

# Bildanalyse in der Fischproduktion

Eiko Thiessen, Eberhard Hartung

Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik  
Christian-Albrechts-Universität Kiel

Max-Eyth-Str. 6

24118 Kiel

ethiessen@ilv.uni-kiel.de, ehartung@ilv.uni-kiel.de

**Abstract:** Eine automatische Größenermittlung während der Fischmast kann wertvolle Informationen für Managemententscheidung (Sortierung, Fütterung, etc.) liefern. Für diesen Ansatz wurden unterschiedliche Kamera-Setups auf ihre Genauigkeit und Reproduzierbarkeit getestet. Zudem werden die Eigenschaften der Systeme für einen praktischen Einsatz untersucht.

## 1 Einführung

Fische wachsen langsam und heterogen heran. Deswegen müssen in der Produktion immer wieder Sortierungen durchgeführt werden, was einen erhebliche Arbeitsaufwand darstellt: Die Fische werden nach dem Abfischen manuell, einzeln geschätzt und sortiert. Stellt sich nun heraus, dass die Größenverteilung noch relativ homogen ist, war die Sortierung vergebens und hätte zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen können.

Zur Abschätzung der Größenverteilung in einem Becken könnte eine automatische Bildanalyse dienen, die rund um die Uhr die Größe der Fische auf einer Stichprobenmessfläche feststellt. Die Fischgröße von freischwimmenden Lachsen wurde durch Anpassung eines Formmodells mit Stereokameras bereits erfolgreich zur Gewichtsschätzung für die Aquakultur eingesetzt ([Be99], [Fa97]), während Verhaltensanalysen meist zum Nachweis toxischer Substanzen im Wasser verwendet werden ([Y103], [Ka04]).

In diesem Beitrag wird untersucht, mit welchem Fehler unterschiedliche Kamerainstallationen unter praxisüblichen Bedingungen die Länge von Fischen messen. Dabei wird einerseits die Reproduzierbarkeit betrachtet (ein Fisch soll auch an unterschiedlichen Orten mit dergleichen Größe gemessen werden) und zum anderen die Genauigkeit (der gemessene Wert soll möglichst dicht am wahren Wert liegen).

## 2 Material und Methoden

In Versuchsbecken (Durchmesser 2 m, Wasserhöhe 35 cm) wurde zur Bilderfassung eine digitale CCD-Kamera mit 640x480 Pixeln verwendet, die über FireWire direkt an einen PC angeschlossen war. Um auch aus kurzer Distanz eine möglichst große Fläche abzubilden, wurde ein Super-Weitwinkel Objektiv mit variabler Brennweite von 1.4 bis 2.2 mm verwendet. Zur Bilderfassung und -analyse diente die Software Halcon von MVTec. Die Kamera wurde in drei unterschiedlichen Setups positioniert.

1. Kamera frei über Becken: Die Kamera schaut ohne weitere Hilfsmittel senkrecht auf die Wasseroberfläche. Dabei wurde zwischen glatter und bewegter Wasseroberfläche unterschieden.
2. Kamera im Überwasserkasten: Die Kamera befindet sich über Wasser in einem abgedunkelten Kasten (Grundfläche 1 m x 1 m) mit einem transparenten Boden und schaut so senkrecht auf die begradigte Wasseroberfläche.
3. Kamera im Unterwasserkasten: Die Kamera ist unter Wasser eingehaust und blickt durch ein Fenster schräg auf den Beckenboden. Der Winkel zwischen Blickrichtung und Bodennormalen beträgt  $69^\circ$ .

Zur Entzerrung der Bilder und Kalibrierung auf cm-Einheiten wurden je Setup neun Bilder einer Kalibrierplatte (50x60 cm) aufgenommen, die auf dem Grund des Beckens an unterschiedlichen Plätzen positioniert wurde. Auf dieser Kalibrierplatte befinden sich Punkte im Abstand von exakt 10 cm.

Anschließend wurden Bilder von einem definierten Objekt (Fishdummy, Länge 24.2 cm) aufgenommen, welches über die gesamte Messfläche gleichmäßig verschoben wurde, um so die Situation zu simulieren, bei der ein Fisch an unterschiedlichen Positionen im Bild liegt und dabei natürlich dieselbe Größe bestimmt werden soll. Dieses Verfahren wurde gewählt, um die Setups unabhängig von veränderlichen Objektgrößen – wie sie beim lebenden Fisch durch Verformungen auftreten können – zu vergleichen. Die automatische Erfassung lebender Fisch kann nicht genauer sein als diese Referenzmethode.

Die Referenzbilder wurden derart analysiert, dass aus den Bildern der Kalibrierplatte die Abbildungseigenschaften und Position der Kamera berechnet wurden. Aus den Bildern mit dem Fishdummy wurden durch einen Kantenfilter die Objektkonturen erkannt und vektorisiert. Die Kalibrierparameter dienen zur Umrechnung der Objekte in reale cm-Einheiten. So lässt sich für jede Position des Fishdummies seine gemessene Länge in cm angeben. Aus diesen Daten wurden für die unterschiedlichen Kamera-Setups die Standardabweichungen der gemessenen Objektängen an den unterschiedlichen Bildpositionen als Maß für die Reproduzierbarkeit errechnet. Für die Genauigkeit wurde die mittlere Abweichung der gemessenen Objektängen zur wahren Länge als Wurzel der aufsummierten Abweichungsquadrate berechnet.

### **3 Ergebnisse**

In Tabelle 1 sind für die unterschiedlichen Kamera-Setups die typischen Eigenschaften und Messergebnisse dargestellt. Dabei setzt sich der Messfehler aus der Reproduzierbarkeit (zufälliger Fehler, Wiederholung an unterschiedlichen Bildpositionen) und Genauigkeit (systematischer Fehler, Abweichung zum wahren Wert) zusammen.

Tabelle 1: Eigenschaften der verschiedenen Kamera Setups

	<b>Kamera frei über Becken</b>	<b>Überwasserkasten, abgedunkelt</b>	<b>Unterwasserkamera, schräg 69°</b>
<b>Messfläche [m<sup>2</sup>]</b>	1.45	1.35	1.15
<b>Vorteile im praktischem Einsatz</b>	Einfacher Aufbau, beliebig große Messfläche	Keine Störung durch Reflexion oder Wellen	Keine Störung durch Reflexion oder Wellen
<b>Nachteile im praktischem Einsatz</b>	Reflexionen an der Wasseroberfläche, Verzerrung durch Wellenbewegung	Sperriger Aufbau, Schattenwurf, Luftblasen entstehen an Scheibe	Geringe Messfläche, nur durch Neigung erweiterbar
<b>Reproduzierbarkeit als Standardabweichung der Einzelmessungen [cm]</b>	Glatte Wasseroberfläche: 0.32 mit Wellen: 1.2	0.12	0.25
<b>Genauigkeit als mittlere Abweichung zur Referenzlänge [cm]</b>	Glatte Wasseroberfläche: 0.75 mit Wellen: 1.4	0.57	0.41

Die Kamera frei über dem Becken hat Vorteile durch die einfache Montage und die Wahl einer beliebig großen Messfläche durch einfaches Erhöhen des Messabstandes. Allerdings ist die Reproduzierbarkeit und Genauigkeit bei Wellen, wie sie typisch im Becken entstehen, mit etwa 1.2 cm Fehler recht hoch.

Werden diese Wellen durch einen Überwasserkasten eliminiert, so ergibt sich ein geringerer Fehler – gerade in der Reproduzierbarkeit von nur 0.12 cm. Die Genauigkeit von 0.57 cm ist ähnlich der der freien Kamera ohne Wellenbewegung.

Beide Aufbauten haben den Nachteil, dass die Bildanalyse durch Artefakte der Bilderfassung (Reflexionen an Wasseroberfläche bei der freien Kamera, Schattenwurf durch den abgedunkeltem Kasten ) erschwert wird, da zusätzlich zu den Fischen Objekte durch diese Helligkeitsunterschiede entstehen bzw. Fischobjekte überlagern.

Bei der Unterwasserkamera entfallen diese Störungen; ein Nachteil entsteht aber dadurch, dass sie geneigt werden muss, um bei einer Wasserhöhe von nur 35 cm im Versuch (in der Produktion sind es 50-70 cm) eine Messfläche von mindestens 1 m<sup>2</sup> zu erreichen. Dadurch weisen die Bilder im hinteren Bereich eine geringere Auflösung in Pixel pro Messfläche und eine stärkere Verzerrung auf. Trotz dieses Nachteils ergeben sich nur ein Reproduktionsfehler von etwa 0.25 cm und eine gute Genauigkeit mit einer Abweichung von 0.41 cm.

## 4 Diskussion

Die Kamera frei über dem Becken weist die größten Messfehler auf, da hier unbekannte Verzerrung durch die Wasseroberfläche – vor allem wenn sie wellig ist – auftreten. Die konstante Verzerrung der zwei anderen Setups mit glatter Wasseroberfläche kann durch die Kalibration weitgehend kompensiert werden (Reduktion des Variationskoeffizienten der gemessenen Länge bei den unterschiedlichen Bildpositionen von 30 % auf 1 % bei der schrägen Unterwasserkamera bzw. 4.6 % auf 0.5 % bei der Kamera im Überwasserkasten).

Die festgestellten Messfehler liegen etwa im Auflösungsbereich der Kamera: Bei einer Bildfläche von 1x1 m ergibt sich für 500 Bildpunkte eine Auflösung von 0.2 cm. Die festgestellten Genauigkeiten von 0.41 bis 0.75 cm ergeben für eine typische Fischgröße von 25 cm einen relativen Messfehler von 1.6 bis 3 %. Für die geplante Anwendung – Monitoring des Auseinanderwachsens der Fische im Bereich von cm – ist diese Genauigkeit ausreichend. Der relative Fehler nimmt entsprechend bei größeren Fischen ab.

## 5 Fazit und Ausblick

Es wird die Unterwasserkamera favorisiert, da sie neben geringen Messfehler störungsfreie Bilder liefert. Die Verzerrung bei einem schrägen Blickwinkel kann bei einer Dokumentation der Größenverteilung derart berücksichtigt werden, dass die Fische im hinteren Kamerabild mit einer geringen Pixelanzahl pro cm Messfläche und damit einem höheren Messfehler ein geringeres Gewicht in der statistischen Auswertung bekommen.

## Literaturverzeichnis

- [Be99] Beddow, T.A. and Ross, L.G., 1996 Predicting biomass of Atlantic salmon from morphometric lateral measurements. *Journal of fish biology* 49 (3), 469-482
- [Fa97] McFarlane, N.J.B., Tillet, R.D., 1997. Fitting 3D point distribution models of fish to stereo images. *Electronic Proceedings of the Eighth British Machine Vision Conference BMVC97*
- [Y103] Yliff M. & Poncin P. 2003. Quantifying spontaneous swimming activity in fish with a computerized color video tracking system, a laboratory device using last imaging techniques. *Fish Physiology and Biochemistry* 28: 281-282.
- [Ka04] Kane, A.S. Salierno, J.D., Gipson, G.T., Molteno, T.C.A., Hunter, C., 2004. A video-based movement analysis system to quantify behavioral stress responses of fish. *Water Research* 38, 3993-4001.