



**ARBEITEN  
DES DEUTSCHEN FISCHEREI-VERBANDES e.V.**

**Heft 89**

**2011**

**Fischerzeugung in der Teichwirtschaft -  
Bedeutung und Perspektiven im Zuge der  
Entwicklung der modernen Aquakultur**

**herausgegeben von**

**Dr. Mathias v. Lukowicz**

**Deutscher Fischerei-Verband e.V.  
Venusberg 36 20459 Hamburg**

**ARBEITEN**  
**DES DEUTSCHEN FISCHEREI-VERBANDES e.V.**

**Heft 89**

**2011**

**Fischerzeugung in der Teichwirtschaft –  
Bedeutung und Perspektiven im Zuge der  
Entwicklung der modernen Aquakultur**

**herausgegeben von**

**Dr. Mathias v. Lukowicz**

**ISSN 0415-6641**

Deutscher Fischerei-Verband e.V.

Venusberg 36 20459 Hamburg

[Deutscher-Fischerei-Verband@t-online.de](mailto:Deutscher-Fischerei-Verband@t-online.de)

[www.deutscher-fischerei-verband.de](http://www.deutscher-fischerei-verband.de)

## **ÖFFENTLICHE VORTRAGSVERANSTALTUNG**

des Wissenschaftlichen Beirates des Deutschen  
Fischerei-Verbandes über

Fischerzeugung in der Teichwirtschaft – Bedeutung und  
Perspektiven im Zuge der Entwicklung der modernen  
Aquakultur.

Dresden, den 31. August 2011

# INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Dr. M. v. Lukowicz	Vorwort 1
Dr. G. Füllner	Karpfenteichwirtschaft: Jahrhundertealte Tradition. Gerüstet für die Zukunft? 5
Dr. H. Karl	Produktion von Teichfischen unter den Gesichtspunkten der Hygiene und der Lebensmittelqualität 35
Dr. A. Brinker	Ökobilanz der teichwirtschaftlichen Produktion im Vergleich zu anderen Produktionsformen 61
Dr. L.-F. Pedersen	Entwicklungstendenzen in der dänischen Aquakultur – neue Anregungen für eine umweltneutrale Produktionssteigerung 83
Dr. H. Wedekind	Stand und Entwicklung moderner Aquakultursysteme in Deutschland 101
Dr. P.-D. Sindilariu	Blick in die Zukunft der Aquakultur - Trends und Projekte 117
	Referenten 135



# **Fischerzeugung in der Teichwirtschaft – Bedeutung und Perspektiven im Zuge der Entwicklung der modernen Aquakultur**

## **Vorwort**

Fisch trägt, wenn auch global gesehen mit unterschiedlichen Anteilen, in beträchtlichem Umfang zur Eiweißversorgung des Menschen bei. Die Weltbevölkerung wächst stetig. Gleichzeitig nimmt die Verfügbarkeit terrestrischer Ressourcen ab. Die stagnierenden oder sogar zurückgehenden Fangerträge aus dem Meer und den Binnengewässern können den Eiweißbedarf bei weitem nicht decken. Die Produktion von Fischen und anderen aquatischen Organismen in speziellen Haltungseinrichtungen wird daher immer wichtiger und wohl auch aussichtsreicher.

Fischhaltung wird schon seit Jahrtausenden betrieben. Die ursprüngliche Absicht war, die für Fische geeigneten natürlichen Verhältnisse durch die Anlage künstlicher Habitats, z. B. in Form von Teichen nachzuahmen. Da in solchen naturnahen Einheiten relativ extensiv gewirtschaftet wurde, mussten ausreichend Land und Wasser in Anspruch genommen werden. Diese Art der Fischhaltung, die Teichwirtschaft, gibt es auch heute noch. Sie erlaubt eine gewisse Konzentration der Erzeugung, eine gezielte

Artenauswahl, zeitlich gelenkte Strategien der Vermehrung und Aufzucht sowie die leichtere Abwehr von Gefahren und hat zudem arbeitswirtschaftliche Vorteile.

Ähnlich der landwirtschaftlichen Tierproduktion geht die Entwicklung in der Fischzucht in jüngerer Zeit hin zu immer intensiveren Systemen, in denen sich die Haltungsbedingungen immer weiter von dem natürlichen Vorbild entfernen. Sie müssen jedoch art- und tiergerecht bleiben, um gesetzlichen Regelungen des Tierschutzes zu entsprechen, und außerdem den Tieren soweit physiologisch zuzusagen, dass diese günstige Produktionsergebnisse erbringen. Dies sind guter Zuwachs, hohe Lebensmittelqualität und ökonomischer Erfolg.

Es stellt sich die Frage, ob moderne technische Produktionsmethoden die jahrtausendealte Teichwirtschaftskultur weitgehend zurückdrängen und sie womöglich völlig ersetzen können oder dies sogar sollen: Welche Systeme und Strategien werden in Zukunft Bestand haben, und welchen Einfluss haben hierbei geografische und sonstige Voraussetzungen? Will man konventionelle Produktionsformen mit den heutigen technologisch hoch entwickelten vergleichen und ihre zukünftigen Chancen abwägen, sind verschiedene Kriterien heranzuziehen, die früher weniger ins Gewicht fielen. Zwar sind der Umfang der Produktion und ihre ökonomische Effizienz nach wie vor für viele betriebliche Entscheidungen aus-

schlaggebend. Doch rückt der „ökologische Fußabdruck“ des gesamten Produktionsprozesses, die Bereitstellung eingesetzter Betriebsmittel eingeschlossen, im Sinne der heute überall geforderten Nachhaltigkeit mehr und mehr in den Vordergrund. Hygiene- und Lebensmittelaspekte, soziale Auswirkungen, landeskulturelle Bedeutung, Marktakzeptanz u. a. sind sorgfältig zu beachten.

In der globalisierten Welt sind neue Entwicklungen weiträumig wirksam. Produktionsverfahren wie auch Ansätze zur Bewertung ihres wirtschaftlichen Erfolgs und ihrer Umweltverträglichkeit werden weltweit ausgetauscht und angewendet. Wegen der methodischen Spezifitäten bleibt dennoch eine Abhängigkeit von jeweiligen geografisch bedingten wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Grundvoraussetzungen. Die Umsetzung neuer Entwicklungen erfordert mithin Selektions- und Anpassungsstrategien.

Extensive Teichwirtschaft erbringt in der heute vielfach auf Monokultur ausgelegten Landnutzung nachweisbare Leistungen für den Naturschutz in der Landschaft, während Intensivhaltung Chancen bietet, Eiweiß für die menschliche Ernährung standortunabhängig und mit geringer Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen zu erzeugen. Unter den gegebenen Bedingungen richtig eingesetzt haben beide Formen der Fischproduktion ihre Bedeutung und lassen sich z. T. miteinander kombinieren oder können sich gegenseitig ergänzen.

Die Veranstaltung des Wissenschaftlichen Beirats auf dem Deutschen Fischereitag 2011 will mit den Vorträgen einen Bogen spannen von den anfänglichen, heute noch existierenden Formen der Fischzucht zu Visionen fortschrittlicher und zukunftsweisender Technologien und dabei Hinweise zur Sinnhaftigkeit der Fischproduktion überhaupt und in ihren unterschiedlichen Ausprägungen geben.

**Dr. Mathias v. Lukowicz**  
**Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats**  
**des Deutschen Fischerei-Verbands**

# **Karpfenteichwirtschaft: Jahrhundertealte Tradition. Gerüstet für die Zukunft?**

Gert Füllner

## **Kurzfassung**

Die Bewirtschaftung von Teichen zum Zweck der Erzeugung hochwertiger Nahrungsmittel ist eine mindestens 3000 Jahre alte Form der landwirtschaftlichen Flächennutzung. Auch in Deutschland lässt sich der Bau von Teichen rund 1000 Jahre zurückverfolgen.

Die Teichwirtschaft erlebte Blütezeiten, als sie eine außerordentlich gewinnbringende Form der Bodennutzung war. Sie erlebte Zeiten des Niedergangs in Folge von Kriegen, ungünstigen klimatischen Bedingungen oder wegen sich aus anderen Gründen verschlechternder Wirtschaftlichkeit.

Weltweit hat die Erzeugung von Karpfen und seiner nahen Verwandten eine außerordentlich große Bedeutung für die Versorgung der Menschen mit hochwertigem tierischem Eiweiß. Silberkarpfen, Graskarpfen und Karpfen sind nach wie vor die drei wichtigsten Fischarten in der Weltaquakultur. Für den Karpfen spricht dabei insbesondere seine Fähigkeit, native Stärke verwerten zu können

und damit unter Schonung der Ressourcen an tierischen Futterproteinen auszukommen.

In Deutschland steht der Karpfen nach der Regenbogenforelle an zweiter Stelle der Fischerzeugung in der Binnenfischerei. Die Zentren der Karpfenteichwirtschaft Deutschlands befinden sich einerseits in den klein strukturierten Betrieben Bayerns und in den großen Haupterwerbsteichwirtschaften Sachsens, Brandenburgs und Mecklenburg-Vorpommerns.

Die Karpfenteichwirtschaft steht gegenwärtig vor einer Reihe von Problemen, die ihre Wirtschaftlichkeit und Zukunftssicherheit teilweise erheblich gefährden. Einerseits steigen eine Reihe von Kostenpositionen, wie Futter-, Energie- oder Arbeitserledigungskosten. Andererseits schränken Anforderungen Dritter, z. B. des Naturschutzes, die Bewirtschaftung der Teiche zunehmend ein. Gleichzeitig sinkt die Höhe der Direktzahlungen aus Förderprogrammen.

Die Teichwirtschaft erleidet zunehmend Verluste durch Fischfressende Tierarten. Sie leidet unter unkontrollierten Stückverlusten durch Fischkrankheiten, obwohl die Intensität der Teichbewirtschaftung in den letzten Jahren deutlich gesunken ist. Auf Grund klimatischer Veränderungen, Anforderungen aus dem europäischen

Wasserrecht und Änderungen der Wasserbilanzen der Fließgewässer wachsen die Probleme der Wasserversorgung unserer Teiche.

In seiner traditionellen Angebotsform hat der Karpfen darüber hinaus gerade bei jüngeren Konsumenten ein zunehmendes Vermarktungsproblem.

Für die Zukunft der Karpfenteichwirtschaft sind also Konzepte gefragt, die diesen ungünstigen Entwicklungen entgegensteuern. Gefragt sind optimierte Marktstrategien, die die traditionellen Absatzformen pflegen, aber vor allem neue erschließen. Die Produzenten kommen nicht umhin, ihre Erträge nicht nur aus der Vermarktung von Karpfen zu generieren, sondern ihre Einnahmequellen auf neue Felder auszuweiten. Das beginnt mit der Erzeugung anderer Fischarten im eigenen Betrieb und geht bis zur Nutzung der Möglichkeiten von Tourismus und Gastronomie. Hierbei gewinnt zukünftig auch die Arbeit der Verbände und Vermarktungsorganisationen wesentlich an Bedeutung.

Die Auflagen des Naturschutzes werden gegenwärtig von vielen Teichwirten als teilweise nicht mehr tragbare Belastung empfunden. Hier gilt es in der Zukunft, die von den Teichwirten **für** den Naturschutz erbrachten Leistungen angemessen entschädigen zu lassen. Dies gilt im Übrigen für alle anderen Gemeinwohlleistungen, insbe-

sondere dem Erhalt unserer jahrhundertlang kostenlos gepflegten Kulturlandschaften.

Unter Beachtung der angesprochenen Leistungen sind die Förderstrategien für die europäische Karpfenteichwirtschaft für den Förderzeitraum ab 2014 anzupassen, damit auch in Deutschland die vielfach einmalige Kulturlandschaft „Teich“ durch fachgerechte Bewirtschaftung erhalten bleibt.

## **1. Geschichte der Karpfenteichwirtschaft: Zeiten der Blüte und des Niedergangs**

Die Bewirtschaftung von Teichen zum Zweck der Erzeugung hochwertiger Nahrungsmittel ist eine mindestens 3000 Jahre alte Form der landwirtschaftlichen Flächennutzung. Aus Ninive, Assyrien, liegen bildliche Darstellungen von Fischteichen bereits aus dem 14. – 7. Jahrhundert v. Chr. vor. Auch wenn es sich bei dieser Fischhaltung wahrscheinlich nicht um Karpfenteichwirtschaft gehandelt hat, waren aber offenbar die Prinzipien des Teichbaus und der Fischhaltung bereits den Assyriern bekannt.

Anders als in Ägypten war der in den Flüssen Chinas heimische Karpfen dort immer schon einer der wichtigsten Fische der Warmwasserteichwirtschaft. Wohl nicht zuletzt deshalb stammt das

älteste heute bekannte, vom Universalgelehrten FAN LI im Jahr 475 v. Chr. geschriebene „Lehrbuch“ der Karpfenteichwirtschaft aus China.

Auch in Deutschland lassen sich Bau und die Nutzung von Teichen zur Fischhaltung mehr als 1000 Jahre zurückverfolgen. Kaiser Karl der Große fordert in seinem etwa 795 erschienenen Regelwerk „*Capitullaris de villis*“ von seinen Untertanen: „Auf unseren Gütern (Königshöfe) soll jeder Amtmann die Fischteiche, soweit vorhanden, erhalten und wenn möglich erweitern; wo sie fehlen aber doch sein könnten, soll man sie neu anlegen.“

Die Teichwirtschaft erlebte in Mitteleuropa zwischen dem 14. und 16. Jahrhundert eine Blütezeit, als sie eine außerordentlich gewinnbringende Form der Bodennutzung war. Der Olmützer Bischof Johannes Dubravius bezeichnet Fischteiche sogar als das fruchtbarste und daher den größten Wert schaffende Gebiet der Landgüter (WINKLER 1906).

Die Karpfenteichwirtschaft erlebte aber auch in der Vergangenheit schon Zeiten des Niedergangs als Folge von Kriegen, ungünstiger klimatischen Bedingungen oder wegen sich aus anderen Gründen verschlechternder Wirtschaftlichkeit. So verteuerte z. B. die Abschaffung der Leibeigenschaft die Kosten für die Teichwirtschaft ganz erheblich. Auch die Einführung der Mineraldüngung in der Landwirt-

schaft Mitte des 19. Jahrhunderts verschlechterte die Rahmenbedingungen der Karpfenteichwirtschaft. Bis dahin dienten Teiche auch als Nährstofffalle für die auf den gleichen Flächen zeitweise in Wechselwirtschaft betriebene Landwirtschaft. Nach Einführung der Mineraldüngung war eine Nutzung der Flächen als Teiche plötzlich nicht mehr erforderlich, um die Erträge des Ackerbaus oder der Weidenutzung zu erhöhen. Mit den Möglichkeiten der Mineraldüngung konnte außerdem nun auf armen Böden Ackerbau betrieben werden, auf denen sich das bisher nicht lohnte und auf denen eben gerade Teichwirtschaft noch eine sinnvolle Nutzungsart darstellte. Aus diesem Grund wurde im 19. Jahrhundert in Deutschland ein großer Anteil von Teichen stillgelegt und in landwirtschaftliche Nutzflächen umgewandelt.

In Oberschlesien betrug der Rückgang der Teichfläche im 19. Jahrhundert immerhin nochmals 10 - 15 %, nachdem in Folge der ungünstigen klimatischen Bedingungen während der „Kleinen Eiszeit“ zwischen der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts und Anfang des 19. Jahrhunderts bereits 60 Prozent der einstmals vorhandenen Teichflächen stillgelegt worden waren (SZUMIEC & AUGUSTYN 2000).

## **2. Aktuelle Situation der Karpfenteichwirtschaft in der Welt**

Weltweit hat die Erzeugung von Karpfen und seiner nahen Verwandten eine außerordentlich große Bedeutung für die Versorgung der Menschen mit hochwertigem tierischem Eiweiß. Silberkarpfen, Graskarpfen und Karpfen sind nach wie vor die drei wichtigsten Fischarten in der Weltaquakultur. Allerdings etablieren sich in den letzten Jahren mit den Pangasius- und Tilapiaarten weltweit neue Arten in der Warmwasserteichwirtschaft (Tab. 1).

Selbst in den Haupterzeugerländern scheint der Karpfen zunehmend durch besser bezahlte „Exportfische“ verdrängt zu werden. Immerhin liegen die Erlöse bei der Pangasius-Teichhaltung deutlich über denen der klassischen Karpfen-Polykultur. Allerdings werden Karpfenfische für die dezentrale Versorgung auf dem Land vor allem in Asien nach wie vor eine bedeutende Rolle spielen. Für den Karpfen spricht dabei insbesondere seine Fähigkeit, native Stärke gut verwerten zu können und damit mit einfachen Futtermitteln auszukommen. In integrierten Systemen in Polykultur mit seinen chinesischen und indischen Verwandten kann bei optimalem Besatz sogar gänzlich auf zusätzliche Fütterung verzichtet werden.

Die Aquakultur von Cypriniden könnte insofern in naher Zukunft weltweit wieder an Bedeutung gewinnen, da sie unter maximaler Schonung der Ressourcen an tierischen Futterproteinen auskommt.

**Tab. 1:** Weltweite Produktion an Karpfen und seinen nahen Verwandten sowie weiterer wichtiger Warmwasserteichfischarten (Quelle: FAO Fishstat)

Fischart	Produktion (Mio. t)		
	Jahr		
	2000	2004	2008
Silberkarpfen ( <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> )	3,47	3,99	3,78
Graskarpfen ( <i>Ctenopharyngodon idella</i> )	3,45	3,91	3,78
Karpfen ( <i>Cyprinus carpio</i> )	2,72	3,47	2,99
Marmorkarpfen ( <i>Hypophthalmichthys nobilis</i> )	1,64	2,10	2,32
Schwarzer Amur ( <i>Mylopharyngodon piceus</i> )	0,17	0,30	0,36
Rohu ( <i>Labeo rohita</i> )	0,80	0,76	1,16
Catla ( <i>Catla catla</i> )	0,65	0,62	2,28
Mrigal ( <i>Cirrhinus cirrhosus</i> )	0,57	0,57	0,46
Pangasius spec.	0,10	0,29	1,39
Tilapia spec.	0,83	1,28	1,96

### **3. Aktuelle Probleme der Karpfenteichwirtschaft in Deutschland**

In Deutschland steht der Karpfen nach der Regenbogenforelle an zweiter Stelle der Fischerzeugung in der Binnenfischerei. Die Zentren der Karpfenteichwirtschaft Deutschlands befinden sich einerseits in den klein strukturierten Betrieben Bayerns und in den großen Haupterwerbsteichwirtschaften Sachsens, Brandenburgs und Mecklenburg-Vorpommerns.

Bis Mitte des 20. Jahrhunderts war die Betriebswirtschaft der Unternehmen der Karpfenteichwirtschaft gut planbar. Neben relativ stabilen Kosten konnten wirtschaftlich gesunde Unternehmen existieren, die sich allein aus der Fischerzeugung und durch den Verkauf von Satz- oder Speisefischen finanzierten. Die Situation hat sich in den letzten Jahrzehnten für unsere Teichwirte grundsätzlich gewandelt. Die Karpfenteichwirtschaft steht gegenwärtig vor einer Reihe von Problemen, die ihre Wirtschaftlichkeit und Zukunftssicherheit teilweise erheblich gefährden.

So begann sich nach dem II. Weltkrieg die Sicht auf den Natur- und Tierschutz grundlegend zu ändern. Das blieb anfangs praktisch ohne Auswirkungen auf die Karpfenteichwirtschaft. Erst mit dem Totalschutz aller Vögel, auch der Fisch fressenden Arten, durch die EU-Vogelschutzrichtlinie entwickelten sich ernsthafte Probleme für

die Karpfenteichwirtschaft. Die Teichwirtschaft erleidet seit dieser Zeit zunehmende Verluste durch Fisch fressende Tierarten, insbesondere durch die seit 1979 europaweit exponentiell angestiegenen Bestände des Kormorans (*Phalacrocorax carbo sinensis*), aber auch durch Grau- (*Ardea cinerea*) und neuerdings Silberreiher (*Casmerodius albus*). Inzwischen bereiten unseren Teichwirten weitere geschützte Tierarten, wie der Biber (*Castor fiber*), Sorgen.

Sicher müssen Teichwirte heute akzeptieren, dass Teiche tatsächlich für viele Tier- und Pflanzenarten eine der letzten Rückzugsmöglichkeiten sind und dass überdurchschnittlich viele geschützte Arten in und an den von ihnen bewirtschafteten Teichen leben. Teiche werden eben heute von der Gesellschaft als multifunktionale Objekte mit einem hohen Wert für Naturschutz, Tourismus und Wasserwirtschaft und nicht mehr einfach hoch spezialisierte landwirtschaftliche Nutzflächen wahrgenommen, wofür sie ursprünglich geschaffen wurden. Kein Teichwirt wäre dazu nicht in einem verträglichen Maße bereit. Die ständig steigenden und nicht immer maßvollen Anforderungen des Naturschutzes behindern jedoch eine ordnungsgemäße Teichbewirtschaftung zunehmend. So werden im Rahmen der Unterschutzstellung von Teichen oder infolge gesetzlicher Regelungen fischereifachlich begründete und notwendige Bewirtschaftungsmaßnahmen eingeschränkt oder ganz untersagt. So wird beispielsweise der Einsatz von Mineraldünger, Branntkalk,

die winterliche Trockenlegung von Teichen oder der Schilfschnitt verboten.

Weitere Probleme haben in den letzten Jahren die Situation weiter verschärft:

In einigen Gebieten leidet die Karpfenteichwirtschaft außerdem unter unkontrollierten Stückverlusten durch Fischkrankheiten und das, obwohl die Intensität der Teichbewirtschaftung in den letzten Jahren deutlich gesunken ist.

Aufgrund klimatischer Veränderungen, Anforderungen aus dem europäischen Wasserrecht und Änderungen der Wasserbilanzen der Fließgewässer wachsen regional die Probleme der Wasserversorgung unserer Teiche.

Seit einigen Jahren steigen eine Reihe von Kostenpositionen, wie Futter-, Energie- oder Arbeiterledigungskosten exorbitant an. So haben sich beispielsweise die Kraftstoffpreise zwischen 2005 und 2010 um 19,9 %, die Preise für Elektroenergie sogar um 29,5 % erhöht. Die Kosten für Mischfutter stiegen im gleichen Zeitraum um etwa 40 %, der Getreidepreis wuchs um 31,4 % (KRINGS 2011). Der Getreidepreis stieg dabei nicht kontinuierlich, sondern schwankt mit großen Amplituden in Abhängigkeit vom Weltmarkt sehr stark und wird damit kaum mehr planbar.

Trotz der zunehmenden Anforderungen von Naturschutz und Wasserwirtschaft an die Betriebe der Karpfenteichwirtschaft sinkt die Höhe der Direktzahlungen aus Förderprogrammen. Parallel hat leider die Bürokratie zugenommen. Um die sinkenden Fonds für Fördermittel oder Ausgleichszahlungen für Bewirtschaftungseinschränkungen überhaupt nutzen zu können, werden die Teichwirten heute mehr und mehr an den Schreibtisch gezwungen.

Nicht zuletzt stehen unsere Teichwirte vor zunehmenden Vermarktungsproblemen. In seiner traditionellen Angebotsform leidet der Karpfen gerade bei jüngeren Konsumenten unter sinkender Akzeptanz.

In einigen Regionen verschärfen hohe Verluste durch Fischkrankheiten, wie der Koi-Herpesviruserkrankung, die wirtschaftliche Situation der Betriebe weiter.

All die genannten Entwicklungen haben zu einer ungünstigen Kosten - Erlösstruktur geführt, die beispielsweise in den sächsischen Haupterwerbsunternehmen die Wirtschaftlichkeit grundsätzlich in Frage stellen (Tabelle 2).

**Tab. 2:** Entwicklung der Kosten-Erlössituation in der sächsischen Karpfenteichwirtschaft im Zeitraum 1996 bis 2010 (aus FÜLLNER et al. 2011)

	ME	1996-1999	1999-2002	2007-2010
Abfischung	kg/ha	641	623	407
Erlöse aus Fischverkauf	€/ha	1.459	1.396	1.327
Sonstige Erlöse	€/ha	624	645	469
Direktkosten	€/ha	684	721	292
Summe aller Kosten	€/ha	1.952	2.047	2.186
Ergebnis ohne Lohn/Zins/Pacht	€/ha	505	407	87
Betriebszweigergebnis	€/ha	131	-6	-390

#### **4. Konzepte für die Zukunft der Karpfenteichwirtschaft in Deutschland**

Die genannten wirtschaftlichen Probleme sind so groß, dass sie in einzelnen Bundesländern bereits zur Aufgabe unrentabler Teiche führten. Setzt sich die beschriebene Entwicklung fort, sind künftig weitere Insolvenzen von Unternehmen der Karpfenteichwirtschaft zu befürchten. Um eine solche Entwicklung nicht zuzulassen oder ihr zumindest gegen zu steuern, muss sich die Karpfenteichwirtschaft in Deutschland neu aufstellen. Andernfalls ist tatsächlich zu befürchten, dass eine seit Jahrhunderten nachhaltig betriebene Form der Landnutzung und mit ihr eine einmalige Kulturlandschaft bald der Vergangenheit angehört.

Für die Zukunft der Karpfenteichwirtschaft in Deutschland, aber auch überall in Europa, sind also neue Konzepte erforderlich.

#### **4.1 Diversifizierung**

Gefragt sind optimierte Marktstrategien, die die traditionellen Absatzformen pflegen, aber vor allem neue erschließen. Dies wird in der Betriebswirtschaftslehre als Diversifizierung bezeichnet. Unsere Teichwirte kommen nicht umhin, ihre Erträge nicht nur aus der Vermarktung von Karpfen zu generieren, sondern ihre Einnahmequellen auf andere, teilweise auch neue Felder auszuweiten. Das beginnt mit der Erzeugung anderer Fischarten im eigenen Betrieb und geht bis zur Nutzung der örtlichen Möglichkeiten von Tourismus und Gastronomie. Hierbei gewinnt zukünftig auch die Arbeit der Verbände und Vermarktungsorganisationen wesentlich an Bedeutung.

Die Ausweitung des Geschäftsfelds auf andere Wirtschaftsbereiche ist für die Karpfenteichwirtschaft dabei keine völlig neue Entwicklung. Schon in der Vergangenheit war die Karpfenteichwirtschaft in anderen Bereichen wirtschaftlich tätig. Sie war bereits in historischer Zeit eng mit der Land- oder Forstwirtschaft verwoben. Teiche wurden wegen ihrer Funktion als Nährstofffalle in der Vergangenheit zeitweise als Hutung (Weidenutzung) oder Acker genutzt und brachten dann Gewinne aus der Landwirtschaft (HARTSTOCK 2004). Aus der jüngeren Vergangenheit ist noch die Enten- oder Nutria-

haltung auf Teichen bekannt, die in vielen Fällen höhere wirtschaftliche Erlöse sicherte, als die Fischerei selbst (Abb. 1/2). Auch wenn diese genannten Formen aus verschiedenen Gründen in Deutschland aktuell nicht geeignet sind, zeigen sie das Potenzial, welches in der Diversifizierung steckt.



**Abb. 1:** Entenhaltung auf einem Teich in Südböhmen. Foto: G. Füllner



**Abb. 2:** Nutriahaltung auf Teichen in Polen 1954. Foto: W. Müller

#### ***4.1.1 Verstärkte Hinwendung zu Nebenfischen***

Eine einfache Möglichkeit, die vom Teichwirt lediglich die Anwendung und Modifizierung seines vorhandenen Wissens zur Karpfenerzeugung auf andere Fischarten erfordert, ist die verstärkte Hinwendung auf die Erzeugung von Nebenfischen. Mit solchen Fischarten können neue Märkte erschlossen, neue Kunden gewonnen oder abgewanderte Kunden zurückgewonnen werden. Dieser Trend ist in der Teichwirtschaft im Übrigen seit Jahren zu beobachten.

Den geringsten Aufwand bedarf es für die verstärkte Erzeugung traditioneller Nebenfische, wie Schleie, Wels, Hecht oder Zander. Diese Fische haben in der Karpfenteichwirtschaft Tradition und erzielen in der Regel höhere Preise als Karpfen. Um hier größere Mengen am Markt zu platzieren, bedarf es allerdings aktiver Vermarktungsstrategien.

Durchaus sinnvoll kann es sein, sich an „vergessene“ Nebenfische, wie Silber-, Marmor- oder Graskarpfen zu erinnern. Das bisherige Vermarktungsproblem dieser Fischarten, die hohe Anzahl störender Zwischenmuskelgräten, lässt sich heute mit den inzwischen weit verbreiteten Grätenschneidern lösen. Diese Fischarten erzielen zwar keine höheren Preise als Karpfen, können aber im Teich quasi gratis mit erzeugt werden. Darüber hinaus kann die Polykultur mit diesen Arten eine positive Wirkung auf die Teichkultur haben und damit aufwändige Teichpflegemaßnahmen überflüssig machen.

Eine wachsende Anzahl von Betrieben erschließt sich mit der Aufzucht von verschiedenen Störarten in Lohnmast für Kaviarproduzenten eine neue Absatzmöglichkeit. Der Markt für Kaviar ist jedoch limitiert, was auch die Möglichkeiten der Teichwirte zur Ausweitung der Störaufzucht begrenzt. Bereits gegenwärtig ist eine gewisse Marktsättigung erreicht worden. Mit Stören kann man in gefährdeten Gebieten den hohen Verlusten durch die Koi-Herpesvirusinfektion aus dem Weg gehen. Dies gilt aber in gleicher Weise für

andere „neue“ Fischarten, die inzwischen in der Karpfenteichwirtschaft erzeugt und vermarktet werden, wie Barsch, Streifenbarschhybriden oder Satz- und Zierfische der verschiedensten Arten. Hier gilt es für jeden einzelnen Teichwirt, entsprechende Marktnischen zu finden und gezielt auszunutzen.

### 4.1.2 Erschließen neuer Geschäftsfelder

Die Erweiterung des Angebots an produzierten Fischarten allein wird kaum ausreichen, die wirtschaftlichen Probleme der Karpfenteichwirtschaft zu lösen. Dazu bedarf es einer Ausweitung der Geschäftstätigkeit auf gänzlich neue Geschäftsfelder.

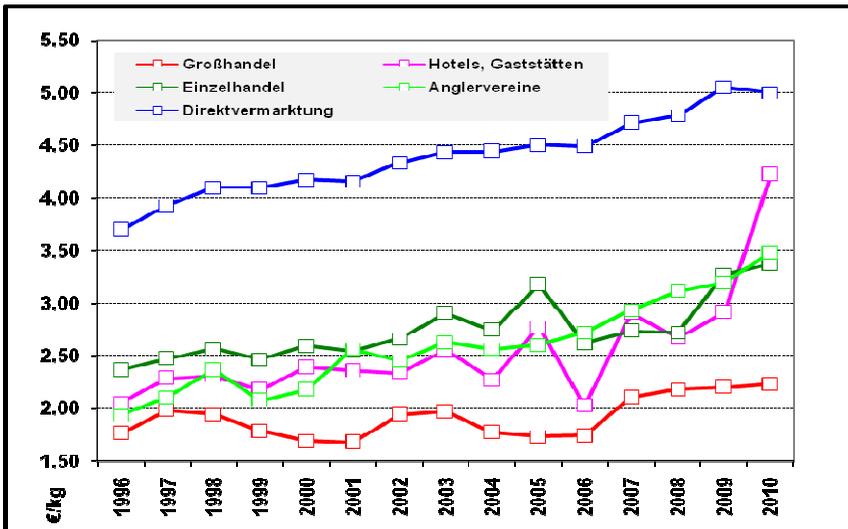


Abb. 3: Erzielte Preise bei Speisekarpfen bei unterschiedlichen Vermarktungswegen in Sachsen im Zeitraum 1996 bis 2010

Beim Verkauf von Speisekarpfen über unterschiedliche Vermarktungswege fallen die hohen Preise auf, die in der Direktvermarktung oder beim Verkauf von Karpfen an die Gastronomie erlöst werden können (Abb. 3). Diese Margen müssen nicht zwingend von Dritten abgeschöpft werden, sondern sollten primär der Karpfenteichwirtschaft selbst zu Gute kommen. Der Hofladen gehört deshalb bereits heute zum Standard vieler Betriebe der Karpfenteichwirtschaft. Aber auch Investitionen in eine Fischgaststätte oder Angebote von Übernachtungsmöglichkeiten können sich rasch bezahlt machen, insbesondere wenn mit entsprechenden Tourismus-Marketingorganisationen der Region zusammen gearbeitet wird (Abb. 4). Hier können Konzepte mit und um den Karpfen „gestrickt“ werden. Der Teichwirtschaft kommt dabei entgegen, dass auch die Teichlandschaft zunehmend zu Zwecken der Erholung genutzt wird.



**Abb. 4:** Fischgaststätte „Am Teichhaus“ in der Teichwirtschaft Neudorf (Sachsen). Foto: G. Füllner

Das gewachsene Interesse der Menschen an einer intakten Natur kommt zunehmend durch eine touristische Nutzung der Teichgebiete zum Ausdruck. Auch auf diesem Geschäftsfeld können sich Teichwirte mit ihrer Kenntnis der Tier- und Pflanzenwelt am und im Teich aktiv mit einbringen und den „Ökotourismus“ selbst als Erlösquelle erschließen. Gleiches gilt für Angebote zum Angeln in Teichen oder zu Bootsverleihen.

Teichwirtschaftsunternehmen sind häufig gut mit Transport- oder Spezialtechnik (Bagger, Hebezeuge) ausgestattet. Diese Technik kann und sollte auch für kostenpflichtige Leistungen außerhalb des eigenen Betriebes genutzt werden, um die Wirtschaftlichkeit zu verbessern.

## **4.2 Marktpflege, Marktentwicklung und Information**

Neben der Erschließung neuer Geschäftsfelder gilt es für jeden Teichwirt auch in der Zukunft, traditionelle Märkte zu erhalten und zu pflegen. Das betrifft natürlich insbesondere auf das Halten der traditionellen Kundschaft für den Lebendkarpfenmarkt, der vorrangig über den Hofladen bedient werden sollte. Darüber hinaus sind neue Fischarten in das Vermarktungskonzept eines jeden Unternehmens einzubeziehen. In der hofeigenen Verarbeitung sollte Produktqualität und Qualitätskontrolle eine wachsende Bedeutung haben.

Wo es zweckmäßig erscheint, kann ein Ursprungsschutz helfen, in bestimmten Regionen für dort erzeugte Karpfen höhere Preise zu erzielen. Gleiches gilt für Konzepte zum Biokarpfen.

#### ***4.2.1 Verbesserung der Produktqualität des Karpfens und Produktentwicklung***

Jeder Teichwirt sollte an der Erzeugung eines wohlschmeckenden Karpfens selbst höchstes Interesse haben. Entsprechende Untersuchungen zur Auswirkung unterschiedlicher Futtermittel auf die Fleischqualität des Karpfens liegen vor und müssen zunehmend Beachtung finden (PFEIFER et al. 2003). Dass „moselnde“, also schlammig schmeckende Karpfen, nicht auf den Markt gehören, sollte zur Selbstverständlichkeit gehören, zumal dies mit einer entsprechenden Hälterung wirkungsvoll unterbunden werden kann. Inwieweit bereits in Frankreich etablierte Qualitätssicherungssysteme, wie sie von VALLOD & ROBIN (2005) beschrieben wurden, auch in der deutschen Karpfenteichwirtschaft eingeführt werden, bleibt abzuwarten.

Trotz aller Anstrengungen ist der traditionelle Absatz von lebendfrischen Speisekarpfen zukünftig kaum zu steigern. Um Umsatzsteigerungen zu erreichen, müssen deshalb Karpfen in zunehmendem Maße in verarbeiteter Form angeboten werden. In den letzten Jahren ist dazu eine intensive Entwicklungsarbeit

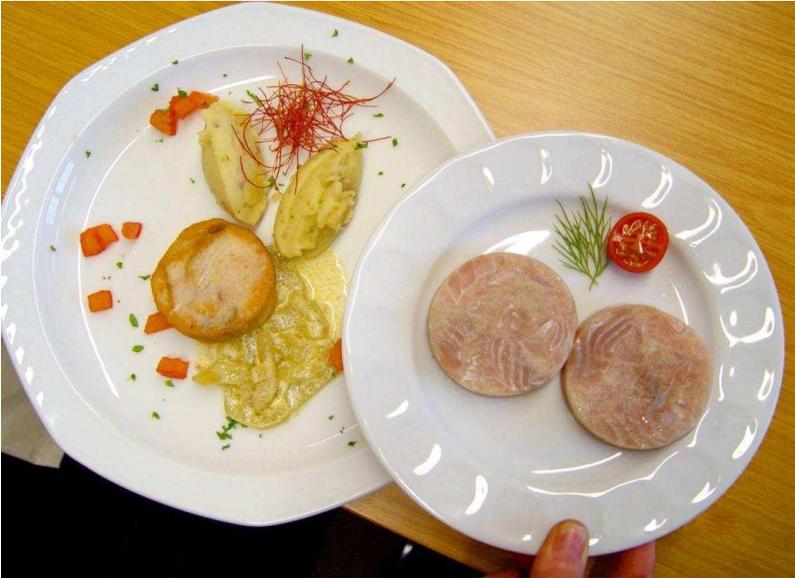
geleistet worden. Heute stehen sowohl Produkte für den Premium- wie auch für den Massenmarkt zur Verfügung. Fast schon als traditionelle Produkte aus Karpfen können Heißräucherprodukte und Fischsuppen gelten. Zunehmend wird von den Großvermarktern küchenfertig gefrosteter Karpfen verlangt (Abb. 5). In den letzten Jahren wurden in Bayern und Sachsen eine Reihe von höher veredelten Produkten aus Karpfen entwickelt und teilweise in den Markt eingeführt, wie z. B. Karpfen in Aspik, kalt geräucherter Karpfen, Karpfenleber in Öl, Karpfenpralinen, Karpfen-Sashimi oder diverse Fingerfood-Produkte für den Catering-Bereich (Abb. 6). In einem umfangreichen Forschungsprojekt des Instituts für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin der Technischen Universität Berlin im Auftrag der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft wurden Karpfenprodukte für den Massenmarkt entwickelt, die vielseitig in der Gastronomie und in der modernen Küche einsetzbar sind (HEINZ et al. 2003, Abb. 7). In einem letzten Entwicklungsschritt entstanden dabei Ideen für weitere praxisreife Premiererzeugnisse (STREBL-SCHNEIDER 2010).



**Abb. 5:** Küchenfertiger Karpfen im Styroporkarton, für die Frostung vorbereitet.  
Foto: G. Füllner



**Abb. 6:** Fingerfood aus Karpfen (Karpfenröllchen). Foto: G. Füllner



**Abb. 7:** Fermentiertes Karpfenprodukt, letzter Entwicklungsstand. Rechts roh, links gebraten und angerichtet. Foto: G. Füllner

#### ***4.2.2 Der Teichwirt als Eventmanager***

Viele Verbraucher sind beim Lebensmitteleinkauf zunehmend verunsichert. Sie wünschen sich vielfach die scheinbar „heile“ Welt der traditionellen Erzeugung von Lebensmitteln zurück. Dies kommt der Vermarktung des Karpfens grundsätzlich entgegen, ist doch die Karpfenteichwirtschaft tatsächlich eine besonders naturnahe und schonende Form der Erzeugung von Lebensmitteln. Diese Botschaft kann und wird traditionell auf Hoffesten vermittelt. Werden solche Aktivitäten in entsprechende Gesamtmarketingkonzepte einbezogen, kann die Wirkung verstärkt werden und einer ganzen Region bzw. einer Vielzahl von Betrieben zu Gute kommen. Das erfolgt

beispielsweise beim „Erlebnis Fisch“, der Karpfenkirchweih in Kornthal oder bei den „Phantastischen Karpfen“ in der Oberpfalz oder den „Lausitzer Fischwochen“. Ganz im Sinne eines solchen Gesamtkonzepts sind aber auch die von Künstlern gestalteten „Phantastischen Karpfen“ in der Oberpfalz, der steinerne Karpfen im Kreisverkehr von Höchstadt, oder Fischereimuseen, wie das Oberpfälzer Fischereimuseum oder das Fischereimuseum in Guttau (Oberlausitz). Mit gleichem Ziel werden in den großen Karpfenregionen Fischköniginnen gekrönt (Abb. 8).



**Abb. 8:** Fischköniginnen der Oberpfalz und Sachsens

Um die sich aus dem Tourismus ergebenden Möglichkeiten auszunutzen, ist dabei zunehmend die Fähigkeit der Teichwirte gefragt, als „Eventmanager“ aufzutreten.

### **4.3 Teichwirtschaft im Dienste des Gemeinwohls**

In der Karpfenteichwirtschaft erfolgt die Fischerzeugung vor Ort in der Region in einer intakten Umwelt. Damit werden für die erzeugten Produkte eine besondere Frische und eine von vielen Verbrauchern erwünschte Regionalität gesichert. Die Karpfenteichwirtschaft hat örtlich für den Wasserhaushalt und das Mikroklima eine besondere Bedeutung. Sie stellt der Allgemeinheit eine landschaftlich reizvollen Erholungslandschaft zur Verfügung. Sie prägt regional das Gesicht der Kulturlandschaft. Die Karpfenteichwirtschaft leistet darüber hinaus einen Beitrag zur Bewahrung traditioneller Werte und zum Erhalt ländlicher Strukturen. Sie hat eine immense Bedeutung für den Arten- und Naturschutz.

Die hier nochmals zusammen gefassten Gemeinwohlleistungen der Teichwirte werden bereits teilweise über Kulturlandschaftsprogramme entgolten. Das muss auch in der Zukunft gesichert bleiben. Ausgleichszahlungen für Bewirtschaftungsbeschränkungen einzufordern, ist in diesem Kontext legitim.

## 5. Schlussfolgerungen

Der Karpfen wird weiter der Brotfisch der Warmwasserteichwirtschaft in Deutschland bleiben. Die Teiche wurden zu seiner Aufzucht angelegt. Die Rolle der Nebenfische wird künftig trotzdem zunehmen. Um betriebswirtschaftlich gesunde Unternehmen auch in Zukunft zu sichern, liegt der Schwerpunkt der Entwicklung auf einer allumfassenden Diversifizierung und der Verbesserung der Vermarktungsstrategie. Teichwirte werden sich zur Sicherung positiver Betriebsergebnisse zunehmend andere Geschäftsfelder erschließen müssen.

Eine Teichwirtschaft außerhalb des Rahmens der europäischen Gesetzgebung wird es künftig nicht geben. Daraus resultiert ein zunehmender Einfluss anderer Interessengruppen an der Kulturlandschaft Teich. Gegenwärtig werden von vielen Teichwirten vor allem die Auflagen des Naturschutzes als teilweise nicht mehr tragbare Belastung empfunden. Hier gilt es aber in der Zukunft, die von den Teichwirten **für** den Naturschutz erbrachten Leistungen angemessen entschädigen zu lassen. Unter Beachtung der in diesem Aufsatz angesprochenen Leistungen sind die Förderstrategien für die europäische Karpfenteichwirtschaft für den Förderzeitraum ab 2014 anzupassen, damit auch in Deutschland die vielfach einmalige Kulturlandschaft „Teich“ durch fachgerechte Bewirtschaftung erhalten bleibt.

## Literatur

- Fan Li** (475 v. Chr.): Yang Yu Ching (Abhandlungen über die Fischzucht)
- Füllner, G., Steinhagen, D., Baumer, A., Fabian, M., Runge, M., Bräuer, G., Böttcher, K., Mohr, K., Göbel, S., Neumann, E.-M., Thiem, A., Gahsche, J., Striese, M. u. Teufert, S.** (2011): Untersuchung zu Infektionswegen der Koi-Herpesvirus-Erkrankung von Karpfen und Untersuchungen zur Auswirkung von KHV-Bekämpfungsmaßnahmen auf Ökonomie und Ökologie. Schriftenreihe Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (34): 172 S.
- Hartstock, E.**(2004): Teichwirtschaft in der Oberlausitz. Abriß der Geschichte von den Anfängen bis 1945. Lusatia Verlag Bautzen: 392 S.
- Heinz, S., Thiemig, F., Sparbortz, D., Donath, W., Steglich, I., Fidindrazana, N., Bakki, R., Mickel, P., Müller, S., Kabitzsch, P., Pirwitz, G., Füllner, G.** (2003): Erarbeitung einer technologischen Machbarkeitsstudie sowie Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung einer Karpfenrohmasse und deren Rekonstitution zu Finalprodukten. Abschlussbericht Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin: 80 S.
- Krings, S.** (Hrsg.) 2011: Statistisches Jahrbuch Deutschland 2011. Statistisches Bundesamt Wiesbaden: 747 S.
- Pfeifer, M., G. Füllner & Geisler, J.** (2003): Einfluss der Fütterung unterschiedlicher pflanzlicher Futtermittel auf die Produktqualität von Speisekarpfen. Fischer & Teichwirt 54 (9): 328-332

**Vallod, D., Robin, J.** (2005): Analysis of the off-flavor risk in carp production in France (Dombes & Forez). Workshop « New Challenges in Pond Aquaculture » Česke Budejovice 26.-28.04.2005

**Winkler, A.** (1906): Deutsche Übersetzung von Johannes Dubravius Buch von den Teichen und den Fischen, welche in denselben gezüchtet werden. (Breslau, 1547.) Wien. Verlag der K.K. Österr. Fischerei-Gesellschaft

**Strebl-Schneider, S.:** Herstellung von Convenience-Erzeugnissen aus Süß- und Salzwasserrfischen. Dissertation TU Berlin: 220 S.

**Szumiec, M.A. & Augustyn, D.** (2000): Climate and Ponds Since The Middle Ages. Prace Geograficzne 108: 87-92



# **Produktion von Teichfischen unter den Gesichtspunkten der Hygiene und der Lebensmittelqualität**

Horst Karl und Monika Manthey-Karl

## **Kurzfassung**

Die Aquakultur ist in Deutschland der wichtigste Sektor der Binnenfischerei. Umweltverträglichkeit, Produktqualität und Lebensmittelsicherheit sind zentrale Herausforderungen für diesen Produktionszweig. Die Qualität von Zuchtfischen hängt von vielen Faktoren ab, dennoch ist festzustellen, dass deutsche Teichwirtschaften nahezu ohne Einschränkung eine hochwertige Ware liefern. Die hauptsächlich vermarkteten Fischarten Forelle und Karpfen sind von einwandfreier Qualität. Schadstoffbelastung und Arzneimittel haben keine Bedeutung. Das Hygienemanagement in der Verarbeitungskette von der Fischerei bis zum Filet offenbart in kleineren Betrieben oftmals noch Defizite. Vorgestellt werden aktuelle Untersuchungsergebnisse unter Einbeziehung des Pangasius als neuen wichtigen Zuchtfisch auf dem deutschen Markt.

## **Abstract**

Aquaculture products have become an important resource in the seafood supply of the German food market. Environmental friendly production systems, food quality and food safety are essential challenges in this production sector. The quality of farmed fish and products thereof depends on various factors and in general fish from German aquaculture farms are of high-quality. The main species Rainbow trout and Silver carp comply with all quality requirements and contaminant levels and pharmaceuticals are negligible. On the other side, the hygiene management of small enterprises along the production chain from harvest to fillet often needs improvements. Results are presented compared to pangasius as new important aquaculture species on the German market.

## **1. Einleitung - Die Bedeutung von Fischen und Fischprodukten aus Teichwirtschaften**

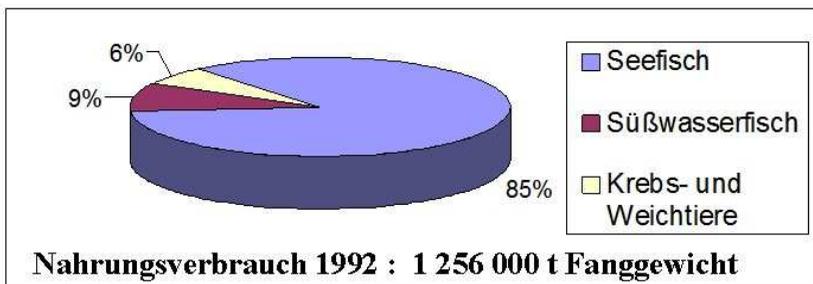
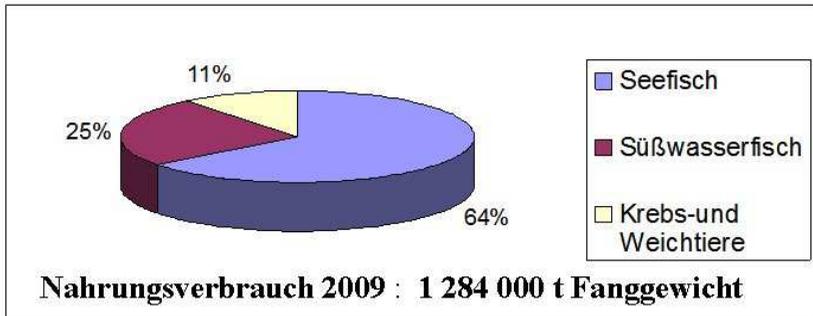
Die kontrollierte Aufzucht von Fischen hat in Deutschland eine lange Tradition. Schon im Mittelalter wurden Karpfen gezüchtet und dienten vielen Mönchen und Adligen als erlaubte und gern gegessene Fastenspeise. Seitdem hat die Vielfalt der heimischen und importierten Aquakulturprodukte auf dem deutschen Markt erheblich zugenommen. Neben Karpfen und Forellen findet man heute u. a. Stein-

butt, Doraden und Wolfsbarsche aus mediterranen Zuchtanlagen, Garnelen aus Teichanlagen in Südostasien, Lachse aus den Netzkäfigen Norwegens, Irlands oder Schottlands und Pangasius als Filetware aus Vietnam sowie Tilapien aus China in den Fischtheken. Diese Entwicklung kommt nicht von ungefähr und spiegelt die rasante der Entwicklung der Aquakultur in den letzten Jahrzehnten wider.

Die Weltproduktion an Fischen, Krebs- und Weichtieren aus der Fangfischerei und der Aquakultur betrug im Jahr 2009 nach Angaben der FAO ca. 145 Mio. t. Davon wurden ca. 117 Mio. t für die menschliche Ernährung genutzt. Der Anteil der Aquakultur an der Gesamtproduktion steigt dabei von Jahr zu Jahr an und lag 2009 bei ca. 46 % bzw. 55 Mio. t. 2001 betrug der Anteil der Aquakultur nur 33 % (FAO 2010).

Von diesen 55 Mio. t Aquakulturerzeugnissen wurden 35 Mio. t im Inland produziert, d. h. vornehmlich im Süßwasser.

Auch in Deutschland steigt der Marktanteil von Fischen, Krebs- und Weichtieren aus der Zucht ständig an. Von den 1.284 Mio. t an aquatischen Produkten (Fanggewicht), die 2009 in Deutschland verzehrt wurden, stammten nur noch 64 % aus der Fangfischerei, 1992 waren es noch 85 % (s. Abbildung 1) (FIZ 2010).



Quelle: Daten+Fakten FIZ

**Abb. 1:** Veränderung der Marktanteile in Deutschland

Tabelle 1 zeigt die Marktanteile der bedeutendsten Fische und Fischereierzeugnisse am Nahrungsverbrauch in Deutschland in 2009. Erzeugnisse aus der Aquakultur sind dabei farblich hervorgehoben.

Zuchtlachs ist mit 141.200 t eine der wichtigsten Fischarten auf dem deutschen Markt, dies entspricht einem Marktanteil von 11,4 %. Aber auch Pangasius (*Pangasius hypophthalmus*) mit 74.400 t und die Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) mit ca. 50.000 t,

davon 23.000 t aus heimischer Produktion, werden vom Verbraucher mehr gekauft als Makrele, Rotbarsch oder Kabeljau.

Daneben wurden noch ca. 139.000 t an Krebs- und Weichtieren (Muscheln und Tintenfische) verzehrt, von denen der überwiegende Teil aus Aquakulturanlagen stammt.

**Tab. 1:** Prozentuale Marktanteile einzelner Arten am Verzehr von Fischen, Krebs- und Weichtieren in Deutschland 2009 (FIZ 2010, modifiziert)

	<b>Marktanteile 2009</b> <b>(%)</b>
Alaska Pollack	17,9
Hering	16,6
<b>Lachs</b>	<b>11,4</b>
Thune u. Boniten	8,5
<b>Pangasius</b>	<b>5,8</b>
Seelachs	4,0
<b>Forelle</b>	<b>3,9</b>
Seehecht	2,7
Rotbarsch	2,7
Makrele	1,7
<b>Karpfen</b>	<b>1,0</b>
Kabeljau	0,7
Scholle	0,7
<b>Victoriasee-Barsch</b>	<b>0,5</b>
<b>sonstige</b>	<b>10,9</b>
Krebs-Weichtiere	11

Die wichtigste Art für den deutschen Markt aus der Teichwirtschaft ist der Pangasius, gefolgt von der Regenbogenforelle und dem Karpfen. Der Pangasius wird vor allem in Vietnam seit mehr als 15 Jahren im Mekong-Delta sehr erfolgreich gezüchtet. Erfolgte die Aufzucht früher noch in schwimmenden Netzkäfigen, so kommen heute über 95 % aus Ponds. Die Produktion betrug 2008 über 1,1 Mio. t (ANH et al. 2010).

Exportiert und auf dem deutschen Markt angeboten wird Pangasius fast ausschließlich als tiefgefrorenes und aufgetautes Filet ohne Haut, das eine hohe Verbraucherakzeptanz besitzt. Forellen und Karpfen werden dagegen überwiegend als ganze, frisch geschlachtete Fische, als Filets oder als geräucherte Produkte gehandelt.

Am Max Rubner-Institut in Hamburg wurde in den letzten Jahren intensiv die Qualität von Pangasiusfilets aus dem Handel untersucht. In mehreren Projekten standen Forellen und andere Zuchtfischarten aus deutschen Aquakulturbetrieben im Fokus. Im Folgenden wird der Versuch unternommen, die Qualität so unterschiedlicher Produkte aus Teichwirtschaften zu vergleichen und es werden verschiedene Hygieneaspekte angesprochen.

## 2. Was ist Qualität?

Um die Lebensmittelqualität von Produkten aus Teichwirtschaften zu beschreiben und zu beurteilen, muss zunächst der Begriff der Qualität näher erläutert werden.

Die „Qualität von Aquakulturerzeugnissen“ umfasst die verschiedenen sensorischen, physikalischen und ernährungsphysiologischen Eigenschaften, den mikrobiologischen Status, die Umweltverträglichkeit der Produktion und Verarbeitung, ökonomische Aspekte und die Verfügbarkeit (OEHLENSCHLÄGER 2010).

Aus der Sicht des Verbrauchers soll ein Erzeugnis:

- gut schmecken,
- gut riechen und aussehen,
- frisch sein,
- möglichst zart und arttypisch sein,
- gesund sein,
- bakteriologisch einwandfrei sein,
- frei sein von Rückständen sein,
- umweltverträglich aufgezogen sein,
- preisgünstig sein
- ganzjährig verfügbar sein

Für den Handel soll das Produkt zusätzlich noch eine möglichst lange Haltbarkeit besitzen, es muss alle gesetzlichen Anforderungen erfüllen und möglichst einfach zu „händeln“ sein.

Die hygienischen Bedingungen im Betrieb, insbesondere während der Verarbeitung nach der Ernte, haben ebenfalls einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität und werden gesondert diskutiert.

### **3. Qualitätsvergleich Pangasiusfilet aus Vietnam – heimische Forellen und Karpfen**

Im Folgenden werden vorliegende Untersuchungsergebnisse zur Lebensmittelqualität der verschiedenen Erzeugnisse aufgezeigt und miteinander verglichen. Nicht diskutiert wird der Aspekt der umweltverträglichen Aufzucht, da hierzu keine eigenen Untersuchungsergebnisse vorliegen. Dies gilt insbesondere für die Aufzuchtbedingungen in Vietnam.

#### **3.1 Sensorische Eigenschaften**

Der Verbraucher erwartet von einem guten Produkt, dass „es schmecken soll“. Das bedeutet, der Geschmack soll rein und arttypisch sein und kein Fehl aroma aufweisen. Die Konsistenz soll angenehm sein, nicht zu fest und nicht zu weich. Außerdem darf das Produkt keinerlei Anzeichen von Verderb aufweisen.

Der Geschmack von Fischen aus Teichwirtschaften wird geprägt durch die Wasserqualität, das Futter und die Frische.

Forellen und Karpfen aus deutschen Teichwirtschaften haben im Allgemeinen eine hohe sensorische Qualität, sind rein im Geschmack und arttypisch, wobei es regionale Ausprägungen gibt. Leider können immer wieder modrige Abweichungen auftreten.

Pangasius wird vom Verbraucher gekauft, weil er ein weißes Fleisch besitzt und nicht nach Fisch riecht und schmeckt. Der Geschmack ist im Allgemeinen neutral, wobei auch hier modrige schmeckende Filets auftreten.

Die Konsistenz ist steuerbar durch Futter- und Hälterungsbedingungen, wobei besonders der Fettgehalt die Textur beeinflusst, aber auch Besatzdichte und biologischer Zustand spielen eine Rolle (AAS & OBERLE 2009; OBERLE et al. 1997; PEREIRA DE AZAMBUJA & REITER 2005).

### **3.2 Zusammensetzung**

Tabelle 2 zeigt die Zusammensetzung von Forellen und Karpfen aus deutscher Zucht. Die Fische wiesen sehr unterschiedliche Fettgehalte auf, aber die Proteingehalte waren gleichmäßig hoch. Entscheidend für die Unterschiede in den Fettgehalten waren die

gewählten Aufzuchtbedingungen der Teichwirte, die je nach Zuchtziel sehr individuell geprägt waren (STEFFENS 1974 und 2011, MANTHEY-KARL et al. 2010).

**Tab. 2:** Zusammensetzung des essbaren Anteils von deutschen Zuchtfischen (Untersuchungsergebnisse MRI, Hamburg, \*STEFFENS 1974)

	<b>Aufzuchtform</b>	<b>Betriebe bzw. Anzahl Fische</b>	<b>Fettgehalt Rohware %</b>	<b>Proteingehalte %</b>
<b>Karpfen</b>	Konventionell	12*	1,0 – 9,5	17,5
	Fischmarkt Hamburg	12	2,0 – 5,4	17,5
<b>Forellen</b>	Konventionell	18	3,5 – 6,5	19,5
	Ökologisch	3	2,0 – 6,4	19,3

Tabelle 3 zeigt die Zusammensetzung von Pangasiusfilets auf dem deutschen Markt. Bei den konventionellen schwankte der Proteingehalt stark, zudem waren sie teilweise wässrig. Bei den ökologisch erzeugten Filets war der Proteingehalt dagegen stabil.

**Tab. 3:** Zusammensetzung von Pangasiusfilets

	<b>Aufzuchtform</b>	<b>Anzahl Filets</b>	<b>Fettgehalt Rohware %</b>	<b>Proteingehalte %</b>
<b>Pangasius</b>	Konventionell	55	1,0 – 3,2	11,1 – 15,7
	Ökologisch	30	1,3 – 3,8	16,5 – 17,7

Als Ursache haben unsere Untersuchungen ergeben, dass Pangasiusfilets vor dem Tiefgefrieren häufig mit Wasser und wasserbindenden Mitteln versetzt werden, um die Textur zu verbessern. Diese Behandlung wirkt sich auch auf die zubereiteten Erzeugnisse aus. Pangasiusfilets schmecken leicht trocken, so dass ein mäßiger Wasserzusatz die Konsistenz verbessern kann. Allerdings finden sich auf dem Markt auch Produkte, bei denen bis zu 20 % Wasser zusetzt wurde, um das Gewicht zu erhöhen (KARL et al. 2010). Dazu werden die Filets mit den Zusätzen in Tumblern behandelt (Abb. 2). Nach dem Auftauen wirken solche „aufgepumpten“ Filets oft glasig (Abb.3).



**Abb. 2:** Tumbler und Pangasiusfilets  
Bild: Nils K. Sørensen, University of Tromsø, Norway



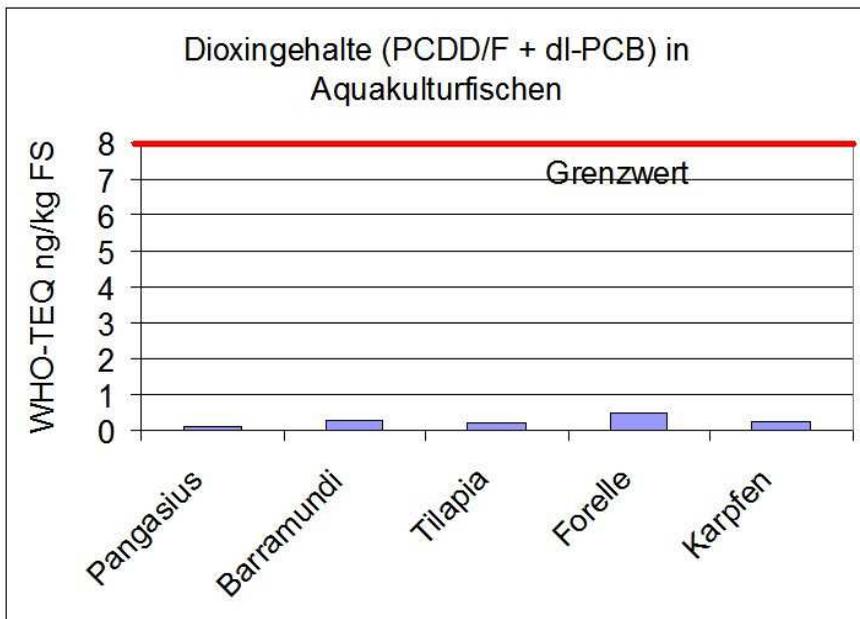
**Abb. 3:** Pangasiusfilets mit und ohne Wasserzusatz

### **3.3. Unerwünschte und positive Inhaltsstoffe**

#### **3.3.1 Unerwünschte Inhaltsstoffe**

Aquakulturfische nehmen die Rückstände vor allem über das Futter auf und die Höhe und Art der Rückstände hängt von dessen Zusammensetzung ab. Karpfen und Pangasius werden fast ausschließlich mit pflanzlichen Futtern aufgezogen, die nur sehr geringe Rückstandsmengen enthalten.

Die Belastung von verschiedenen organischen Rückständen im Fett von carnivoren Fischen wie Forellen hängt direkt von der Belastungshöhe des im Futter vorhandenen Fischöls ab (KARL et al. 2003). Hier konnte die Belastung des Futters durch strenge gesetzliche Anforderungen in den letzten Jahren deutlich gesenkt werden. Außerdem haben Zuchtfische wie Forelle, Karpfen und Pangasius relativ schnelle Aufwuchsraten, so dass es zu keiner Altersanreicherung von Rückständen kommt und Aquakulturfische werden im Allgemeinen in sauberen Gewässern gehalten.



**Abb. 4:** Dioxinbelastung von Fischen aus Teichwirtschaften, PCDD/F + dl-PCB (WHO-TEQ (1998))

Die Untersuchungen der letzten Jahre bestätigen, dass Karpfen, Forellen, Pangasius und andere Fische aus der Aquakultur niedrige Rückstandsgehalte aufweisen, die deutlich unter den geltenden Grenzwerten liegen. In Abbildung 4 sind als Beispiel die mittleren Dioxingehalte (WHO-PCDD/F-dl-PCB-TEQ) in verschiedenen Aquakulturfischen dargestellt. Alle Werte liegen nahe der Nachweisgrenze und weit unter der erlaubten Höchstmenge von 8 ng WHO-TEQ/kg Feuchtsubstanz (FS) (EG 2006).

### **3.3.2 Erwünschte Inhaltsstoffe**

Omega-3-Fettsäuren, Selen und Taurin gehören zu den Inhaltsstoffen im Fischfleisch, denen positive Effekte auf die Gesundheit zugeschrieben werden. Vorrangig wird Seefisch dafür eine natürliche Quelle angeführt. Die Gehalte für Forelle, Karpfen und Pangasius sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Der Einfluss der Nahrung spiegelt sich bei Fischen aus der Aquakultur insbesondere auf die Zusammensetzung des Fettes wider und damit auch auf die vorrangig erwünschten Omega-3-Fettsäuren Eikosapentaen (EPA)- und Dokosahexaensäure (DHA). Fütterungsversuche zeigten, dass hochwertige energiereiche Fischfutter, die sich durch eine gute Futterauswertung bei geringer Umweltbelastung auszeichnen, zusätzlich auch die ernährungsphysiologische Qualität des Fettes erhöhen können. Insbesondere

Lachse und Forellen aus der Aquakultur, deren Futter Anteile von Fischmehl oder- öl enthält, haben im Muskelfleisch höhere Gehalte an DHA und EPA als vorrangig pflanzenfressende Arten.

Fischöle, vor allem die Fischleberöle, sind wichtige Vitamin-D-Quellen. Deshalb wurde der menschliche Bedarf an Vitamin D (und Vitamin A) früher durch Leberöle (Lebertran) verschiedener Fischarten gedeckt. Wie bei den Omega-3-Fettsäuren sind auch die Vitamingehalte von Fischen aus Fischfarmen abhängig von dem verabreichten Futter, dem in der Regel synthetische Vitaminpräparate zugesetzt werden. Vergleicht man die Vitamingehalte von wildlebenden und gefarmten Fischen einer Art stellt man fest, dass die Zuchtform stets über einen höheren Gehalt an Fett und an fettlöslichen Vitaminen verfügt. Zum Vergleich: Im Filet von Seefisch sind im Durchschnitt 10 µg/100 g enthalten. (OSTERMEYER 1999).

Fischfleisch ist eine der wenigen und gut verfügbaren Quellen für das Spurenelement Selen. Im Seefischmuskel kann man mit einem durchschnittlichen Gehalt von 30 – 40 µg/100 g Frischgewicht rechnen (OEHLENSCHLÄGER 1995). Die Süßwasserfischarten liegen im Mittel niedriger im Bereich zwischen 10 – 20 µg/100 g Frischgewicht.

Das Fleisch von Fischereierzeugnissen enthält beträchtliche Mengen an Taurin. Das gilt auch für Fische aus der Aquakultur. Ein-

schränkend ist zu erwähnen, dass die Gehalte auch innerhalb einer Fischart stark schwanken können. Für Taurin gibt es noch keine Ernährungsempfehlungen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass Fische aus der heimischen Aquakultur wie Saiblinge, Bach- und Regenbogenforellen oder Karpfen (mit Einschränkungen), die am MRI in Hamburg untersucht wurden, eine gute Quelle für Omega-3- Fettsäuren, Selen und Taurin sein können.

**Tab. 4:** Positive Inhaltsstoffe im essbaren Anteil von Fischen aus Teichwirtschaften

	<b>Forelle</b>	<b>Karpfen</b>	<b>Pangasius</b>	<b>RDI *)</b>
n-3-Fettsäuren g/ 100g	0,9	0,5	0,1	1 g/ d
Vitamin D µg/ 100g	18	0,5	0	5µg/ d
Selen µg/ 100g	20	10	20	30-70 µg/ d **)
Taurin mg/ 100g	47	174	48	

\*RDI = recommended daily intake, \*\*Schätzwert für eine angemessene Zufuhr (DGE 2008)

#### **4. Hygiene beim Schlachten und Verarbeiten**

Teichfische sind als Folge ihres Lebensraumes Wasser einer wesentlich höheren Zahl von Keimen und Erregern ausgesetzt als auf dem Land lebende Tiere. Welche Arten dominieren und ihre Menge hängt zunächst von Faktoren wie dem Haltungssystem, der Wasserqualität und dem Allgemeinbefinden der Fische ab. Schlachtung und Verarbeitung sind die nächsten Schritte der Lebensmittelerzeugung, die Anforderungen an das Hygienemanagement bilden. Die Keimflora der Umgebung spiegelt sich direkt der Haut und den Kiemen wider.

In verschiedenen Forschungsprojekten (KARL, H. *et al.* 2004, und 2007, LAVES 2007a und b) wurde festgestellt, dass frisch geschlachtete Forellen in diesem Punkt eine hohe Produktqualität und –sicherheit aufweisen. Diesem positiven Ergebnis stand jedoch die Erkenntnis gegenüber, dass in den beprobten Betrieben eine sehr unterschiedliche Schlacht- und Verarbeitungshygiene vorgefunden wurde, die teilweise gravierende Mängel hatte. Es kann davon ausgegangen werden, dass vergleichbare Verhältnisse auch in anderen Teichwirtschaften vorgefunden werden können. Ganz allgemein fiel auf, dass die Schwachstellen im Hygienebereich vielfach ähnlich gelagert waren.

Die gesetzlichen Anforderungen an die Lebensmittelhygiene gelten für alle Hersteller. Für die Verarbeitung von Lebensmitteln tierischen Ursprungs bilden die europäischen Verordnungen zur Lebensmittelhygiene (EG- 2004a-c) die gesetzliche Grundlage bei der Erstellung und Einhaltung eines Hygienekonzepts. Das EG- Hygienepaket gilt entlang der gesamten Verarbeitungskette „*from fish to dish*“. Es ist festzustellen, dass es in den Betrieben häufiger am Verständnis dafür fehlt, dass auch der "kleine" Teichwirt als Lebensmittelunternehmer das einschlägige Lebensmittelrecht einzuhalten hat.

Die folgende Übersicht zeigt einige der beobachteten Mängel:

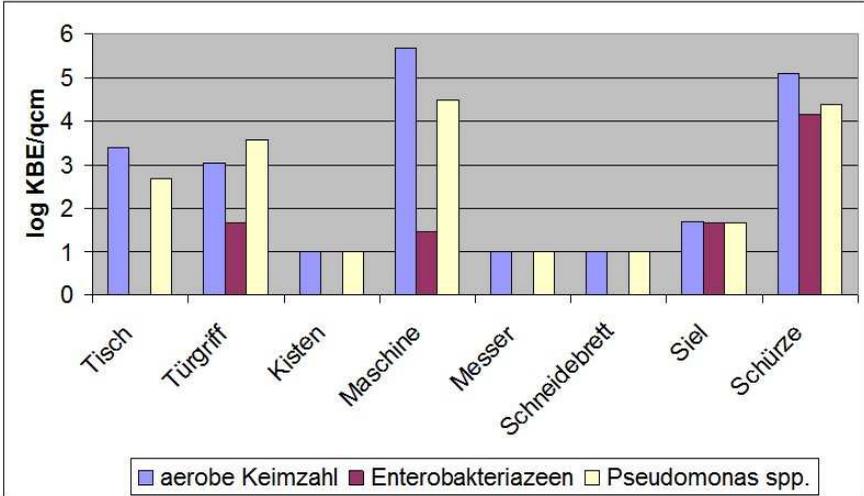
- Fußbodenschäden, keine Versiegelung des Fußbodens, fehlende Gullydeckel
- Farbabblösungen und starke Verschmutzungen und Schäden an den Wänden
- Rostschäden an Fenstern, fehlende Fliegengitter
- Produktionsräume werden als Verpackungslager bzw. Multifunktionsräume genutzt
- keine verschließbaren Müllbehälter
- fehlende bzw. nicht funktionierende Lüftung
- kein Trinkwasseranschluss
- vermoderte Holzregale, stark verschlissene Regale
- hochgradig verschmutzte Schürzen, Körbe, Lampen und Eismaschinen
- Personalhygiene:

- fehlende Handwaschbecken
- kein Warmwasser am Handwaschbecken
- Schlachthäuser an den Teichen ohne sanitäre Anlagen in der Nähe
- fehlende oder ungeeignete Umkleideräume

In den Produktionsbereichen Schlachtung, Räucherung und Filetierung waren insbesondere die Siele und andere für die Reinigung schwer zugängliche Oberflächen von Bedeutung, da sie als Erregerreservoirie insbesondere für *Listeria* spp. dienen können. Auch Gitter, Bürsten, Messer und Handschuhe erwiesen sich als weitere Schwachstellen für die Hygiene sowohl bei der Prozesskontrolle während der Verarbeitung als auch bei der Überprüfung nach erfolgter Reinigung und Desinfektion. Zwar wurden nach der Durchführung verringerte Keimzahlen von aeroben Keimen, Pseudomonaden und Enterobakteriazeen festgestellt, was durchaus für eine gute Wirkung spricht. Dennoch zeigen die Untersuchungen, dass die Hygienemaßnahmen noch verbesserungswürdig sind. Das betrifft bei den Filetierreinrichtungen die Siele, Tische, Türgriffe oder die Arbeitskleidung.

Auch die Ergebnisse anderer Untersuchungen zeigen, dass Pseudomonaden und Aeromonaden die dominierende Flora im aeroben Keimspektrum (25 °C) entlang des Betriebsablaufes „Schlachten-Räuchern-Filetieren Verpacken-Verkauf“ in Aquakultur-

betrieben sind und unterstreichen die Notwendigkeit der Verbesserung der Hygienemaßnahmen.



**Abb. 5:** Mikrobielle Belastung je Probennahmepunkt in Filetierreäumen nach Reinigung und Desinfektion in log KBE/cm<sup>2</sup> (aus MANTHEY-KARL 2008)

**Aerobe Gesamtkeimzahl:**

Hinweis auf allgemeine Keimbelastung, nach Reinigung und Desinfektion  
 → < 100 Keime/cm<sup>2</sup> für glatte Oberflächen

**Enterobakteriäzen:**

Indikator für krankmachende Keime (z. B. Salmonellen, *Escherichia coli*)  
 → möglichst niedrige Zahlen

**Pseudomonaden:**

bedeutende Verderbniskeime  
 → möglichst niedrige Zahlen

Anders sieht es bei der Verarbeitung von Pangasius aus. Die Fische werden lebend aus den vielen kleinen Aufzuchtbetrieben bei den Verarbeitungszentren angeliefert. Sie werden gekehlt, im Wasser ausgeblutet und per Hand filetiert, getrimmt und maschinell enthäutet. Anschließend werden die Filets häufig, wie bereits erwähnt,

mit wasserbindenden Mitteln behandelt, in Schockfrosthern tiefgefroren und zusätzlich glasiert. In den Verarbeitungszentren arbeiten nach KLINKHARDT (2011) je nach Größe zwischen 700 und bis zu 10 000 Beschäftigte. Viele Verarbeitungsbetriebe sind technisch und technologisch auf einem sehr hohen Niveau und vergleichbar mit modernen europäischen Unternehmen. Die Zentren arbeiten nach gängigen HACCP-Protokollen. Viele sind nach ISO 9001:2000 zertifiziert und haben in der Regel eine „EU-Nummer“.

## **5. Schlussbetrachtung**

Die Qualität von Zuchtfischen hängt von vielen Faktoren ab, dennoch ist festzustellen, dass deutsche Teichwirtschaften nahezu ohne Einschränkung eine hochwertige Ware liefern. Die hauptsächlich vermarkteten Fischarten Forelle und Karpfen sind von einwandfreier Qualität, Schadstoffbelastung und Arzneimittel haben keine Bedeutung. Sie können sehr frisch angeboten werden. Bei der Verarbeitung bestehen jedoch oftmals noch Defizite. Während große Betriebe nach HACCP-Konzepten arbeiten, werden in den familiengeführten Kleinbetrieben oftmals innerbetriebliche Hygienemängel negiert und an eingefahrenen Abläufen festgehalten. Das spricht zwar nicht gegen die Erzeugung hochwertiger Fischwaren, sollte und kann aber nicht der *Status quo* bleiben.

## Literatur

- Aas, M. & Oberle, M.**, 2009, Sensorische Prüfung von „gebackenen“ Karpfen mit unterschiedlichem Fettgehalt und Möglichkeit der Einführung eines Qualitätsprüfberichtes. *Fischer & Teichwirt*, 10, 372-374.
- Anh, P.T. et al.**, 2010, Water pollution by pangasius production in the Mekong delta, Vietnam: causes and options for control. *Aquaculture Research* 42, 108-128.
- DGE, Deutsche Gesellschaft für Ernährung**, 2008, D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. <http://www.dge.de/index.php>
- EG**, 2006, Verordnung (EG) Nr.1881/2006 der Kommission vom 19. Dez. 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln. *ABl. L 364* vom 20. 12. 2006, S.5.
- EG**, 2004a , Verordnung (EG) Nr. 852/2004 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 29. April 2004 über Lebensmittelhygiene. *Abl. L226/3* vom 25. 06. 2004.
- EG**, 2004b, Verordnung (EG) Nr. 853/2004 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 29. April 2004 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs. *Abl. L226/22* vom 25. 06. 2004.
- EG**, 2004c, Verordnung (EG) Nr. 854/2004 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 29. April 2004 mit besonderen Verfahrensvorschriften für die amtliche Überwachung von zum menschlichen Verzehr bestimmten Erzeugnissen tierischen Ursprungs. *Abl. L226/83* vom 25. 06. 2004.

**FAO**, 2010, The State of world fisheries and aquaculture 2010. FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome.

**FIZ**, 2010, Fischwirtschaft, Daten und Fakten 2010. Fisch- Informationszentrum e.V.. [www.fishinfo.de](http://www.fishinfo.de)

**Karl, H. et al.**, 2003: Transfer of PCDDs and PCDFs into the edible parts of farmed rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), via feed. Aquaculture Research 34, 1009-1014.

**Karl, H. et al.**, 2004, Qualitätsvergleich von Regenbogenforellen aus konventioneller und ökologisch zertifizierter Aufzucht als Voraussetzung für eine Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit von Bioforellen. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Bonn, Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau. <http://orgprints.org/4004/>

**Karl H. et al.**, 2010, Composition and quality attributes of conventionally and organically farmed Pangasius fillets (*Pangasius hypophtalmus*) on the German market. International Journal of Food Science & Technology, 45, 56 - 66.

**Klinkhardt, M.**, 2011, Pangasius – Teil 6: Verarbeitung von Pangasius. Fischmagazin, 3, 56 - 63.

**Manthey-Karl et al.**, 2007, Untersuchungen zur Qualitätsveränderung bei der Verarbeitung und Lagerung von ausgewählten Erzeugnissen aus Bioforellen und konventionell erzeugten Forellen als Voraussetzung für die Erstellung einer Handlungsanweisung für handwerkliche Forellenzuchtbetriebe. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Bonn, Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau. [http://orgprints.org/14277/1/14277-02OE007\\_F2-mri\\_bund-manthey\\_karl-2007-forellen.pdf](http://orgprints.org/14277/1/14277-02OE007_F2-mri_bund-manthey_karl-2007-forellen.pdf)

**Manthey-Karl, M.**, 2008, Forellen räuchern, Herstellung, Qualität, Hygiene – worauf kommt es an? DLG Verlag, Frankfurt/Main.

- Manthey-Karl, M. et al.**, 2010. Quality of organically and conventionally farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and smoked products thereof from the German market. Arch. Lebensmittelhyg. 61, 40-49.
- LAVES, Institut für Fische und Fischereierzeugnisse Cuxhaven**, 2007a, Bericht des Forschungsprojektes 2004 "Aquakulturen in Niedersachsen Niedersachsen".  
<http://www.laves.niedersachsen.de>
- LAVES, Institut für Fische und Fischereierzeugnisse Cuxhaven**, 2007b, Bericht des Forschungsprojektes 2005 "Aquakulturen in Niedersachsen". <http://www.laves.niedersachsen.de>
- Oberle, M. et al.**, 1997, Wachstum und Schlachtkörperqualität von Karpfen (*Cyprinus carpio* L.) bei Verfütterung von verschiedenen Getreidearten, Lupinen oder Zooplankton. Arch. Anim. Nutr. 50, 75 -86.
- Oehlenschläger, J.**, 1995, Selengehalt im Seefischmuskel in: Ernährungsphysiologische Eigenschaften von Lebensmitteln. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Heft 445, 86-91.
- Oehlenschläger, J.**, 2010, Fisch: Ein natürlich funktionelles Lebensmittel. Ernährungs-Umschau 5, 246-251.
- Ostermeyer, U.**, 1999, Vitamine in Fischen. Inf. Fischwirtsch. Fischereiforsch. 46(3), 42-50.
- Pereira de Azambuja, T. & Reiter, R.**, 2005, Produktion von Forellen nach vorgaben von Ökoverbänden unter Gesichtspunkten der Wirtschaftlichkeit und Fleischqualität. Fischer & Teichwirt 11, 408-410.
- Steffens, W.**, 1974, Chemische Zusammensetzung und Nährwert des Karpfenfleisches. Die Nahrung 18, 789-794.

**Steffens, W.**, 2011, Tschechische Untersuchungen über den Fettgehalt von Speisekarpfen in Abhängigkeit von der Zufütterung. Fischer & Teichwirt 1, 23-24.



# **Ökobilanz der teichwirtschaftlichen Produktion im Vergleich zu anderen Produktionsformen**

Alexander Brinker

## **Kurzfassung**

In der Bevölkerung wächst das Bewusstsein, dass es in einer immer globaler werdenden Welt notwendig ist, Produktion im Allgemeinen ganzheitlich zu erfassen und auch Umweltkosten zu berücksichtigen und den Produkten zuweisen zu können. Dies trifft auch für landwirtschaftliche und fischereiliche Erzeugnisse zu. Insbesondere für Fischerzeugnisse ist die Datenlage hierzu noch weitgehend unvollständig. Der vorliegende Beitrag zeigt das grundsätzliche Potential von Fischen im Vergleich zur Landtiererzeugung auf, erläutert den Hintergrund ganzheitlicher Produktbewertungen am Beispiel des Life Cycle Assessment Verfahrens, stellt erste Ergebnisse der aquatischen Erzeugung der terrestrischen Erzeugung gegenüber und benennt einige zentrale Forschungs- und Entwicklungsfelder.

Die Fischzucht steht in der modernen Welt wie die übrige landwirtschaftliche Produktion in einem globalen Spannungsfeld und kann aus diesem Kontext nicht mehr losgelöst betrachtet werden. Die Zahlen der FAO (Food and Agriculture Organization der Verein-

ten Nationen) von 2010 geben hier eindrucksvolle Eckdaten: Die Weltbevölkerung wächst noch immer rasant um ca. 200.000 Menschen pro Tag und somit jährlich in etwa um die Einwohnerzahl Deutschlands.

All diese Menschen haben ein völkerrechtlich verbrieftes Anrecht (Artikel 11 des Internationalen Pakts über wirtschaftliche, soziale und kulturelle Rechte (UN-Sozialpakt)) auf gesunde Lebensmittel und damit auch - wie später genauer erläutert – auf aquatische Produkte (Wildfänge/Aquakultur). Im Zuge der landwirtschaftlichen, aber auch der fischereilichen Entwicklung stieg der Anteil an tierischem Protein sowohl von Land- als auch Wassertieren in der Nahrung in den letzten Jahrzehnten deutlich an und dieser Trend wird auch in der Zukunft anhalten (Bartley 2007). Der weltweite Anteil am tierischen Eiweiß durch Fische beträgt heute etwa 17 %. Hinzu kommt, dass die Bevölkerungen der entwickelten Staaten verstärkt Fisch und Meeresprodukte als gesunde Lebensmittel entdecken, und hier insbesondere vermeintliche Premiumprodukte, in erster Linie Raubfische, nachgefragt werden. Die Wildfischfänge aus den Meeren dagegen stagnieren bei etwa 100 Millionen Tonnen pro Jahr und können nach allen Einschätzungen bestenfalls in dieser Größenordnung gehalten, aber nicht weiter gesteigert werden. Als einzige Alternative wächst folgerichtig die Aquakultur seit 1970 mit etwa 9% pro Jahr. Aus den genannten Wildfängen wird jährlich eine relativ stabile Menge von 6-7 Millionen Tonnen Fischmehl und etwa

1 Millionen Tonnen Fischöl gewonnen. Hier ist zudem vielleicht ein Rückgang zu erwarten, da ein starker öffentlicher Druck besteht, Wildfänge direkt als Lebensmittel zu verwerten und nicht über den „Umweg“ Tierfutter zu gehen. Auf der anderen Seite steht der aquatischen Erzeugung eine landwirtschaftliche Produktion (Grünpflanzen) von etwa 5 Milliarden Tonnen gegenüber. Hier ist die Rohstoffmenge also um Größenordnungen höher und steht theoretisch auch für aquatische Futtermittel zur Verfügung.

Die heutige Aquakultur arbeitet also in globalen Größenordnungen und hat entsprechenden Einfluss. Das bedeutet, dass auch die Auswirkungen auf die Umwelt und Ökonomie nicht mehr nur lokal betrachtet werden können und ganzheitliche Bewertungsverfahren eingesetzt werden müssen, um die Aquakultur im Gesamtkontext der Lebensmittelerzeugung einordnen und bewerten zu können.

### **Stand der Aquakultur heute**

Im Jahr 2009 wurde ein echter Meilenstein erreicht, da erstmals 50% aller Fische und Muscheln aus der Aquakultur stammten, wobei die Fische für sich allein betrachtet sogar einen noch größeren Anteil für sich verbuchen können und die Produktion an Wildfischen bereits übertreffen (Naylor, 2009). Insgesamt produzierte die Aquakultur 68 Millionen Tonnen aquatische Erzeugnisse (hauptsächlich Fisch, Muscheln, Algen und Shrimps) mit einem Wert von etwa 65 Milliarden Euro. Wenig überraschend bedeutet das aber auch eine

massive Nachfrage für die begrenzten Fischmehl/-öl - Ressourcen. Aktuell nutzt die Aquakultur etwa 70 % des weltweit produzierten Fischmehls und sogar 90 % der produzierten Fischöle. Da zudem weitere Interessensgruppen mit höheren Gewinnspannen als in der Fischzucht üblich in den Markt drängen (Pharmazie-/Lebensmittelbranche: ungesättigte Fettsäuren EPA/DHA aus Fischöl), schnellen die Preise für diese beiden traditionellen Futtermittelbestandteile in die Höhe. Das führt dazu, dass sowohl die Futtermittelindustrie als auch die Fischereiforschung nach gangbaren Alternativen suchen und diese auch finden. Ein Schwerpunkt der letzten Jahre war hier der teilweise Ersatz von Fischmehl/-öl im Fischfutter durch pflanzliche Alternativen. Als direkte Konsequenz hat sich beispielsweise das *Fisch in/Fisch aus*-Verhältnis von mehr als 1 im Jahr 1995 zu heute (2007) auf 0,63 verbessert: Das bedeutet also: Um 1 kg Fischzuwachs in der Fischzucht zu erreichen, werden heute nur noch 630 g wild gefangener Fisch eingesetzt (Naylor, 2009). Das heißt auch, dass sich die Fischzucht mittlerweile von einem netto Fischverbraucher zu einem netto Fischerzeuger entwickelt hat.

### **Potentialbetrachtungen: Kaltblütige Nutztiere wie Fische im Vergleich zu Warmblütigen**

Eine kleines Gedankenspiel vorab: Ruft man sich die bereits erwähnte landwirtschaftliche Produktion in Erinnerung, die in die Milliarden Tonnen geht, so mag es zunächst verwundern, dass die gesamten Wildfischfänge der Erde, die zu mehr als 70 % mit

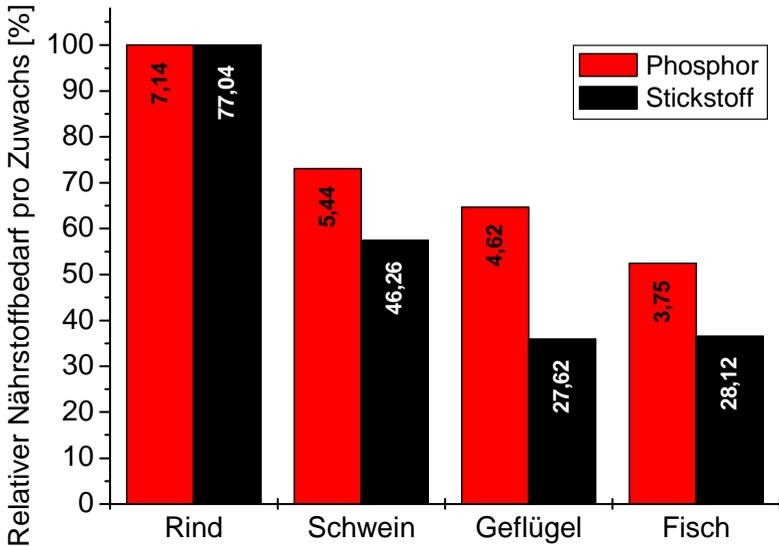
Wasser bedeckt ist, nur eine vergleichsweise geringe Menge ergeben. Der Grund ist, dass von der eintreffenden Lichtenergie im Wasser im Vergleich zum Land nur 33 % genutzt werden kann (absolut betrachtet: 0,03 % des eintreffenden Sonnenlichtes; Rest: Reflektion, thermische Absorption). Die die Gesamtproduktivität bestimmende Primärproduktion über Pflanzen ist im Wasser also sehr gering im Vergleich zum Land. Zudem werden im Nahrungsnetz nur etwa 10 % der fixierten Energie in die nächst höhere Stufe weitergegeben und Fische stehen auf der Stufe 4 - 6. Aus diesen Werten lässt sich eine interessante Abschätzung ableiten: Nimmt man den durchschnittlichen pro-Kopf-Fischverbrauch der Bundesbürger als Maßstab (~16 kg Fanggewicht), so wird diese Menge an Fisch durch 115 Hektar Meeresfläche zur Verfügung gestellt. Diese Fläche ist 40000 - 50000 Mal größer als die Haltungsfläche, in der die Fische durch Aquakultur erzeugt werden. Dies verdeutlicht ein wenig den extremen Unterschied zwischen der Produktion in der Natur und in der Fischzucht und sensibilisiert für damit einhergehende Schwierigkeiten.

Aber zurück zum Potential der Fische: In einer grundlegenden Studie hatte Hemmingsen bereits 1960 herausgearbeitet, dass der Grundstoffwechsel wechselwarmer Tiere wie Fische sehr viel niedriger liegt als der von Warmblütern. Er schrieb dies hauptsächlich der fehlenden Aufrechterhaltung der Körpertemperatur zu, was von Gilloly (2001) teilweise korrigiert wurde (Details der Diskussion

gehen über diesen Beitrag hinaus, können aber in der zitierten Literatur nachgelesen werden). Nichtsdestotrotz ist die grundsätzliche Aussage für die hauptsächlich genutzten Haltungstemperaturen korrekt und verdeutlicht das enorme Potential von kaltblütigen Tieren wie den Fischen, verabreichtes Futter maximal in Zuwachs umzusetzen, weil nur minimal wenig Futterenergie in den Erhaltungsstoffwechsel geht, dort wirkungslos verbrennt und nicht in Zuwachs umgesetzt werden kann. Wirkungslos ist hier nicht einmal ausreichend, denn die Endprodukte des Energiestoffwechsels sind Ammonium oder CO<sub>2</sub>, die entsprechend die Umwelt belasten.

Schaut man sich die entsprechende Futternutzung von wichtigen Nutztiergruppen an, wird dieser Vorteil klar ersichtlich (Abbildung 1). Nur Geflügel ist in etwa im Bereich der Nutzungseffizienz von Fischen anzusiedeln. Das liegt in den extremen züchterischen Fortschritten begründet, die beim Geflügel schon erreicht wurden, während man bei den Fischen hier noch in den Kinderschuhen steckt und viel züchterisches Potential heute noch ungenutzt ist.

Zusammenfassend kann festgehalten werden: Theoretisch sind kaltblütige Tiere wie Fische die effizienteren Nahrungsnutzer und könnten den nachhaltigsten Beitrag zur Versorgung mit tierischem Eiweiß liefern.



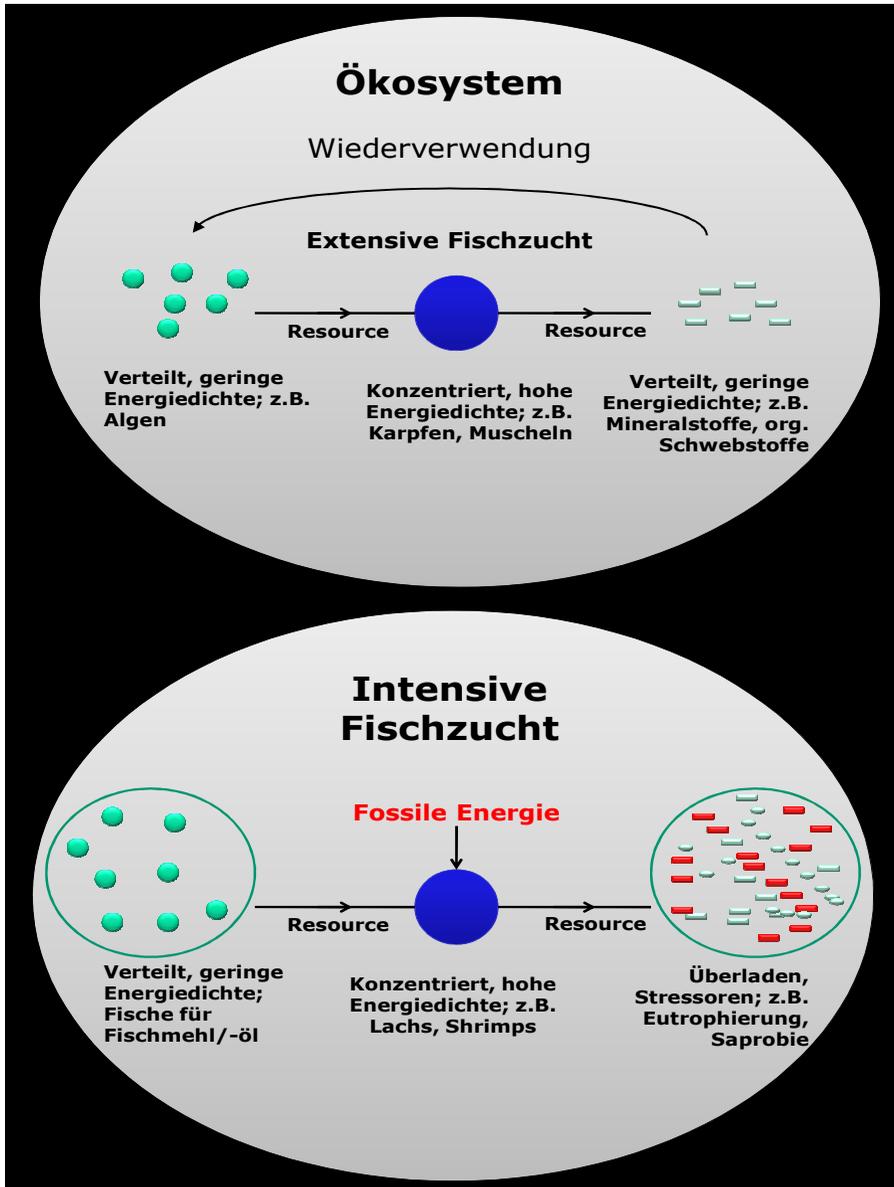
**Abb. 1:** Relativer Nährstoffbedarf am Beispiel von Phosphor und Stickstoff pro Zuwachs in Abhängigkeit von der Nutztiergruppe (Zahlen in den Balken geben den absoluten Bedarf in g pro kg Zuwachs an). Rind wurde als 100 % gesetzt.

## Wie bewerte ich eine Nahrungsproduktion ganzheitlich?

Um die Frage der Überschrift angehen zu können, ist zunächst eine klare Zielvorstellung notwendig.

Maximalforderung: Ein optimales ökologisches Produkt erzeugt überhaupt keinen Abfall, sondern im Gegenteil nur positive Nebenprodukte, die sich stimulierend auf die angrenzenden Ökosysteme und die Wertschöpfungskette auswirken.

Diese maximale Vorgabe lässt sich am ehestens in der extensiven Fischzucht vorstellen, wo aus einem relativ großen System die Fische als konzentrierte Wertschöpfung entnommen werden können, nur minimale externe Einflüsse (Zufütterung, Abfischvorgang o. ä.) nötig sind und die anfallenden Ausscheidungen problemlos vom Ökosystem (Teich) aufgenommen und in neue Biomasse umgesetzt werden kann (Abbildung 2). Diesen Produktionsformen sind aber insbesondere in der realisierbaren Produktionsmenge Grenzen gesetzt. Intensivere Produktionsformen auf der anderen Seite benötigen relevanten externen Input und überladen das System mit naheliegenden Dingen wie Ausscheidungen aber auch eher mit indirekten Faktoren wie einem erhöhten Krankheitsrisiko (Abbildung 2). Da sie aber in der Lage sind, die oftmals benötigten großen Mengen des gewünschten Produktes zu erzeugen, und weil vielleicht auch ökologische Kosten bisher so gut wie nicht ökonomisch wirksam werden, erfahren insbesondere die intensiven Systeme einen starken Ausbau.



**Abb. 2:** Schematische Darstellung von extensiver und intensiver Fischzucht und von wichtigen Energie- und Stoffflüssen.

Die bisherigen Ausführungen deuten an, wie schwierig eine halbwegs plausible „ganzheitliche“ Erfassung und Bewertung ist und wie sehr sie vom jeweiligen Betrachtungswinkel (Ökologie, wirtschaftlicher Erfolg, kurzfristig, langfristig, etc.) abhängt. Ein ganz entscheidender Punkt ist die „Normalisierung“, also der Versuch, die betrachteten Zielgrößen vergleichbar zu machen. Ist ein **kg Shrimps** beispielsweise wirklich einem **kg Geflügel** gleichzusetzen? Und wenn *Nein!* hier die offenkundig richtige Antwort ist: Wie ordne ich das korrekt ein?

Nahrung ist nicht gleich Nahrung und deshalb kann auch kalorische Energie nicht als einfache Normeinheit dienen. Fische beispielsweise haben als Lebensmittel wertvolle Alleinstellungsmerkmale: hochverdauliches Protein, ungesättigte omega-3-Fettsäuren (EPA/DHA), Selen, Taurin, Jod, Vitamin D2, und weitere, die es zu berücksichtigen und in Relation zu möglichen Kosten zu stellen gilt. Hier gibt es keine allgemeingültige Bewertung, sondern es muss eine Bewertung im Einzelfall vorgenommen werden.

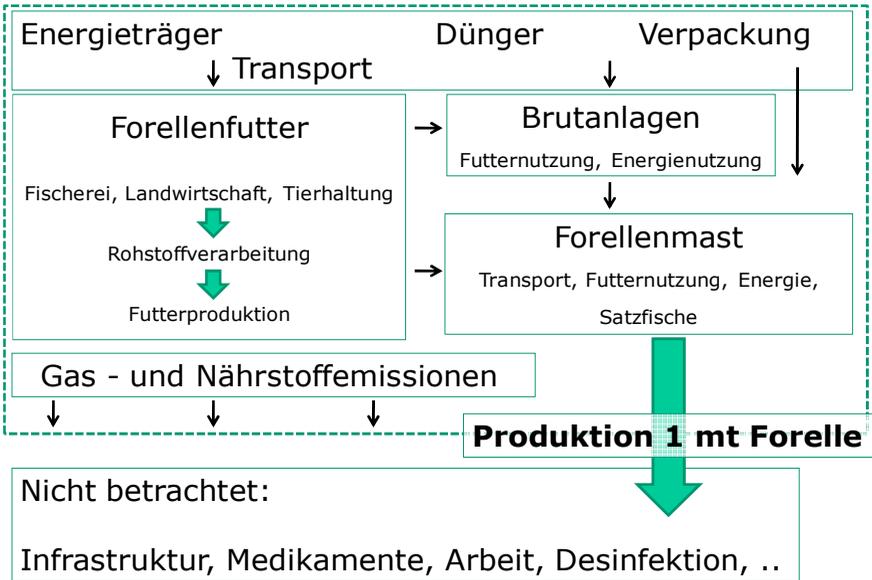
Vor diesem Hintergrund hatte die FAO 2006 einen Experten-Workshop zusammengerufen, um ein Verfahren zu identifizieren, das möglichst ganzheitlich zur Bewertung von landwirtschaftlicher oder aquatischer Produktion dienen kann. Dabei wurden so unterschiedliche Verfahren und Ansätze wie die *Material- und Energieflussanalyse*, das *Life Cycle Assessment* Verfahren (LCA), der

*Ökologische Fußabdruck*, die *Risikoanalyse*, die *Umweltverträglichkeitsanalyse* und viele weitere untersucht. Im Ergebnis war leider klar ersichtlich: Es steht keine Methode der Wahl zur Verfügung.

Für die Produktion von Fischen bietet sich aus verschiedenen Gründen, die hier nicht diskutiert werden sollen, als guter Kompromiss das LCA-Verfahren an. Hierbei wird ein Produkt vom ‚cradle to grave‘, also vom ‚Bruthaus bis zum Schlachthaus‘ bewertet (Abbildung 3) und dabei werden verschiedene relevante Größen bestimmt.

Aktuelle Größen, die dabei den einzelnen Positionen zugeordnet und für die abschließende Bewertung herangezogen werden, sind das Eutrophierungspotential (kg PO<sub>4</sub> Äquivalente), Klimawandel (kg CO<sub>2</sub> Äquivalente), Versäuerungspotential (kg SO<sub>2</sub> Äquivalente), Nutzung der Netto-Primär-Produktion (kg C), Energienutzung (MJ) sowie die Wassernutzung (m<sup>3</sup>).

## Bruthaus → Schlachthaus



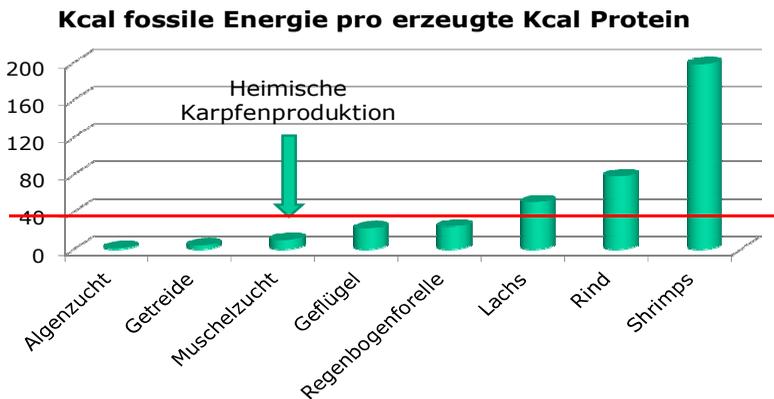
**Abb. 3:** Schematische Darstellung der Posten, die bei einer LCA-Bewertung der Forellenproduktion bewertet werden (mt: metrische Tonne).

In den folgenden Blöcken werden einzelne Aspekte der Fischerzeugung anderen Produktionsformen gegenübergestellt und eingeordnet. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die Datenlage für die Aquakultur auch im Vergleich zu den übrigen Produktionsformen bis heute noch sehr dünn ist und hier dementsprechend großer Wissensbedarf besteht. Als Referenz im Bereich der tierischen Produktion gilt aufgrund des immensen züchterischen Erfolges das Geflügel. Aus diesem Grund werden die Werte für Geflügel dem der Fische als Referenz gegenübergestellt und diskutiert.

# Ökologische Einordnung der Fischerzeugung

## a) Proteineffizienz

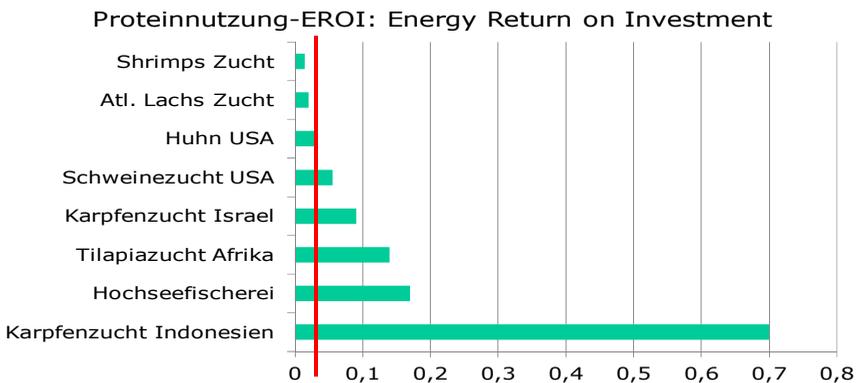
Ein zentraler Aspekt für die Effizienz einer tierischen Produktion ist die Umsetzung des Futterproteins in Zuwachs, da Protein bei den Makronährstoffen die größten Kosten verursacht. Viele Fischarten und auch viele andere aquatische Organismen besitzen einen ammoniotelischen Stoffwechsel. Somit nutzen sie in relevanter Menge Eiweiß/Protein aus der Nahrung zur Energiegewinnung. Trotzdem sind sie als Kaltblüter hier so effizient, dass sie in der Regel selbst mit der Referenz bei den Landnutztieren, dem Geflügel, durchaus mithalten können (Raubfische) oder sogar deutlich besser sind (Allesfresser, Pflanzenfresser) (Abbildung 4). Eine Ausnahme bei den aquatischen Nutztieren bilden die Shrimps, die aufgrund ihrer sehr aufwendigen Haltung hier von allen betrachteten Gruppen am schlechtesten abschneiden.



**Abb. 4:** Einsatz fossiler Brennstoffe für die Gewinnung von Protein in verschiedenen Erzeugnissen (der Balken kennzeichnet die Referenz im tierischen Bereich: das Geflügel) (Folke, Kautsky, 1992).

Auch im zweiten Betrachtungsbereich, dem Protein-EROI (Definition: siehe Kasten) schneiden insbesondere die omnivoren Fische sehr gut bis hervorragend ab. Die Werte für die Karpfenzucht in Indonesien stehen ihresgleichen in der Erzeugung tierischer Produkte (Abbildung 5). Allerdings werden sich derartige Bedingungen in hochentwickelten Ländern allein aus Hygiene- und Seuchenvorsorgeaspekten wohl nicht erreichen lassen. Die Shrimps bilden auch hier das schlechte Ende der untersuchten Produkte.

Kasten: Der EROI (Energy Return on Investment) ist ein dimensionsloses Verhältnis, bei dem die Menge eines nützlichen Produktes, dargestellt als Energie, durch die für die Erzeugung verbrauchte Energie geteilt wird; bei Nahrungsmitteln wird hierfür der nutzbare Proteinenergieertrag veranschlagt: der ideale Wert ist also 1, d. h.: Die gesamte eingesetzte Energie wird direkt in Produkt umgewandelt. Dieser Wert ist in der Realität nicht zu erreichen.

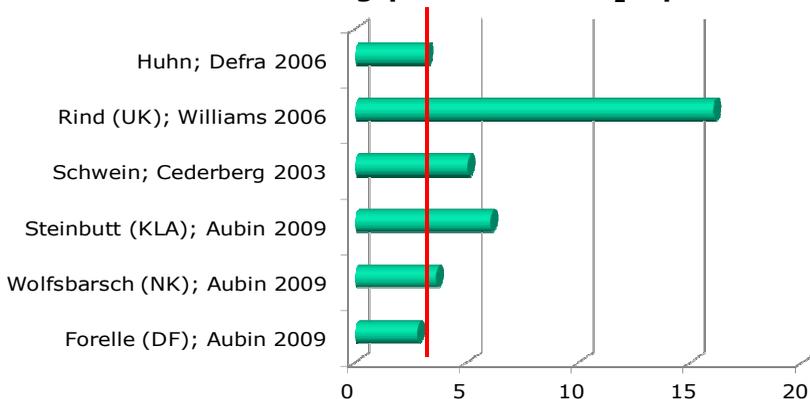


**Abb. 5:** Darstellung des Protein-EROI (Energy Return on Investment) (der Balken kennzeichnet die Referenz im tierischen Bereich: das Geflügel) (Tyedmers, 2004).

## Erderwärmung

Der Beitrag, den die Landwirtschaft zu den „Klimagasen“ liefert, ist in aller Munde. Die Diskussion hierzu, wenn auch in den Medien momentan verkürzt und teilweise fehlerhaft dargestellt, wird in diesem Beitrag nicht näher beleuchtet, sondern nur ein Vergleich innerhalb der tierischen Produktion aufgezeigt. Abbildung 6 stellt das Erderwärmungspotential von aquatischen Nutztieren dem von landwirtschaftlichen Nutztieren gegenüber. Betrachtet werden karnivore (räuberische) Fische in Abhängigkeit von den drei gängigsten Produktionsformen: Kreislaufanlage (KLA), Netzgehege (NK), Durchflussanlage (DF). Wie nicht anders zu erwarten steigt mit zunehmender Technisierung (DF→NK→KLA) der relative Ausstoß an „Klimagasen“. Es wird ersichtlich, dass grundsätzlich selbst die räuberischen Fische mit der Referenz, dem Geflügel mithalten können.

### Erderwärmungspotential als CO<sub>2</sub> Äq.



**Abb. 6:** Vergleich des Erderwärmungspotentials der verschiedenen Produktionsformen von karnivoren Fischen (KLA: Vollkreislauf; NK: Netzkäfig; DF: Durchflussanlage) im Vergleich zu Huhn, Rind und Schwein (der Balken kennzeichnet die Referenz im tierischen Bereich: das Geflügel).

Für viele der weiteren relevanten Faktoren in den Ökobilanzierungsverfahren stehen bisher keine Vergleichsstudien zu Landtiernutzung zur Verfügung. Deshalb werden im Folgenden insbesondere anhand der Gruppe omnivorer Fische (Karpfen), karnivorer Fische (Salmoniden) sowie dem Sonderfall Shrimps einige grundlegende Aspekte angesprochen.

Betrachten wir die Effizienz der Karpfen, Salmoniden und Shrimps für Fläche, Energie, Wasser und Protein (Abbildung 7), so treten sehr deutliche Unterschiede zu Tage, die aber durchaus wieder an anderer Stelle „eingefangen“ werden können. So benötigt die Karpfenerzeugung deutlich weniger Arbeit und Energie, produziert dabei aber auch eine sehr viel kleinere Menge an Produkt. Aus ökologischer Sicht sind in diesem Vergleich die Shrimps allerdings klar negativ zu beurteilen. Sie haben zwar einen sehr hohen Anteil nutzbares Produkt, der sich allerdings nur auf eine geringe absolute Produktionsmenge bei gleichzeitig höchstem Bedarf an Fläche, Arbeit und Energie bezieht.

Ein wichtiger Aspekt in der Aquakultur ist die Wassernutzung. Es wird hier ausdrücklich das Wort *Nutzung* und nicht *Verbrauch* verwendet, da das in der Fischzucht eingesetzte Wasser nicht „verbraucht“ wird wie bspw. in verschiedenen industriellen, aber auch landwirtschaftlichen Anwendungen, sondern nach der Nutzung in der Regel nur schwach belastet und damit verträglich in den

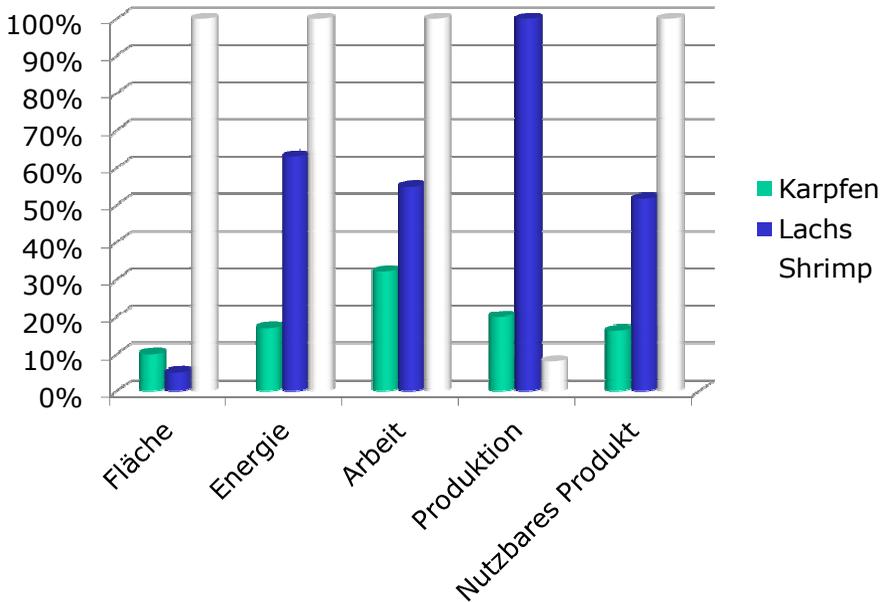
Vorfluter zurückgegeben wird. Nichtsdestotrotz ist diese Größe in der öffentlichen Diskussion wichtig (bspw. als Grund für den Ausbau der Kreislauftechnik). Hier gibt es gravierende Unterschiede, die hauptsächlich auf den artspezifischen Bedarf der produzierten Fische zurückzuführen sind (FAO 2006): pro produzierter Tonne Zuwachs benötigen Regenbogenforellen 252000 m<sup>3</sup>, Karpfen 4032 m<sup>3</sup> und Tilapia 2800 m<sup>3</sup> Wasser.

### **Life Cycle Assessment Studien**

Betrachtet man die Ergebnisse der bisher publizierten LCA Studien, erkennt man trotz des globalen Ansatzes des Verfahrens eine starke Abhängigkeit von den lokalen Gegebenheiten (vgl. Grönroos, 2006) insbesondere im Hinblick auf den Faktor Eutrophierung. Schaut man nach den drei Hauptproduktionsverfahren (KLA, NK, DF), so unterschieden diese sich nicht hinsichtlich der Nutzung der Netto-Primär-Produktion (kg C), wo sie alle drei aufgrund der immer noch relevanten Fischmehl, -ölnutzung schlecht abschneiden. Der Beitrag zum Klimawandel (kg CO<sub>2</sub> Äquivalente), das Versäuerungspotential (kg SO<sub>2</sub> Äquivalente) als auch die Energienutzung (MJ) werden für NK und DF als vernachlässigbar, aber schlecht für KLA eingestuft. Eutrophierungspotential (kg PO<sub>4</sub> Äquivalente) sowie die Wassernutzung (m<sup>3</sup>) sind sehr gut bei KLA, aber sehr schlecht für DF. NK sind schlecht, was das Eutrophierungspotential angeht, aber gut was die Wassernutzung betrifft (Details zu diesen Ausführungen finden sich bei Aubin (2009)). Zusammenfassend lässt sich sagen,

dass aus ökologischen Gesichtspunkten die KLA deutlich schlechter zu bewerten sind als die anderen Produktionsformen. Dies ist interessant, da die KLA immer wieder als umweltfreundliche Alternative zur klassischen Fischzucht propagiert werden und sich also auch hier wieder zeigt, wie wichtig es ist, eine Bewertung ganzheitlich zu betreiben und nicht einzelne Aspekte (im Fall der KLA bspw. Wassernutzung) herauszustellen.

Eine wichtige Erkenntnis vieler LCA Studien ist, dass die Futterverwertung sich direkt in allen LCA-Größen widerspiegelt mit Ausnahme der von der Wassernutzung. Eine Verbesserung beim Futterquotient führt automatisch, wenn auch teilweise über verschlungene Pfade, zu einer prozentual etwa gleich starken Reduzierung der Belastungsgrößen. Damit ist die Futterverwertung eine entscheidende Größe, die Aquakultur ökologisch weiterzuentwickeln. Den aktuellen Tendenzen einer sich verschlechternden Futterqualität muss deswegen nachdrücklich entgegengewirkt werden.



**Abb. 7:** Effizienz von verschiedenen aquatischen Nutztieren bzgl. Flächen-, Energie-, sowie Arbeitsbedarf unter Berücksichtigung der Produktionseffizienz (verändert nach Troel et al. 2004); nutzbares Produkt ist der vermarktungsfähige Anteil; Bezug ist immer die Gruppe mit dem höchsten Wert in einer Kategorie.

## Synopse

Insgesamt betrachtet zeigt sich, dass aquatische Tiere aufgrund ihrer effizienten Nahrungsnutzung und unproblematischen Haltung (gutes Wasser vorausgesetzt) ein exzellentes Potential für eine nachhaltige, ökologische Lebensmittelproduktion besitzen, das unbedingt genutzt und ausgebaut werden sollte. In der extensiven Fischzucht kann eine minimale Nutzung fossiler Energie mit maximaler Futterausnutzung erreicht werden, allerdings sind dieser Pro-

duktionsform Kapazitätsgrenzen gesetzt. Die Gesamtproduktions-effizienz ist am besten bei Salmoniden.

Trotz all dieser positiven Aspekte ist insbesondere in der intensiven Fischzucht noch viel „Luft nach oben“ vorhanden, insbesondere beim Futter, der züchterischen Weiterentwicklung, der Wasserreinigung und der Verfahrenstechnik.

Solange die ‚Umwelt‘-Kosten nicht bekannt sind und abgebildet werden, spiegeln auch die Lebensmittelpreise nicht die korrekten Kosten für die Allgemeinheit und Umwelt wider. In einer solchen Situation wird die Produktion in erster Linie ökonomisch bestimmt sein mit allen Unzulänglichkeiten hinsichtlich einer echten nachhaltigen Lebensmittelerzeugung.

## Literatur

- Aubin, J., Papatryphon, E., Van der Werf, H. M. G. & Chatzifotis, S.** (2009). Assessment of the environmental impact of carnivorous finfish production systems using life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production* **17**, 354-361.
- Bartley, D. M., BrugÅre, C., Soto, D., Gerber, P. & Harvey, B.** (2007). Comparative assessment of the environmental costs of aquaculture and other food production sectors. Methods for meaningful comparisons, FAO/WFT Expert Workshop, 24-28 April 2006, Vancouver, Canada. p. 241: FAO.
- Cederberg, C. & Stadig, M.** (2003). System expansion and allocation in life cycle assessment of milk and beef production. *The International Journal of Life Cycle Assessment* **8**, 350-356.
- Defra** (2006): siehe Williams 2006.
- FAO** (2012). The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome: FAO.
- Folke, C. & Kautsky, N.** (1992). Aquaculture with its environment: prospects for sustainability. *Ocean & coastal management* **17**, 5-24.
- Gillooly, J. F., Brown, J. H., West, G. B., Savage, V. M. & Charnov, E. L.** (2001). Effects of size and temperature on metabolic rate. *science* **293**, 2248-2251.
- Grönroos, J., Seppälä, J., Silvenius, F. & Maekinen, T.** (2006). Life cycle assessment of Finnish cultivated rainbow trout. *Boreal environment research* **11**, 401-414.
- Hemmingsen, A. M.** (1960). *Energy metabolism as related to body size and respiratory surfaces, and its evolution.*

**Naylor, R. L., Hardy, R. W., Bureau, D. P., Chiu, A., Elliott, M., Farrell, A. P., Forster, I., Gatlin III., D. M., Goldberg, R. J., Hua, K. & Nichols, P. D.** (2009). Feeding aquaculture in an era of finite resources. *PNAS* **106**, 15103-15110.

**Tyedmers, P.** (2004). Fisheries and energy use. *Encyclopedia of energy* **2**, 683-693.

**Williams, A. G.** (2006). Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities: Cranfield University and Defra.

# **Entwicklungstendenzen in der dänischen Aquakultur - neue Anregungen für eine umweltneutrale Produktionssteigerung**

Lars-Flemming Pedersen

## **Kurzfassung**

Seit Jahrzehnten werden in der dänischen Fischzucht Regenbogenforellen in klassischen Durchflussanlagen produziert. In den letzten Jahren stagnierte die jährliche Produktion (Volumen: etwa 33.000 mt in Süßwasser und etwa 10.000 mt in Salzwasser) jedoch. Neuerungen der Umweltauflagen und politische Entscheidungen bestärkten die dänischen Fischzüchter, alternative Produktionsformen und Produktionsstrategien sowie allgemeine Verbesserungen bei der Betriebsführung zu entwickeln. Die wirksamsten Entwicklungen basieren dabei auf dem Einsatz von Technik aus der Kreislauftechnologie, wodurch der Einfluss auf die Umwelt reduziert wird. Die Abgabe von Nährstoffen, organischer Belastung und Desinfektionsmitteln an die Umwelt wird minimiert, der Wasserverbrauch deutlich reduziert und ein Aufstauen der natürlichen Gewässer weitestgehend vermieden.

Durch die Einführung dieser so genannten Modellforellenzuchten wurde eine Win-Win-Situation geschaffen, da hierbei eine Produktionssteigerung bei gleichzeitiger Verringerung der Umweltbelastung möglich ist.

In jüngster Zeit wurde die Gesetzgebung in Dänemark dahingehend geändert, dass die Regulierung der Fischzuchten nicht mehr durch die Produktionsmenge bestimmt wird, sondern ausschließlich durch die ausgeleitete Belastung. Diese Änderung wird die Weiterentwicklung des dänischen Forellenzuchtansatzes beschleunigen und die Anwendung kosteneffizienter und umweltschonender Technologien weiter vorantreiben. Dieser Artikel diskutiert die Entwicklungen, Möglichkeiten und Herausforderungen, die bei der Implementierung der Kreislauftechnologien in halboffenen Fischzuchtanlagen bestehen, und zeigt die Bedeutung der Betriebsführung auf die damit verbundenen Umwelteinflüsse auf. Darüber hinaus wird die Bedeutung für die zertifizierte biologische Aquakultur dargestellt.

## **Abstract**

For decades, Danish Aquaculture production has predominantly been rainbow trout reared in traditional flow-through freshwater systems. The annual trout production volume (approx. 33.000 MT in

freshwater and 10.000 MT in seawater) has been stagnant for years until recently.

Facing a crossroad caused by environmental restrictions and political decisions, Danish fish farmers have been encouraged to alter production systems, strategy and improve management practice. The main environmental sustainable development relies on the use of central components from recirculation technology, resulting in reduced environmental impact. Less nutrients, less organics and less disinfectants are discharged, water consumption are all heavily reduced and damming of the natural watercourse is avoided.

By the implementation of these so-called Model Troutfarms, a win-win situation has been created since trout production can now be increased and environmental impact reduced at the same time.

Recently, a new legislation has been implemented in Denmark, changing regulation of the fish farms from a production limitation (feed quotas) to an outlet-limitation (discharge-quotas). It is foreseen, that this change will further accelerate the current development in Danish trout farming and increased application of cost- and environment-efficient technologies.

The article highlights developments, options and challenges to recirculation aquaculture systems. Management issues and associated environmental consequences will be discussed and issues of certified organic fish farming will be presented.

## **Hintergrund**

Die Zucht von Regenbogenforellen hat in Dänemark eine langjährige Tradition. Mehr als hundert Jahre lang wurde die Fischzucht in traditionellen Anlagen mit Erddämmen betrieben, die durch hindurchströmendes Wasser eines natürlichen Wasserlaufs versorgt wurden. In den letzten 20 Jahren betrug die jährliche Produktion an Regenbogenforellen ca. 30.000 Tonnen im Süßwasser und 8.000 - 10.000 Tonnen im Salzwasser. Die Zahl der Fischzuchten hat sich von ca. 400 in den 90er Jahren auf ca. 275 im Jahre 2009 verringert (Jokumsen und Svendsen, 2010). Parallel dazu, dass Umweltfragen mehr und mehr in den Blickpunkt rückten, wurde der Betrieb der Fischzuchten im Laufe der letzten Jahrzehnte verbessert, was auch dazu führte, dass die Ablaufwasserbelastung reduziert wurde. Dies wurde in Dänemark u. a. durch die Implementierung der „Fischzuchtbekanntmachung“ von 1989 („Dambrugsbekendtgørelsen af 1989“) erreicht, in der eine Reihe von umweltschonenden Produktionsbedingungen definiert sind.

## Bisherige Regulierung der Fischzucht

Die bisherige Regulierung der dänischen Fischzucht erfolgt gemäß der Bekanntmachung aus dem Jahre 1989 durch die Festlegung einer festen jährlichen Futterquote. Dieser Quote liegen Berechnungen über die zu erwartende Umweltbelastung durch die jeweilige Fischzucht zugrunde. Diese Futterquote hat über die Jahre hinweg zu einer konstanten jährlichen Produktion geführt und die Entwicklungsmöglichkeiten des Gewerbes äußerst stark begrenzt (Abbildung 1). In diesem Zeitraum wurden bedeutende Anstrengungen unternommen, um die Futterqualität zu verbessern und durch eine bessere Verwertung des Futters eine höhere Fischproduktion im Rahmen der festgelegten Futterquote zu erreichen. Außerdem hat der Einsatz von mechanischer Klärung (Mikrosiebe und Absetzbecken) zu einer umweltschonenderen Produktion beigetragen.

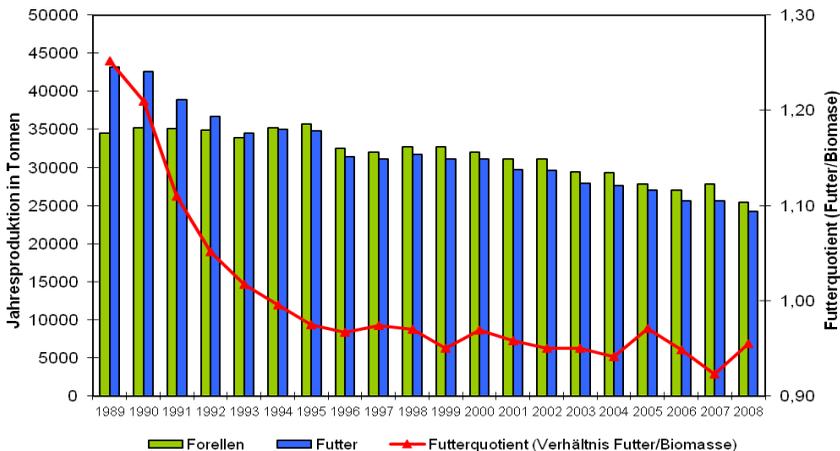


Abb. 1: Entwicklung der dänischen Forellenproduktion. Quelle: By- og Landskabsstyrelsen (in Jokumsen und Svendsen, 2010)

Die traditionelle Fischzucht ist jedoch aufgrund neuer und noch restriktiverer Umweltgesetze, ständigen Drucks durch Umweltorganisationen, aktueller Untersuchungen und der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in steigendem Maße vor einer Reihe von Herausforderungen gestellt. Vor allem nachstehende Faktoren stellen sich hinsichtlich der Aufrechterhaltung und einer eventuellen Ausweitung der Produktion als problematisch dar:

- Wasserversorgung
- Wasserqualität und Infektionsrisiko
- Fischfauna/Aufstau
- Umweltverschmutzung
- Ablaufwasserbelastung (Stickstoff, Phosphor, organische Stoffe und Therapeutika)

Im Bestreben, diese Hindernisse zu beseitigen, aber auch verbunden mit dem Wunsch nach einer höheren Fischproduktion, setzte das Dänische Ministerium für Lebensmittel, Landwirtschaft und Fischerei („Fødevareministeriet“) 2001 einen Aquakulturausschuss ein. Der Ausschuss bestand aus Vertretern verschiedener Wirtschaftsverbände und Interessenorganisationen, Behörden und Forschungseinrichtungen. Diese einigten sich im Jahre 2002 auf eine Reihe von Empfehlungen für ein zukünftiges Modell einer nachhaltigen Produktionserweiterung der Fischzucht (Dambrugsudvalget 2002). Die Empfehlungen und Schlussfolgerungen des Ausschusses führten in der Folge zu einem großen nationalen

Projekt, bei dem Forschungseinrichtungen, Dansk Akvakultur und acht Fischzüchter an einer Versuchsreihe zur Schaffung des Zucht-konzeptes „Modellfischzucht“ („Modeldambrug“) teilnahmen.

Teil des Versuchs war, dass die teilnehmenden Fischzuchten eine höhere Produktion erreichen konnten, falls sie wirkungsvollere Reini-gungsvorkehrungen einsetzen würden und so nachweislich den Au-trag von Nährstoffen (BSB, Phosphor, Stickstoff) reduzieren. Die Zielsetzung war somit, eine neue Art der Regulierung zu entwickeln, bei der die Fischzuchten über die Menge der ausgetragenen Stoffe und nicht über die Menge des verwendeten Futters reguliert werden. Auf diese Weise werden die Fischzüchter dazu angeregt, Arbeitsab-läufe anzuwenden, die zu einer erhöhten Produktion führen können, ohne dass sich dadurch der ökologische Fußabdruck vergrößert. Was „zwischen den Wänden“ passiert ist nicht länger von Belang – jetzt gilt das Ergebnis.

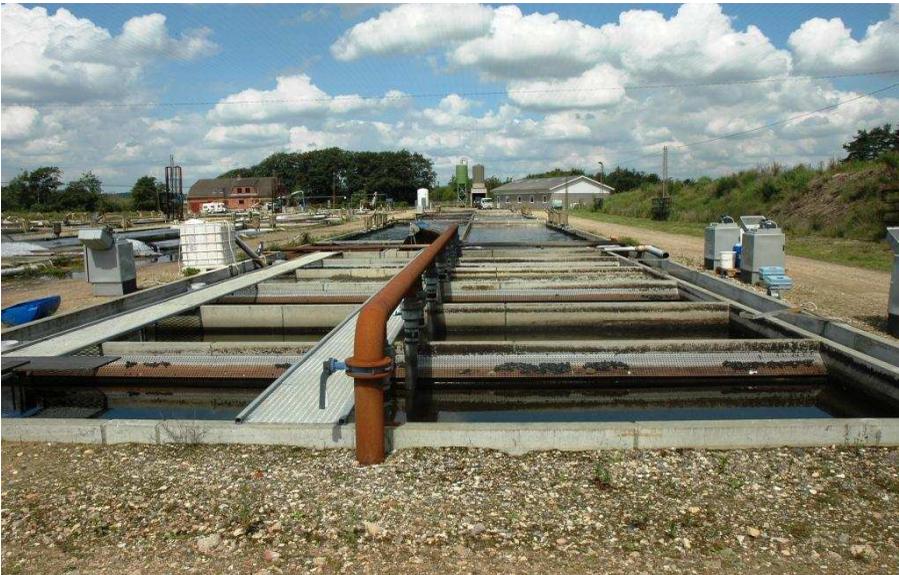
### **Was ist „Modellfischzucht“?**

„Modellfischzucht“ ist ein Zucht-konzept, das auf einem hohen Maß an Wiederverwertung (Rezirkulation) des Anlagenwassers basiert. Es wird zwischen zwei Anlagentypen, den so genannten Modellen 1 und 3, unterschieden. Im Nachfolgenden wird ausschließlich der Modellfischzuchttyp 3 beschrieben, der verglichen mit dem Modell 1 ein höheres Maß an Rezirkulation und mehr Reinigungsvorkehrun-gen aufweist.

Eine Modellfischzucht besteht aus einer sogenannten semi-rezirkulierenden Anlage, einem Kompromiss aus einer Durchflussanlage und einer reinen Kreislaufanlage. Der Wasserverbrauch einer Modellfischzucht beträgt dabei ungefähr 2 - 4 m<sup>3</sup>/kg produzierter Fisch. Eine reine Durchflussanlage auf der anderen Seite benötigt 30 - 60 m<sup>3</sup>/kg und eine Kreislaufanlage 0,3 - 0,4 m<sup>3</sup>/kg. Um sowohl eine positive Auswirkung auf die Umwelt als auch günstige Produktionsbedingungen sicherzustellen, wird eine Reihe von bekannten und gut dokumentierten Reinigungsverfahren aus der Kreislauftechnologie verwendet, wie z. B.: Schlammkegel (Entfernen von Partikeln), Mikrosiebe/Trommelfilter (Entfernen von Partikeln >75 µm), Kontaktfilter (Entfernen aufgelöster (kolloidaler) organischer Partikel, evtl. Eisenausfällung im Vorfilter) und Biofilter (Umwandlung von Ammonium zu Nitrit und Nitrat). Die Modellfischzuchten verfügen auch über eine Reinsauerstoffversorgung in den Produktionseinheiten sowie Schlammbeete und Pflanzenkläranlagen zur Nachreinigung des Produktionswassers.

Das Wasser in den Aufzuchteinheiten (Langstrombecken/Fließkanäle) wird mit Hilfe von Airlift-Systemen zirkuliert. Diese sind als Belüftungsbrunnen konstruiert, die an Drehkolbengebläse angeschlossen sind. Die Luft wird am Boden dieser Brunnen in 2 - 3 Meter Wassertiefe zugeführt. Hierdurch wird gleichzeitig das Wasser entgast (Kohlendioxid), mit Sauerstoff angereichert und auch in Bewegung versetzt. Dieser Lufteintrag bewirkt einen guten Wasser-

umlauf, der den Transport von Partikeln vom Boden der Langstrombecken zu den Schlammkegeln unterstützt. Außerdem fördert die Strömung eine Ausrichtung der Fische und hält sie in Bewegung, wodurch aggressives Verhalten reduziert wird. Die Modellfischzuchten gewinnen ihr Wasser aus Brunnen, was ihnen im Gegensatz zu der klassischen Fischzucht im Durchfluss eine stabile Wasserversorgung und gleichartiges Produktionswasser garantiert. Sie benötigen daher kein Oberflächenwasser und müssen vor allem keinen Wasserlauf aufstauen. Das Wehr kann daher entfernt werden und der Wasserlauf erhält seinen natürlichen, freien Verlauf ohne Sperren für die frei lebende Fauna zurück.



**Abb. 2:** Eine dänische Modellfischzucht Typs 3. Das Bild zeigt eine von vier parallelen Anlagen. Im Bildvordergrund befinden sich die Biofilter-Sektionen, die mit darauf folgenden Fließkanälen verbunden sind. Es wird ca. 5 l/s Frischwasser zugeführt. Das Wasser im System wird mit Hilfe von Airliften in der Größenordnung von 400-600 l/s bewegt.

## **Erfahrungen mit der Modellfischzucht - Vor- und Nachteile**

Die Erfahrungen aus dem Betrieb der ersten acht Versuchsfischzuchten waren vielfältig. Es zeigte sich, dass die Produktionsform zahlreiche Vorteile mit sich führt, und zwar Verbesserungen sowohl hinsichtlich des Betriebs als auch hinsichtlich der Umwelt (Tab. 1). Verbesserungen, die sofort ins Auge fallen, sind ein stark reduzierter Wasserverbrauch, die freie Fauna-Passage, die fehlende Einflussnahme auf natürliche Gewässer und die insgesamt reduzierte Ausleitung von organischem Material und Nährstoffen. Durch die Verwendung von Brunnenwasser wird der Wasserlauf abgekoppelt. Eventuell vorhandene Wehre können entfernt und eine optimale Tierpassage sichergestellt werden. Die Fischzüchter haben nun außerdem eine stabilere Wasserversorgung und sind nicht mehr in gleichem Maße von Schwankungen der Temperatur und der Wasserqualität bis hin zu Verunreinigungen betroffen. Das Wasser aus den Brunnen ermöglicht zudem, durch die höhere Wassertemperatur in den Wintermonaten insgesamt einen höheren Produktionsertrag zu erzielen.

**Tab. 1:** Vor- und Nachteile beim Übergang zur Modellfischzucht  
(modifiziert nach Svendsen et al. 2008)

<b>Für das Gewässer</b>	
<b>Vorteile:</b>	
Ungehinderter Wasserfluss und natürliche Wasserführung in den Gewässern	
Keine oder reduzierte Wirkung des Aufstauens	
Normale Tierpassage	
Reduzierte Verluste an Nährstoffen und organischer Substanz pro kg produzierter Fisch	
Reduzierte Ableitung von Therapeutika sowie Reduzierung der maximalen Konzentration	
Verbesserte Sauerstoffbedingungen flussabwärts der Fischzucht	
Reduzierte Beeinträchtigung der Fauna flussabwärts der Fischzucht	
<b>Nachteile:</b> Keine	
<b>Für die Modellforellenzucht</b>	
<b>Vorteile:</b>	<b>Nachteile:</b>
Stabile Produktionsbedingungen (inkl. Wassertemp.) Reduzierte externe Risiken einer Infektion	Höherer Energieverbrauch pro kg Fisch Erhöhter CO <sub>2</sub> -Ausstoß
Geringerer Bedarf an Medizin und Therapeutika	Gefahr von toxischen Mengen Ammoniak
Geringe Veränderungen der Wasserqualität	Gefahr, dass die Fische schlecht schmecken
Verbesserte Effizienz der Reinigungsgeräte	Erhöhter Bedarf an Überwachung und Verwaltung
Verbesserte Kontrolle der Verwaltung und Produktion	Erhöhter Bedarf an Backup-Systemen: Strom, Sauerstoff, Pumpen etc.
Verbesserte Arbeitsbedingungen	

Die Erfahrungen der ersten acht Modellfischzuchten zeigten außerdem, dass die erhöhte interne Wasserzirkulation günstige Wachstumsbedingungen für die Fische erzeugte. Die Futterumsetzung ist generell gut (Svendsen et al., 2008). Schlammkegel und Mikrosiebe entfernen erhebliche Mengen organischen Materials. Biofilter und Pflanzenkläranlagen setzen zudem große Mengen organischer Stoffe und Stickstoff um.

Im Versuchszeitraum zeigte sich auch, dass ein hohes Maß an Entnahme sowohl von organischem Material als auch von Phosphor und Stickstoff erreicht wurde. Laut Svendsen et al. (2008) wurde die durchschnittliche spezifische Ableitung aller drei Parameter wesentlich reduziert (Tabelle 2).

**Tab. 2:** Spezifischer Austrag an Nährstoffen und organischer Belastung. Vergleich: Traditionelle Durchflussanlagen und Modellfischzuchten im Zeitraum 2002-2003 (Svendsen et al., 2008; Per. B. Pedersen; pers. komm.)

<i>Kg/Tonnen Produktion</i>	<i>Traditionelle Durchfluss- anlagen</i>	<i>Modellfisch- zucht</i>	<i>Relative Verbesserung (%)</i>
<i>N insgesamt</i>	38	20	47
<i>P insgesamt</i>	3,1	1,1	65
<i>BSB5</i>	105,3	5,6	95

Die durchschnittlichen Messergebnisse des Reinigungsgrades für Modellfischzuchten des Typs 3 betragen für Gesamtstickstoff 50 %, für Gesamtposphor 76 % und für organische Stoffe gemessen als BSB<sub>5</sub> 93 %. Die stark reduzierte Ableitung organischen Materials hat einen äußerst positiven Effekt auf die Vorfluter. Die Stickstoffrückhaltung ist ebenfalls erheblich. Der Stickstoff wird aber dennoch einen begrenzenden Parameter für die Erweiterung einer Produktion darstellen, die auf Ausleitungskontrolle basiert (siehe unten).

Im Anfangsstadium waren das Ammonium- und das Nitritniveau vorübergehend hoch, da der Betrieb und die Wartung der Biofilter zu Beginn nicht immer optimal waren. Dies wurde nachfolgend untersucht und in so genannten Mastermanagement-Protokollen zusammengefasst. Hieraus wurden konkrete Maßnahmen zur Produktionsverbesserung abgeleitet. Außerdem wurden Untersuchungen eingeleitet, die das Denitrifikationspotential bei der Verringerung der Gesamtstickstoffausleitung, z. B. in Form einer Nachreinigung des Ausleitungswassers durch die Nutzung von hydrolysiertem Schlamm näher untersuchen sollen.

Die Umstellung auf Modellfischzucht hat für die Fischzüchter zu einem erheblich verbesserten Arbeitsalltag geführt. Eine Großproduktion und die Verwendung von automatisierten Anlagen erleichtern das Füttern, Sortieren und Vertreiben der Fische erheblich. Die Wasserversorgung und deren Qualität sind stabiler und Probleme

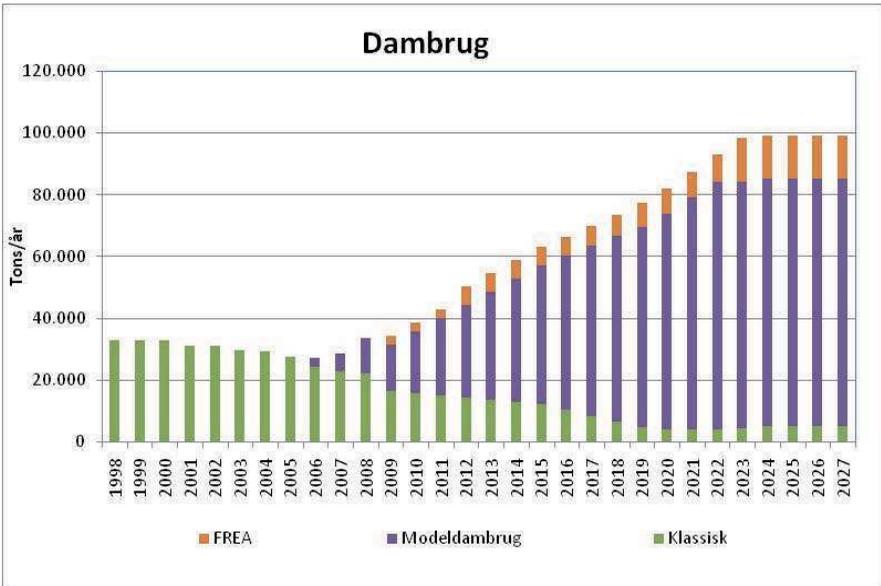
mit Vereisung, wie bspw. verstopften Einlaufrosten usw. werden vermieden.

Die Produktionsform der Modellfischzucht, insbesondere die Wiederverwendung des Haltungswassers, schaffen jedoch günstige Bedingungen für Mikroorganismen, inklusive schädlicher Fischparasiten. Vor allem die Weißpünktchenkrankheit (*Ichthyophthirius multifiliis*), *Costia* (*Ichthyobodo necator*) und durch Amöben verursachte Kiemenkrankheiten haben Probleme verursacht und eine Schwerpunktsetzung in der begleitenden Forschung im Bereich der Wasserdesinfektion erforderlich gemacht (Pedersen & Pedersen, 2012). Modellfischzuchten haben heute einen relativ hohen Bedarf an Wasseraufbereitung, wozu u. a. Formalin, Salz, Wasserstoffsuperoxyd und Peressigsäure verwendet werden. Um eine gute Wasserqualität sicherzustellen, wird u. a. an Methoden zur Verbesserung von Arbeitsabläufen, der Produktionsplanung und der Sanierung der Anlagen gearbeitet.

### **Modellfischzucht - Vorteile und Entwicklungsanreize**

Seit dem Ende des Versuchszeitraums haben sich weitere Fischzuchten um Zuschüsse beworben und ihren Betrieb auf „Modellfischzucht“ umgestellt. Bis zum jetzigen Zeitpunkt haben ungefähr 30 der ca. 250 Fischzuchten in Dänemark auf „Modellfischzucht“ umgestellt. Die Produktion der Modellfischzuchten macht aber etwa die Hälfte der gesamten dänischen Süßwasserproduktion von Re-

genbogenforellen aus. Zukünftige Produktionssteigerungen werden voraussichtlich in erster Linie von Modellfischzuchten und eventuell von überdachten, intensiven, der Modellfischzucht ähnelnden FREA-Anlagen (Fully Recirculated Aquaculture Systems) erzeugt werden, wie Abbildung 3 zeigt.



**Abb. 3: FREA= Fully Recirculated Aquaculture Systems; Modelldambrug = Modellfischzucht, Klassisk = Traditionelle Fischzucht; Dambrug = Fischzucht & Tons/år = Tonnen/Jahr.**  
*Quelle: Grüne Entwicklung, 2009, Dänische Aquakultur Org.*

Die Vorteile der Großproduktion sind erheblich. Die Dimensionierung neuer Anlagen liegt typisch bei einer Produktionskapazität von über 500 Tonnen pro Jahr. Es werden sogar der Modellfischzucht ähnelnde Anlagen mit einer Produktionskapazität von bis zu 3.000 Ton-

nen/Jahr entworfen, was ungefähr 10 % der gesamten dänischen Forellenproduktion im Jahre 2008 entspricht.

Mit den neuen nationalen Regeln, die nun das Fischzuchtgewerbe gemäß der Ausleitungskontrolle und nicht mehr gemäß den früher festgelegten Futterquoten regulieren, ist ein Anreiz geschaffen worden, der die umweltverträgliche Ausweitung der Gesamtproduktion der Fischzuchten sicherstellen kann.

### **Neue Regulierung - neue Möglichkeiten und zukünftige Herausforderungen**

Nicht alle Fischzuchten werden innerhalb kurzer Zeit auf „Modellfischzucht“ umgestellt werden. In gewissen Fällen kann es vorteilhaft sein, kleinere Durchflussanlagen für eine Nischenproduktion, Direktvertrieb, Hofverkauf oder zertifizierte Aufzucht zu spezialisieren. Die Produktion von Bio-Regenbogenforellen bestreitet zurzeit - mit ca. 300 Tonnen pro Jahr im Süßwasser fünf Fischzuchten und eine weitere Fischzucht ist ökologisch zertifiziert und erzeugt 200 Tonnen. Dieser Anteil wird sich in den nächsten Jahren voraussichtlich stark erhöhen und bis zu 10 % der gesamten dänischen Forellenproduktion ausmachen.

Die Stickstoffrückhaltung ist zurzeit der wichtigste begrenzende Faktor, der einer weiteren Produktionssteigerung im Wege steht. Vor diesem Hintergrund ist das Fischzuchtgewerbe motiviert, die be-

kannten Methoden zur Stickstoffentfernung weiter zu optimieren. Die Fischzüchter haben nun einen klaren Anreiz, sich auf die Ablaufwasserqualität zu konzentrieren. Die Wasserqualität in den Produktionsbecken, chemisch wie mikrobiologisch, ist jedoch weiterhin von großer Bedeutung. Neue Anlagen werden oft unter Rücksichtnahme auf die Produktion in kleineren Einheiten konstruiert und ermöglichen daher Arbeitsabläufe, die Sanierung und All-in-All-out mit einschließen. Durch die neue Regulierung wird nun nach langjähriger Stagnation die Möglichkeit eröffnet, dass geschäftstüchtige und innovative Fischzüchter die Produktion steigern können, wenn sie gleichzeitig eine effektive interne Wasserreinigung sicherstellen und dadurch einen kleineren ökologischen Fußabdruck hinterlassen.

### **Danksagung**

Vielen Dank an Dr. Mathias v. Lukowicz für die Einladung, und an Sektionsleiter Per B. Pedersen (DTU Aqua) und Dr. Alexander Brinker (LAZBW) für das Korrekturlesen.

## Literatur

**Bovbjerg Pedersen, P., Grønborg, O. und Svendsen, L.M.**

(2003): Modeldambrug. Specifikationer og godkendelseskrav. Rapport fra undergruppe under Dambrugsudvalget. Danmarks Miljøundersøgelser [Auf Dänisch]. Arbejdsrapport fra DMU nr. 183. Erhältlich unter

[http://www2.dmu.dk/1\\_viden/2\\_publicationer/3\\_arbrapporter/rapporter/ar183.pdf](http://www2.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_arbrapporter/rapporter/ar183.pdf)

**Dambrugsudvalget** (2002): Udvalget vedr. dambrugserhvervets udviklingsmuligheder [Auf Dänisch]. Bericht, 86 Seiten. Erhältlich unter [www.fvm.dk](http://www.fvm.dk)

**Dansk Akvakultur** (2009): Plan for grøn vækst [Auf Dänisch]. Bericht, 11 Seiten.

[http://www.danskakvakultur.dk/images/pdfdokumenter/Groen\\_vaekst\\_jan09\\_mindst.pdf](http://www.danskakvakultur.dk/images/pdfdokumenter/Groen_vaekst_jan09_mindst.pdf)

**Jokumsen, A. & Svendsen, L.** (2010): Farming of Freshwater Rainbow Trout in Denmark. Bericht, 47 Seiten. Erhältlich unter

<http://www.danskakvakultur.dk/images/pdfdokumenter/rapporter/indhold-GB.pdf>

**Pedersen, L.-F. & P.B. Pedersen.** 2012. Hydrogen peroxide application to a, commercial recirculating aquaculture system. Aquacultural Engineering, vol: 46, p. 40-46.

**Svendsen, L.M., Sortkjær, O., Ovesen, N.B., Skriver, J., Larsen, S.E., Bouttrup, S., Pedersen, P. B., Rasmussen, R.S., Dalsgaard, A.J.T., und Suhr, K.** (2008): Modeldambrug under forsøgsordningen. Faglig slutrapport for måle- og dokumentationsprojekt for modeldambrug [Auf Dänisch]. DTU Aqua rapport nr.193-08 DTU Aqua, Technical University of Denmark. Erhältlich unter

[http://www.aqua.dtu.dk/upload/dfu/publicationer/forskningsrapport/193-08\\_modeldambrug\\_under\\_forsøgsordningen.pdf](http://www.aqua.dtu.dk/upload/dfu/publicationer/forskningsrapport/193-08_modeldambrug_under_forsøgsordningen.pdf)

# **Stand und Entwicklung moderner Aquakultursysteme in Deutschland**

Helmut Wedekind

## **Kurzfassung**

Während die Aquakultur weltweit jährlich hohe Zuwachsraten aufweist, befindet sie sich diese in Deutschland seit Jahren auf einem annähernd gleichbleibenden Niveau. Das bedeutendste Aquakulturvederfahren ist bei uns die Teichwirtschaft. Diese ist im Wesentlichen auf bereits bestehende Betriebe begrenzt. Während in der Karpenteichwirtschaft in den vergangenen Jahren ein Produktionsrückgang zu verzeichnen war, ist in der Salmonidenerzeugung eine Steigerung festzustellen, die mit einem verstärkten Technikeinsatz (Sauerstoffbegasung, Fütterungsautomatik, Ablaufwasserbehandlung) einherging. Darüber hinaus ist – allerdings auf einem weitaus geringeren Niveau – eine stetige Zunahme der Fischproduktion in Kreislaufanlagen festzustellen, z. T. unter Nutzung von Abwärme aus der alternativen Energieerzeugung.

Im Bereich der Forschung wurden in den letzten Jahren verschiedene Verfahren entwickelt, mit denen trotz der begrenzten Ressourcen in der bestehenden Teichwirtschaft eine Erhöhung der Produk-

tivität möglich ist. Dazu zählen auch integrierte, mit der traditionellen Teichwirtschaft kombinierbare Aquakultursysteme sowie die Produktion alternativer Fischarten.

## **Abstract**

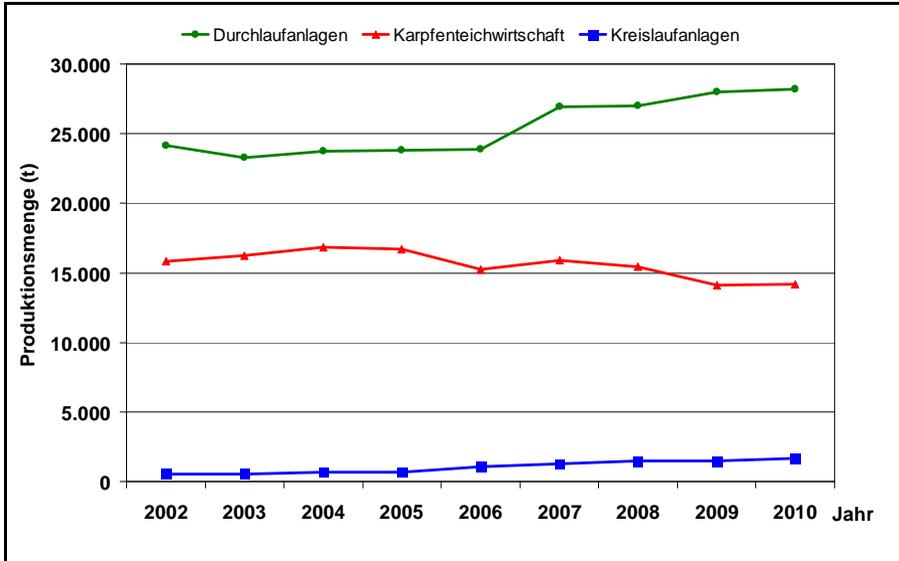
Worldwide aquaculture is characterised by a very dynamic development. However, in Germany a stagnation of production has to be observed in this sector. Pond aquaculture is the most common method used, which is limited to a fixed number of farming sites. In general, the used water resources are strictly limited. At present, an increase in German aquaculture production can only be observed in salmonid production. However on a relatively low level, fish production in recirculation systems is increasing continuously.

Therefore, an increase of production can only be realised by a more efficient use of given resources, e.g. water. During the last years different strategies were developed to increase fish production under the present conditions. In pond aquaculture, especially for Salmonids, new systems for water quality control, automatic feeding and effluent water treatment were applied in many farms. In addition to this, the research and development of different systems for the production of new species was improved, e.g. integrated ponds/intensive systems. Sometimes connected to alternative energy

production, recirculation systems were erected in different parts of the country, producing different warm water fishes. However, depending on species cultured, their long-term success will especially be determined by necessary improvements in fingerling production and marketing.

## **Einleitung**

In der deutschen Binnenfischerei werden die meisten Fischereiprodukte in den verschiedenen Sparten der Aquakultur erzeugt, d. h. in der Teichwirtschaft oder in Durchlauf- und Kreislaufanlagen. Hierzu- lande erfolgt die Produktion verschiedener Fischarten hauptsächlich in teichwirtschaftlichen Betrieben. Mit einer jährlichen Produktionsmenge von etwa 28.000 t ist die Aufzucht von Forellen und anderen Salmoniden in durchflossenen Teich- und Beckenanlagen (Durchlaufanlagen) der wirtschaftlich bedeutendste Bereich der deutschen Aquakultur. Der zweitgrößte Produktionsbereich ist die Karpfenteichwirtschaft, in der jährlich ca. 14.000 t Speisefische und Satz- fische erzeugt werden. Ein drittes Segment stellt die Fischproduktion in Kreislaufanlagen dar, die in Deutschland zwar bisher nur in einem geringen Umfang erfolgt, sich aber zunehmend entwickelt.



**Abb. 1:** Aquakulturproduktion in Deutschland 2002-2010 (Quellen: Jahresberichte Dt. Binnenfischerei)

In Abbildung 1 ist die Entwicklung der Aquakulturproduktion der vergangenen Jahre in Deutschland dargestellt. Es wird deutlich, dass die Salmonidenproduktion in Durchlaufanlagen eine steigende Tendenz aufweist. Nach einer weitgehenden Stagnation bis zum Jahre 2006 ergibt sich in den letzten Jahren eine deutliche Zunahme der Jahresproduktionsmengen.

### **Situation der Karpfenteichwirtschaft**

Im Bereich der Karpfenteichwirtschaft ist die Entwicklung stagnierend bzw. sogar rückläufig. Die Ursachen für diesen Trend sind in den zahlreichen Problemen dieser Teichwirtschaft mit Verlusten

durch fischfressende Vögel (Kormoran) sowie regional mit Fischkrankheiten (Koi-Herpes-Virose, v. a. in Sachsen) zu sehen. Neben der insgesamt schwierigen wirtschaftlichen Situation der Karpfenteichwirtschaft führen diese genannten Probleme mittlerweile zur Aufgabe von Betrieben bzw. von Betriebsteilen. Die in verschiedenen Forschungseinrichtungen bearbeiteten Verfahren und Maßnahmen zur Reduzierung der Verluste durch den Kormoran (Teilüberspannung kleiner Teichen, intensive Aufzucht von Satzkarpfen in Schutzkäfigen, in Teich-im-Teich, Kraftwerks- und Kreislaufanlagen) konnten das insbesondere die Satzkarpfenproduktion betreffende Problem bisher nicht lösen. Um der Teichwirtschaft Alternativen zur Karpfenproduktion anzubieten, wurden verschiedene alternative Produktionsformen für die Aufzucht weiterer Fischarten untersucht. Dazu gehören die Aufzucht von Stören in Karpfenteichen (Ring 2012), Flussbarschen in Betonteichen (Wedekind und Schmidt 2009), Europäischen Welsen in Karpfenteichen (Füllner 1998), Zandern in Netzgehegen (Zienert und Heidrich 2005) und Teich-im-Teich-Systemen (Müller-Belecke und Zienert 2006, Pfeifer et al. 2009, Rümmler et al. 2010a, b), die Edelkrebsproduktion (Jansen und Jennerich 2009) oder die Aufzucht verschiedener Coregonen (Wedekind und Schmidt 2010, Jansen und Jennerich 2011). Die meisten dieser Verfahren werden bisher allerdings noch nicht häufig in der Praxis angewendet. Weitere Studien zu diesen Themen laufen, ebenso wie zahlreiche Projekte zur Verbesserung der Fischseuchensituation.

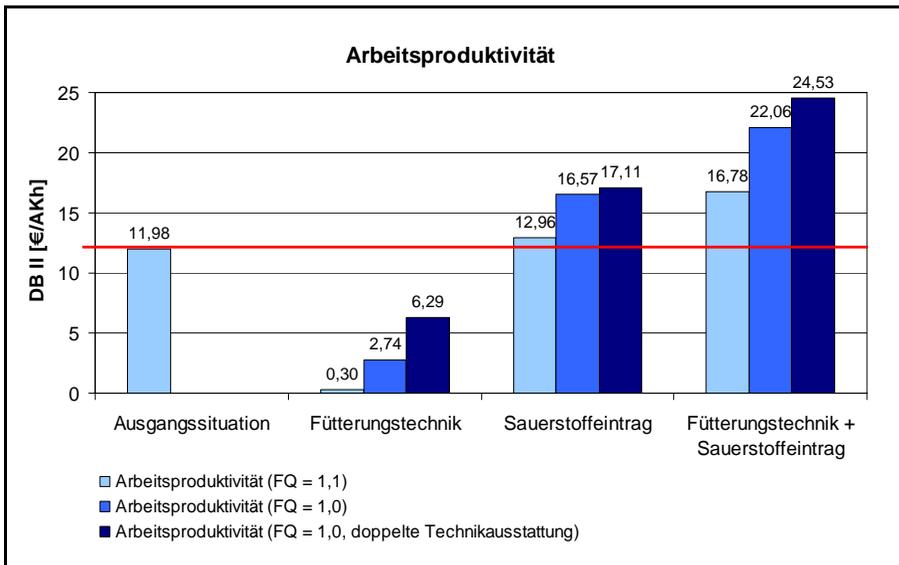
## **Entwicklung in der Forellenteichwirtschaft**

Im Gegensatz zur Karpfenteichwirtschaft ist der in der Forellenteichwirtschaft beobachtete, positive Trend auf einen verstärkten Einsatz moderner Zuchtmethoden zurückzuführen. Die Aufzucht rein weiblicher Produktionspopulationen (Monosex) und die Optimierung der Haltungsbedingungen haben sich ebenso durchgesetzt, wie die Verwendung hoch verdaulicher Futtermittel. Neben Regenbogenforellen und Saiblingen für den Speisefischmarkt werden Bachforellen und Äschen für den Satzfishmarkt produziert, wobei Bachforellen auch zunehmend als Speisefische nachgefragt werden. Darüber hinaus ist im Bereich der Salmonidenproduktion ein immer stärker werdendes Interesse an der Aufzucht verschiedener Saiblingsarten bzw. Hybriden daraus zu beobachten. Trotz der gestiegenen Produktionsmenge, ist eine deutliche Verringerung der Emissionen festzustellen, die insbesondere durch die Optimierung des Produktionsverfahrens erreicht wurde:

Mittlerweile ist in der Forellenteichwirtschaft der Eintrag von Reinsauerstoff gängige Praxis (Rösch 1999). Der Sauerstoffeintrag erfolgt zumeist zentral im Zulauf der Anlage mittels Sauerstoffzelt oder -reaktor. Direkt in den Teichen erfolgt eine Anreicherung des Wassers mittels schwimmender Eintragsgeräte oder moderner Jet-Systeme. In intensiven Anlagen wird die Sauerstoffanreicherung auch mittels geschlossener Systeme (z. B. Strahlenreaktoren)

praktiziert. Diese Optimierung der Sauerstoffverhältnisse in den Haltungseinrichtungen hat dazu geführt, dass den Fischen stets physiologisch optimale Bedingungen geboten werden können, die letztendlich die wichtigste Voraussetzung dafür sind, dass das verabreichte hochverdauliche Futter optimal verwertet wird. Diese Praxis führt letztendlich zu geringeren Ausscheidungen der Fische. Darüber hinaus wird in den meisten Betrieben mittlerweile eine automatisierte Fütterungstechnik eingesetzt – entweder als zentrale Anlage (pneumatische Fütterungssysteme) oder häufiger als dezentrale Streufutterautomaten. Der Vorteil solcher Systeme liegt darin, dass die Fütterungsfrequenz in Abhängigkeit von der Fischgröße und den Haltungsbedingungen flexibel eingestellt werden kann. So ist z. B. erwiesen, dass häufige Futtergaben insbesondere bei Jungfischen zu besseren Zuwächsen führen, oder dass auch eine Fütterung in Dunkelphasen möglich ist und sinnvoll sein kann (Schmidt 2010, Schmidt und Wedekind 2011, Reiter und Fey 2011). Inwieweit die Ausstattung von Anlagen mit einer zentralen Fütterungsanlage wirtschaftlich ist, wurde in einem Projekt des Instituts für Fischerei in Starnberg untersucht. Im Ergebnis konnte festgestellt werden, dass der Einsatz vollautomatischer Fütterungstechnik bei geringer Produktionsintensität unwirtschaftlich ist (Reiter 2011). Mit Sauerstoffeintragstechnik, Überwachungs- und Steuerungstechnik kann die Produktionsintensität jedoch vervielfacht und damit die Auslastung der Produktionseinheiten verbessert werden. Bei höherer Produktionsintensität ist der Einsatz dieser

Fütterungstechnik sehr wirtschaftlich, da die Mehrkosten vor allem durch die eingesparte Arbeitszeit aufgefangen werden können. Zudem kann durch die eingesetzte Technik eine bessere Futterverwertung erreicht werden, was weiterhin die Wirtschaftlichkeit erheblich verbessert. Grundsätzlich wurde berechnet, dass eine höhere Anzahl von Fütterungs- bzw. Sauerstoffeintragsstellen die Festkosten pro Station reduziert und damit eine bessere Wirtschaftlichkeit im Gesamtbetrieb einhergeht (Reiter 2011).



**Abb. 2:** Arbeitsproduktivität beim Einsatz von Sauerstoffeintrags- und Fütterungstechnik in der Forellenproduktion (Reiter 2011)

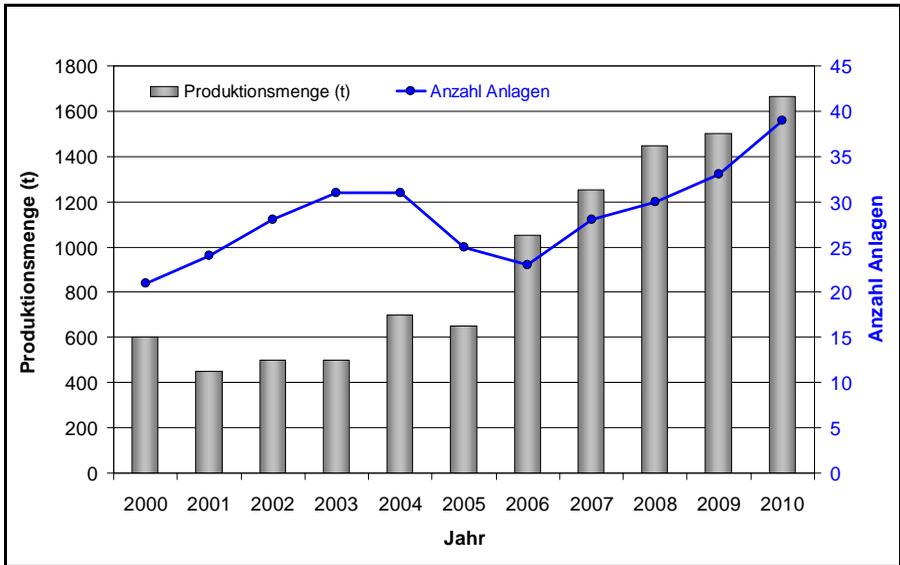
Einen besonders hohen Entwicklungsstand hat die Forellenproduktion mittlerweile auch bei der Ablaufwasserbehandlung erreicht. Nahezu alle Betriebe sind mittlerweile mit Vorrichtungen zur Ent-

fernung suspendierter Partikel (Feststoffe) ausgestattet. Diese können aus Absetzvorrichtungen (Teiche, Trichter, Becken) oder aber aus mechanischen Filtersystemen (Mikrosiebtrommelfilter, Bandfilter, Disk-Filter, Hydrozyklon) bestehen. In einigen Betrieben wird das ablaufende Produktionswasser auch mit Pflanzenkläranlagen, Festbett- oder Wirbelbett-Filtern biologisch gereinigt. Insbesondere im letztgenannten Fall ist die Aufbereitung des ablaufenden Wassers derart weitgehend, dass eine Wiederverwendung im Produktionsbetrieb, also eine Teil-Kreislaufführung möglich ist (Rümmler 2011). Somit stellt die Mehrfachnutzung des Produktionswassers zumindest in Teilen des Betriebes bzw. in wasserknappen Jahreszeiten ein ökonomisch sinnvolles Verfahren dar.

## **Entwicklungen bei Kreislaufanlagen**

Im dritten Produktionsbereich der Warmwasseranlagen – das sind v. a. Kreislaufanlagen - hat sich ebenfalls in den vergangenen Jahren eine leicht positive Entwicklung gezeigt. Die Jahresproduktion von 1.666 t in 2010 wird, wie bereits seit vielen Jahren, durch die Produktion von 681 t Aal und 217 t Europäischer Wels in Kreislaufanlagen bestimmt. In der Gesamtproduktion sind des Weiteren 313 t Satzkarpfen aus Warmwasseranlagen an Kraftwerken enthalten. Als vergleichsweise neue Fischart kommen 285 t Afrikanische Welse (*Clarias gariepinus* und Hybriden) hinzu. Daneben

werden Störe (für Kaviarerzeugung), Zander und weitere Arten in geringen Mengen aufgezogen (Brämick 2011).



**Abb. 3:** Anzahl und Gesamtproduktion der Warmwasser-Kreislaufanlagen in Deutschland seit dem Jahr 2000

Wie Abbildung 3 zeigt, hat sich der positive Trend bei den Neugründungen von Kreislaufanlagen bis zum Jahre 2010 fortgesetzt. Ein wesentlicher Grund für die Zunahme ist das wieder erwachte Interesse an der Erzeugung Afrikanischer Welse (*Clarias gariepinus* und *C. gariepinus* x *Heterobranchus longifiliis*), die sich als tropische Fischart durch einen hohen Wärmebedarf auszeichnen. Ebenso wie beim Europäischen Wels ist bei diesen tropischen Welsen möglich, den gesamten Lebenszyklus von der Vermehrung bis zur Ausmast in der Aquakultur ablaufen zu lassen – ein entscheidendes Kriterium

für einen vielversprechenden Einsatz in geschlossenen Kreislaufanlagen. Derzeit kommt der größte Teil der Setzlinge allerdings noch aus den Niederlanden. Die Produktion erfolgt in neu errichteten Vollkreislaufanlagen zumeist mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) an Biogasanlagen. Dadurch konnte an mehreren Standorten im Rahmen des bisherigen Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) der KWK-Bonus, als zusätzliche Einnahme für die Produzenten erlangt werden. Die Anlagentechnik dieser Kreislaufanlagen entspricht weitgehend dem bereits in den Niederlanden bewährten Prinzip mit einem Tropfkörper als Nitrifikationsfilter und einer einfachen Absetzeinheit zur Feststoffentfernung. Inwieweit die Produktion Afrikanischer Welse in dieser Form auch zukünftig zunehmen wird, wird insbesondere von den Vermarktungsmöglichkeiten und auch vom Einfluss des neuen EEG abhängen. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass im Kreislauf geführte Warmwasseranlagen in gut isolierten Gebäuden ihren hauptsächlichen Heizwärmebedarf in der kalten Jahreszeit haben, da prozessbedingt eine beachtliche, interne Wärmeproduktion durch die biologischen Umsetzungsprozesse der Fische und Biofilter sowie durch Abwärme von elektrischen Geräten besteht (Rümmler & Knösche, 2009; Baer et al. 2011).

Als weitere Entwicklung ist eine geringfügig zunehmende Produktion Europäischer Welse (*Silurus glanis*) zu verzeichnen, während bei der Aufzucht von Stören zur Kaviarproduktion derzeit eine Stagnation beobachtet wird. Insbesondere bei den neu aufgebauten Kreis-

laufanlagen wird die Aufzucht von Zandern (*Sander lucioperca*) angestrebt. Aktuelle Befragungen haben jedoch ergeben, dass diese Zanderaquakultur in vielen Fällen aufgrund einer unzureichenden Satzfishversorgung und zu geringer Absatzpreise für Speisefische nicht wie geplant realisiert werden kann. Um die betriebswirtschaftlich dringend geforderte Auslastung der in Betrieb genommenen Anlagen zu gewährleisten, werden daher häufig auch Satzkarpfen ( $K_1$ ) in die Produktion aufgenommen. Angesichts der nach wie vor bestehenden Engpässe bei der Satzzanderversorgung ist daher zu vermuten, dass in den nächsten Jahren – quasi als Nebenprodukt – in geringem Umfang auch Satzkarpfen ( $K_2$ ) aus Kreislaufanlagen angeboten werden.

## **Fazit**

Die Aquakultur wie in Deutschland in den vergangenen Jahren über alle Verfahren betrachtet eine eher stagnierende Entwicklung auf, die jedoch bei den verschiedenen Produktionszweigen unterschiedlich war:

Während die Karpfenteichwirtschaft auf einem extensiven Niveau praktiziert wird und eher rückläufig ist, ist in der wachsenden Forellenproduktion eine zunehmende und erfolgreiche Anwendung innovativer Technik festzustellen. Die Entwicklung geht vom Einsatz moderner Sauerstoffeintragssysteme, über die Ablaufwasser-

behandlung bis hin zum Einsatz automatischer Fütterungssysteme und zur Mehrfachnutzung des Wassers (Teil-Kreislaufführung).

Bei Warmwasser-Kreislaufanlagen war in den letzten Jahren ein Zuwachs an Anlagen zu verzeichnen. Die Einführung dieses intensiven Aquakulturverfahrens auf einigen landwirtschaftlichen Betrieben in Verbindung mit Biogasanlagen stellt eine neue Entwicklung in Deutschland dar. Die zukünftigen Entwicklungschancen der Welsproduktion werden insbesondere von der Vermarktung abhängen. Für die Zanderaquakultur in Kreislaufanlagen besteht ein akuter Satzfishmangel. Derzeit werden in Forschung und Praxis verstärkte Anstrengungen zur Sicherstellung einer ganzjährigen Satzfishversorgung unternommen, so dass eine weitere Entwicklung dieser Produktionsrichtung zu erwarten ist.

Die neuen Verfahren ermöglichen die notwendige Ausweitung der Produktionsmengen und erweitern die Produktpalette, allerdings bergen sie auch zahlreiche Risiken. Die Aufzucht unter intensiven Bedingungen erfordert ein hohes Maß an Fachwissen, aber auch an technischem und wasserchemischem Verständnis. Darüber hinaus ist die Einführung neuer Arten auf den heimischen Markt risikobehaftet. Der Erzielung mindestens kostendeckender Absatzpreise kommt in diesem Zusammenhang eine entscheidende Bedeutung zu.

## Literatur

- Baer, J., Wedekind, H., Müller-Belecke, A., Brämick, U.** (2011): Warmwasser-Kreislaufanlagen zur Speisefischproduktion: Einfluss der Kopplung mit einer Biogasanlage auf die Rentabilität der Fischerzeugung. Fischer & Teichwirt 07: 248-250
- Brämick, U.** (2011): Jahresbericht der deutschen Binnenfischerei 2010. <http://www.ifb-potsdam.de/institut/institut.htm>: 50 S.
- Jansen, W. und Jennerich, H.-J.** (2011): Zur Entwicklung der Aquakultur des Ostseeschnäpels in Mecklenburg-Vorpommern. Fischerei und Fischmarkt in Mecklenburg-Vorpommern 2: 28-34.
- Jansen, W. und Jennerich, H.-J.** (2009): Edelkrebsprojekt in Mecklenburg-Vorpommern erfolgreich abgeschlossen. Fischerei und Fischmarkt in MV 5: 35-38.
- Füllner, G. und Pfeifer, M.** (1998): Aufzucht von Wels und Schleie im Karpfenteich. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden: 73 S.
- Müller-Belecke, A. und Zienert, S.** (2006): Aufzucht von Streifenbarschhybriden in der Aquakultur. Schriften des Instituts für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow, Bd. 20: 70 S.
- Pfeifer, M., von Bresinsky, A., Aurich, J., Plathe, T., Kohlmann, K., Füllner, G.** (2009): Überprüfung der Möglichkeiten der Vermehrung von Hybrid Streifenbarschen in Teichen und Warmwasseranlagen. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie 11: 65 S.
- Rösch, R.** (1999): Belüftung und Sauerstoffversorgung in der Forellenzucht. Berichte zur Fischereiforschung Baden-Württemberg, Heft 7, 29 S.

- Rümler, F., Knösche, R.** (2009): Kurzstudie zu den Möglichkeiten der Welsproduktion in geschlossenen Kreislaufanlagen in Kombination mit Biogasanlagen in Deutschland und insbesondere in Sachsen-Anhalt. Institut für Binnenfischerei Potsdam-Sacrow. Projektbericht, 50 S.
- Reiter R. und Fey, D.** (2011): Fütterungsversuche mit vollautomatischer Fütterungstechnik. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Fischerei. Jahresbericht 2010: 14-15.
- Reiter, R.** (2011): Einsatz moderner Technik in der Forellenproduktion – Wirtschaftlichkeit. LfL – Institut für Fischerei, Fortbildungstagung für Fischhaltung und Fischzucht, Vortrag am 18.01.2011 in Starnberg.
- Ring, T.** (2012), Fischereifachberatung des Bezirks Oberpfalz, Regensburg: persönliche Mitteilung
- Rümler, F.** (2011): Untersuchungen zur Funktionsweise einer teilgeschlossenen Kreislaufanlage der Forellenzucht. Schriften des Instituts für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow, Bd. 29: 65 S.
- Rümler, F., Bürger, E., Kunkel, D., Donath, W.** (2010a): Teich-in-Teich: Aktueller Entwicklungsstand des Verfahrens. Teil 2. Fischer und Teichwirt 61: 245-249.
- Rümler, F., Bürger, E., Kunkel, D., Donath, W.** (2010a): Teich-in-Teich: Aktueller Entwicklungsstand des Verfahrens. Teil 1. Fischer und Teichwirt 61: 203-206.
- Schmidt, G.** (2010): Einfluss des Fütterungsregimes auf die Entstehung von Flossenschäden bei Forellen in der Aquakultur. Aquakultur- und Fischereiiinformationen AUF AUF 3: 12-15.
- Schmidt, G. und Wedekind, H.** (2011): Der Einfluss der Beleuchtung bei der Entstehung von Flossenschäden bei Forellen. AUF AUF 2: 8-12.

**Wedekind, H. und Schmidt, G.** (2010): Untersuchungen zur Aufzucht von Felchen mit Trockenmischfuttermitteln in Teichen. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Fischerei. Jahresbericht 2009: 33-34.

**Wedekind, H. und Schmidt, G.** (2009): Aufzucht von Flussbarschen in Kleinteichen mit Trockenmischfuttermitteln. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Fischerei. Jahresbericht 2009: 34-35.

**Zienert, S. und Heidrich, S.** (2005): Aufzucht von Zandern in der Aquakultur. Schriften des Instituts für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow, Bd. 18: 60 S.

[S:\IFNFI-ALLE\ALLE\MFWK\Publikationen\Stand und Entwicklung moderner Aquakultursysteme in Deutschland.doc](#)

# **Blick in die Zukunft der Aquakultur – Trends und Projekte**

Paul-Daniel Sindilariu

## **Kurzfassung**

Bei einem Blick in die Zukunft sollte man immer von den aktuellen Gegebenheiten, die Effekt auf die Entwicklung der Aquakultur haben können, ausgehen. Aus den bisherigen Erfahrungen und den abzu- sehenden Faktoren lassen sich Trends für die zukünftige Aquakultur ableiten. Diese Gegebenheiten/Tatsachen könne in mehrere Kate- gorien unterteilt werden:

1. Globale Einflüsse:
  - a) Steigende Weltbevölkerung und deren Bedarf nach Proteinen
  - b) Der Zuwachs in der Proteinversorgung wird hauptsächlich aus der Aquakultur kommen
  - c) Weiter Verstärkung des Welthandels und der damit verbun- denen Chancen und Herausforderungen
2. Europäische/Nationale/Lokale Einflüsse
  - a) Steigende Anforderung an die Lebensmittelsicherheit

- b) Steigende Anforderungen an die Tiergesundheit und Hygiene
- c) Verknappung/Knappheit an Ressourcen
  - i. Futtermittel/Fischprotein zur Verfütterung
  - ii. Wasser und passende Lokalitäten für klassische Aquakultur
  - iii. Genehmigung von neuen Anlagen
- d) Steigende innereuropäische Konkurrenz aufgrund unterschiedlicher Produktionskosten
- e) Kurzfristig höhere Preise für Ökoprodukte

Welche Trends lassen sich aus diesen Faktoren ableiten:

1. Die Entwicklung der Aquakultur wird mit ähnlichem Wachstum, wie es in den letzten Jahren erzielt wurde, weiter gehen, und damit einer der am stärksten wachsenden Wirtschaftszweige der Weltwirtschaft bleiben.
2. Es wird wieder eine massive und nahezu unkontrollierte Produktion von Fischen/Aquakultur- Produkten in SO Asien in klassischer Aquakultur geben, wie wir es mit Schrimps und Pangasius erlebt haben. Diese Produktionswellen werden kommen und nach einigen Jahren wieder gehen, wenn die natürlichen Ressourcen ausgeschöpft sind oder der Krankheitsdruck zu hoch ist, um eine rentable Produktion aufrecht zu erhalten. Es ist zu hoffen, dass die Wellenhöhe ab-

nehmen und auf eine nachhaltigere Basis gestellt wird (Öko- & andere Zertifizierung).

3. Die Produktion in der Teichwirtschaft wird in Mitteleuropa nicht wesentlich weiter ausgebaut, eventuelle Produktionssteigerungen in der Aquakultur kommen durch Rationalisierungszuwächse und Intensivierung an bestehenden Standorten.
4. Die innereuropäische Konkurrenz nimmt auf die Teichwirtschaft weiter zu, da z. B. in Osteuropa neue Produktionsstandorte eher genehmigt werden.
5. Die Kreislaufanlagentechnologie wird als Supplement zur Teichwirtschaft/klassischen Aquakultur weiter an Bedeutung gewinnen, aufgrund ihrer Kontrollierbarkeit, der ressourcenschonenderen Produktionsweise (Land/Wasser) und besseren Krankheitsprofilaxe/Kontrolle.

#### Fazit:

Die Teichwirtschaft/klassische Aquakultur wird wenn, dann nur außerhalb von Mittel/Westeuropasignifikant wachsen. Innerhalb von Europa wird ein eventueller Produktionszuwachs aus der Kreislauf-technologie kommen.

Die Produktion von Öko-Fisch/zertifizierter Ware wird einen Teil der aktuellen Produktion verdrängen, jedoch nicht zu einer Produktionssteigerung führen.

## **Einleitung**

Durch das weltweite Auftreten von Interaqua Advance A/S als Anbieter von industriellen Kreislaufanlagen ist es für dieses Unternehmen von essentieller Bedeutung, die aktuellen Trends und Entwicklungen in der Aquakultur in Europa und weltweit rechtzeitig aufzuspüren und zu verfolgen. In diesem Beitrag sollen die aktuellen Trends in der Aquakultur aus einer Sichtweise von außerhalb Deutschlands wiedergegeben werden. Die Einschätzung ist vielleicht nicht objektiv, aber recht breit, um eine fundierte Aussage über die mögliche Entwicklung der Aquakultur abzugeben.

Die Akteure in der Aquakultur sind wie in vielen anderen Industriezweigen von unterschiedlichen Einflüssen geprägt, die ihr Handeln auf dem Markt bestimmen. Die Einflussfaktoren, die auf die Aquakultur einwirken, lassen sich in globale, europäische und lokale Einflüsse unterteilen. Diese für die Aquakultur relevanten Einflüsse haben eine direkte Auswirkung auf die Entwicklung der Aquakultur in einer gewissen Region. Aus der Summe aller Einflussfaktoren lassen sich Trends in der Aquakultur ableiten. Diese Trends sollen hier dargestellt werden und anhand von geplanten sowie konkreten Projekten der letzten Jahre belegt werden.

## **Einflüsse auf die Aquakultur**

Die Einflüsse auf die Aquakultur führen zu direkten Konsequenzen im Agieren der Beteiligten Unternehmen und Personen.

Bei den Einflüssen auf die Aquakultur lassen sich vor allem die globalen Einflüsse hervorheben, wie:

- Wachsende Weltbevölkerung und der sich daraus ergebende
- verstärkte Bedarf an hochwertigen Proteinen zur Ernährung der Bevölkerung
- sowie ein zunehmender Welthandel, der die Verfügbarkeit von Produkten sowie die weltweite Konkurrenz ermöglicht.

Aus diesen drei Hauptfaktoren lassen sich auch direkte Konsequenzen für die Industrie ableiten:

- Eine steigende Aquakulturproduktion ist von Nöten, um den stetig steigenden Bedarf an hochwertigen Proteinen zu decken.
- Daraus ergibt sich jedoch ein zunehmender Druck auf die knappen Ressourcen, die zur Aquatischen Produktion benötigt werden, wie:
  - Sauberes Wasser
  - Hochwertige Futtermittel
  - Energie
  - Ausreichend ausgebildete und motivierte Mitarbeiter
- Durch die zunehmende Globalisierung des Handels wird auch die Konkurrenz um frei handelbare Ressourcen sowie die Konkurrenz der Aquakulturprodukte untereinander verstärkt.

Zu den globalen Einflüssen kommen noch europäische und regionale Faktoren hinzu, die direkten Einfluss auf die Entwicklung der Aquakultur an unterschiedlichen Standorten haben. Zu diesen Faktoren zählen vor allem:

- Die steigende Anforderung an die Produktqualität und Lebensmittelsicherheit (Stichworte HACCP und Rückverfolgbarkeit), die zunehmende administrative Aufwände und Kosten für den einzelnen Akteur bedeuten.
- Ebenso wie die steigenden rechtlichen Anforderungen an die Tiergesundheit, das Wohlergehen des Tieres und die Seuchenhygiene.
- Zudem kommt noch eine sehr lokale Verknappung von Ressourcen, vor allem von Produktionslizenzen und frei verfügbarem Wasser.
- Diese Herausforderungen werden noch durch lokal sehr unterschiedliche Produktionsmöglichkeiten zum Teil verzerrt oder verstärkt. Hier ist vor allem die regional sehr unterschiedliche Behandlung der Aquakultur als politisch gewollte oder ungewollte Industrie zu nennen, die zur starken Verzerrung bei Produktionschancen, Kosten und Wettbewerbsfähigkeit verschiedener Standorte führt.

Aufgrund der vielschichtigen Einflüsse auf die Aquakultur ergeben sich als direkte Konsequenz der Einflüsse unterschiedliche Trends

bei der Produktion in der Aquakultur die von den lokalen Produktionsbedingungen zum Teil stark abhängig sind.

### **Trends und Projekte in der Aquakultur**

Die erkennbaren Trends lassen sich zum einen in allgemeine, globale Trends unterteilen, zum anderen sind jedoch in den einzelnen Sparten der Aquakultur unterschiedliche Entwicklungen zu erkennen.

Die wichtigsten generellen Trends der Aquakulturen sind:

1. Die Aquakultur wird weiterhin der am stärksten wachsende Produktionszweig der Landwirtschaft bleiben, mit Zuwachsraten von 7 – 15 % jährlich. Das Wachstum ist notwendig, um die stetig wachsende Nachfrage nach hochwertigem Protein für die menschliche Ernährung annähernd zu befriedigen. Die terrestrische Landwirtschaft kann mit den jetzigen Produktionsmitteln den steigenden Bedarf an Nahrungsmitteln mittelfristig nicht decken. Die Lücke muss durch Aquakultur geschlossen werden.
2. Das notwendige Wachstum lässt sich nur in der Marikultur und in der landbasierten Aquakultur erzielen.
3. Das Wachstum in der Aquakultur wird vor allem aus Südostasien, vor allem China, Vietnam, Philippinen und Indien kommen. Dies sind Länder mit einer langen Aquakulturtradition, in denen die Entwicklung schon derzeit in starkem Wachs-

tum begriffen ist und die diesen Trend fortsetzen wird. Zudem sind in den kommenden Jahren große Entwicklungsschritte in der Aquakultur Afrikas und Lateinamerikas zu erwarten.

In den verschiedenen Branchen der Aquakultur, namentlich 1. der Marikultur (Netzgehege), 2. der Teichwirtschaft und 3. der Kreislauf-analagentechnologie, lassen sich unterschiedliche Trends und sich daraus ergebende Projekte erkennen, die im Folgenden einzeln behandelt werden.

### **1. *Marikultur:***

Nach dem Zusammenbruch der Lachsproduktion in Chile, das einschneidende Ereignis vor allem für die Lachs-Marikultur, lassen sich für die Netzgehegehaltung folgende Trends konstatieren:

- Eine Ausweitung der Kapazität ist möglich, wird jedoch teuer da die Anlagen immer weiter von der Küste und immer weiter voneinander entfernt stehen müssen, um potentielle Seuchenübertragung auf Wildtierbestände und von einer Anlage zur nächsten zu vermeiden.
- Neue geeignete Standorte für Netzgehege sind selten, und die Vergabe von neuen Lizenzen ist sehr beschränkt, vor allem aufgrund von Verschmutzung der küstennahen Gewässer sowie Interessenkonflikten zwischen Aquakultur und anderen Nutzungsformen wie z. B. Tourismus.

- Eine intensivierete Nutzung der bestehenden Standorte ist meist nicht möglich, da eine ausreichende Sauerstoffversorgung im Sommer vor allem aufgrund der steigenden Wassertemperaturen (Klimawandel) nicht gegeben ist.
- Die existierenden Anlagen können nur effektiver genutzt werden, indem die Turn Over Rate (Durchsatz) pro Anlage erhöht wird, indem die Fische kürzere marine Phasen durchleben, mit Hilfe von verbesserter Technik an Land oder verbesserten Futtermitteln.

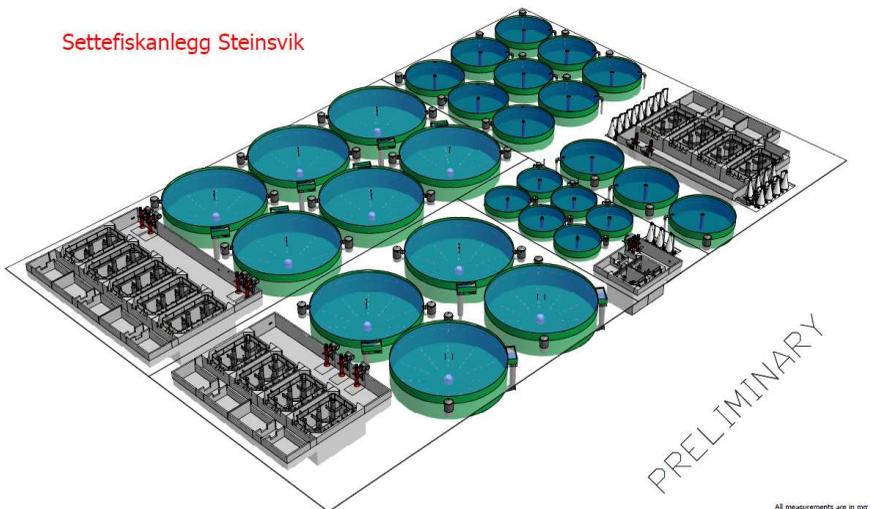
Die Netzgehegeanlagen haben daher weiterhin mit den grundlegenden Problemen offener Systeme zu kämpfen, wie einer unzureichenden Kontrolle der Wasserqualität, die durch die äußeren Gegebenheiten bestimmt ist. Zudem besteht ein hohes natürliches Risiko durch Krankheitserreger, toxische Algenblüten oder andere nicht beeinflussbare natürliche Umstände, die zu Verlusten oder Wachstumsverzögerungen mit den damit verbundenen Kosten führen.

Jedoch haben Netzgehege den großen Vorteil sehr geringer Investitionskosten, sind jedoch relativ teuer bei den laufenden Kosten, da die notwendige Infrastruktur (Versorgungsflotte, Futterstationen, Gehege, Tauchmannschaften etc...) zu unterhalten ist.

Aus diesen Faktoren ist eine leichte Steigerung der Produktion in Netzgehegen zu erwarten. Die neuen Trends und Projekte in der Marikultur sind:

1. **Closed Containment:** Geschlossene schwimmende Produktionseinheiten, die im Meer betrieben werden, jedoch nur einen bedingten Austausch über Filter (Zu- und Ablaufwasser) mit dem Meerwasser haben. Der eindeutige Vorteil ist eine Vermeidung der Meeresverschmutzung, die Reduzierung des Krankheitsrisikos vor allem durch Parasiten (Vorfiltration des Wassers), sowie die teilweise Vermeidung von Gehegeräumung durch stabilere Gehegekonstruktionen. Die klaren Nachteile liegen darin, dass die Investitionskosten deutlich erhöht werden im Vergleich zu normalen Netzgehegen, jedoch die teure Infrastruktur immer noch aufrechterhalten werden muss. Es bleibt fraglich, ob die Produktion in solchen Anlagen soweit optimiert werden kann, um die Mehrkosten aufzufangen.
2. **Produktionsverlängerung an Land:** Alle in der Marikultur produzierten Arten durchlaufen eine larvale Phase, die typischer Weise in geschlossenen Anlagen an Land stattfindet. Durch die Ausweitung dieser Phase kann die knappe Ressource Netzgehelizenz effektiver genutzt werden. Der Umsatz/Durchsatz in den Netzgehegen wird durch eine verkürzte marine Phase erhöht. Zudem wird durch das Ausbringen größeren Besatzmaterials ins Meer das Ausfallrisiko im

Meer gesenkt. Ein Projekt ist zum Beispiel der Besatz von 2 kg-Lachsen in Netzgehege. Ein Beispiel einer Produktionsstätte für Lachse von 80g – 2000g ist beispielhaft in Abb. 1 aufgeführt. Hierbei handelt es sich um eine Fallstudie von Marine Harvest Norwegen. Solche Anlagen können wahlweise mit Süß- oder Salzwasser betrieben werden. Ein anderes Projekt mit dem gleichen Ziel wurde von einem kleineren Konkurrenten von Marine Harvest bereits umgesetzt.



**Abb. 1:** Fallstudie für eine Anlage zur Produktion von Satzlachsen bis 2 kg in Norwegen.

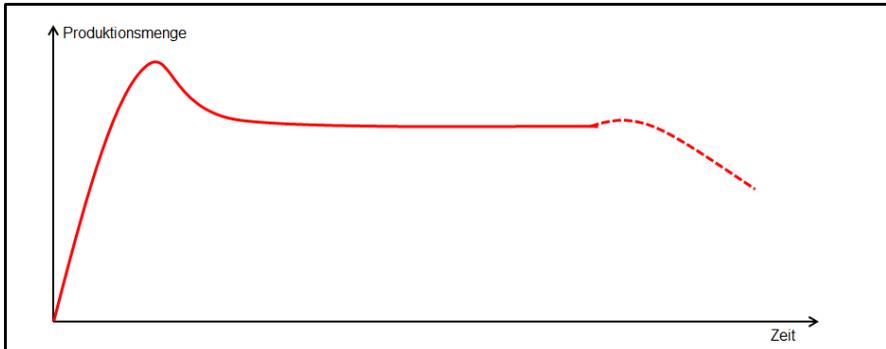
- 3. Autonome Offshore-Anlagen:** Dies sind Anlagen, die ohne Besatzung mit der notwendigen Futterration frei im Meer treiben, ausgerüstet mit GPS Empfänger. Am Ende der

Produktionsperiode werden die Gehege geortet und wieder eingefangen. Diese Methode wird vor allem für pelagische Warmwasserarten eingesetzt wie z.B. Thunfisch oder Cobia.

## **2. Teichwirtschaft**

Bei der Teichwirtschaft wird es auch weiterhin Arten geben, die aus den tropischen oder subtropischen Gebieten kommen, dort in großflächigen Teichen massenhaft produziert werden und dann den europäischen Markt wellenartig überschwemmen. Dies war in den letzten Jahren der Fall mit Schrimps und Pangasius und teilweise mit Tilapia und wird sich auch in Zukunft mit anderen Arten in gleicher Art und Weise wiederholen.

Die Fische werden in Dritte-Welt-Staaten billig produziert, auf Kosten der Produktqualität sowie der natürlichen und sozialen Ressourcen der Region. Typische Produktionsstätten sind Südostasien, Afrika und Latein Amerika. In diesem Bereich liegt auch sicherlich zukünftig der Löwenanteil des Wachstumspotentials der Aquakultur. Aufgrund der mangelnden Nachhaltigkeit dieser Produktionsmethoden ergibt sich eine typische Produktionsmengenkurve mit einem starken Anstieg, einem anschließenden Abflachen der Kurve und einem eventuellen Zusammenbruch der Produktion, meist aufgrund einer Kombination aus strengeren Standards, Krankheits- und Umweltproblemen (siehe Abb.2 für einen typischen Produktionsverlauf)



**Abb. 2:** Typischer Produktionsverlauf einer neuen Aquakulturart über die Zeit

Die Teichwirtschaft in Mittel- und Westeuropa hingegen wird weiterhin nur eine lokale Rolle spielen, jedoch genau hier liegt ihre Stärke. Durch die verwurzelte Regionalität der Produkte kann immer ein frisches Produkt auf dem Markt angeboten werden. Lokale Märkte und die Event-Vermarktung spielen eine übergeordnete Rolle, und die erzeugten Produkte können aufgrund der lokalen Verankerung hochpreisig und trotzdem konkurrenztauglich angeboten werden. Mit dieser Marktstrategie ist jedoch kein nennenswertes Wachstum zu erwarten, da es sich immer um Nischenprodukte handelt die nur einen geringen Marktanteil haben.

Zudem muss konstatiert werden, dass die Konkurrenz auf dem europäischen Markt zunimmt, vor allem durch die Staaten Mittel- und Osteuropas und der Türkei. Hier sind die Produktionsgenehmigungen für neue Teichanlagen leichter zu erhalten, es herrschen bessere und vor allem günstigere Produktionsbedingungen; und

man hat oft den Eindruck , die Aquakultur und vor allem die Teichwirtschaft sei in Westeuropa politisch nicht erwünscht, oder besser formuliert, andere Wassernutzungen sind eher erwünscht und werden dementsprechend priorisiert.

### **3. Kreislaufanlagentechnologie**

Die Produktionsmethode stellt ein Supplement zur Teichwirtschaft und Marikultur dar und ist durch ein paar sehr spezifische Charakteristika gekennzeichnet:

- Das natürliche Risiko (Wasser, Krankheit etc...) wird durch ein technisches Risiko ersetzt (Abhängigkeit von Pumpen, Strom, Überwachung).
- Die Kontrolle der Wasserqualität und der Produktionsparameter ist standortunabhängig möglich, vorausgesetzt die richtige und passende Technologie wurde gewählt.
- Es kann seuchenfrei gearbeitet werden, vorausgesetzt, die notwendige Eingangskontrolle und Vorsicht wird angewandt. Die Systeme können auf jeden Fall seuchenfrei konzipiert werden, jedoch nach einer Verseuchung ist die Elimination des Problems sehr aufwendig und kostspielig.
- Die Kreislaufanlagensysteme sind in Bezug auf Land und Wassernutzung wesentlich ressourcenschonender als Teichwirtschaft oder Marikultur für die gleiche Produktionsmenge und können nahezu unabhängig von den klassischen Standortfaktoren aufgebaut werden.

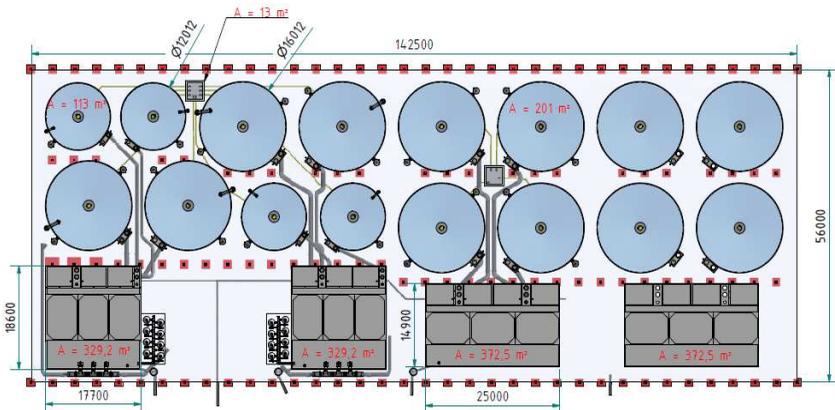
Die Technologie ist voraussichtlich der einzige Wachstumsmarkt für Aquakultur in Westeuropa und wird vor allem in diesem Bereich weiterhin an Bedeutung gewinnen, als eine technische Lösung für eine technisierte Welt.

Aktuelle Kreislaufanlagenprojekte, die außerhalb Deutschlands in Planung oder in der Umsetzung sind:

- **Lachs an Land:**

- Vorteile: Reduktion des Risikos der Netzgehegeanlagen, sowie wesentlich bessere Arbeitsbedingungen. Zudem ist eine Produktion direkt am Verbraucher in unmittelbarer Nähe möglich, die Transportkosten minimiert und die Frische am Markt erhöht.
- Nachteile: Relativ hohe Investitionskosten gegenüber klassischen Netzgehegen, das Eintauschen eines natürlichen Risikos mit einem technischen Risiko und die sich daraus ergebenden Abhängigkeiten von Strom und anderen Energiequellen sowie eine fragliche Produktqualität der Kreislauffische (ein Thema das mittelfristig gelöst werden kann).
- Fazit: In Bezug auf die Produktionskosten kann von gleichen Produktionskosten bei Netzgehegen und Kreislaufanlagen ausgegangen werden, da die höheren Investitionskosten, bei sorgfältiger Planung und ausreichender Abschreibungsdauer, durch die

unterschiedlichen Betriebskosten wieder ausgeglichen werden. Derzeit haben alle großen Lachsproduzenten ein oder mehrere dieser Projekte in der Schublade. Als Alternative zu Closed Containment ist die Lachsproduktion an Land sicherlich zu überlegen. Derzeit ist ein Projekt in Nordnorwegen zur Produktion von 1 – 2 kg-Lachsen umgesetzt (Planskizze der gebauten Anlage in Abb. 3)



**Abb. 3:** Planskizze des umgesetzten Projekts zur Produktion von Lachsen bis zu 2 kg in Nordnorwegen (Angaben in mm).

- **Salzwasserarten an Land:** Derzeit werden mehrere Projekte zur Produktion von Salzwasserfischarten wie Yellow Tail Kingfish im Binnenland umgesetzt (zum Teil auch in Deutschland). Diese Projekte haben oft den Nachteil, dass sie mit einer wesentlich günstigeren marinen Produktion konkurrieren müssen, und die Produktionskosten oft auf-

grund von zu teuren Bauphasen und den damit verbundenen Abschreibungen zu hoch sind.

- **Produktion (Grow-out) von Süßwasser Arten:** Hier sind vor allem Forellen, Welsartige und Störartige zu nennen, die in unterschiedlichen Setups und Konstellationen in mehr oder weniger geschlossenen Kreislaufsystemen europaweit produziert werden (z. B: Afrikanische Welse in Holland, Forellen in dänischen Modellanlagen, Störe in Anlagen in Deutschland und dem Rest Europas).

### **Zusammenfassung und Ausblick**

Wenn versucht werden sollte, die zukünftige Entwicklung in der Aquakultur vorherzusagen, lassen sich für die unterschiedlichen Sparten folgende Trends erkennen:

Für die **Teichwirtschaft und Marikultur** wird ein signifikantes Wachstum nur außerhalb Europas stattfinden, vor allem aufgrund der sehr restriktiven Vergabe von neuen Produktionslizenzen. Es werden sicherlich weitere Produktionswellen aus Südostasien und eventuell Afrika/Lateinamerika auf den europäischen Markt schwemmen, während der Ausbau neuer Standorte in Europa nicht stattfindet. Es besteht jedoch der Trend, existierende Standorte durch technische Anpassung oder veränderte Nutzungskonzepte besser und effektiver zu nutzen.

Die **Kreislaufanlagentechnologie** stellt in Europa das einzige Wachstumspotential für Aquakultur dar! Hier entstehen neue Produktionsstandorte, ebenso wie die Produktion weltweit vor allem für teure Spezies in Kreislaufanlagen weiterhin zunimmt. Bei vielen dieser Projekte muss jedoch oft die kalkulierte Rentabilität kritisch hinterfragt werden, da die Projekte oft zu optimistisch gerechnet werden.

Weltweit ist auch weiterhin ein Trend zur **Ökologischen Aquakultur** festzustellen. Dabei werden jedoch nicht neue Produktionsstandorte geschaffen, sondern existierende, unrentable Standorte durch Nutzungsextensivierung umgewidmet.

Trotz der angeführten Herausforderungen wird die Aquakultur auch weiterhin weltweit einer der am stärksten wachsenden Wirtschaftszweige bleiben, allein um die wachsende Weltbevölkerung mit Protein zu versorgen. Dieses Wachstum wird jedoch vor allem in Asien, sowie bei günstiger Entwicklung eventuell in Afrika und Lateinamerika stattfinden.

## ANSCHRIFTEN DER REFERENTEN (Erstautoren)

- Brinker, Dr. Alexander      Fischereiforschungsstelle des Landes  
Baden-Württemberg  
Untere Seestr. 81  
D-88085 Langenargen  
[Alexander.Brinker@lvvg.bwl.de](mailto:Alexander.Brinker@lvvg.bwl.de)  
☎ 07543/9308-324
- Füllner, Dr. Gert      Sächsische Landesanstalt für  
Landwirtschaft  
Referat 93 - Fischerei  
Postfach 1140  
D-02697 Königswartha  
[Gert.Fuellner@smul.sachsen.de](mailto:Gert.Fuellner@smul.sachsen.de)  
☎ 035931-29618
- Karl, Dr. Horst      Max Rubner-Institut  
Bundesinstitut für Ernährung und  
Lebensmittel  
Institut für Sicherheit und Qualität bei  
Milch und Fisch  
Palmaille 9  
D-22767 Hamburg  
[horst.karl@mri.bund.de](mailto:horst.karl@mri.bund.de)  
☎ 040-38905114
- Lukowicz, Dr. Mathias v.      Feldafinger Str. 43d  
82343 Pöcking  
[Mathias@vonLukowicz.com](mailto:Mathias@vonLukowicz.com)  
☎ 08157-7722
- Pedersen, Dr. Lars-Flemming      DTU Aqua, Section for Aquaculture,  
Northsea Centre  
DK-9850 Hirtshals  
[lfp@aqua.dtu.dk](mailto:lfp@aqua.dtu.dk)  
☎ 0045-33963215

Sindilariu, Dr. Paul-Daniel

INTER AQUA Advance A/S  
Sortevej 40  
DK-8543 Hornslet  
Denmark  
[ps@interaqua.dk](mailto:ps@interaqua.dk)  
☎ 0045-8880 9999

Aktuelle Adresse:  
Leiter Aquakultur & Veredelung  
Tropenhaus Frutigen AG  
Postfach 144  
CH-3714 Frutigen  
[Pauldaniel.sindilariu@tropenhaus-frutigen.ch](mailto:Pauldaniel.sindilariu@tropenhaus-frutigen.ch)  
☎ 0033-672 11 53

Wedekind, Dr. Helmut

Bayerische Landesanstalt für  
Landwirtschaft  
Institut für Fischerei  
Weilheimer Str. 8  
D-82319 Starnberg  
[Helmut.Wedekind@lfl.bayern.de](mailto:Helmut.Wedekind@lfl.bayern.de)  
☎ 08151-2692-100