
Fischereiwirtschaft und Fischereibiologie

Volker Steiner

Innovative Aquakultur

Setzlingsproduktion in beleuchteten Unterwasser-Gehegen
(Technik, Ökonomie und Ökologie)

Einleitung

Auf der Basis herkömmlicher Intensiv-Aufzuchtmethoden ist im **Süßwasserbereich** eine wirtschaftliche Massenproduktion von Setzlingen als Ausgangsmaterial für Besatzzwecke oder für die Speisefischproduktion immer noch auf einzelne, züchterisch einfache Fischarten beschränkt. Für bestimmte sensible Fischarten, vor allem jene mit kleineren Larvengrößen, ist im Hinblick auf eine wirtschaftliche Massenproduktion in Fischzuchtanlagen die Fütterung mit Naturplankton nach wie vor die einzig reale Methode. Diese Produktionsmethode ist bereits uralt – sie geht auf die in den 20er Jahren abgegebenen Empfehlungen von Wagler (1927) zurück.

In der **Meeresfischzucht** müssen alle Fischarten in der Larvenphase mit Lebendfutter, welches nach traditionellen Methoden nur unter hohem Aufwand und in unzureichender Qualität erzeugbar ist, aufgezogen werden.

Innerhalb Europas ist Norwegen im Bereich der Aquakultur ein führendes Land, in dem unter hohem finanziellem Einsatz seit zumindest 2 Jahrzehnten die Aufzucht einiger mariner Wirtschaftsfischarten angestrebt wird.

Trotzdem hat bisher noch keine kommerzielle Fischzucht im Bereich der marinen Setzlingsproduktion Profite erwirtschaften können (Terje van der Meeren, 1991).

Jahrelang hat man weltweit an der intensiven Produktion von Lebendfutter (Rotatorien, Artemia) in aufwendigen Anlagen festgehalten und diese Aufzuchtmethode zum Zentralthema der Forschung gemacht.

Die Anwendung dieser Methoden in der Praxis scheitert aber immer wieder am Aufzuchterfolg, unter anderem bedingt durch die unzureichende Qualität der unter »kontrollierten« Bedingungen kultivierten Futterorganismen, oder an den extrem hohen Produktionskosten.

Vor allem aus diesem Grund bahnen sich in letzter Zeit zunehmend Bestrebungen an, eine wirtschaftliche Massenproduktion von Setzlingen über extensive Aufzuchtmethoden, also unter Ausnutzung von **Naturplankton** aus Teichen, Lagunen oder dem freien Wasser, zu erreichen.

Was derzeit innerhalb der Meeresfischzucht, konkret in Norwegen, aber auch in anderen Ländern, als »neuer Weg« bezeichnet wird, wurde von Wagler und Einsele bereits vor etwa 50 Jahren im Bereich der Süßwasserfischzucht als methodisch abgeschlossen betrachtet und in Form von Plankton-Fütterungsanlagen für die Setzlingsaufzucht zur Praxisreife entwickelt.

Die ersten wirtschaftlichen Einrichtungen dieser Konzeption wurden von Einsele am Mondsee und Wallersee Ende der 40er Jahre aufgebaut. In den darauffolgenden Jahr-

zehnten entstanden an mehreren größeren Seen Mitteleuropas Anlagen nach diesem Muster. Die Versorgung mit Naturplankton erfolgt aus den anliegenden Seen mittels Netzfang oder automatischer Pumpanlagen. In diesen Anlagen wurden jährlich Millionen von Setzlingen verschiedenster Wirtschaftsfischarten produziert. Heute sind diese Einrichtungen zwar noch in Betrieb, aber größtenteils veraltet und aus diesem Grund unrationell geworden.

Um die Wirtschaftlichkeit der Setzlingsproduktion in Anbetracht der relativ niedrigen Marktpreise für Vorsommerlinge zu verbessern und den Bedarf an qualitativ geeignetem Besatzmaterial für die Seenbewirtschaftung abdecken zu können, werden seit Mitte der 70er Jahre Experimente zur Setzlingsaufzucht in **beleuchteten Unterwassergehegen** durchgeführt – mit den ersten beachtlichen Erfolgen bei Coregonen, später auch bei anderen Arten (Seesaiblinge, Hechte, Zander etc.). Neuerdings wird diese Technik auch für die Meeresfischzucht in Betracht gezogen.

Bei dieser neuen Produktionsmethodik faszinieren ökologische und wirtschaftliche Aspekte, aber auch die Einfachheit der erforderlichen Technik und die Logik des strategischen Konzeptes, welches, auf Erkenntnissen der Planktonforschung beruhend, das positiv phototaktische Verhalten des Planktons ausnützt und dadurch mit geringstem Arbeitsaufwand und ohne Fütterung auskommt. Obwohl sich diese Entwicklung noch im Pionierstadium befindet, lassen die Produktionserfolge der bisher in Betrieb befindlichen Anlagen deutlich erkennen, daß hier eine aussichtsreiche Methode für eine besonders wirtschaftliche Massenproduktion von Setzlingen im Bereich der Süßwasser-, aber in der Zukunft auch für die Meeresfischzucht vorliegt.

Beschreibung der Methodik

Der Produktionsvorgang vollzieht sich in stehenden Gewässern mit ausreichender Planktonproduktion. Feinmaschige Netzgehege werden mit Fischlarven besetzt und von einer schwimmenden Plattform aus unter die Oberfläche des natürlichen Gewässers abgesenkt. Über eine zentral im Gehege angebrachte Lichtquelle werden die Planktonorganismen in der Nacht aus der natürlichen Umgebung kontinuierlich angezogen, konzentrieren sich im Gehegeinneren und stehen dort verdichtet als Fischnahrung zur Verfügung.

Die Gehege können bis zu einer bestimmten Fischgröße relativ dicht besetzt werden. Der gesamte Arbeitsaufwand beschränkt sich mehr oder weniger auf die Reinigung der Gehegenetze und die Funktionskontrolle.

Da auch die Investitionskosten niedrig liegen und das Risiko durch eine einfache, sichere Technik und die kurzen Produktionszyklen gering gehalten werden kann, liegt die Rentabilität dieser Produktionsmethoden sehr hoch (Tabelle 2).

Eine noch größere Wirtschaftlichkeit könnte beim Einsatz dieser Aufzuchtmethodik in der Meeresfischzucht, insbesondere in warmen Klimaregionen, wo mehrere Produktionszyklen pro Jahr möglich sind, erwartet werden.

Diese Aufzuchtmethode birgt mit Sicherheit ein großes Potential für die Zukunft der Fischzucht, nicht nur durch die zu erwartende Wirtschaftlichkeit und die hervorragende Qualität der Setzlinge, sondern auch insoferne, als sich durch den absolut schadstofffreien Betrieb und die Möglichkeit für eine »autochthone Setzlingsproduktion« ein besonders positiver ökologischer Aspekt ergibt.

Analyse aus bisher erzielten Resultaten

Sowohl strategisch als auch technologisch befindet sich diese Aufzuchtmethode noch in einem Pionierstadium. Trotzdem läßt sich aus einer Reihe von Publikationen und eigener Erfahrungswerte bereits ein guter Aufzuchterfolg und eine relativ hohe Rentabilität im Vergleich mit herkömmlichen Produktionsmethoden erkennen.

Analyse von Aufzucht-Experimenten/-Tests und Vorhaben mit beleuchteten Unterwasserbegehgen Süßwasserbereich

Tabelle 1: Überlebensraten / Besatzdichte / Produktionsdauer

Fischform	Besatz Ind./m ³	Fischgröße		Zyklus Tage	ÜL-Rate %
		Start	Ende		
Seesaibling	2.500	20 mm	45 mm	60	80% *)
Seesaibling	3.000	20 mm	40 mm	90	77% +)
Seeforellen	2.000	25 mm	45 mm	60	> 80% *)
Coregonen	6.250	12 mm		63	92% s)
Coregonen	7.500	12 mm	30 mm	60	60% *)
Coregonen	12.500	12 mm	35 mm	64	74% +)
Coregonen	12.500	12 mm	82 mm	118	72% +)
Coregonen	6.000	12 mm	65 mm	96	87% e)
Coregonen	12.500	12 mm	40 mm	65	73% m) a)
Coregonen	10.500	12 mm	31 mm	85	58% m) b)
Hecht	10.600	12 mm +	22,5 mm	14	85% s)
Hecht	6.000		35 mm	15	80% x)
Zander	1.875	11.8 mm	21,4 mm	7	77% e)

*) Hochleithner (mündl. Mittlg.)

s) Straub (1984)

m) Mamcarz (a = whitefish; b = peled) (1984)

+) Zaugg (1986)

e) Egloff (1984)

z) Schlumpberger, W., und Ziebarth, G.(?)

x) Jäger (1980)

Mit Abstand die meisten Experimente erfolgten jedoch mit Coregonen, vorwiegend der Arten *Coregonus peled* (Blaufelchen) und *Coregonus lavaretus* (Weißfelchen), aber auch mit Hechten.

Obwohl diese Aufzuchtmethode noch am Beginn der Entwicklung steht, lassen sich aus den Testergebnissen in bezug auf die relevanten Fischformen einige wesentliche Erfahrungswerte objektivieren und als Richtlinien zur methodischen Optimierung verwenden.

- Die Aufzuchtexperimente erfolgten in stehenden Gewässern unterschiedlicher Art, aber mit bekannter und ausreichender Planktonentwicklung. Die erzielten Ergebnisse sind bei allen getesteten Fischarten fast ausnahmslos als hervorragend zu bezeichnen.
- Die spezielle Standortwahl für die Anlagenposition im jeweiligen Gewässer ist im Hinblick auf die Planktondichte und Strömungsverhältnisse entscheidend. Geschützte Lagen mit geringer Strömung und ausreichender Wassertiefe und Uferdistanz sind entscheidend.
- Die Besatzdichten hängen wesentlich von der Fischart, der Zyklusdauer und der Planktonentwicklung ab, wobei in unseren Regionen ein zu früher Besatz - vor Einsetzen einer intensiveren Planktonentwicklung - Wachstumsverzögerungen in der Startphase zur Folge hat, die sich den Resultaten zufolge aber auf den Produktionserfolg offenbar nicht erheblich auswirken. Die erfolgreichen Besatzdichten bewegen sich etwa zwischen 2.000 (Seeforellen), 3.000 (Seesaiblinge), 6.000 (Hechte) und 12.500 (Coregonen) Ind./m³ Gehegevolumen. Für andere Fischformen, wie z. B. Zander und Meeresfische, liegen noch keine Angaben über optimale Besatzdichten vor.
- Bedingt durch Wachstumsverzögerungen in der Startphase ist bei den jahreszeitlich früh eingesetzten Formen, wie Coregonen, Forellen und Seesaiblingen, eine Aufzuchtdauer von 60 bis 90 Tagen erforderlich, um die entsprechende Fischgröße zu erreichen. Der Produktionszyklus für Hechtbrut sollte wegen des relativ früh einsetzenden Kannibalismus und des Erkrankungsrisikos zum Frühsommer hin auch bei geringeren Besatzdichten auf zwei Wochen begrenzt werden. Der Besatz sollte zu einem möglichst frühen Zeitpunkt erfolgen.

- Die angeführten Resultate beziehen sich auf einen Produktionszyklus ohne Gehegewechsel bis zum Vorsommerling. Bei einer Verlängerung der Produktionszyklen ist ein Wechsel der Gehege auf die nächstgrößere Siebweite und eine erhebliche Reduktion der Besatzdichte erforderlich - die Wirtschaftlichkeit der Produktion ist dabei allerdings in Frage gestellt.

Risiken durch Algenblüten, Parasitierung und Fischkrankheiten können - in den stärker eutrophierten Gewässern unserer Region - vor allem gegen Frühjahrsende/Sommeranfang aktuell werden und hohe Verluste zur Folge haben.

Ökonomie

Nach den vorliegenden Resultaten läßt sich für die Produktion von Vorsommerlingen im Süßwasserbereich ein hoher Wirtschaftlichkeitsgrad errechnen. Um eine konkrete Vorstellung zur Ökonomie dieser Produktionsmethode zu erhalten, ist nachfolgend auf der Basis der bisherigen Erfahrungen und unter Einsatz einer UWG-Solaranlage eine Prognose erstellt.

Tabelle 2: **Kosten/Nutzen-Prognose für verschiedene Fischarten**

auf der Basis: - durchschnittl. Überlebensrate (ÜLR)/Zuwachs lt. Literatur
 - 1 Produktionszyklus/Jahr
 - bezogen auf **Systemanlage UWG-Solar**
 - Berechnung (anteilig, bezogen auf 1 Gehege mit 8 m³)
 - Marktpreise Besatz/Setzlinge

Fischform	Renken	Seesaiblinge	Hechte
Besatzdichte	100.000	25.000	50.000
Zyklusdauer	60 Tage	60 Tage	15 Tage

KOSTEN in öS

Personal	2.000	2.000	500
Fischbesatz	5.000	7.500	5.000
Betriebsmittel	400	400	100
Instandhaltung	1.000	1.000	1.000
Annuität 10 j. p. a.	7.700	7.700	7.700
Unvorhersehbare Kosten	1.000	1.000	1.000
Kostensumme	17.100	19.600	15.300

NUTZEN

Erlös Setzlinge			
ab Anlage ÜLR 70%	21.000	35.000	35.000

+/- Über-/Unterdeckung	+ 3.900	+ 15.400	+ 19.700
-------------------------------	----------------	-----------------	-----------------

Umsatz-Rentabilität	18,6%	44%	56,3%
----------------------------	--------------	------------	--------------

Die Wirtschaftlichkeit hängt im wesentlichen von den folgenden Faktoren ab:

- Überlebensrate
- Anlagenkosten
- Besatzkosten

Wirtschaftliche Vorteile gegenüber der Produktion in herkömmlichen Fischzuchtanlagen

Da die aktuellen Fischformen realistisch mit Trockenfutter nicht produzierbar sind, läßt sich ein Vergleich nur mit Anlagen herstellen, die für die Fütterung mit Naturplankton ausgerüstet sind.

Abgesehen von den erheblich niedrigeren **Investitions-** und **Erhaltungskosten** liegt der größte Unterschied im Personalaufwand. Straub (1984) gibt dafür ein Aufwandsverhältnis von mehr als 1 : 15 zugunsten der Netzgehegeanlage an. Wenn dieser extreme Unterschied auch subjektiv zu betrachten ist, kann in jedem Fall von einer erheblichen Einsparung an Personal ausgegangen werden.

Der Hauptgrund ist durch den Entfall des Personaleinsatzes für die Futterbeschaffung, aber auch durch eine erhebliche Reduzierung des Arbeitsaufwandes für die häufigen Reinigungs- und Wartungsarbeiten und betriebliche Fixkosten bedingt.

Risiken

Die erfolgreiche Anwendung dieser Produktionsmethodik erfordert eine spezielle Einstellung auf die Bedingungen im natürlichen Lebensraum, insbesondere die Planktonentwicklung. Zuwenig wurde in den bisher vorliegenden Arbeiten auf die Risiken eingegangen, die den Einsatz dieser Methode limitieren, aber durch strategische Maßnahmen minimiert werden können.

Das Hauptrisiko besteht in der Entwicklung stärkerer und länger anhaltender Algenblüten, die unserer Region zumeist im Spätfrühjahr und Frühsommer, in einigen Fällen jedoch auch bereits zu Frühjahrsbeginn, auftreten können. Je nach speziellen Algenformen besteht das Risiko entweder nur im Verlegen der Gehegenetze oder zusätzlich durch direkte mechanisch/toxische Schädigung der Fischlarven. In sehr stark eutrophierten Teichen oder Meereslagunen können – vor allem in heißen und windstillen Sommertagen – so gravierende Sauerstoffprobleme auftreten, daß der vorübergehende Einsatz von Belüftungen erforderlich wird (z. B. Lagune von Venedig).

Algenmassenentwicklungen treten – in gefährlicher Dimension – nicht in allen Gewässern auf und umfassen auch nicht immer das gesamte Gewässerareal, manchmal sogar nur kleine Abschnitte.

Andere Risiken bestehen in einem permanent oder längerfristig

- zu niedrigem Nahrungsangebot
- dem Befall mit Ecto/Entoparasiten oder
- Schädigung durch den Eintritt anderer gefährlicher Organismen, wie z. B. Medusen etc. (mariner Bereich).

Die **Standortwahl**, d. h. die gezielte Auswahl des Gewässers (See, Teich, Lagune etc.) und der Position innerhalb des Gewässers ist daher eine wesentliche Voraussetzung zur Anwendung: Über das (den) ausgewählte(n) Gewässer (Gewässerabschnitt) sollten ausreichende und zweckdienliche Informationen über den Jahresgang der Planktonentwicklung (Phyto- und Zooplankton) in qualitativer und quantitativer Hinsicht vorliegen. Bei der Wahl der Anlagenposition im jeweiligen Gewässer sind in erster Linie die Faktoren **Uferdistanz/Wassertiefe** und **Strömung** (möglichst gering) zu berücksichtigen.

Betriebskontrolle – Maßnahmen

Regelmäßige Beobachtungen der Planktonentwicklung sind unbedingt erforderlich, um im Falle auftretender Algenblüten spontan, z. B. durch entsprechend kürzere Reinigungsintervalle, Veränderung der Absenktiefe für die Gehege oder, im Extremfall, durch Abbruch der Produktion reagieren zu können.

Ökologie

Diese Aufzuchtmethode ist in erster Linie durch die extensive Produktionsform ökologisch unbedenklich. Es wird weder gedüngt noch zugefüttert. Die Anlagentechnik kann so gebaut werden, daß keinerlei Fremdstoffe (Farbstoffe, Metallsalze etc.) in das Gewässer abgegeben werden können. Da es sich für Österreich um ein neues Anlagensystem handelt und möglicherweise Unklarheiten in bezug auf Plankton-Eliminierungseffekte auftreten, die zu Genehmigungsschwierigkeiten für den Einsatz dieser Produktionsmethode führen könnten, soll dieser Effekt quantitativ näher beurteilt werden. Aufwendige Aufzuchtprojekte, die z. B. der Erhaltung und Wiederverbreitung gefährdeter Fischformen dienen, können durch diese Produktionsmethode unterstützt werden. Die »autochthone« Setzlingsaufzucht läßt sich auf breiter Ebene und kostengünstig verwirklichen.

Der Planktonverbrauch ist minimal – er beträgt wegen der verlustlosen Futtermittelverwertung nur einen Teil der in herkömmlichen landgebundenen Anlagen verbrauchten Mengen, für die bereits Einsele (1948) die ökologische Unbedenklichkeit in bezug auf den Eliminierungseffekt errechnet und praktisch bewiesen hat.

Die folgende Tabelle soll eine Vorstellung über den Planktonverbrauch dieser Aufzuchtmethodik vermitteln, wobei aufgrund vorliegender Erfahrungswerte von einem Umsatzverhältnis von 1 : 4 (Frischgewicht Fisch : Frischgewicht Crustaceen-Plankton) ausgegangen wird.

Tabelle 3: **Abschätzung des Naturplanktonverbrauches für einige Fischarten in beleuchteten Unterwasser-Geheganlagen**

Fischart	Startgröße	Endgröße	Zyklus	Planktonverbrauch in g NG/1.000 Setzlinge	
				Mittel/Tag	Gesamt
Seesaibling	22 mm	45 mm	90 Tage	18	1.600
Coregonen	12 mm	35 mm	90 Tage	11	1.000
Hecht	12 mm	35 mm	15 Tage	100	1.500

Eine Anlage mit 6 Gehegen und gemischtem Besatz wird in unseren Gewässern voraussichtlich einen jährlichen Gesamt-Planktonverbrauch von etwa 350 kg (Naßgewicht) und einen durchschnittlichen täglichen Verbrauch von etwa 2,7 kg (Naßgewicht) aufweisen.

Eine negative Beeinträchtigung des Planktonbestandes ist in Anbetracht eines derartig geringen »Planktonkonsumes« auch in kleineren Seen nicht zu erwarten.

Bedeutung für die Seenbewirtschaftung in Österreich

Der Einsatz dieser Aufzuchttechnik ist für die Bewirtschaftung von Seen, insbesondere jener, wo wirtschaftlich wichtige Bestände oder seltene Fischarten erhalten werden sollen und die natürliche Reproduktion, aus welchen Gründen auch immer, gestört ist, von größter Bedeutung.

Besatzmaterial bodenständiger Fischformen ist heute kaum mehr erhältlich. Die Produktion von Setzlingen der gewünschten Arten ist nur auf der Basis einer längerfristigen Planktonfütterung realistisch. Die Kapazität der wenigen dafür geeigneten Anlagen ist weit davon entfernt, den Setzlingsbedarf decken zu können. Bereits der Einsatz einzelner Geheganlagen würde eine Vervielfachung der gegenwärtigen Produktion unter wesentlich wirtschaftlicheren Voraussetzungen bedeuten.

Ein »Vorstrecken« der Brütlinge bis zum metamorphosierten, voll schwimmfähigen Vor-sommerling läßt aus mehreren Gründen eine erheblich höhere Überlebenschance erwar-

ten. Die Chance für eine wirtschaftliche Produktion in ausreichenden Mengen und Größen, insbesondere für Coregonen, aber auch für andere sensible Fischformen, wäre durch die hier beschriebene Aufzuchtmethode gegeben.

Die Anwendung der Unterwassergehege kann im Wohngewässer selbst erfolgen; die Setzlingsproduktion kann mit autochthonem Fischmaterial erfolgen. Da die Produktion weitestgehend unter den natürlichen Bedingungen des Wohngewässers erfolgt, sind viele der üblichen Besatzrisiken (Transport, Anpassungsprobleme etc.) hinfällig, und es können gegenüber Besatzmaterial aus fremder Herkunft auch aus diesem Grund wesentlich höhere Überlebensraten erwartet werden.

Die direkt im Wohngewässer produzierten Setzlinge sind an die natürlichen Milieubedingungen gegenüber Besatzmaterial fremder Herkunft optimal angepaßt. Die Entlassung als Vorsommerlinge in den See kann gezielt und ohne Manipulation erfolgen – die Gehege werden ganz einfach geöffnet. Der Frühsommer ist grundsätzlich als optimaler Besatztermin zu werten, da sowohl die Wassertemperatur als auch ein gutes Nahrungsangebot eine hohe Überlebensrate und ein gutes Startwachstum garantieren.

Bedeutung für die Meeresfischzucht

Marine Fischlarven können sehr erfolgreich in beleuchteten Netzgehegen aufgezogen werden. Die hohen Planktondichten und -qualitäten in Lagunen und großen Produktionsteichen lassen auch für kannibalische Formen (z. B. Seabass, Grouper etc.) hohe Besatzdichten und ein sehr rasches Wachstum zu. Wie Experimente in der Nordadria und in Singapur zeigten, kann Zooplankton über den Lichtfalleneffekt in ausreichenden Mengen konzentriert und größtmäßig optimal sortiert werden (MAS/IFF in Präp.). Da bei dieser Methode die **Futterkosten** zur Gänze entfallen und der **Personalaufwand** sowohl im Hinblick auf Qualifikation als auch Arbeitsstunden extrem niedrig ist, kann bei dieser Produktionsmethode mit einem sehr hohen Grad der Wirtschaftlichkeit gerechnet werden – wesentlich höher als im Süßwasserbereich, da in der Meeresfischzucht der Marktwert der Setzlinge um ein Vielfaches höher liegt.

Erste erfolgversprechende Aufzuchtversuche mit *Lates calcarifer* (Seabass form aus dem Ind. Ozean) in beleuchteten Unterwassergehegen konnten 1988/89 in Singapur und in der Lagune von Venedig durchgeführt werden.

Tabelle 4: Testaufzucht von *Lates calcarifer* in beleuchteten UW-Gehegen in der Lagune von Venedig – Juli/August 1988

Gehege MW = 1,0 mm

Fischart	Besatzdichte/m ³	Startgröße	Zyklus	Endgröße	ÜL-Rate
<i>Lates calcarifer</i>	1.000	100 mg	40 Tage	2.700 mg	93 %

Dieser Versuch erbrachte ein unerwartet gutes Ergebnis und Fingerlinge von sehr hoher Qualität. Die aufgenommene Nahrung bestand vorwiegend aus Copepoden (*Calanus sp.*). Ein durchschnittliches Gewicht von 2,4 g wurde bereits nach 30 Tagen erreicht; der geringe Zuwachs in den letzten 10 Tagen ist voraussichtlich auf einen natürlichen oder systembedingten Nahrungsmangel zurückzuführen.

Aufzuchtexperimente mit lebendem Naturplankton als Futter für Grouperlarven (MAS/IFF in Präp.) ergaben Hinweise darauf, daß eine speziell abgestimmte Anlage mit beleuchteten Unterwassergehegen sogar für die Aufzucht dieser hochempfindlichen Larven erfolgversprechend wäre.

Pläne für ein großangelegtes Dorsch-Aufzuchtprojekt der dänischen Fischerei (Quelle: Fish Farming International, April 1990)

Zur Aufstockung der Dorschbestände in der Nordsee ist ein Großprojekt mit einer Jahresproduktion von mehreren 100 Millionen Setzlingen in **beleuchteten Unterwassergehegen**

gen geplant. Das Vorhaben geht auf die erfolgreiche Anwendung der Methode im Süßwasserbereich zurück.

Die in den Gehegen produzierten Setzlinge mit ca. 5 cm Größe werden ins freie Wasser ausgesetzt, wobei damit gerechnet wird, daß auch bei einer relativ geringen Überlebensrate durch diese Besatzmaßnahme eine Verdoppelung der Fänge erreichbar wird.

Experiment in Albanien

In den 80er Jahren gelang Herrn Alexander Flokko, einem albanischen Fischereibiologen, die Aufzucht einiger hunderttausend Wolfbarsch- (*D. labrax*-) Setzlingen mit Naturplankton (*Calanus sp.*), welches vor der Küste bei Vlora/Albanien mit einem Planktonnetz geerntet wurde. Unter der Voraussetzung dieses Erfolges war für das Jahr 1991 der Einsatz beleuchteter Unterwassergehege zur testweisen Aufzucht von Wolfsbarsch- (*D. labrax*-) und Goldbrassen- (*S. auratus*-) Setzlingen in der Lagune von Serrande (gegenüber Korfu) geplant. Leider wurde das Projekt aufgrund der politischen Entwicklungen vorerst eingefroren.

Aufzuchtmethoden auf Naturplanktonbasis hätten besonders für Entwicklungsländer große Bedeutung – nicht nur wegen des hohen Wirtschaftlichkeitsgrades und der unlimitierten Verfügbarkeit des Futters, sondern auch in bezug auf die Qualifikation des Personals, an das bei der herkömmlichen Hatchery-Technologie generell zu hohe Anforderungen gestellt werden.

Projekt UWG-Solar

Im Rahmen langjähriger Forschungsprogramme des IFF in bezug auf die effiziente Nutzung von Naturplankton als Fischfutter erfolgten auch eingehende Untersuchungen zum phototaktischen Verhalten von Crustaceenplankton in Seen und speziell in Meeresbereichen, mit der Absicht, die Methode der Fischeaufzucht in beleuchteten Unterwassergehegen auch für eine wirtschaftliche Produktion mariner Setzlinge einzusetzen. Durch diese Untersuchungen wurden strategisch-technische Grundlagen u. a. für die Entwicklung einer universell einsetzbaren UW-Gehegeanlage erarbeitet.

UWG-Solar ist die Markenbezeichnung für ein modulares, mit Solarstrom versorgtes Anlagensystem, das, ausgehend von einem Basismodell ab 1987, im Rahmen einer Kooperation zwischen Forschung und Wirtschaft bis zur Serienreife entwickelt wurde. Das Ziel dieser Kooperation war die Entwicklung und Vermarktung eines universell in Süß- und Meerwasser einsetzbaren, technisch ausgereiften, betriebsfähigen und kostengünstigen Anlagensystems.

Die technischen Tests wurden in Süßwasserseen Österreichs, in der Lagune von Venedig und in Singapur durchgeführt. Gegenwärtig werden drei Standardversionen mit 3, 4 und 6 Gehegen pro Modul angeboten und durch die

Fa. Sigmund Konrad – Metallbau, A-6491 Imsterberg/Tirol,

gebaut und vertrieben.

Folgende Personen/Firmen und Institutionen haben an der Entwicklung aktiv mitgearbeitet:

- Volker Steiner und Mitarbeiter, Institut für Fischforschung/Tirol: **biol./techn. Grundkonzept**, Tests und Projektleitung
- W. Oberladstätter, WIFI/Tiroler Handelskammer/Tirol, Abt. Betriebswirtschaft: **ökonomisches Konzept**
- J. Rieger, Austria Metall AG Ranshofen, Forschungsabteilung: **Metallkonstruktionen**
- H. Hönigl, Fa. Waco Handels Ges.m.b.H./Salzburg: **Solartechnik**
- W. Katamay, Jetfloat International/Salzburg: **Schwimplattformtechnik**
- S. Konrad, Metallbau/Imsterberg: **Metallbau, Anlagenvertrieb**
- R. Hirsbrunner, Schweiz. Seidengazefabrik AG/Thal: **Gehegebau und siebtechnische Beratung**

Beschreibung der Anlagentechnik

Schwimmplattform: Nach jahrelangen Testeinsätzen in Süß- und Seewasser, u. a. auch unter tropischen Bedingungen, wurden für dieses Anlagensystem LPA- (oder Jet-Float-)Elemente ausgewählt. Diese in Österreich entwickelten und erzeugten Schwimmkörper bestehen aus Polypropylen und werden über Patentverbindungssteile aus demselben Material zu einer flexiblen Plattform in beliebiger Form in »Lego«-ähnlicher Weise aufgebaut. Aufbau-Formveränderungen oder Abbau können kurzfristig von ungeschulten Personen ausgeführt werden.

Die relativ hohen Anschaffungskosten rechnen sich wirtschaftlich durch einen hohen Grad an Sicherheit, Robustheit, Lebensdauer und Wartungsfreiheit, aber auch durch den Vorteil der ökologischen Unbedenklichkeit.

Netzgehege: Material: PE-Spezialgewebe der Fa. Schweizerische Seidengazefabrik/Thal aus monofilem Polyestergerewebe mit stabilem, aber ausreichend transparentem Gewebe.

Form/Größe: Würfel oder Zylinder mit ebenem Boden ohne innere Nähte oder Sackungen, über einem seitlich angebrachten Reißverschluß zugänglich für Besatz/Kontrolle/Ernte und Reinigung, hermetisch verschließbare Öffnung zur Durchführung und Fixierung der Beleuchtung. Die Netzrahmen sind aus hochstabilen Aluminiumprofilen gefertigt. Netzvolumen 1–10 m³ für seichte und tiefe Gewässer (Süß- und Seewasser).

Der Einsatz größerer Netze erfordert eine speziell verstärkte Konstruktion der Netzaufhängung und der Bedienungseinrichtung. Für Flachwasserregionen, wie z. B. Lagunen und Teiche, wurden spezielle Netz- und Bedienungskonstruktionen entwickelt.

Maschenweiten sind in ausreichend engen Abstufungen verfügbar. Der aktuelle Bereich für Startgehege umfaßt Siebweiten von 0,3 (kleinste Larvengröße z. B. 2,0 mm (z. B. Grouper-Larven mit $L_+ = 2,0$ mm) bis 20,00 mm (z. B. Seeforellen-Larven mit $L_+ > 25$ mm).

Im marinen Bereich ist in der Regel keine Limitierung des Planktoneintrittes durch geringe Siebweiten zu erwarten, zumal Copepoden die Hauptmasse des Crustaceenplanktons ausmachen und aufgrund der langgestreckten Körperform bereits adulte Individuen aktiv durch 0,3 mm MW wandern können (MAS/IFF in Vorber.). Dadurch kann im marinen Bereich die Einstellung der optimalen Siebweite direkt auf die jeweilige Fischgröße vorgenommen werden.

Im Süßwasserbereich dagegen ist die Abstimmung der Maschenweite auch in bezug auf das Plankton vorzunehmen, da – zu bestimmten Jahreszeiten – Cladoceren die Hauptmasse im Crustaceen-Planktonbestand ausmachen können und diese Tiere aufgrund ihrer Form und Größe in Gehegen mit Siebweiten unter 1 mm nur mehr als jüngere Stadien einwandern können.

Stromversorgung: Vor allem im marinen Bereich wird es kaum Anschlußmöglichkeiten an eine Steckdose geben, und da der Gehege-Standort nicht von einer Steckdose abhängig gemacht werden sollte, wurde für dieses Anlagensystem die Solarstromversorgung gewählt und spezielle Generatoren dafür entwickelt. Diese autonome Stromversorgung ist modulmäßig aufgebaut. Die Leistung der Solargeneratoren wird speziell auf die Anlagengröße und den Standort abgestimmt. Die Ein-/Ausschaltung der Stromzufuhr erfolgt durch einen Dämmerungsschalter oder eine Zeituhr.

Gehegebeleuchtung erfolgt über eine speziell konstruierte UW-Leuchte, die im Gehegezentrum positioniert wird. Als Lichtquelle wurde eine 12-Volt-Halogenlampe mit einer Leistung von 10 Watt ausgewählt, da Untersuchungen zeigten, daß im Leistungsbereich von 10 bis 50 Watt keine Unterschiede in den Planktondichten auftraten und diese Lichtleistung für die Gehegeausleuchtung in bezug auf die Nahrungserkennung und -aufnahme durch die Fische in ausreichendem Maße gewährleistet ist. Auf die Verwendung anderer Lampenformen wurde vorerst verzichtet, da durch die punktförmige Lichtkon-

zentration bei Halogenlampen eine größere »Sichtweite« im Hinblick auf die phototaktische Reaktion des Planktons zu erwarten ist.

Gehegebedienung: Zur Gehegebedienung wurden zwei Bauformen zur Auswahl entwickelt: 1. ein »Galgen«-System mit fixen Auslegern und Winden; 2. eine drehbare »Leichter«-Konstruktion mit einer Winde zur Bedienung mehrerer Gehege hintereinander. Beide Systeme bestehen aus hochstabilem und seewasserbeständigem Aluminium.

Anlagenbetrieb/Kontrolle: Bei wirklich guter Anlagentechnik beschränkt sich der Produktionsbereich auf die **Funktionskontrolle** und die **Gehegereinigung**. Eine **Anlagenwartung** ist z. B. beim UWG-Solar-System nur einmal im Jahr und nur in geringstem Umfang erforderlich.

Der Anlagenbetrieb setzt sich aus den folgenden Aktivitäten zusammen:

- Einsetzen der Fischlarven
- Reinigung in speziell auf die Gewässerverhältnisse abgestimmter Periodik
- Zuwachs- und Funktionskontrolle
- Ausfang/Abtransport der Setzlinge und evtl. Start eines 2. Zyklus

Für diese Tätigkeit ist zwar angelerntes und zuverlässiges, aber kein hochqualifiziertes Personal erforderlich. Anlagen bis zu 20 Gehegen können von einer Person in Teilzeitbeschäftigung bedient werden.

Die **Gehegereinigung** stellt ein wesentliches Element des Produktionsbereiches dar. Folgende Grundregeln erscheinen empfehlenswert:

- Die Gehegereinigung soll unter Gewährleistung einer ausreichenden Durchlässigkeit der Netzmaschen (Funktionskontrolle) in möglichst **großen** Abständen erfolgen, um reinigungsbedingte Störungen der Fischentwicklung so gering wie möglich zu halten.
- In unseren größeren Seen und unter Einsatz der relativ großen Maschenweiten von über 0,8 mm wird erfahrungsgemäß eine 1- bis 2malige Reinigung/Woche ausreichen. Unter besonders eutrophen Bedingungen oder beim Auftreten starker Algenblüten könnte sogar eine tägliche Gehegereinigung erforderlich werden.
- Die Gehegereinigung erfolgt von innen nach außen, wobei wegen einer Verschmutzung des Wassers im Gehege auf Wind und Strömungen zu achten ist.
- Für die wirksame Reinigung ist der Einsatz eines Hochdruckreinigers erforderlich, wobei zu beachten ist, daß die Gehegemaschen durch zu hohen Druck nicht verschoben oder beschädigt werden (ausreichenden Abstand einhalten). Ein schonender und zuverlässiger Betrieb wurde mit einem transportablen Gerät - **Kärcher HD 575 B** mit 60 bar Betriebsdruck erreicht.
- Das Herausheben der Gehege sollte so langsam durchgeführt werden, daß ein Aufwirbeln von Schmutzteilen weitestgehend vermieden werden kann.
- Die Gehege sollen nur so kurz wie möglich exponiert sein. Beim Ein-Personen-Betrieb sollen deshalb das Herausheben und die Gehegereinigung nacheinander vorgenommen werden.
- Während der Reinigung sollte ein maximaler Restwasserstand gehalten werden können, um die Belastung durch Verunreinigungen und Streß möglichst geringhalten zu können. Diesbezüglich besondere Rücksichtnahmen sind bei der Reinigung der Gehegeböden zu treffen.
- Beim Auftreten starker Algenblüten ergibt sich die Notwendigkeit häufigerer Netzreinigungen. Zur Vermeidung zu hoher Reinigungsfrequenzen soll eine Absenkung der Gehege unter die Schicht der stärksten Algenkonzentration vorgenommen werden.
- Bei Netzpositionen von mehr als 5 m Wassertiefe sollten die Gehege - zur Anpassung an die unterschiedlichen Milieuverhältnisse des Oberflächenwassers (Temperatur, Druck, Licht) - in einer Tiefe von 2 bis 3 Metern zumindest einige Minuten vor dem Herausheben gehalten werden. Dieselbe Maßnahme empfiehlt sich beim Absenken der Gehege.

Zusammenfassung/Schlußbemerkung

Die Methode der Setzlingsproduktion in beleuchteten Unterwassergehegen kann als Weiterentwicklung der von Wagler und Einsele begründeten Methode zur Setzlingsproduktion auf Naturplankton-Basis betrachtet werden und stellt einen hochinnovativen Beitrag für die künftige Weiterentwicklung der Fischzucht im allgemeinen, insbesondere in bezug auf den wirtschaftlichen und ökologischen Aspekt dar.

Neben dem schadstofffreien Anlagenbetrieb besteht – vor allem durch die vertretbaren Anlagenkosten und die Wirtschaftlichkeit der Produktion – eine gute Aussicht für die »autochthone« Setzlingsproduktion in den dafür relevanten Gewässern und dadurch ein wichtiger Beitrag für eine zeitgerechte fischereiliche Gewässerbewirtschaftung.

Die Resultate der bisherigen Aufzuchtexperimente im Süßwasserbereich können als hervorragend angesehen werden; erste Erfahrungen aus Experimenten mit Meeresfischen weisen darauf hin, daß diese Produktionsmethode für eine hochwirtschaftliche Massenproduktion von Setzlingen in Produktionsteichen, Lagunen und eutrophierten Meeresbuchten große Zukunftschancen aufweist.

In Anbetracht der hohen Kosten und personellen Anforderungen, die durch die komplizierten Technologien im Bereich konventioneller Meeresfischzuchten auftreten, wäre die Einstellung auf einfachere, effizientere und ökonomisch realistischere Methoden schon lange erforderlich, um erstmalig die Versorgung von Fischfarming- und Ranching-Vorhaben mit Setzlingen quantitativ, qualitativ und unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu ermöglichen.

Dieses Ziel könnte durch eine konzentrierte und gezielte Forschung in bezug auf die Planktonentwicklung im natürlichen Lebensraum (Lagunen, Meeresbuchten) kurzfristig erreicht werden. Sowohl im Bereich der Süßwasser- als auch der Meeresfischzucht besteht ein zunehmender Bedarf an der Anwendung von Aufzuchtmethoden auf **Naturplankton**-Basis, insbesondere an einer funktionssicheren und universell einsetzbaren Anlagentechnik der hier beschriebenen Betriebsart.

Vereinzelt werden bereits seit einigen Jahren Anlagen gebaut und auch angeboten. In Zusammenarbeit zwischen Forschung und Industrie konnte ein betriebsfertiges Anlagensystem entwickelt werden, das für den universellen Einsatz in Süß- und Meerwasser konzipiert ist und vorerst in 3 Standardversionen international angeboten wird, wobei nicht nur die Perfektion der Technik, sondern auch marktkonforme Anlagenkosten berücksichtigt sind.

Ein erstes Serienmodell wird ab 15. März durch die **Bundesanstalt für Fischereiwirtschaft** am Mondsee in Betrieb genommen.

Summary

Since more than 50 years mass production of sensitive freshwater fish fry for farming and ranching purposes is successfully performed through feeding with natural plankton.

In the 70-ties a new method was created by the technique of submerged and illuminated cage systems, located in natural waters with sufficient zooplankton production.

Experimental results from production tests in different lakes show high survival rates in the range of 70–80% at all tested species at economic stocking densities – the calculation of the production costs derived from these results show a high economy due to lowest production and investment costs.

Initial experiments with tropical seabass (*L. calcarifer*) promise a most successful applicability to mariculture of fish fry on an economical level which could lead to a substantial increase of profitable fish-farming projects and even to realize sea ranching programmes.

A well tested design of a modular system, complete for operation in fresh and seawater is offered to the international market and described in this paper.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Volker Steiner, Fischforschung, A-6060 Mils/Hall in Tirol, Speckkarstraße 57a

LITERATUR

- Bronisz, D. (1979): Selective exploitation of lake zooplankton by coregonid fry in cage culture. Spec. Publ. Eur. Maricult. Soc. 4: 301-307
- Egloff, K. (1984): Erfahrungsbericht über die Felchenaufzucht in beleuchteten Netzgehegen im Hafen Steckborn, Bodensee-Untersee. Schriftenreihe Fischerei des Bundesamtes für Umweltschutz v. d. Eidgenössischen Fischereinspektion 43: 53-87
- Einsele, W. (1948): Plankton-Produktion, Fischernten und Setzlings-Aufzucht am Mondsee. Österreichs Fischerei, 1948, Heft 3: 46-50
- Mamcarz, A. and Szczerbowski, J. A. (1984): Rearing of coregonid fishes (Coregonidae) in illuminated lake cages. I. Growth and survival of *Coregonus lavaretus* L. and *Coregonus peled* Gmel. Aquaculture, 40 (1984): 135-145
- Marciak, Z. (1979): Food preference of juveniles of three coregonid species reared in cages. Spec. Publ. Eur. Maricult. Soc., 4: 127-137
- Jäger, T. (1986): Economic aspects of coregonid culture in illuminated net cages. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 22: 231-239
- Jäger, T., Dauster, H. & Kiwus, A. (1980): Aufzucht von Hechtsetzlingen in erleuchteten Netzgehegen. Fischer und Teichwirt 11: 323-326
- Straub, M. (1984): Abklärungen und erste Betriebserfahrungen mit Netzgehegen im Greifensee. Schriftenreihe Fischerei des Bundesamtes für Umweltschutz v. d. Eidgenössischen Fischereinspektion 43: 53-87
- Uryn, B. A. (1979): Farming of juvenile whitefish *Coregonus lavaretus* L. in submerged, illuminated cages. Spec. Publ. Eur. Maricult. Soc. 4: 289-297
- Van der Meeren, T. (1991): Production of marine fish fry in Norway. World Aquaculture 22 (2). June 1991; 37-40
- Zaugg, B. and Pedroli, J.-C. (1986): The rearing of young fish in illuminated net cages in Lake Neuchâtel, Switzerland. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 22: 215-229
- Zaugg, B. and Pedroli, J.-C. (1984): Culture of young fish in natural waters with net cages. Schriftenr. Fisch. Bundesamt. Umweltschutz, 43: 53-87

Adolf Holzinger †

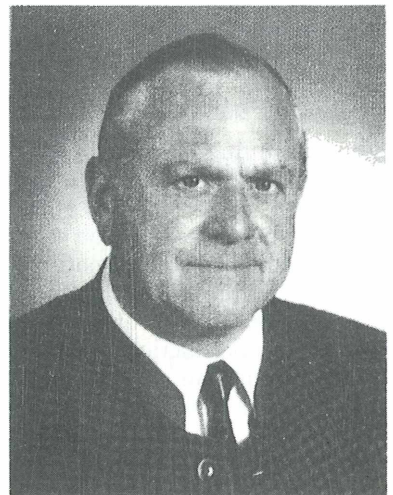
Am 10. Jänner 1992 ist Herr Adolf Holzinger nach langer, schwerer Krankheit, aber doch für viele von uns unerwartet, verstorben.

Er hat mit unermüdlichem Fleiß und Einsatz, gemeinsam mit seiner Familie, einen anerkannten Fischzucht- und Verarbeitungsbetrieb in Gunskirchen aufgebaut und geführt. Seit 1963 war er Mitglied des »Verbandes Österreichischer Forellenzüchter« und wurde 1986 auch in den Vorstand berufen, dem er bis zu seinem Tod angehörte.

Die Verbandstätigkeit von Herrn Adolf Holzinger war durch großes persönliches Engagement und reiche Fachkenntnis geprägt.

Der »Verband Österreichischer Forellenzüchter« wird dem Verstorbenen stets ein ehrendes Andenken bewahren.

E. Ha.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichs Fischerei](#)

Jahr/Year: 1992

Band/Volume: [45](#)

Autor(en)/Author(s): Steiner Volker

Artikel/Article: [Innovative Aquakultur Setzlingsproduktion in beleuchteten Unterwasser-Gehegen \(Technik, Ökonomie und Ökologie\) 95-106](#)