.10.2012. (<http://www.fao.org/ag/ags/post-harvest-management/meat-meat-products/background-and-meat-consumption/en/>)
- FAO 2012e: The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA), Rom 2012; (<http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e00.htm>)
- FAO 2012f: Nutritional Elements of Fish; FAO Fisheries and Aquaculture Department, (<http://www.fao.org/fishery/topic/12319/en;>) 29.10.2012
- FAO 2012g: The composition of Fish; (<http://www.fao.org/wairdocs/tan/x5916e/x5916e01.htm>) 30.10.2012
- FAO 2012h: Statistical Yearbook, part 3 - tables; S. 214-280. (<http://www.fao.org/docrep/015/i2490e/i2490e03d.pdf>)
- FAO 2012i: Assessing and monitoring the aquaculture sector performance. COFI Sub Committee on Aquaculture, 6th session; Cape Town 26-30. March 2012. (<http://www.fao.org/cofi/30794-093fe4fd6ff791391634c0c7d616804ac.pdf>)
- FAO 2012j: Statistical Yearbook Part 1; The Setting; S.1-17. (<http://www.fao.org/docrep/015/i2490e/i2490e01a.pdf>)
- FAO 2012k: The state of food insecurity in the world. Rom. p.1-61. (<http://www.fao.org/publications/sofi/en/>)
- FAO / Weltbank 2009: The sunken Billions. The economic justification for Fisheries Reform. 1-100. Rom / Washington. (<http://go.worldbank.org/MGUTHSY7U0>)
- Fischmagazin 2011a: Krill - China steigert Fänge erheblich. News aus der Fischbranche 27.12.2011. (<http://www.fischmagazin.de/newsartikel-seriennummer-1886-Krill+China+steigert+Faenge+erheblich.htm>)
- Fischmagazin 2011b: Norwegen: Bei Fischmehl drohen Rekordpreise. News aus der Fischbranche 24.01.2011 (<http://www.fischmagazin.de/newsartikel-seriennummer-1463-Norwegen+Bei+Fischmehl+drohen+Rekordpreise.htm>)
- Fischmagazin 2012a: Chile -Gewinnmargen vieler Lachszüchter unter Druck; Heft 6/2012, S.8. (www.fischmagazin.de)
- Fischmagazin 2012b: Chiles Lachsindustrie hat sich von Grund auf erneuert. Heft 9/2012, S.46-52. (www.fischmagazin.de)
- Fischmagazin 2012b Seelachs: Kutterfischer reduzieren Treibstoffverbrauch um ein Viertel. News aus der Fischbranche.19.03.2012 (<http://www.fischmagazin.de/newsartikel-seriennummer-2039-Seelachs+Kutterfischer+reduzieren+Treibstoffverbrauch+um+ein+Viertel.htm>)
- Fischmagazin 2012c: Schnellwarnungen und Informationsmeldungen, Heft 1/2012, S.18
- Fischmagazin 2012d : Schnellwarnungen und Informationsmeldungen, Heft 9/2012 S.16
- Fischmagazin 2012e: Schnellwarnungen und Informationsmeldungen Heft 8/2012 S.14
- Fischmagazin 2012f: Schnellwarnungen und Informationsmeldungen Heft 11/2012 S.16
- FIZ 2011: Fischwirtschaft, Daten und Fakten 2011; Fischinformationszentrum e.V. Hamburg. (http://www.aquaculture-forum.de/fileadmin/pdfs/Daten_und_Fakten_Fischwirtschaft_2011.pdf)
- Foresight. The Future of Food and Farming 2011: Final Project Report. The Government Office for Science, London. 211pp. (<http://www.bis.gov.uk/assets/foresight/docs/food-and-farming/11-547-future-of-food-and-farming-summary>)

- Garcia S. M., Rosenberg A. A. 2010: Food security and marine capture fisheries: characteristics trends, drivers and future perspectives *Phil. Trans. R. Soc. B* 2010 365, 2869-2880.
(<http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/365/1554/2869.full.pdf+html>)
- GESAMP 1991: *Reducing environmental impacts of coastal aquaculture*. IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution, GESAMP Reports and Studies No. 47. Rome, FAO. 35 pp.
(<http://www.fao.org/docrep/006/u3100e/u3100e00.htm>)
- Gianni, M. and Simpson, W. 2005: The Changing Nature of High Seas Fishing: how flags of convenience provide cover for illegal, unreported and unregulated fishing. Australian Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, International Transport Workers' Federation, and WWF International, 1-83. (<http://www.wwf.org.uk/filelibrary/pdf/flagsofconvenience.pdf>)
- Groenewold, S., Bergman, M. (2003): Auswirkung der Fischerei auf das Bodenökosystem der Nordsee und Ansätze zur Verringerung von Schadwirkungen. In: Lozan, J. L., Rachor, E., Reise, K., Sündermann, J., Westernhagen, H. von (Hrsg.): Warnsignale aus Nordsee und Wattenmeer: Eine aktuelle Umweltbilanz. Hamburg: Wissenschaftliche Auswertungen, S. 280–287.
- Gulland J.A. 1971: The fish resources of the ocean. 255p. Surrey, UK, Fishing News (Books) Ltd.
- Habib, M.A.B.; Parvin, M.; Huntington, T.C.; Hasan, M.R. 2008: A review on culture, production and use of spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. FAO Fisheries and Aquaculture Circular. No. 1034. Rome, FAO. 2008. 33p.
(<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0424e/i0424e00.pdf>)
- Hall S.J., Andrew N.L. 2011: Recent developments in fisheries science and their prospects for improving fisheries contributions to food security. UK Government office for science, foresight science review SR9 (<http://www.bis.gov.uk/Foresight>)
- Hine, M., Adams, S., Arthur, J.R., Bartley, D., Bondad-Reantaso, M.G., Chávez, C., Clausen, J.H., Dalsgaard, A., Flegel, T., Gudding, R., Hallerman, E., Hewitt, C., Karunasagar, I., Madsen, H., Mohan, C.V., Murrell, D., Perera, R., Smith, P., Subasinghe, R., Phan, P.T. & Wardle, R. 2012: Improving biosecurity: a necessity for aquaculture sustainability, *In* R.P. Subasinghe, J.R. Arthur, D.M. Bartley, S.S. De Silva, M. Halwart, N. Hishamunda, C.V. Mohan & P. Sorgeloos, eds. *Farming the Waters for People and Food*. Proceedings of the Global Conference on Aquaculture 2010, Phuket, Thailand. 22–25 September 2010. pp. 437–494. FAO, Rome and NACA, Bangkok. (<http://www.fao.org/docrep/015/i2734e/i2734e00.htm>)
- ICES 2008: Report of the Study Group for Bycatch of Protected Species (SGBYC), 29-31 January 2008, ICES, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2008/ACOM: 48. 82 pp. porpoise: S.15
(http://www.ices.dk/reports/ACOM/2009/SGBYC/sbyc_final_2009.pdf)
- ICES 2012a: Cod in Subarea IV (North Sea) and Divisions VIId (Eastern Channel) and IIIa West (Skagerrak) ICES Advice 2012, Book 6; Copenhagen.
(<http://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/ICES%20Advice/2012/ICES%20ADVICE%202012%20BOOK%206.pdf>)
- ICES 2012b: Herring in Subarea IV and Divisions IIIa and VIId (North Sea autumn spawners). ICES Advice 2012, Book 6, S. 291; Copenhagen.
(<http://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/ICES%20Advice/2012/ICES%20ADVICE%202012%20BOOK%206.pdf>)

- ICES 2012c: Multispecies considerations for the central Baltic stocks: cod in Subdivisions 25–32, herring in Subdivisions 25–29 and 32, and sprat in Subdivisions 22–32 *ICES Advice 2012, Book 8*. (http://www.ices.dk/committe/acom/comwork/report/2012/2012/Baltic_multispecies_advice.pdf)
- Kawarazuka N. 2010: The contribution of fish intake, aquaculture, and small-scale fisheries to improving nutrition: A literature review. Working Paper No.2106. The WorldFish Center, Penang, Malaysia. 51 p. (http://www.worldfishcenter.org/resource_centre/WP_2106_Nutrition.pdf)
- Kelleher K. 2005: Discards in the world's marine fisheries. An update. FAO Fisheries Technical Paper No. 470. Rome, FAO. 152 pp. (<http://www.fao.org/docrep/008/y5936e/y5936e00.htm>)
- Keller M. 2010: Flugimporte von Lebensmitteln und Blumen nach Deutschland. Gutachten des Institut für alternative und nachhaltige Ernährung (IFANE) für die Verbraucherzentralen Hessen. (http://www.vzhh.de/docs/100187/Studie%20Flugimporte_Deutschland%202010.pdf) am 9.10.2012).
- Klingholz R., Töpfer K. 2012: Das Trilemma des Wachstums. Discussion Paper 8, Berlin Institut für Bevölkerung und Entwicklung; Berlin, März 2012. (http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user_upload/Trilemma_des_Wachstums/DP_Klima_Web.pdf)
- Koerber K. von, Kretschmer J., Prinz S., Dasch E. 2009: Globale Nahrungssicherung für eine wachsende Weltbevölkerung – Flächenbedarf und Klimarelevanz sich wandelnder Ernährungsgewohnheiten. *J. Verbr. Lebensm.* 4 (2009): 174 – 189. (<http://www.bfeo.de/publikationen/Globale%20Nahrungssicherung-JVL.pdf>)
- Kolding, J. and Zwieter, P.A.M. van, 2006: Improving productivity in tropical lakes and reservoirs. Challenge Program on Water and Food - *Aquatic Ecosystems and Fisheries Review Series 1*. Theme 3 of CPWF, C/o WorldFish Center, Cairo, Egypt. 139 pp. ISBN: 977-17-3087-8. (http://www.worldfishcenter.org/resource_centre/WF_1088.pdf)
- Lobo A.S., Balmford A., Arthur R., Manica A. 2010: Commercializing bycatch can push a fishery beyond economic extinction, *Conservation Letters*; Vol. 3, issue 4 p. 277–285, August 2010. (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1755-263X.2010.00117.x/abstract>)
- Longhurst A., Sathyendranath S., Platt T., Caverhill C. 1995: An estimate of global primary production in the ocean from satellite radiometer data. *J. Plankton Res.* (1995) 17 (6): 1245-1271. (<http://plankt.oxfordjournals.org/content/17/6/1245.short>)
- Macfadyen G., Huntington T., Cappell R. 2009: Abandoned, lost, or otherwise discarded fishing gear. FAO Technical Paper 523 / UNEP Regional Seas Reports and Studies 185; 115 pp. (<http://www.fao.org/docrep/011/i0620e/i0620e00.htm>)
- Martin J.I. 2010: Fisheries in Mauritania and Fishery Agreements with the EU. Note to the Committee on Fisheries of the European Parliament; IP/B/PECH/NT/2010_04; PE 438.610EN; (<http://www.europarl.europa.eu/committees/en/pech/studiesdownload.html?languageDocument=EN&file=32933>)
- Murphy D.J., Hall C.A.S. 2010: Year in review—EROI or energy return on (energy) invested *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1185:102–118 (http://www.soest.hawaii.edu/GG/FACULTY/ITO/GG410/EROI_Future_Energy_Sources/Murphy_EROI_AnNYAcSci10.pdf)
- Naturland 2012: Richtlinien für die ökologische Aquakultur. Naturland - Verband für ökologischen Landbau e.V. http://www.naturland.de/fileadmin/MDB/documents/Richtlinien_deutsch/Naturland-Richtlinien_Aquakultur.pdf

- Naylor R.L., Hardy R.W., Bureau D.P., Chiu A., Elliott M., Farrell A.P., Forster I., Gatlin D.M., Goldburgh R.J., Huac K., Nichols P.D 2009: Feeding aquaculture in an era of finite resources. PNAS September 8, 2009; vol. 106 no. 36:15103–15110. (www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0905235106)
- Nichol S., Foster J 2003: Recent trends in the fishery for Antarctic krill. Aquatic Living Resources ; Volume16, Issue 01, January 2003: pp 42-45.
- Nijdam D., Rood T., Westhoek H. 2012: The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes Food Policy 37 (2012) 760–770. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306919212000942>)
- OECD 2010a: Globalization in Fisheries and Aquaculture, Opportunities and Challenges. (<http://www.oecd.org/tad/fisheries/globalisationinfisheriesandaquacultureopportunitiesandchallenges.htm>)
- OECD 2010b: Advancing the Aquaculture Agenda -Workshop Proceedings, April 2010 Paris. (<http://www.oecd.org/tad/fisheries/advancingtheaquacultureagendaworkshopproceedings.htm>)
- OECD/FAO 2011: OECD-FAO Agricultural Outlook 2011-2020, OECD Publishing and FAO. (http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2011-en)
- Omlor M., 2010: Informationsmaterialien über den ökologischen Landbau und zur Verarbeitung ökologischer Erzeugnisse für die Aus- und Weiterbildung im Ernährungshandwerk und in der Ernährungswirtschaft. AID - BLE. (http://www.oekolandbau.de/fileadmin/redaktion/oeko_lehrmittel/Ernaehrungswirtschaft/Fleischerhandwerk/fl_modul_b/fl_b_01/flm_b_01_04_2010.pdf)
- OSPAR Commission 2010: Quality Status Report 2010; Background Document for Black-legged kittiwakes *Rissa tridactyla tridactyla*; London: OSPAR Commission (http://qsr2010.ospar.org/media/assessments/Species/P00414_Black_legged_kittiwake.pdf?zoom_highlight=sandeeel#search=%22sandeeel%22)
- Pauly D 1996: One hundred million tonnes of fish, and fisheries research. Fisheries Research 25: 25-38. (<http://www.seaaroundus.org/researcher/dpauly/PDF/1996/JournalArticles/OneHundredMillionTonnesFish.pdf>)
- Peron G., Mittaine J.F., LeGallic B. 2010: Where do fishmeal and fish oil products come from? An analysis of the conversion ratios in the global fishmeal industry. Marine policy 34 (2010) 815–820 (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308597X1000028X>)
- Pund P.R., Heberer T 2007: Lebensmittelsicherheit bei Aquakulturen – eine Herausforderung im Zeichen der Globalisierung. Vortrag: Tag der Wissenschaften; Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) 8.11.2007 (http://www.bfr.bund.de/cm/343/lebensmittelsicherheit_bei_aquakulturen_eine_herausforderung_im_zeichen_der_globalisierung.pdf)
- Ramos S., Vázquez-Rowe I., Artetxe I., Moreira M.T., Feijoo G., Zufía J. 2011: Environmental assessment of the Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) season in the Basque Country. Increasing the timeline delimitation in fishery LCA studies. Int J Life Cycle Assess (2011) 16:599–610. (http://www.usc.es/biogrup/sites/default/files/2011_IJLCA_16_7_599-610.pdf)
- Rana, K.J., Siriwardena, S., Hasan, M.R. 2009: Impact of rising feed ingredient prices on aquafeeds and aquaculture production. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 541. Rome, FAO. 2009. 63p. (<http://www.fao.org/docrep/012/i1143e/i1143e.pdf>)
- Revill, A., Holst, R. (2004): Reducing discards of North Sea brown shrimp (*C. crangon*) by trawl modification. Fisheries Research 68 (1–3), S. 113–122. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016578360400048>)

- SEAFDEC 2012: Summary on the Status of Tuna Fisheries in the Western Central Pacific Ocean. Forty-fourth Meeting of the Council; Southeast Asian Fisheries Development Center Nay Pyi Taw, the Republic of the Union of Myanmar 2-6 April 2012. Ref07B. (<http://www.seafdec.org/index.php/events/58-44cm>)
- Sena S., De Silva Æ, Turchini G.M. 2008: Towards Understanding the Impacts of the Pet Food Industry on World Fish and Seafood Supplies. *J Agric Environ Ethics* (2008) 21:459–467. (http://www.researchgate.net/publication/225428877_Towards_Understanding_the_Impacts_of_the_Pet_Food_Industry_on_World_Fish_and_Seafood_Supplies)
- Statistisches Bundesamt 2012: Tierische Erzeugung - Betriebe mit Erzeugung der Aquakultur sowie erzeugter Menge im Jahr 2011. (https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2012/07/PD12_227_41362.html)
- Subasinghe R.P., J.R. Arthur, D.M. Bartley, S.S. De Silva, M. Halwart, N. Hishamunda, C.V. Mohan & P. Sorgeloos, eds. 2012: *Farming the Waters for People and Food*. Proceedings of the Global Conference on Aquaculture 2010, Phuket, Thailand. 22–25 September 2010. FAO, Rome and NACA, Bangkok 2012; 896 pp. (<http://www.fao.org/docrep/015/i2734e/i2734e00.htm>)
- Sumaila UR, Cheung W, Dyck A, Gueye K, Huang L, et al. 2012: Benefits of Rebuilding Global Marine Fisheries Outweigh Costs. *PLoS ONE* 7(7): e40542. (<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0040542>)
- Tveterås S, Asche F, Bellemare MF, Smith MD, Guttormsen AG, et al. 2012: Fish Is Food - The FAO's Fish Price Index. *PLoS ONE* 7(5): e36731. doi:10.1371/journal.pone.0036731 (<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0036731>)
- Tyedmers P. 2004: Fisheries and energy use. *Encyclopedia of Energy*, Volume 2: 683 – 693. Elsevier. (http://www.fcrn.org.uk/sites/default/files/Fishing_and_Energy_Use.pdf)
- Tyedmers P., Watson R., Pauly D. 2005: Fueling global fishing fleets. *Ambio* 34(8):635-638. (<http://www.seararoundus.org/researcher/dpauly/PDF/2005/JournalArticles/FuelingGlobalFisheriesFleets.pdf>)
- Verdegem M. C. J., Bosma R. H. 2009: Water withdrawal for brackish and inland aquaculture, and options to produce more fish in ponds with present water use. *Water Policy* Vol 11 No S1 pp 52–68 IWA Publishing 2009 doi:10.2166/wp.2009.003. (<http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/lang/388262>)
- WBGU Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen 2000: Welt im Wandel: Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Biosphäre. Jahresgutachten 1999. Springer. (http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/jg1999/wbgu_jg1999.pdf)
- Weltbank / FAO 2009: The Sunken Billions. The economic justification for fisheries reform.1-100. Washington 2009. (<http://elibrary.worldbank.org/content/book/9780821377901>)
- Welthungerhilfe 2012: Zahlen und Fakten, Welternährung 1/2012, S.2 (http://www.millenniumsdoerfer-der-welthungerhilfe.de/uploads/tx_whhmagazin/Welternaehrung_1-2012.pdf) (<http://www.welthungerhilfe.de/ueber-uns/mediathek/whh-artikel/welternaehrung-12012.html>)
- Wijkström, U.N. 2012: Is feeding fish with fish a viable practice? In R.P. Subasinghe, J.R. Arthur, D.M. Bartley, S.S. De Silva, M. Halwart, N. Hishamunda, C.V. Mohan & P. Sorgeloos, eds. *Farming the Waters for People and Food*. Proceedings of the Global Conference on Aquaculture 2010, Phuket, Thailand. 22–25 September 2010. pp. 33–55. FAO, Rome and NACA, Bangkok. (<http://www.fao.org/docrep/015/i2734e/i2734e00.htm>)

- Woitowitz, A. 2007: Auswirkungen einer Einschränkung des Verzehrs von Lebensmitteln tierischer Herkunft auf ausgewählte Nachhaltigkeitsindikatoren – dargestellt am Beispiel konventioneller und ökologischer Wirtschaftsweise. Dissertation Univ. München 2007.
(<http://www.itas.fzk.de/deu/lit/2008/woit08a.pdf>)
- World Fish Center 2011a: Aquaculture, Fisheries, Poverty and Food Security. Working Paper 2011-65; Penang, Dez. 2011; 1-60. (http://www.worldfishcenter.org/resource_centre/WF_2971.pdf)
- World Fish Center 2011b: Fish and Human Nutrition – Micronutrient Deficiencies; Flyer 2011-03;
(http://www.worldfishcenter.org/sites/default/files/fish_human_nutrition_1.pdf)
- Wu R.S.S. 1995: The Environmental Impact of Marine Fish Culture: Towards a Sustainable Future. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 31, Nos 4-12, pp. 159-166.
(<http://teaching.ust.hk/~bisc529/HK/MPP1995v31p159-166%20Wu%20Fish.pdf>)
- Yosef S. 2009: Rich Food for People. Genetically Improved Tilapia in the Philippines. IFPRI Discussion Paper 00925;
34pp. (<http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/ifpridp00925.pdf>)
- Ziegler F., Valentinsson D. 2008: Environmental life cycle assessment of Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) caught along the Swedish west coast by creels and conventional trawls—LCA methodology with case study. *Int J Life Cycle Assess* (2008) 13:487–497.
(<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11367-008-0024-x?LI=true#page-1>)
- Zydelis, R., Bellebaum, J., Österblom, H., Vetemaa, M., Schirmeister, B., Stipniece, A., Dagys, M., Eerden, M. van, Garthe, S. 2009: Bycatch in gillnet fisheries – An overlooked threat to waterbird populations. *Biological Conservation* 142 (7), S. 1269–1281.
(<http://www.stockholmresilience.org/21/publications/artiklar/1-5-2010-bycatch-in-gillnet-fisheries-%E2%80%94-an-overlooked-threat-to-waterbird-populations.html>)

Bibliografische Information:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter www.dnb.de abrufbar.

Bibliographic information:
The Deutsche Nationalbibliothek (German National Library) lists this publication in the German National Bibliografie; detailed bibliographic data is available on the Internet at www.dnb.de

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter www.ti.bund.de

Volumes already published in this series are available on the Internet at www.ti.bund.de

Zitationsvorschlag – Suggested source citation:
Hubold, G. Klepper (2013) Die Bedeutung von Fischerei und Aquakultur für die globale Ernährungssicherung
Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 89 p. Thünen Working Paper 3

Die Verantwortung für die Inhalte liegt bei den jeweiligen Verfassern bzw. Verfasserinnen.

The respective authors are responsible for the content of their publications.



Thünen Working Paper 3

Herausgeber/Redaktionsanschrift – *Editor/address*
Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

thuener-working-paper@ti.bund.de
www.ti.bund.de

DOI:10.3220/WP_1_2013
urn:nbn:de:gbv:253-201305-dn052037-9