

Kameragesteuerte Fischfütterung

Eiko Thiessen¹ und Eberhard Hartung²

Abstract: Die Futterkosten betragen in der Aquakultur etwa die Hälfte der gesamten Produktionskosten. Somit ist es sehr wichtig, die nichtgefressenen Futterreste zu minimieren, was wiederum die Wasserqualität verbessert. Das Ziel dieses Projektes war die Fressaktivität zu quantifizieren und mit diesen Informationen einen Futtermaten zu steuern, um diese Methode zu validieren. Steinbutte (*Psetta maxima*), Lachse (*Salmon salar*) und Wolfsbarsche (*Dicentrarchus labrax*) wurden über verschiedene Produktionsabschnitte mit einer Unterwasserkamera beobachtet und die Bilder automatisiert auf Bewegung analysiert. Während einer Fütterung war die gesamte Fischgruppe aktiv und die gemessene Aktivität stieg zu Beginn der Fütterung je nach aktuellem Hunger an. Bei den Fütterungsversuchen zur Validierung des entwickelten Systems erzielte die Kameragesteuerte Fütterung eine durchschnittlich 44 % höhere Wachstumsrate verglichen mit der konventionellen Automatenfütterung mit einer festen Menge. Die Futtermverwertung (nicht die physiologische, sondern die „technische“ inklusive der Futterreste) lag dabei durchschnittlich 32 % höher. Die Versuche zeigen, dass es ein großes Potential dieser an das Fischverhalten angepassten Methode im Vergleich zur konventionellen an Tabellen orientierten Fütterung gibt.

Keywords: Aquakultur, Bildanalyse, Bewegungsdetektion, automatische Fütterung

1 Einleitung

Handfütterung in der Aquakultur ist Arbeits- und Zeitaufwändig, wohingegen Futtermaten auf eine fest eingestellte Menge zu definierten Zeiten beschränkt sind, unabhängig davon, ob noch gefressen wird oder nicht. Eine automatische Fütterung, welche durch die Fressaktivität der Fische gesteuert wird, könnte genau den aktuellen Futterbedarf applizieren und damit Futterreste vermeiden. Die Schwimmaktivität steigt bei vielen Fischarten während der Futteraufnahme an und kann auch durch Bildanalyse detektiert werden. Somit könnte während einer Fütterung die Futtergabe automatisch gestoppt werden, wenn keine Futteraufnahme mehr stattfindet. Das hier vorgestellte Projekt „Restlos“ ist ein Teilprojekt von „AquaEdel“, gefördert vom Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung.

2 Material und Methoden

Die Versuche fanden in einer on-shore Kreislauf-Forschungsanlage der Gesellschaft für Marine Aquakultur mbH in Büsum statt. Der geschlossene Wasserkreislauf besteht aus

¹ Universität Kiel, ILV, Max-Eyth-Str. 6, 24118 Kiel, ethiessen@ilv.uni-kiel.de

² Universität Kiel, ILV, Max-Eyth-Str. 6, 24118 Kiel, ehartung@ilv.uni-kiel.de

zehn runden, schwarzen Plastikbecken mit 1,8 m Durchmesser und ca. 1 m Wasserhöhe, von denen eines für die Aktivitätsanalyse und zwei für die Fütterungsversuche verwendet wurden. Die Steinbutte wuchsen in den Beobachtungszeiten von ca. 50 g bis auf ca. 1000 g an und die Besatzdichte variierte zwischen 10 und 100 kg/m², da die Fische jeden Monat nach Größe sortiert wurden. Für die **Aktivitätsanalyse** wurde eine digitale Kamera (monochrom mit 640x480 Pixel, GigE-ueye von IDS Obersulm, Deutschland) verwendet und wasserdicht in einen Plastikzylinder mit Acrylglascheibe eingehaust. Diese wurde unter der Wasseroberfläche mit einem schrägen Blickwinkel montiert und durch ein Superweitwinkelobjektiv (Fujinon FE185C057HA-1 von Fujifilm Tokyo, Japan) war fast das ganze Becken im Blickwinkel. Ein motorgetriebener Futterautomat (Linn Profi 5kg von LINN Lennestadt-Oedingen, Deutschland) wurde entweder in der Zeitschaltfunktion (feste Dauer der Futtergabe zu programmierbaren Zeiten) oder in der PC-Funktion (elektronisches Signal schaltet die Futtergabe an und aus) genutzt. Als **Aktivitätsindex** wurde die Standardabweichung aller Grauwerte innerhalb eines Differenzbildes von zwei aufeinanderfolgenden Bildern gewählt. Die Bildrate wurde auf 2 Bilder je Sekunden festgelegt und der Aktivitätsindex als gleitender Mittelwert über 4 Sekunden berechnet. Die Steinbutte wurden etwa 1 Jahr lang mehrmals am Tag mit dem Futterautomaten mit der Zeitschaltfunktion gefüttert. Während der Fütterungszeit wurde über die Schwimmaktivität auf den Hunger der Fische geschlossen und so vier Hungerklassen zur differenzierten Auswertung gebildet. Ähnliche Versuche fanden mit Lachsen und Wolfsbarschen über einen Zeitraum von 3,5 bzw. 2 Monaten statt.

In manuellen Fütterungen durch Experten und gleichzeitiger Aktivitätsmessung wurde ein **Fütterungsalgorithmus** entwickelt, der während der Fütterungszeit nur Futter appliziert, wenn die Fische eine gewisse Aktivitätsschwelle überschreiten. Die variable Futtermenge wird dabei durch eine garantierte Mindestmenge und einer Maximalmenge begrenzt.

In zwei Versuchen wurden jeweils zwei identische Gruppen 4 bzw. 2,5 Monate lang in zwei nebeneinanderliegenden Becken im selben Wasserkreislauf mit der Zeitschaltfunktion des Futterautomaten bzw. mit der Kameragesteuerten Fütterung gemästet. Die applizierten Futtermengen wurden über die Laufdauer des elektrischen Futterautomaten bestimmt; die Gewichtsrelation wurde für jede Pelletgröße durch eine 3-Punktskalibrierung mit Hystereseüberprüfung durchgeführt. Die tägliche Futtergabe des Futterautomaten mit fester Menge betrug 1 % der Biomasse mit einer Steigerung von 0,5 % je Tag wegen des zu erwartenden Wachstums. Die Minimal- und Maximalmenge der Kameragesteuerten Variante wurde auf 0,5 % bzw. 2 % Biomasse mit derselben Progression eingestellt. Beide Varianten fütterten dreimal täglich. Das Gewicht der Fische wurde zum Start und Ende des **Fütterungsversuchs** bestimmt. Aus den Fischgewichten W_{start} bzw. W_{end} und der Futtermenge F_{appl} , die über den Versuchszeitraum t appliziert wurde, lassen sich folgenden Leistungsdaten berechnen:

Futterverwertungsquotient	$\text{fcr} = (W_{\text{end}} - W_{\text{start}}) / F_{\text{appl}}$
Spezifische Wachstumsrate	$\text{sgr} = \ln(W_{\text{end}} / W_{\text{start}}) / t$

3 Ergebnisse

Die gemittelten **Aktivitäten** der Steinbutte bei „normale“ Fütterungen – d.h. mit einem Futterautomaten über eine konstante Zeitdauer von etwa 1 Minute – sind für unterschiedliche Hungerklassen in Abb. 1 aufgetragen. Es zeigt sich zwar eine hohe Variabilität in den Einzelwerten, im Durchschnitt ist jedoch ein typischer Verlauf ab Fütterungsbeginn deutlich. Schon 5 s nach Fütterungsbeginn ist eine Aktivitätsschwelle von ca. 2,5 zwischen Fischen mit geringen und normalen Hunger zu erkennen.

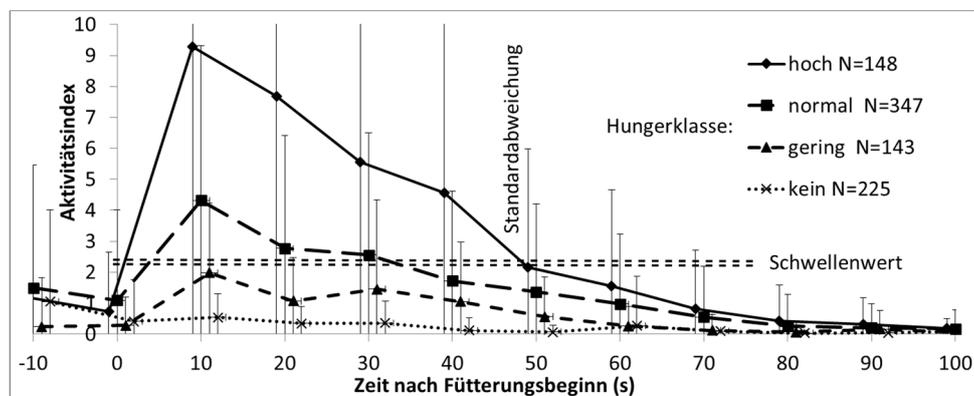


Abb. 1: Durchschnittlicher Aktivitätsverlauf während der Fütterung von Steinbutten

Die Ergebnisse zu der **Validierung** der Kameragesteuerten Fütterung sind in Tab. 1 zusammengefasst. Nach der Versuchsdauer von 109 bzw. 70 Tagen ergab die Kameragesteuerte Variante in beiden Versuchen ein höheres Gesamtgewicht, demzufolge auch eine höhere spezifische Wachstumsrate als die Vergleichsvariante.

		Versuch 1		Versuch 2	
		fix	cam	fix	cam
Anfangsdurchschnittsgewicht je Fisch (g)		860	860	52	73
Anfangsgesamtgewicht (kg)	W_{start}	70.0	70.0	39.7	38.2
Endgesamtgewicht (kg)	W_{end}	86.2	93.9	54.0	57.0
Gesamtfuttermenge (kg)	F_{appl}	45.6	54.3	35.5	26.3
Futtermittelnutzung (kg Futter / kg Zuwachs)	fcr	2.82	2.27	2.49	1.40
Wachstumsrate (%/d)	sgr	0.22	0.35	0.44	0.57

Tab. 1: Leistungsdaten der Fütterung mit festen (fix) und der Kameragesteuerten Mengen (cam)

Die Gesamtmenge des applizierten Futters war beim ersten Versuch höher bei der Kameragesteuerten Fütterung, beim zweiten Versuch niedriger als bei der Variante mit fester Menge. Der resultierende Futtermittelnutzungsquotient lag bei der Kameragesteuerten Variante in beiden Versuchen deutlich niedriger als bei der Vergleichsvariante.

4 Diskussion und Ausblick

Die generelle Zunahme der **Fischaktivität** beim Füttern konnte messtechnisch bei Steinbutten zum ersten Mal dokumentiert werden. Verglichen mit der Aktivität bei Forellen [Fa93] sind die Aktivitätsunterschiede zwischen Fressen und Nicht-Fressen bei Steinbutten sehr ausgeprägt (etwa Faktor 7 bei Forellen, bei Steinbutten etwa 30). Bei den Versuchen mit den frei schwimmenden Lachsen ergab sich ein Faktor von 3, bei den sehr aktiven Wolfsbarschen von nur 1,4. Bei letzteren konnten keine Fütterungsversuche durchgeführt werden, da dieser Unterscheid im Messrauschen lag. In allen **Fütterungsversuchen** und -varianten mit Steinbutten waren im Mittel die erreichten Wachstumsraten von 0,4 % und Futterverwertungsquotienten von 2,2 deutlich ineffizienter als die aus der Literatur bekannten Werte: Unter optimalen Bedingungen liegen die physiologische Wachstumsrate von Steinbutten bei 2 % und die Futterverwertung nahe bei 1 [Bo11]. Da die Fischeigenschaften durch Herkunft und Haltungsbedingung in den hier beschriebenen Versuchen durchaus optimal waren, wird diese Diskrepanz dem nicht gefressenen Futter zugeschrieben. Diese Deutung über die Futterreste gibt plausible Erklärungen für die gemessenen Leistungsunterschiede in den Varianten. Die Futterreste konnten stichprobenartig auch manuell in den Varianten beobachtet werden; für eine messtechnische Erfassung eignete sich der Versuchsaufbau in dem Wasserkreislauf der vorhandenen Anlage leider nicht. Rechnerisch (mit $fcr = 1$) ergeben sich Futterreste, die gemittelt über beide Versuche für die Variante mit fester Menge bei durchschnittlich 62 % der applizierten Menge, bei der Kameragesteuerten Variante bei durchschnittlich 42 % liegen. Das Erfolgspotential lässt sich über die Parametereinstellung des **Fütterungsalgorithmus** noch vergrößern, in dem z.B. die Minimaldauer des garantierten Fütterns reduziert oder sogar auf Null gesetzt wird. So würde bei keiner Fressaktivität auch gar nichts gefüttert werden, was häufig bei der beobachteten abendlichen Appetitlosigkeit angebracht wäre. Das Abfragen des aktuellen Hungerzustands könnte z.B. durch einen extra Lichtreiz erfolgen, auf den die Fische zuvor konditioniert wurden. Diesbezügliche, hier nicht gezeigte Fütterungsversuche mit Lachsen waren erfolgsversprechend.

Die Kameragesteuerte Methode ist der Handfütterung durch Experten nachempfunden. Sie ist objektiv und kann durch speziellen Technikeinsatz (z.B. Hungerabfrage durch Lichtreiz) präziser als der Mensch sein kann und zeigt deutliche Vorteile gegenüber anderen, gängigen Bedarfs-Automatenfütterungen (z.B. Pendelautomat).

Literaturverzeichnis

- [Bo11] Bonaldo, A. et.al.: Increasing dietary plant proteins affects growth performance and ammonia excretion but not digestibility and gut histology in turbot (*Psetta maxima*) juveniles; *Aquaculture*, 318 (1–2), S. 101-108, 2011.
- [Fa93] Fábregas, J. et.al.: Development of an electromechanical sensor and computer data acquisition system for monitoring the movement of cultured fish, *Aquacultural Engineering*, 12 (1), S. 55-62, 1993.