

Carsten Schulz
Ruprecht Herbst
Matthias Langensiepen
Christian Ulrichs

Herausforderungen einer umweltgerechten Aquakultur

Zur Ernährung einer wachsenden Weltbevölkerung erlangt die Aquakultur zunehmende Bedeutung. Die europäische Kommission fordert die Forschung in einem Strategiepapier zur nachhaltigen Entwicklung der Aquakultur auf, sich vorrangig mit der Erschließung alternativer Proteinquellen für Fischfuttermittel auseinanderzusetzen. Weiterhin sieht sie es als zwingend erforderlich an, die Artendiversifizierung in der Aquakultur zu fördern sowie die Austräge an eutrophierenden Substanzen aus Aquakulturen zu minimieren. – Die Aquakulturforschung stellt sich diesen Herausforderungen, den zunehmenden Ressourceneinsatz einer steigenden Aquakulturproduktion umweltverantwortlich zu gestalten, um langfristig Erträge zu sichern. Mit den in diesem Beitrag aufgeführten Arbeitsschwerpunkten trägt hierzu auch die Juniorprofessur für Aquakultur an der Humboldt-Universität zu Berlin bei.

Womit beschäftigt sich die Aquakultur?

Die »Aquakultur« beschäftigt sich mit der kontrollierten Aufzucht von aquatischen, also im Wasser lebenden, Organismen. Dies sind per Definition nicht nur Fische, sondern auch Muscheln, Krebstiere und Pflanzen. Die Aquakultur beinhaltet immer ein gewisses Maß an menschlichem Eingriff im Aufzuchtprozess, um die Produktion zu erhöhen. Dieser umfasst unter anderem Besatz-, Fütterungs- und/oder auch Schutzmaßnahmen. Allen in Aquakultur produzierten Organismen gemein ist die Zuordnung zu einem Besitzer, der den Bestand hegt und pflegt. So unterscheidet sich die Aquakultur vom klassischen Fischfang in öffentlichen Gewässern, bei dem die aquatischen Organismen als öffentliche Ressource von der Bevölkerung mit oder ohne entsprechende Lizenz genutzt werden.

In den vergangenen Jahrzehnten hat die Aquakultur eine rasante Entwicklung durchlaufen, die niemand prognostiziert hat. Auf einer von der »Food and Agriculture Organization« (FAO) der Vereinten Nationen im Jahre 1976 ausgerichteten Aquakulturreferenz wurde die Verdoppelung der Produktionsumfänge in

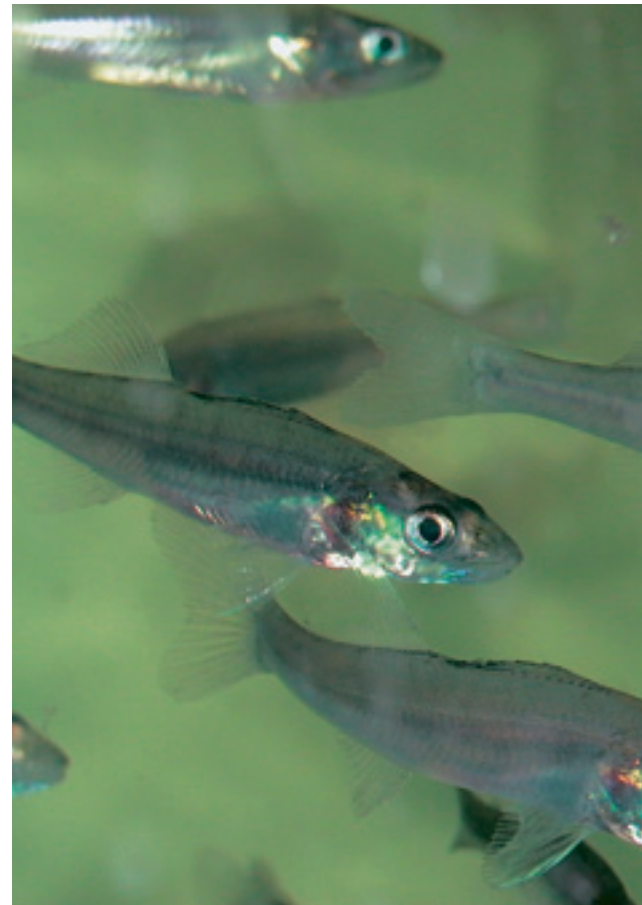
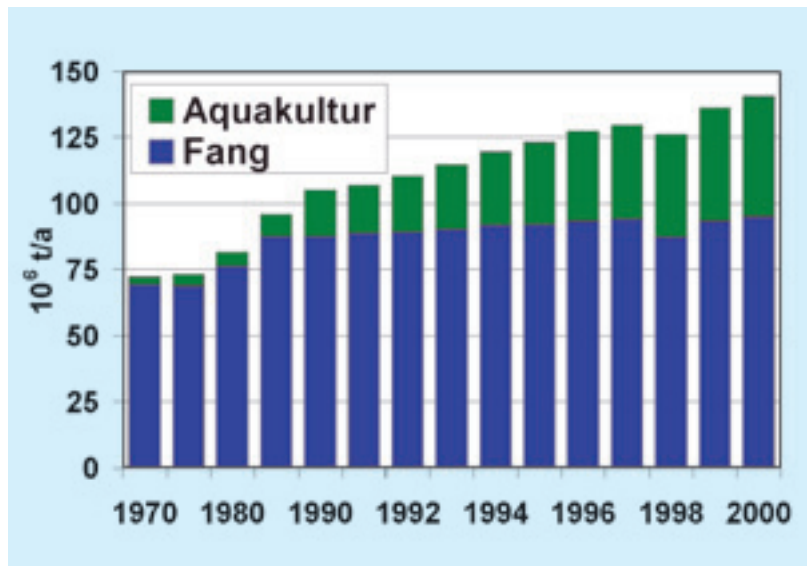


Abb. 1
Erträge aus Aquakultur und Fischereifang in den vergangenen 30 Jahren (FAO, 2002)



den folgenden 10 und eine Verfünffachung in den folgenden 30 Jahren vorausgesehen (Hilge, 2004). Demgegenüber stieg die Produktion aquatischer Organismen tatsächlich von 6,1 Mio t im Jahre 1976 auf über 45 Mio t im Jahre 2000 an (FAO, 2002) (Abb. 1). Die Aquakultur weist demzufolge mit ca. 10 % die höchsten jährlichen Zuwachsraten im Sektor der Nahrungsmittelproduktion auf. Dabei entfallen derzeit ca. 35 Mio t auf die Produktion von Fischen, Krebsen und Mollusken und ca. 10 Mio t auf die Kultivierung vornehmlich mariner Algen. Die Erträge aus dem klassischen Fischfang hingegen stagnieren seit den vergangenen 15 Jahren bei ca. 90 Mio t/a. Nach Angaben der FAO (2002) ist hier zukünftig keine Steigerung zu erwarten. Damit entstammen bereits heute ca. 1/3 der gesamten für den direkten menschlichen Verzehr produzierten Fische, Krebse und Mollusken aus Aquakulturen. Die FAO geht davon aus, dass auch in Zukunft bei einer vorausgesagten Produktion von 60 Mio t im Jahr 2020 der Beitrag der Aquakultur zur Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung zunehmen wird. Die prognostizierten Zuwächse in der Aquakulturproduktion sind jedoch nur durch den vermehrten Einsatz von ex- und internen Ressourcen wie z. B. Futtermittelrohstoffen, nutzbare Wasservorkommen, Fischarten, Energie etc. zu realisieren, deren nachhaltige Verwendung eine der wesentlichen Herausforderungen einer modernen und umweltgerechten Aquakultur darstellt. Hierzu werden im Folgenden die wichtigsten Aquakulturfahrverfahren sowie Arbeitsansätze zu den aktuellen Herausforderungen einer umweltgerechten Aquakultur angesprochen, die in der Juniorprofessur für Aquakultur in Kooperation mit dem Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei bearbeitet werden.



Welche Verfahren der Aquakultur werden vornehmlich genutzt?

Die Nutzung von Oberflächengewässern zur Produktion hochwertiger tierischer Nahrungseiweiße kann auf eine über Jahrhunderte währende Tradition zurückblicken. So beriefen sich die mittelalterlichen Mönche auf erste Kenntnisse aus der Römerzeit zur Haltung von Karpfen (*Cyprinus carpio*) in Teichen. Aus diesen Anfängen der Aquakultur entwickelten sich verschiedene Produktionsverfahren, die sich in Abhängigkeit der Wassernutzung grundsätzlich unterscheiden.

1. Teichwirtschaftsverfahren

Bei Teichen handelt es sich gemäß der allgemeinen Definition um künstlich angelegte und vollständig ablassbare Gewässer mit regulierbaren Ein- und Ablassvorrichtungen. Teiche gelten als weitgehend geschlossene ökologische Systeme, die nach ihren Eigenschaften als Gewässer anzusehen sind. In der Regel ist nur ein geringer Frischwasserbedarf erforderlich, um den Wasserverlust durch Versickerung und Verdunstung auszugleichen. Die in den Teichen gezüchteten Fische wie z.B. Cypriniden nutzen überwiegend die im Teich vorhandene Naturnahrung, die durch gezielte Düngung erhöht oder durch Zufütterung ergänzt werden kann.

2. Durchflussverfahren

Durchflussanlagen sind vor allem dadurch gekennzeichnet, dass man Wasser in hohen Volumina aus angrenzenden Fließgewässern entnimmt und durch Produktionseinrichtungen wie Teiche, Becken oder Rinnen leitet. Das Wasser dient dabei vornehmlich dem Antransport von Sauerstoff und dem Abtransport von Stoffwechselendprodukten der Fische wie z. B. Salmoniden.

3. Gehegeverfahren

Gehegeanlagen bestehen aus käfigartigen Behältern, die mit Netztuch oder anderen Geflechtmaterialien bespannt sind, und im Wasser u. a. an Schwimmsteganlagen hängend verankert sind. Diese Produktionsform setzt größere natürliche oder auch künstlich angelegte Wasserreservoir voraus, die durch die internen Strömungsverhältnisse optimale Umweltbedingungen für die Aufzucht von z.B. Salmoniden oder Spariden bieten.

4. Kreislaufverfahren

Als geschlossene Kreislaufanlagen werden Fischhaltungssysteme bezeichnet, deren Wasser im Kreislauf geführt wird. Dies bedeutet, dass das Produktionswasser nach dem Verlassen der Fischhaltungseinrichtung über Filter aufbereitet und anschließend zurückgeführt wird. Dabei wird der biologischen Reinigungseinheit eine mechanische Abscheidung der partikulären organischen Substanz vorgeschaltet. In Abhängigkeit vom Fischbesatz und Fütterungsregime können weitere technische Einrichtungen, wie die Denitrifikation im Bypass oder eine Sauerstoffbegasung, im Produktionsverfahren eingesetzt werden. Der Wasserverbrauch dient vor allem dem Ausgleich von Verdunstungsverlusten sowie von Wasserverlusten durch die mechanische Reinigung und sollte bei maximal ca. 10 %/d bezogen auf das Gesamtanlagenvolumen liegen. Im Gegensatz zu den übrigen Formen der Aquakultur ist der Betrieb von Kreislaufanlagen nahezu standortunabhängig und emissionsfrei. Technologisch stellen sie die anspruchsvollste Form der Aquakultur dar.

Welche Möglichkeiten zur Minimierung der Nährstoffausträge aus Aquakultureinrichtungen existieren?

Allen vorgestellten Verfahren ist in der Regel die Nutzung von natürlichen oder künstlichen Futtermitteln gemein. Grundsätzlich stellt eine kontrollierte Fischerzeugung unter Verwendung von Futtermitteln eine potentielle Belastungsquelle der genutzten Oberflächengewässer dar. Das Ausmaß der Nährstoffausträge hängt dabei maßgeblich vom Produktionsverfahren und dessen Intensität ab. Im Gegensatz zur extensiven oder semi-intensiven Produktionstechnologie der Karpfen in Teichen mit Hektarerträgen bis 1500 kg/a (Knösche et al., 2000) oder der Nutzung von Kreislaufanlagen mit integrierter mechanischer und biologischer Reinigung werden durch den hohen Wasseraustausch in Durchflusssystemen oder Netzgehegen stets Nährstoffe ausgetragen. Die Reduzierung der Nährstoffausträge kann unter derzeitigen Produktionsbedingungen als eines der dringlichsten Probleme der umweltgerechten Aquakultur angesehen werden. Der global zunehmende Wettbewerb um Wasserressourcen

Heranwachsende Zander in der Versuchsfischhaltung des Instituts für Nutztierwissenschaften der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin.

bei relativer Wasserverknappung unterstreicht die Bedeutung einer nachhaltigen Wassernutzung.

In der Vergangenheit wurden optimierte Futtermittel entwickelt, die zu einer wesentlichen Entlastung der Nährstoffausträge führten. Durch das so genannte Extrusionsverfahren in der Futtermittelherstellung

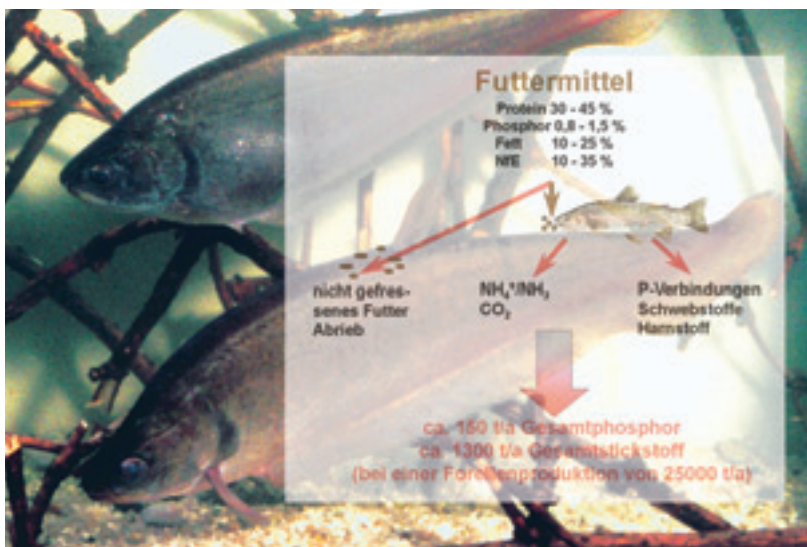


Abb. 2 Nährstoffaustragswege in der Fischproduktion (Schulz und Rennert, 2003)

ließen sich erhöhte Fettgehalte ins Futter einbauen, wodurch der Energiestoffwechsel der Fische nahezu vollständig über den Fettgehalt anstelle wertvoller Proteine gedeckt wird, was letztlich zu einer Reduzierung der Stickstoff- und Phosphor-Ausscheidung um 50–70 % führt. Trotz des enormen Fortschrittes in der Futtermittelherstellung fallen weiterhin Nährstoffe an, zu deren Minimierung die genaue Kenntnis über deren Zustandsformen erforderlich ist (Rennert, 1994).

Generell kann man bei den Abprodukten der Fischproduktion zwischen dem partikulären Material und den gelösten Verbindungen unterscheiden (Abb. 2). Schon mit der Fütterung gelangen partikuläre Substanzen durch den Abrieb der Futtermittel ins Produktionswasser. Weiterhin sind nicht gefressene Futterreste und der abgegebene Kot der Fische als Schwebstoffe im Ablaufwasser nachzuweisen. Bei den gelösten Nährstoffen sind vor allem das über die Kiemen ausgeschiedene Ammonium und die im Urin gebundenen Harnstoff- und Phosphorverbindungen zu nennen. Der Anteil der gelösten Stickstoffverbindungen am Gesamtstickstoffaustrag kann dabei auf ca. 70 % und der Anteil der gelösten Phosphorverbindungen am Gesamtphosphorausstrag auf ca. 30 % beziffert werden (Fivelstad et al., 1990; Bergheim et al., 1993; Schulz et al., 2004).

Bei Verwendung von Futtermitteln mit Proteingehalten von 30–45 % und Phosphorgehalten von 0,8–1,5 % fallen beispielsweise bei einer jährlichen deutschen Forellenproduktion von 25.000 t ca. 150 t bzw. 1300 t der Gewässer eutrophierenden Nährstoffe Gesamtphosphor (TP) und -stickstoff (TN) an. Diese sind zwar im Vergleich zu den Nährstoffeinträgen aus Kommunen und Landwirtschaft mit 0,16 % bzw. 0,34 % (Schulz und Rennert, 2003) verschwindend gering, doch können sie aufgrund der punktuellen Einleitung zu negativen lokalen Umwelteinwirkungen führen.

Die Entwicklung technologischer Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffausträge mit dem Ablaufwasser der Forellenproduktion verlangt die Berücksichtigung der charakteristisch geringeren Belastung bei hoher hydraulischer Fracht, der schnellen Löslichkeit der Nährstoffe, den schwankenden Nährstoffkonzentrationen und dem niedrigen Temperaturniveau.

In der Vergangenheit wurden vornehmlich Methoden zur mechanisch-physikalischen Abwasserreinigung ausgearbeitet, die auf der Basis einer Separation der Feststoffe vom abfließenden Wasser funktionieren. Hierzu wurden unterschiedliche Typen von Mikrosiebfiltern, wie z. B. Trommel-, Scheiben- oder Triangelsiebfilter entwickelt. Untersuchungen zur Effektivität dieser Reinigungsmethoden ergaben Reduktionen für TP, TN und Schwefelstoffen (SS) von 10–80 %, 10–42 % bzw. 17–93 % (Mäkinen et al., 1988; Hennessy, 1991; Bergheim et al., 1993; Fladung, 1993; Wedekind, 1996).

Entsprechend den Mikrosiebfiltern kann bei Absetzteichen eine kaum messbare Eliminierung gelöster Nährstoffe festgestellt werden (Fladung, 1993). Die Wirkungsgrade dieser Sedimentationseinrichtungen werden darüber hinaus stark von der Verweilzeit beeinflusst. Zudem wurden in Absetzteichen bzw. -becken Rücklösungerscheinungen von Nährstoffen beobachtet, die nur durch regelmäßige Räumung der sedimentierten Fracht vermieden werden kann.

Weitere Reinigungsverfahren wie Flotation, Lamellenabscheider oder Hydrozyklone können zur direkten Entnahme der partikulären Abwasserfracht eingesetzt werden, sind in der Regel jedoch nur an geringe Wasserdurchsätze angepasst (Forsell und Hedström, 1975; Meylahn, 1983; Cripps und Bergheim, 2000).

Der schwankende Rückhalt an Gesamtnährstoffen sowie der geringe Rückhalt an gelösten Nährstoffverbindungen herkömmlicher Reinigungsverfahren macht die Entwicklung neuer Behandlungsmethoden für fischereiliches Ablaufwasser notwendig. Hierzu bieten

sich Pflanzenkläranlagen an. In der Aquakultur finden Pflanzenkläranlagen bisher kaum Anwendung, obgleich sich diese naturnahe Reinigung, sowohl der partikulären als auch gelösten Nährstoffanteile des genutzten Haltungsmediums Wasser, bei Schaffung eines Feuchtbiotopes anbietet. So konnten Summerfelt et al. (1999) zur Aufbereitung von Mikrosiebspülwasser in vertikal und horizontal durchströmten Pflanzenkläranlagen des Bodensystems hohe Nährstoffrückhalte erzielen. Diese hohen Nährstoffrückhalte konnten bei vergleichbaren hydraulischen Belastungen ebenfalls bei der Aufbereitung von aufkonzentriertem Teichabwasser der Shrimpproduktion (Sansanayuth et al., 1996) oder von Rinnenspülwasser der Forellenproduktion (Schulz, 2002) nachgewiesen werden.

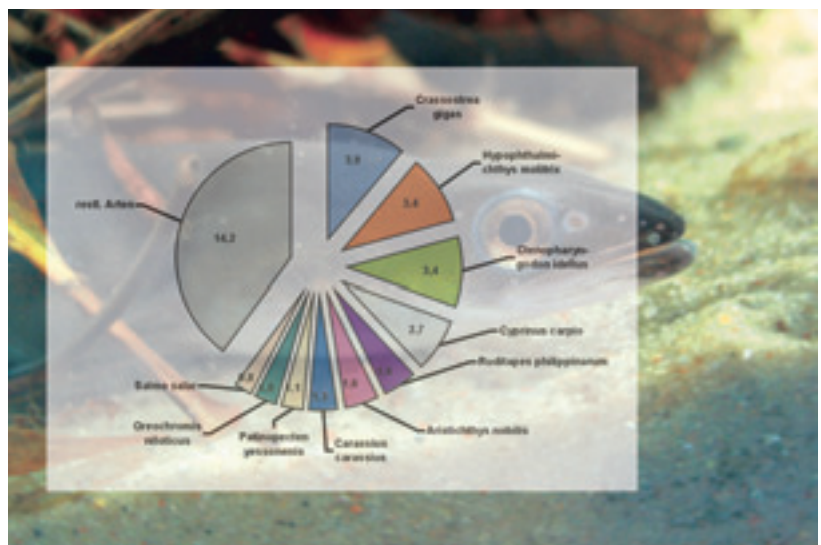
Weitergehende Untersuchungen befassten sich mit der Aufbereitung des gesamten Ablaufwasservolumens von Forellenproduktionseinrichtungen in horizontal durchströmten Modellpflanzkläranlagen. Aufgrund der hohen Volumina an Ablaufwasser von Forellenproduktionseinrichtungen mussten hierzu sehr hohe hydraulische Belastungen bzw. sehr geringe Verweilzeiten gewählt werden, um umsetzbare Flächenaufwendungen zu erlangen. Trotz der hohen hydraulischen Flächenbelastungen konnten in den Bodensystempflanzkläranlagen während des gesamten Jahres sehr gute Rückhalte für abfiltrierbare Schwebstoffe (92–97 %), chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) (64–74 %), TP (49–69 %) und TN (21–42 %) erreicht werden (Schulz, 2002; Schulz et al., 2003). Die Anpassung dieser viel versprechenden Technologie an die praktischen Gegebenheiten einer Forellenproduktionseinrichtung wird derzeit untersucht.

Welche genetischen Ressourcen werden in der Aquakultur genutzt?

Die in der Weltaquakulturproduktion genutzten Tierarten werden von der FAO (2002) auf ca. 200 geschätzt, wovon jedoch die meisten dieser Arten nur eine geringe lokale Bedeutung besitzen. Demnach zeigt die anteilmäßige Verteilung der genutzten Tierarten der gesamten Aquakulturproduktion, dass nur sehr wenige nennenswerte Erträge aufweisen (Abb. 3). So fallen ca. 2/3 der gesamten tierischen Aquakulturproduktion auf lediglich 10 Arten zurück. Dabei nehmen die vornehmlich in Asien kultivierten Arten wie die pazifische Auster (*Crassostrea gigas*), Silber- (*Hypophthalmichthys molitrix*) und Graskarpfen (*Ctenopharyngodon idellus*) sowie der Karpfen (*Cyprinus carpio*) die ersten Plätze ein. Der in Europa am häufigsten produzierte Fisch, der atlantische Lachs (*Salmo salar*), wird im Weltmaßstab beispielsweise erst an 10. Stelle angeführt.

Neben der Produktion von atlantischem Lachs (*Salmo salar*) ist die europäische Aquakultur vor allem durch die Kultivierung von Mollusken, wie Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) oder Austern (*Ostrea ssp.*) charakterisiert (Abb. 4). Daneben werden noch nennenswerte Erträge für Regenbogenforelle und Karpfen erzielt. Seit Anfang der 90er Jahre ist zudem noch die Produk-

Abb. 3 Die wichtigsten in der Aquakultur produzierten Tierarten (FAO, 2002)
Crassostrea gigas: pazifische Auster; *Hypophthalmichthys molitrix*: Silberkarpfen; *Ctenopharyngodon idellus*.



tion an marinen Spariden, wie Wolfsbarsch (*Dicentrarchus labrax*) oder Goldbrasse (*Sparus aurata*) stark angestiegen.

Die Gründe der geringen Diversität der für die Aquakultur genutzten Fischarten liegen im derzeit eingeschränkten Wissen der vielschichtigen Aquakulturfor-

Graskarpfen; *Cyprinus carpio*; Karpfen; *Ruditapes philippinarum*; japanische Tepfelmuschel; *Aristichthys nobilis*; Marmorkarpfen; *Carassius auratus*; Karausche; *Patinopecten yessone*; Kammmuschel; *Oreochromis niloticus*; Tilapia; *Salmo salar*: Lachs.

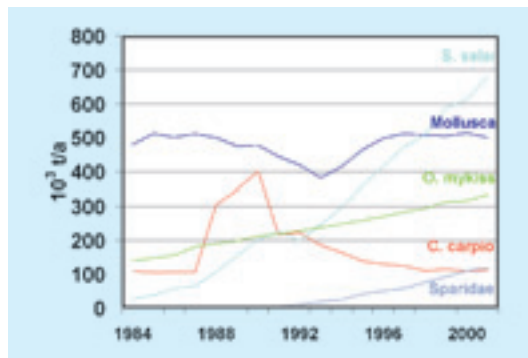


Abb. 4 Produktionsumfänge der wichtigsten Fischarten in der europäischen Aquakultur (FEAP, 2004)
 Mollusca: z.B. Miesmuscheln, Austern; *Oncorhynchus mykiss*: Regenbogenforelle; Sparidae: z.B. Dorade, Wolfsbarsch.

schung. Die Aquakultur im modernen Sinne und die damit verbundene Forschung ist ein sehr junger Produktionszweig bzw. Wissenschaftsbereich. Demnach führte erst die Entwicklung von Trockenmischfuttermitteln in den 70er Jahren zu einem bedarfsgerechten und ökonomisch vertretbaren Fütterungsmanagement.

Technische Fortschritte in der Fischhaltung bzw. die Etablierung neuer Haltungssysteme, wie Kreislaufanlagen, folgten der Entwicklung der modernen Futtermittel und sind somit an wenige Arten angepasst. Weiterhin ist die Biologie, insbesondere die Reproduktionsbiologie, von nur wenigen Fischarten bekannt, so dass die Etablierung neuer Arten schon an der nicht durchführbaren Vermehrung und Rekrutierung von Besatzmaterial scheiterte. Letztlich führte insbesondere in westlichen Ländern die geringe Akzeptanz des Endverbrauchers für neue Fischarten zu einer Artenkonzentrierung in der Aquakultur. Die genannten Gründe führen dazu, dass nach derzeitigem Wissen nur wenige Arten in der Aquakultur genutzt werden können.

Warum neue Fischarten in der Aquakultur?

Die Gründe für die Nutzung neuer Arten in der Aquakultur liegen vor allem in der umfassenderen Nutzung vorhandener Haltings- und Nahrungsressourcen. So ist beispielsweise die Verwertung von landwirtschaftlichen Nebenprodukten durch bisher nicht genutzte Fischarten denkbar. Zudem kann nur durch die Nutzung einheimischer Arten in der Aquakultur die Biodiversität aquatischer Ökosysteme gesichert werden. In der Vergangenheit führte die geringe Diversität der in der Aquakultur genutzten Arten zu einem interkontinentalen Artenaustausch, so dass der ursprünglich aus Afrika stammende Tilapia (*Oreochromis spp.*) oder die aus Amerika stammende Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) auf nahezu allen Kontinenten der Welt gehalten werden. Wenngleich in Europa keine nachgewiesenen ichthyofaunistischen Verdrängungsprozesse durch invasive Neozoen, die zum Zwecke der Aquakultur eingeführt wurden, existieren, birgt der interkontinentale Fischeaustausch hohe Risiken. So sind beispielsweise einige fischparasitäre Organismen wie z.B. der Schwimmblasenwurm der Aale *Anguillicola crassus* oder Kiemen- und Hautwürmer der Gattung *Pseudodactylogyrus* vermutlich durch das Transportwasser in unsere Systeme eingeschleppt worden. Ein weiteres sehr bekanntes Beispiel ist die fast vollständige Vernichtung der Edel- und Steinkrebsbestände (*Astacus astacus* bzw. *Austropotamobius torrentium*) in Europa durch den Erreger der so genannten Krebspest (*Aphanomyces astaci*), der sich mit der ökologischen Einnischung des Kammerkrebse (Amerikanischer Flusskrebse, *Orconectes limosus*) im Lebensraum der Edelkrebse ausbreitete (Schäperclaus, 1990).

Neben diesen gewässerökologischen Aspekten besteht zudem ein Bedarf an hochwertigen Speisefischen, die derzeit nur aus der Fangfischerei bezogen werden und deren kontinuierliche Versorgung sehr ungewiss ist. Somit kann nur durch die Nutzung neuer Fischarten die

nachhaltige Versorgung einer wachsenden Weltbevölkerung mit hochwertigem tierischem Eiweiß erfolgen.

Die Etablierung neuer Fischarten in der Aquakultur sollte gewisse Grundvoraussetzungen erfüllen, so dass die Artenauswahl den vorhandenen Haltingsressourcen angepasst ist, um die Haltingsansprüche der Fische durch das Produktionswasser gewährleisten zu können. Weiterhin sollten solche Fischarten ausgewählt werden, die ein hohes Wachstumspotential bzw. hohe Wachstumsleistungen aufweisen und Endverbraucherakzeptanz besitzen.

Im Rahmen der Juniorprofessur werden deshalb umfangreiche Untersuchungen an »neuen Fischarten« für die Aquakultur durchgeführt. Hierzu wird u.a. ein Fütterungs- und Haltingsmanagement für Zander (*Sander lucioperca*) erarbeitet, der bislang noch nicht unter kommerziellen Bedingungen in der Aquakultur gehalten wird. Weiterhin wird die Reproduktionsbiologie von asiatischen Fährchenmesserfischen (*Notopterus notopterus*) untersucht, die ein großes Potential für die asiatische Aquakultur aufweisen.



Abb. 5 Fischmehlproduktion in den vergangenen 25 Jahren (nach Hilge, 2004; FAO 2002)

Spannungsfeld: Fischmehl?

Im Gegensatz zur rasanten Entwicklung der Aquakultur bewegt sich die Weltfischmehlproduktion in den vergangenen zwei Jahrzehnten auf einem relativ konstantem Niveau von 6–7 Mio. t/a, was ca. 1/3 der gesamten Fischereifänge entspricht (Abb. 5). Größere Abweichungen konnten lediglich für die Jahre 1994 sowie 1998 durch das sogenannte El Niño-Phänomen beobachtet werden.

Demnach besteht keine Korrelation zwischen dem Fischmehlangebot und der Aquakulturproduktion, auch wenn die Organismen der Aquakultur, die ohne den Einsatz von Fischmehl produziert werden, wie z.B. Algen, Mollusken etc. subtrahiert werden.

Allerdings zeigt der zeitliche Verlauf der Nutzung des Fischmehls eine starke Verschiebung hin zur Aquakultur, so dass 1980 ca. 10 % und 2000 ca. 35 % des Fischmehls für Futtermittel der Aquakultur genutzt wurden (Tab. 1). Gemäß Prognosen der FAO (2002) erhöht sich dieser Anteil auf ca. 55 % im Jahre 2010. Demgegenüber nimmt die Nutzung des Fischmehls in der Erzeugung landwirtschaftlicher Nutztiere, insbesondere zur Geflügelproduktion, von 90 % 1980 auf ca. 45 % im Jahre 2010 ab.

Das in der Aquakultur genutzte Fischmehl oder -öl wird vornehmlich zur Produktion carni- und omnivorer Fischarten sowie zur Produktion von Crustaceen eingesetzt. Insbesondere die hohe ernährungsphysiologische Qualität macht diesen Rohstoff nach derzeitigem Kenntnisstand zu einem essentiellen Bestandteil von Futtermitteln in der Aquakultur. Im Gegensatz zur Ernährungslehre landlebender Nutztiere ist das Wissen um die Ernährungsphysiologie und -ansprüche von Fischen und Krebstieren stark limitiert. Es bedarf wohl noch Jahrzehnte, um eine ähnlich detaillierte Kenntnis zur Ernährung von z. B. landlebenden Nutztieren zu erlangen, die mittlerweile auch ohne den Einsatz hochwertiger tierischer Proteinquellen ernährt werden können (Hilge, 2004). Das limitierte Wissen um die Ernährungssituation von Fischen wird zurzeit noch auf natürliche Weise durch den vermehrten Einsatz hochwertiger fischbürtiger Protein- und Fettquellen ausgeglichen. Die in den heutigen Futtermitteln eingesetzten Gehalte an Fischmehl und -öl liegen in Abhängigkeit der zu fütternden Art bei ca. 30–50 % bzw. 15–25 %. Es sind somit für die Hauptkonsumenten, den carnivoren Fischarten oder Crustaceen, auch noch keine Futtermittelformulierungen im Einsatz, die frei von Fischmehl oder -öl sind (Tab. 2).

Der Einsatz von pflanzlichen Rohstoffen in der Fischernährung stößt derzeit nämlich auf Grenzen (Francis et al., 2001). Antinutritive Inhaltsstoffe sowie die qualitative Nährstoffzusammensetzung mindern die Verdaulichkeit des Futtermittels, können schwerwiegende physiologische Störungen hervorrufen und führen letztlich zu starken Leistungseinschränkungen. Allerdings kann in Folge eines immensen Kenntniszuwachses vermehrt Fischmehl durch pflanzliche Proteinträger in der Fischernährung ausgetauscht werden. Verschiedene Untersuchungen zur Substitution von Fischmehl und -öl zeigten, dass pflanzliche Rohstoffe wie z.B. Sojamehl ca. 1/3 des Fischmehls ersetzen können, ohne Wachstumseinbußen zu beobachten. Nach Schätzungen von Kaushik et al. (2002) kann zukünftig eine Senkung des Fischmehlanteils in der Fischernährung um weitere ca. 10 % erwartet werden.

	Aquakultur	Landwirtschaft (Geflügel-, Schweine- und Rinderproduktion)
1980	10 %	90 %
2000	35 %	65 %
2010?	55 %?	45 %?

Die Untersuchungen zeigten, dass auch höhere Anteile an Fischmehl bis hin zu 50 % durch pflanzliche Mehle ersetzt werden können, wobei jedoch aufgrund der geringeren Verdaulichkeit der pflanzlichen Rohstoffe erhöhte Stickstoffausscheidungen zu beobachten sind.

Tab. 1
Sektorale Verwendung des Fischmehls (nach Delgado et al., 2003; Hilge, 2004)

Fischart	Fischmehl	Fischöl
Lachs	21	41
Marine Garnelen	20	6
Marine Fischarten	20	19
Karpfen	14	11
Forellen	7	16
Aale	7	3
Limnische Crustaceen	4	1
Tilapia	3	1
Welse	2	1
Milchfisch	1	1
In der Aquakultur verwendete Menge (10 ³ t)	2312	626
Relativer Anteil an der Gesamtproduktion (%)	35	46

Tab. 2
Nutzung des in der Aquakultur genutzten Fischmehls bzw. -öls (in %) zur Produktion der einzelnen Fischarten im Jahr 2000 (FAO, 2002)

Die für die Fischmehlproduktion genutzten Fischarten werden in der Regel nicht der direkten menschlichen Ernährung zugeführt, dennoch stellt deren Entnahme durch die Fischerei einen Eingriff in das jeweilige aquatische Ökosystem dar. Die Forderung nach reduziertem Fischmehleinsatz in der Aquakultur zur Entlastung der Fischbestände ist unter Zugrundelegung der prognostizierten Produktionszuwächse zwingend notwendig, wenngleich unter derzeitigen Produktionsbedingungen keine aquakulturbedingte Beeinflussung der Fischereierträge zu erkennen ist. Da Fischmehl eine nur begrenzt vorhandene Ressource ist, muss die Forschung weiterhin bemüht sein, andere Proteinquellen zur Herstellung von Fischfuttermitteln zu erschließen.

Literatur

Eine Literaturliste kann per E-Mail bezogen werden: carsten.schulz@agrار.hu-berlin.de



Prof. Dr. Carsten Schulz

Jg. 1972. Nach dem Studium der Fischwirtschaft und Gewässerbewirtschaftung war Carsten Schulz bei der Firma sera GmbH & Co. KG in Heinsberg als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich der Fischfuttermittelentwicklung und -optimierung sowie in der Qualitätssicherung tätig. Anschließend wechselte er an das Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei in Berlin (IGB) und befasste sich im Rahmen seiner Dissertation mit ökotechnologischen Verfahren zur Aufbereitung fischereilichen Ablaufwassers. Mit Beginn des Sommersemesters 2003 hat Herr Schulz die Juniorprofessur für Aquakultur an der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin angetreten. Ein Arbeitsschwerpunkt stellt die nachhaltige Nutzung unserer Wasserressourcen zur Kultivierung aquatischer Organismen dar. Hierzu werden wissenschaftliche Grundlagen erarbeitet, die biologische, physiologische, genetische, parasitologische und technologische Fragestellungen umfassen.



Prof. Dr. Ruprecht Herbst

Jg. 1966. Seit 09/2003 arbeitet Dr. Ruprecht Herbst (37) als Juniorprofessor für Precision Agriculture am Institut für Pflanzenbauwissenschaften der Humboldt-Universität zu Berlin. Sein Studium der Agrarwissenschaften schloss er 1997 an der Universität Kiel ab, wo er 2002 promoviert wurde. Ziel seiner Arbeiten auf dem Gebiet des Precision Agriculture an der Humboldt-Universität zu Berlin ist es, in den Pflanzenbau- und Tierwissenschaften rechnergestützte Managementsysteme zu integrieren. Schwerpunkte in Forschung und Lehre sind Ingenieurs-Technologien (GPS, Steuerungssysteme, Sensoren), die sensorgestützte Messdatenerfassung, Managementstrategien im Precision Agriculture (teilflächenspezifische Applikation, Einzeltierbetreuung), digitale Informationsverarbeitung (Geo-Informationssysteme, Datenbanken) sowie Technologietransfer (Fortbildung, Entscheidungssysteme).



Prof. Dr. Matthias Langensiepen

Jg. 1963. Seine Forschung beschäftigt sich mit der Entwicklung und Anwendung von Simulationsmodellen in den Pflanzenwissenschaften. Die inhaltlichen Schwerpunkte seiner Arbeit liegen auf den Gebieten der Ökophysiologie des Pflanzenwasserhaushaltes und der Wachstumsmodellierung. Herr Langensiepen arbeitet von 1984–1985 bei dem Botaniker und Mitgründer der Hebräischen Universität Jerusalem, Prof. Michael Evenari, anschließend an der Landwirtschaftlichen Untersuchungsorganisation des israelischen Landwirtschaftsministeriums sowie an der Federal University of Rio Grande do Sul in Brasilien. Er schloss Diplomprüfungen in Internationaler Agrarwirtschaft (1988–1992) und Ökologischer Umweltsicherungen (1993–1995) ab. Nach seiner Promotion im Jahre 1997 schloss sich eine vierjährige Postdoktorandenzeit an den Universitäten Kiel und Hannover an. Seit Februar 2003 vertritt Herr Langensiepen an der Humboldt-Universität zu Berlin das Forschungs- und Lehrgebiet »Modellierung pflanzlicher Systeme«.



Prof. Dr. Dr. Christian Ulrichs

Jg. 1968. Nach dem Studium der Biologie an der FU Berlin war Christian Ulrichs von 1995–1998 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Humboldt-Universität im Fachgebiet Produktqualität / Qualitätssicherung der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät. Promoviert wurde er mit einem Thema über Pflanzenphysiologie in der Nachernte und an der TU München über die Biologie und Bekämpfung von *Maruca vitrata*, einem wichtigen Bohnschädling in den Tropen. Im Jahr 2000 arbeitete Herr Ulrichs als System Analyst für das Asian Vegetable Research and Development Center in Taiwan. Im Oktober 2001 ging Herr Ulrichs an das »US-Department of Agriculture« in die USA, bis er im Januar 2003 auf die Juniorprofessur für Urbanen Gartenbau an die Humboldt-Universität berufen wurde. Im Rahmen seiner Juniorprofessur beschäftigt sich Herr Ulrichs mit 1) dem Einsatz biorationaler Pestizide im Rahmen von integrierten Pflanzenschutzprogrammen und 2) der genetischen und biochemischen Pflanzenantwort als Reaktion auf Stress. Im Zentrum der Arbeit stehen Forschungsprojekte, die sich mit 1) der Ernährungssicherung im nationalen und internationalen Bereich und 2) der Ökophysiologie von Pflanzen im urbanen Raum beschäftigen.

Kontakt

Humboldt-Universität zu Berlin
Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
Institut für Nutztierwissenschaften
Juniorprofessur für Aquakultur
Philipphstr. 13
D-10115 Berlin
Tel.: +49 30-2093-6385
Fax: +49 30-2093-6370
E-Mail: carsten.schulz@agrар.hu-berlin.de