

# Aufzucht und Produktqualität von Ostseeschnäpeln (*Coregonus maraena*) in verschiedenen Aquakultursystemen

Gregor Schmidt und Gerd – Michael Arndt: Landesforschungsanstalt MV, Institut für Fischerei

Monika Manthey – Karl und Horst Karl: Max Rubner – Institut (MRI), Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch

## Einleitung

Die Familie der *Coregonidae*, zu der auch die Großen Maränen, Schnäpel, Renken oder Felchen gehören, umfasst marine, anadrome und reine Süßwasserformen. Sie sind holarktisch über Europa, Nordamerika und Asien verbreitet. Viele Arten besitzen eine nicht zu unterschätzende wirtschaftliche Bedeutung. Heute sind die genetische Integrität und der Erhalt vieler Bestände und Populationen gefährdet (KOTTELAT UND FREYHOF 2007).

Die Systematik der *Coregonidae* ist sehr komplex und kompliziert, was viele Autoren die Mehrzahl dieser Fische unter dem Begriff *Coregonus lavaretus* zusammenfassen ließ. Nach KOTTELAT UND FREYHOF (2007) ist dies aber nicht korrekt und überholt; sie gehen weltweit von über 60 verschiedenen Arten aus. Der in der Ostsee beheimatete Schnäpel, vielfach als *Coregonus lavaretus balticus* (THIENEMANN 1921) bezeichnet, wird von diesen Autoren der *Species Coregonus maraena* zugeordnet. Diese Art hat eine Verbreitung über das Ostseeinzugsgebiet hinaus bis in die südöstliche Nordsee und kommt auch als stationäre Form in verschiedenen Seen vor.

Aufgrund der ökonomischen Attraktivität vieler *Coregonen*arten, bei gleichzeitigem Rückgang ihrer Fänge in vielen Regionen, gibt es verbreitete Programme, die natürlichen Bestände durch Besatzmaßnahmen zu stabilisieren und zu erhöhen oder die betreffenden Arten zu kultivieren. Lag in Mitteleuropa und Deutschland der Fokus anfangs auf dem Transfer von juvenilen oder adulten Individuen aus anderen Regionen in geeignete Gewässer zum Neuaufbau von *Coregonen*populationen, wurde diese Methode bald durch den Besatz mit Larven aus künstlicher Reproduktion von Wildfischen ersetzt. In Böhmen war *Coregonus maraena* schon in den 1880er Jahren als Nebenfisch in einigen Karpfenteichwirtschaften bis zu Speisefischgröße aufgezogen und in den folgenden Jahren aus den eigenen Beständen reproduziert worden (LIBOSVARSKY 1958). Aus Süddeutschland sind seit langem Besatzprogramme mit lokalen *Coregonen*arten bekannt, bei denen über den

Weg der künstlichen Erbrütung von Wildlaich schwimmfähige Larven oder in illuminierten Netzgehegen vorgezogene Jungfische in natürliche Gewässer ausgesetzt werden. Dies dient vor allem der Vermeidung von Ertragsschwankungen bzw. zur Steigerung der Erträge (RÖSCH UND ECKMANN 1986, MAMCARZ 1995).

Auch für Norddeutschland sind derartige Aktivitäten nicht erst aus heutiger Zeit bekannt. Schon 1877 wurden in Altmühlendorf (Schleswig-Holstein) Große Maränen erbrütet und für den Besatz von Seen genutzt (DAUSTER 1995) oder Ostseeschnäpelbrut für die Bestandsaufstockung von Küstengewässern gewonnen (WEIGELT ET AL. 1897).

Während der Ostseeschnäpel in den Dreißiger Jahren des vergangenen Jahrhunderts noch eine Blütezeit erlebte, was auch in seinem Einzug in viele Feinschmeckerrestaurants ganz Europas seinen Ausdruck fand (LMS 2010), war er auf Mecklenburg-Vorpommern bezogen schon in den Neunzehnhundertsiebziger und -achtziger Jahren fast gänzlich aus dem Blickfeld der Fischerei und der lokalen Bevölkerung verschwunden. Grund waren die rapide gesunkenen Fänge, die Anfang der Neunziger Jahre kaum noch fünf Tonnen betragen (Abb. 1).

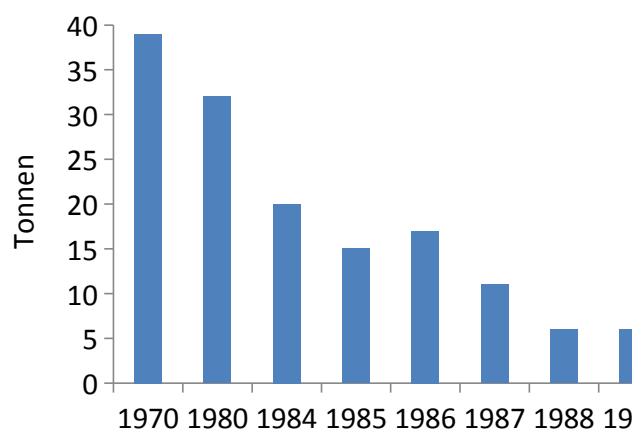


Abb. 1: Entwicklung der Fänge an Ostseeschnäpeln in Mecklenburg-Vorpommern in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts

Mitte der Neunzehnhundertneunziger Jahre war deshalb ein umfassendes Bestandsstützungsprogramm gestartet worden, das eine Stabilisierung und perspektivische Vergrößerung der Bestände des Ostseeschnäpels in unseren Küstengewässern zum Ziel hatte (SCHULZ ET AL. 1995, JENNERICH UND SCHULZ 1998, SCHULZ 2000, ARNDT ET AL., 2012 A). In den folgenden Jahren kam es zu einem signifikanten Anwachsen der lokalen Bestände im Stettiner Haff und dem angrenzenden Peenestrom/Achterwasser, den Hauptverbreitungsgebieten von *Coregonus maraena* in Mecklenburg-Vorpommern. Mit steigenden Fängen wuchs auch wieder der Bekanntheitsgrad und die Nachfrage an dieser Fischart in der Bevölkerung. Inzwischen ist der Ostseeschnäpel wieder über die Grenzen Mecklenburg-Vorpommerns hinaus begehrt.

Da der wachsende Bedarf durch das nach wie vor recht begrenzte natürliche Aufkommen allein nicht gesichert werden kann und eine ganzjährige Versorgung mit frischen Schnäpeln aus Wildfängen aufgrund der Saisonalität des Geschäfts nicht möglich ist, gibt es seit einigen Jahren ein komplexes Programm in Mecklenburg-Vorpommern, diese Art in der Aquakultur zu etablieren (ARNDT UND JANSEN 2008, ARNDT UND JANSEN 2010, ARNDT ET AL. 2012 B). Dabei geht es um die Schaffung eines vom Wildbestand unabhängigen Produktionszyklus vom befruchteten Ei bis zum vermarktungsfähigen Fisch. Diese Arbeiten wurden durch das Institut für Fischerei der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern unter Einbeziehung von geeigneten Praxispartnern in einer kombinierten Teich- und Rinnenanlage, in einer Silo-Durchflussanlage und in einem eigenen Kaltwasserkreislauf durchgeführt (JANSEN ET AL. 2008, ARNDT UND JENNERICH 2012, JENNERICH UND SCHULZ 2013, ARNDT ET AL. 2013).

Waren das Ausgangsmaterial für alle diese Versuche anfangs ausschließlich Individuen, die aus künstlicher Reproduktion des Wildbestandes stammten und in beleuchteten Netzgehegen vorgestreckt worden waren, können seit 2011 auch Larven aus der Vermehrung eines eigenen Laicherbestandes für die Arbeiten genutzt werden. Mittlerweile stehen für alle Phasen der Aufzucht geeignete Verfahren zur Verfügung, die stetig evaluiert und angepasst werden. Das Ziel, die Larven in produktionsrelevanten Mengen ausschließlich mit Trockenfutter in Rinnen oder Becken anzufüttern, um die aufwendige Netzgehegephase zu ersetzen, konnte

bisher noch nicht umgesetzt werden. Alle eingesetzten Startfüttermittel führten nach anfänglichem Erfolg zu schlechter Kondition und hoher Mortalität der Fische (ARNDT ET AL. 2013). Die geschaffenen Grundlagen bieten aber schon jetzt die Möglichkeit, eine von Wildtieren unabhängigen Produktion von Schnäpeln unter verschiedenen Aquakulturbedingungen durchzuführen. Damit besteht für geeignete Fischereibetriebe die Chance, ihre Produktpalette um eine hochpreisige Fischart zu erweitern. Daneben ist die Produktion von Schnäpeln auch für solche Standorte interessant, an denen eine Forellenproduktion aufgrund von Krankheiten oder zu hohen Wassertemperaturen in den Sommermonaten nicht mehr möglich ist. Die etwas größere Robustheit des Ostseeschnäpels kann dabei gewisse Nachteile in der Wachstumsleistung gegenüber Forellen kompensieren. Mit der Produktion von Ostseeschnäpeln in Aquakulturanlagen soll außerdem ein regionales Produkt gefördert werden, das ganzjährig in einer gleichbleibenden Qualität angeboten werden kann.

Im Folgenden werden grundlegende Ergebnisse der Aufzucht von Ostseeschnäpeln von der Reproduktion und Erbrütung, über das Vorstrecken der Larven in beleuchteten Netzgehegen und dann unter den Bedingungen einer Teichwirtschaft bzw. einer Kaltwasserkreislaufanlage beschrieben. Für die erfolgreiche Etablierung dieser Fischart in der Aquakultur sind allerdings neben einer artgerechten Aufzucht und Rentabilität insbesondere die Produkteigenschaften und der Genusswert von zentraler Bedeutung. Daher liegt bei der vorliegenden Untersuchung ein besonderer Schwerpunkt auf der Produktqualität. Am Ende der Aufzucht wurde die Schlachtkörperzusammensetzung bestimmt und Proben am Max Rubner-Institut in Hamburg hinsichtlich ihrer Nährstoffzusammensetzung und sensorischen Eigenschaften untersucht.

## Material und Methoden

### Laichgewinnung und Reproduktion

Ein für die Produktion von Besatzmaterial für das Management der Küstenbestände des Ostseeschnäpels bewährtes Reproduktionsverfahren wurde bis 2010 auch für die Aufzuchtversuche in der Aquakultur angewandt, da noch keine laichfähigen Tiere in Haltung zur Verfügung standen. Dazu wurden in Kooperation mit ortsansässigen Fischern zur Laichzeit im November/Dezember laichreife Individuen im



deutschen Teil des Stettiner Haffs und des angrenzenden Peenestroms mit Stellnetzen gefangen. Unmittelbar nach der Anlandung wurden die Geschlechtsprodukte gewonnen, befruchtet und anschließend in eine Erbrütungsanlage überführt. Hier erfolgte die Inkubation der Eier in Zugergläsern mit Oberflächenwasser, das über einen Grobrechen und einen Sandfilter gereinigt wurde. Eine Temperatursteuerung war nicht möglich, so dass der Temperaturverlauf während der Erbrütung von den Wassertemperaturen des Zulaufwassers abhing. Täglich erfolgten eine Reinigung der Erbrütungsgläser und die Entfernung abgestorbener oder verpilzter Eier.

### Aufzucht in beleuchteten Netzgehegen

Die frischgeschlüpften Schnäpellarven wurden in 8 m<sup>3</sup> große beleuchtete Netzgehege gesetzt. Das Vorstrecken erfolgte in zwei Phasen. In der ersten Phase wurden Netzgehege mit einer Maschenweite von 1,0 mm verwendet. Die Besatzdichte betrug max. 50 000 Individuen, der Besatzbeginn war Mitte März. Die Tiere verblieben bis Anfang Mai in den Netzgehegen und verfügten dann über eine Länge von 2,5 – 3,5 cm. In der zweiten Phase wurden jeweils 25 000 Larven in Gehege mit 2,0 mm Maschenweite umgesetzt und bis Mitte Juni zu Satzfishen von 3 – 5 cm aufgezogen.

### Vorstrecken im Teich

Anfang und Mitte Juni wurden die dann ca. 0,5 bzw. 1 g schweren Sommerjuvenilen in eine Teichanlage umgesetzt. Dort erfolgte die Aufzucht in Erdteichen von 10x40 m mit einem Wasservolumen von ca. 600 m<sup>3</sup> (Abb. 2). Die Teiche wurden aus einem unmittelbar angrenzenden Quellgebiet und über Grund-



Abb. 2: Teich der Anlage Frauenmark zum Vorstrecken von Schnäpeln

wasser mit relativ kühlem Wasser versorgt (ø 1l/sec). Zur Absicherung einer gleichmäßigen Sauerstoffversorgung des Teiches wurde ein Sauerstoff-Jet-System genutzt (SCHULZ ET AL. 2011), das auch gleichzeitig für eine Umwälzung des Teichwassers sorgte. Zu Besatzbeginn lag die Wassertemperatur zwischen 19 und 20 °C und fiel bis zur Abfischung im Dezember auf 3 °C ab. Die Sauerstoffwerte lagen in diesem Zeitraum zwischen 6 und 17 mg/l.

Die Fische wurden kurz vor Besatz an Trockenfutter gewöhnt und zu je 100 000 bzw. 200 000 in die Teiche gesetzt. Anfangs wurden die Tiere mit einer täglichen Ration von 4% der Körpermasse gefüttert. In Abhängigkeit von Wachstum und Wassertemperatur verringerte sich die tägliche Ration auf 0,5%/d bis Dezember. Dabei kamen zunächst Trockenfutter mit einer Körnung von 0,5 und 0,8 mm zum Einsatz. Im weiteren Verlauf wurden Körnungen von 1 bis 2,5 mm gefüttert. Mitte Dezember erfolgte die Abfischung mit einer Wade und ein Umsetzen der Tiere in die Mastteiche.

Tab. 1: Zusammensetzung der verwendete Futtermittel bei der Schnäpelaufzucht im Teich bis zum Ende des ersten Jahres

Körnung (mm)	Rohprotein (%)	Rohfett (%)	Kohlenhydrat (%)	Rohfaser (%)	Rohasche (%)
0,5	62,0	11,0	10,5	0,5	10,0
0,8	62,0	11,0	10,5	0,5	10,0
1,0	57,0	15,0	8,5	0,6	11,0
1,8	55,0	15,0	10,0	0,6	11,5
2,5	47,0	14,0	20,0	2,0	9,0

### Erzeugung von Marktfischen in Teichen

Fische mit einer Größe von durchschnittlich 45 g wurden am Ende des ersten Jahres zur weiteren Mast in Erdteiche mit einem Wasservolumen von 600 – 1.200 m<sup>3</sup> (15.000 – 30.000 Individuen pro Teich) gesetzt und überwiegend bis zu einer Größe von 350 – 400 g mit Forell pellets aufgezogen. Auch diese Teiche konnten zur Sicherung einer konstanten Sauerstoffversorgung über die Jet-Systeme Zusatzversorgt werden. In Abhängigkeit von Wassertemperatur und Wachstum wurden die Fische mit Trockenfutter (Rohprotein 47%, Rohfett 14%, Kohlenhydrat 20%, Rohfaser 2%, Rohasche 9%) mit einer Körnung von 2,5 bis 6 mm gefüttert.



## Erzeugung von Markfischen in der Kaltwasserkreislaufanlage

Die Aufzucht der Schnäpel unter den Intensivbedingungen eines Kreislaufsystems erfolgte in der Experimental-Kaltwasserkreislaufanlage des Instituts für Fischerei der LFA für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern in Hohen Wangelin. Diese Anlage ist primär für die Produktion von Regenbogenforellen errichtet worden und verfügt über Fließkanäle mit einem Produktionsvolumen von 350 m<sup>3</sup> (Abb. 3). Sie umfasst eine zentrale Wasseraufbereitung mit einem Trommel-siebfilter zur mechanischen und einen Bewegtbettfilter zur biologischen Reinigung des Wassers. Bevor es wieder in die Fließkanäle gelangt, wird das Wasser über ein Jet-System geleitet und mit technischem Sauerstoff auf 140% Sättigung angereichert. Die tägliche Wasseraustauschrate ist von der Besatzdichte und Fischart abhängig, sie betrug während der Schnäpelaufzucht ca. 30%. Der Frischwasserbedarf wird mit Brunnenwasser gedeckt, das zuvor über eine Enteisenungsanlage geleitet wurde. Es erfolgte auch eine pH-Wert Anpassung auf 6,8 mittels Schwefelsäuregabe. Mit dem zulaufenden Wasser kann die Wassertemperatur im Kreislauf ganzjährig zwischen 11 – 13 °C gehalten werden. Die Fließkanäle sind mit Gittern in Kompartimente unterteilt. Dadurch können unterschiedliche Größenklassen aufgezogen werden, womit eine ständige Verfügbarkeit von Speisefischen gewährleistet ist. Die Sortierung der Fische wurde schonend im Fließkanal mit einem größenverstellbaren Rechen durchgeführt. Die Fütterung erfolgte während der 14-stündigen Lichtphase (ca. 45 Lux an der Wasseroberfläche) mittels zentraler Automatik, mit der das Futter auf einer



Abb. 3: Fließkanäle der Kaltwasserkreislaufanlage Hohen Wangelin

Länge von zehn Metern in den Fließkanälen verteilt wurde. Die Futtermenge wurde dem täglichen Wachstum der Fische angepasst und über 48 Fütterungen am Tag verteilt angeboten. Während der Aufzucht der Schnäpel betrug die mittlere Nitrat-Konzentration 50 mg/l, Nitrit 1,6 mg/l und Ammonium 0,5 mg/l. In den ersten Wochen nach dem Besatz schwankten die Stickstoffkonzentrationen im Kreislaufwasser stark, erst später wurden stabile Werte erreicht.

## Ergebnisse

### Reproduktion

Im Herbst 2010 wurden insgesamt 651 befruchtete Eier von Wildtieren gewonnen, was einer Eimenge von ca. 3,25 Millionen entsprach. Die Eier wurden in der Erbrütungsanlage über 129 Tage bzw. 176 Tagesgrade bei einer durchschnittlichen Temperatur von 1,36 °C erbrütet. Die Überlebensraten bis zum Augenpunktstadium bzw. Schlupf sind in Tab. 2 dargestellt.

Tab. 2: Erbrütung der Schnäpeleier

Eimenge (Mio. Stück)	Augenpunktstadium (Mio. Stück)	Überlebensrate (%)	Larven (Mio. Stück)	Überlebensrate (%)
3,25	1,95	60,0	1,80	92,3

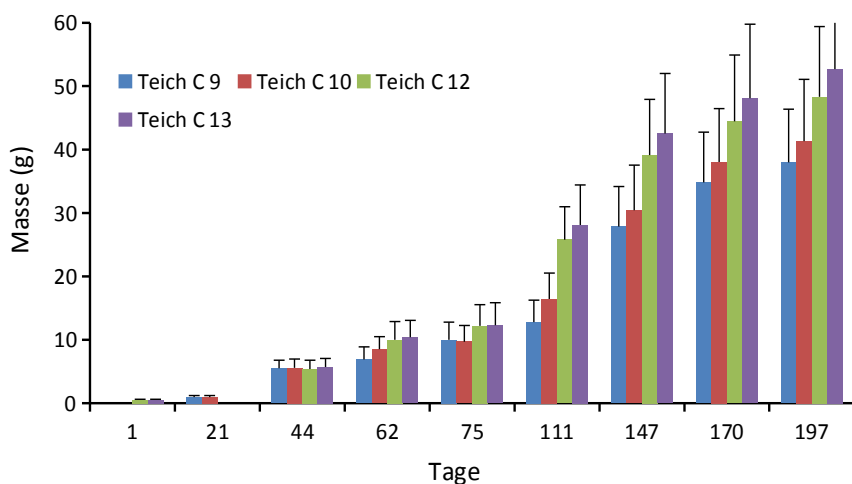
### Vorstrecken der Larven

In der ersten Aufzuchtphase in den Netzgehegen (1 mm Maschenweite, Besatzdichte 50 000 Larven) erreichten die Fische bis Anfang Mai eine Länge von 2,5 – 3,5 cm. In der zweiten Phase (Käfige mit 2,0 mm Maschenweite, Besatzdichte 25 000 Larven) wurden sie bis zu Fischen von 5 cm und 1 g aufgezogen. Die Länge der Vorstreckphase betrug 85 Tage, die durchschnittliche Überlebensrate 58%.

### Aufzucht im Teich bis Jahresende

Für die weitere Aufzucht der Juvenilen wurden Teiche genutzt, die mit unterschiedlichen Dichten (100 000 und 200 000) und Stückmassen (0,5 und 1 g) Anfang bzw. Mitte Juni besetzt wurden. Es zeigte sich, dass ein zeitigeres Umsetzen der Fische aus den Netzgehegen und die damit verbundene frühere Umstellung von Zooplankton auf Trockenfutter zu besserem Zuwachs am Jahresende führte. Des Weiteren ergab sich ein Unterschied im Zuwachs bei unterschiedlichen Haltungsdichten. Dichter aufgezogene Schnäpel





**Abb. 4:** Wachstum von in Netzgehegen mit Zooplankton vorgestreckten Schnäpeln, die mit einem zeitlichen Versatz von 3 Wochen in Teiche umgesetzt und mit Trockenfutter über 177 bzw. 197 Tage gefüttert wurden. (Teich C 12, C 13: Besatz 02.06.2011, Besatzdichte 100 000; Teich C 9, C 10, Besatz 22.06.2011, Besatzdichte 200 000 (C 9), 100 000 (C 10))

hatten ein geringeres Wachstum. In Abhängigkeit vom Haltungsmanagement erreichten die Schnäpel zum Ende des ersten Aufzuchtjahres mittlere Stückmassen von 38 bis 53 g (Abb. 4).

### Erzeugung von Marktfischen im Teich

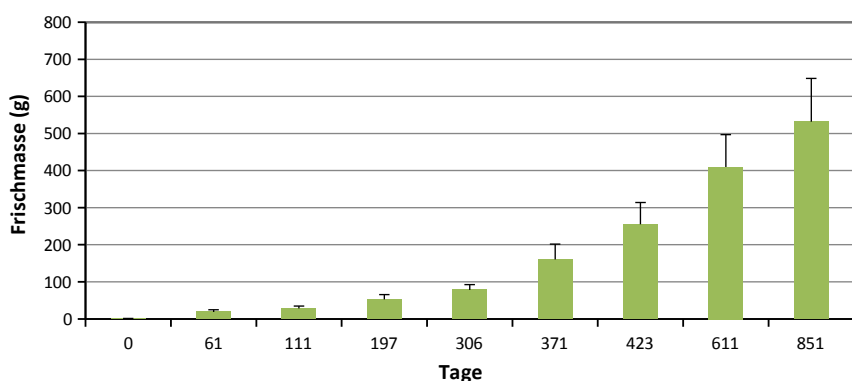
Die im Dezember abgefischten Tiere wurden in Mastteiche umgesetzt und weiter aufgezogen. Das maximale Wachstum dieser Tiere bis zu einem Alter von 2,3 Jahren (Tag 851 nach Teichbesatz) ist in Abb. 5 dargestellt. In vielen Teichen war der Zuwachs mit durchschnittlich 350 – 400 g aber deutlich schlechter. Dies war der Tatsache geschuldet, dass unter den natürlichen Verhältnissen im Teich nicht immer optimale Haltungsbedingungen realisiert werden konnten. Dies erforderte eine nachträgliche Modifikation des Systems.

### Intensiv-Aufzucht im Kaltwasserkreislauf

Der Besatz erfolgte mit 20 400 Schnäpeln mit einer mittleren Stückmasse von 38 g. Die anfängliche Bestandsdichte betrug 15,2 kg/m<sup>3</sup>, im weiteren Verlauf

wurde eine maximale Bestandsdichte von 41 kg/m<sup>3</sup> erreicht. Nach einer Eingewöhnungszeit von zwei Tagen wurde mit der Fütterung eines Forellenfuttermittels (Rohproteingehalt 42 %, Rohfettgehalt 30 %, ø 2 mm) begonnen. Die Ration wurde innerhalb von einem Monat auf 1,6 %/d gesteigert, musste dann aber während der weiteren Aufzucht auf < 1 %/d reduziert werden. Über die gesamte Aufzuchtdauer von einem Jahr ergab sich eine Fütterungsintensität von 0,86 %/d. Die Abfischung der Schnäpel erfolgte bei einer mittleren Stückmasse von 228 g (spez. Wachstumsrate: 0,5 %/d), für die Untersuchungen zur Produktqualität wurde deshalb auf Vorwüchser zurückgegriffen.

Die Fische zeigten in den ersten Monaten eine gute Futteraufnahme und Wachstumsleistung. Jedoch wurde zu Boden gesunkenes Futter kaum aufgenommen. Deshalb wurden die Kompartimente zusätzlich mit einigen Sterlets (*Acipenser ruthenus*) besetzt. In der späteren Versuchsphase verringerte sich die Futteraufnahme stark und das Wachstum der Schnäpel ließ deutlich nach. Insbesondere ab einer mittlere-



**Abb. 5:** Maximales Wachstum von Ostseeschnäpeln, die zunächst in einer beleuchteten Netzgeheganlage mit Zooplankton und danach über 851 Tage im Teich mit Trockenfutter aufgezogen wurden.

ren Stückmasse von 180 g erwies sich die Aufzucht als problematisch. Die Fische wuchsen stark auseinander, reagierten sensibel auf notwendige Routinearbeiten und zeigten sich letztendlich als nicht ausreichend robust gegenüber den Aufzuchtbedingungen. Auch das Fütterungssystem mit seinem mechanischen Auswurf der Pellets erwies sich als suboptimal. Im Gegensatz zu Regenbogenforellen reagierten die Schnäpel während der gesamten Aufzucht negativ auf die hart auf der Wasseroberfläche auftreffenden Futterpartikel. Der gesamte Bestand wich der Futtergabe aus und nahm somit die Partikel erst zeitverzögert oder gar nicht auf. Auch unabhängig von der Fütterung verhielten sich die Schnäpel sehr scheu und reagierten extrem empfindlich auf Störungen mit einem unkontrollierbaren Fluchtverhalten. Dabei bildeten sie einen dichten Schwarm, der gegen die Strömung schwamm und schließlich gegen die Gitter der Kompartimente drängte. Durch die dabei entstandenen mechanischen Verletzungen kam es zu Verlusten. Daneben kam es zu weiteren Ausfällen durch erregerbedingte Krankheiten und teilweise suboptimale Wasserparameter (Ammonium, Nitrit). Insgesamt beliefen sich die Verluste auf ca. 30 %.

### Produktqualität

Für die Untersuchung der Produktqualität waren die Schnäpel zuvor über sieben Tage in Frischwasser gehältert worden. Anschließend wurden die Fische betäubt, getötet und die Schlachtkörperausbeute bestimmt. Dafür wurden zuerst Länge, Masse und Korpulenz erfasst, bevor die Leibeshöhle geöffnet, das Geschlecht bestimmt und die Massen von Innereien und Gonaden ermittelt wurden. Die Kiemen wurden mittels Rundschnitt entfernt.

Die Fische der Teichaufzucht verfügten über ein signifikant höheres Stückgewicht, dem gegenüber aber um eine etwas geringere mittlere Totallänge (Tab. 3). Dies bedingt die deutlich höhere Korpulenz der teichgezogenen Schnäpel. Der Schlachtkörperanteil ist bei beiden Gruppen mit fast 86 % nahezu identisch, auch beim Anteil der Innereien am Gesamtgewicht konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Unterschiede ergaben sich beim Anteil der Gonaden am Gesamtgewicht (GSI). Bei allen Fischen war eine Geschlechterzuordnung möglich. Während aber die Fische aus dem Kreislauf nur in Einzelfällen Gonaden ausgebildet hatten, war die Entwicklung bei den Teichfischen deutlich fortgeschrittener. Bemerkenswert ist auch das

**Tab. 3: Leistungsparameter und Schlachtkörperzusammensetzung der beiden Gruppen**

	Teilkreislaufanlage n = 30	Teichwirtschaft n = 50
Stückmasse (g)	339,23 ± 87,53 <sup>a</sup>	365,82 ± 71,52 <sup>b</sup>
Totallänge (cm)	34,88 ± 2,39 <sup>a</sup>	34,09 ± 1,65 <sup>a</sup>
Korpulenzfaktor	0,79 ± 0,12 <sup>a</sup>	0,92 ± 0,10 <sup>b</sup>
Kiemen (g)	4,93 ± 1,50 <sup>a</sup>	6,28 ± 2,08 <sup>a</sup>
Innereien (g)	23,62 ± 11,74 <sup>a</sup>	22,80 ± 6,73 <sup>a</sup>
Gonaden (g)	19,9 ± 33,68 <sup>a</sup>	23,94 ± 20,34 <sup>a</sup>
Schlachtkörper (g)	291,52 ± 79,07 <sup>a</sup>	312,80 ± 55,34 <sup>b</sup>
Kiemen (%)	1,46 ± 0,37 <sup>a</sup>	1,73 ± 0,47 <sup>a</sup>
Innereien (%)	6,82 ± 2,02 <sup>a</sup>	6,39 ± 1,46 <sup>a</sup>
<sup>1</sup> GSI (%)	5,70 ± 9,47 <sup>a</sup>	6,18 ± 4,45 <sup>a</sup>
Schlachtkörper (%)	85,99 ± 7,95 <sup>a</sup>	85,70 ± 3,95 <sup>a</sup>
Geschlechterverhältnis ♂/♀ (%)	17 / 83	58 / 42

<sup>1</sup>Gonadosomatischer Index

Unterschiedliche Buchstaben in einer Reihe bedeuten einen signifikanten Unterschied ( $p < 0.05$ )

Geschlechterverhältnis bei beiden Gruppen. Während bei den Kreislauffischen nur wenige Milchner gefunden wurden (17 %), war das Verhältnis der Teichfische deutlich ausgeglichener (58 % / 42 %). Die Gegenüberstellung der Geschlechter weist auf deutliche Unterschiede hin (Tab. 4). Rogner waren in beiden Aufzuchtssystemen deutlich besser gewachsen und korpulenter als die Milchner. Während die Anteile der Kiemen und der Innereien am Gesamtgewicht bei beiden Gruppen und Geschlechtern nahezu konstant war, wirkte sich die Gonadenentwicklung stark auf die Schlachtkörperausbeute aus. Durch die nur rudimentär vorhandenen Gonaden der Milchner aus der Kreislaufaufzucht ergab sich die höchste Schlachtkörperausbeute mit über 91 % (GSI 0,34 %). Auch die Milchner aus der Teichwirtschaft wiesen mit 88,45 % eine deutlich höhere Schlachtkörperausbeute als die Rogner mit 82,18 % auf.

Nach der Bestimmung der Körperzusammensetzung wurden die Fische bei -20 °C tiefgefroren und nach einer einwöchigen Lagerung dem Max Rubner-Institut (MRI) für die weiteren Analysen übersandt. Dort erfolgte die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung des homogenisierten essbaren Anteils (Filet). Dafür wurden die am MRI etablierten



**Tab. 4: Leistungsparameter und Schlachtkörperzusammensetzung der beiden Gruppen, getrennt nach Geschlechtern**

Geschlecht	Kaltwasserkreislaufanlage		Teichwirtschaft	
	♂ (n=5)	♀ (n=25)	♂ (n=29)	♀ (n=21)
Stückmasse (g)	305 ± 56,03 <sup>a</sup>	346,96 ± 91,77 <sup>b</sup>	345,44 ± 54,82 <sup>b</sup>	393,95 ± 83,02 <sup>c</sup>
Totallänge (cm)	34,68 ± 1,51 <sup>a</sup>	34,92 ± 2,56 <sup>a</sup>	33,83 ± 1,38 <sup>a</sup>	34,45 ± 1,93 <sup>a</sup>
Korpulenzfaktor	0,73 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,8 ± 0,12 <sup>b</sup>	0,89 ± 0,08 <sup>c</sup>	0,95 ± 0,11 <sup>d</sup>
Kiemen (%)	1,50 ± 0,33 <sup>a</sup>	1,48 ± 0,39 <sup>a</sup>	1,84 ± 0,54 <sup>a</sup>	1,58 ± 0,31 <sup>a</sup>
Innereien (%)	6,68 ± 1,23 <sup>a</sup>	6,84 ± 2,16 <sup>a</sup>	6,16 ± 1,53 <sup>a</sup>	6,42 ± 1,84 <sup>a</sup>
<sup>1</sup> GSI (%)	0,34 ± 0,05 <sup>a</sup>	6,78 ± 10,06 <sup>b</sup>	3,55 ± 0,88 <sup>c</sup>	9,81 ± 4,84 <sup>d</sup>
Schlachtkörper (%)	91,48 ± 1,46 <sup>a</sup>	84,89 ± 8,28 <sup>b</sup>	88,45 ± 1,68 <sup>a</sup>	82,18 ± 3,61 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Gonadosomatischer Index

Unterschiedliche Buchstaben in einer Reihe bedeuten einen signifikanten Unterschied (p < 0.05)

**Tab. 5: Grundzusammensetzung (Filet ohne Haut) der beiden Aufzuchtgruppen in %**

	Teilkreislaufanlage n = 10	Teichwirtschaft n = 10
Wasser (%)	74,2 ± 2,1 (69,9 - 77,6)	72,9 ± 1,1 (71,6 - 74,3)
Rohprotein (%)	19,9 ± 0,6 (19,0 - 20,7)	20,4 ± 0,5 (19,8 - 21,2)
Asche (%)	1,2 ± 0,1 (1,0 - 1,3)	1,3 ± 0,1 (1,2 - 1,4)
Rohfett (%)	5,5 ± 2,0 (3,4 - 10,3)	6,5 ± 1,6 (4,3 - 8,3)
NaCl (%)	n.b.*	0,15 ± 0,02 (0,13 - 0,17)
Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> g/kg)	5,7 ± 1,0 (4,3 - 8,1)	5,4 ± 0,2 (5,0-5,7)

\* n.b. nicht bestimmt

Verfahren zur Bestimmung der Grundzusammensetzung (Wasser-, Fett-, Protein- und Mineralstoffgehalt) sowie des Phosphatgehaltes und Fettsäurespektrums eingesetzt (KARL ET AL. 2013). Eine Zusammenfassung der Nährstoffzusammensetzung der Filets (ohne Haut) gibt Tab. 5. Wie zu erwarten, waren Rohprotein- und Aschegehalt bei beiden Gruppen nahezu identisch. Im Filet der Schnäpel aus der Teilkreislaufanlage wurde ein mittlerer Anteil von 5,5% Rohfett bestimmt. Bei den Fischen aus der Teichwirtschaft waren die Gehalte im Mittel um 1% höher. Auffallend war die große Bandbreite zwischen den niedrigsten und höchsten Werten, die unabhängig von der Aufzucht sehr ähnlich ist. Der Fettgehalt ist ein wichtiges Qualitätskriterium bei der Erzeugung und Vermarktung von Speisefischen. Bei Zuchtfischen werden die Fettgehalte und die Fettsäurezusammensetzung durch das Futter und die Aufzuchtbedingungen bestimmt.

Das Fischfleisch enthielt im Durchschnitt 5 – 6 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/kg, so dass die ermittelten Werte sich im oberen

üblichen Bereich befinden. Da es sich nachweislich um unbehandelte Filets ohne Zusatzstoffe handelte, ist der hohe Wert von über 8 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/kg eines Einzeltiers aus der Kreislaufanlage durch die ungewollte Mitbestimmung von Gräten zu erklären. Diese Einstufung als Ausreißer bestätigt der Medianwert von 5,5 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/kg für diese Gruppe.

Ein wichtiges Qualitätskriterium ist der Anteil der essentiellen Fettsäuren im Fischfilet. Als einzige wesentliche Quelle für mehrfach ungesättigte n-3 Fettsäuren, insbesondere der Eicosapentaensäure (EPA, 20 : 5 n-3) und Docosahexaensäure (DHA, 22 : 6 n-3), kommt Fisch eine herausragende Bedeutung in der menschlichen Ernährung zu. Obwohl vornehmlich Meeresfische diese Fettsäuren in hohen Gehalten speichern, können auch Süßwasserfische beachtliche Mengen enthalten. Dies gilt insbesondere für Zuchtfische, die mit einem hochwertigen Trockenmischfuttermittel aufgezogen wurden. Auch bei der vorliegenden Untersuchung zeigte sich ein starker Einfluss des

Futtermittels auf die Zusammensetzung der Fettsäuren im Fischfleisch. Während die gesättigten Fettsäuren nur knapp über 20% des Gesamtfettgehalts ausmachten, verfügten beide Gruppen über hohe Gehalte an n-3 Fettsäuren (Tab. 6). Mit über 25% galt dies besonders für die im Kreislauf aufgezogenen Fische. Dagegen wurde in den teichgezogenen Schnäpeln ein höherer Anteil an n-6 Fettsäuren, hauptsächlich Linolsäure, ermittelt. Der höhere Anteil an Linolsäure und  $\alpha$ -Linolensäure in den Filets der Teich-Schnäpel weist auf eine teilweise Substitution von Fischölen durch pflanzliche Öle im Futtermittel hin. Die hohe Qualität des Fettes im Filet beider Gruppen zeigt, dass während der Aufzucht hochwertige Futtermittel verwendet wurden, die über einen hohen Anteil an essentiellen Fettsäuren verfügten. Mit Gehalten zwischen 0,7 und 1,9 g  $\Sigma$  EPA + DHA in 100g Filet sind die untersuchten Schnäpel eine wertvolle Quelle für diese fischspezifischen essentiellen Fettsäuren. Die Werte sind vergleichbar mit denen von Regenbogenforellen, die zwischen 0,5 und 1,5g/100g liegen. Die von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) empfohlene präventive Zufuhrmenge beträgt >0,3 g pro Tag. Damit reicht ein Speiseschnäpel aus, um den wöchentlichen Bedarf an n-3 Fettsäuren zu decken.

**Tab. 6: Übersicht über die Fettsäurezusammensetzung der Filets beider Gruppen (in %, bestimmt als Fettsäuremethylester, n = 10)**

	Teilkreislaufanlage	Teichwirtschaft
Linolsäure (18:2n6c)	7,4 ± 0,54	10,8 ± 0,55
Arachidonsäure (20:4n6)	0,8 ± 0,09	0,8 ± 1,11
$\alpha$ -Linolensäure (18:3n3)	2,2 ± 0,13	6,9 ± 0,73
Eicosapentaensäure (EPA) (20:5n3)	6,0 ± 0,48	3,4 ± 0,20
Docosahexaensäure (DHA) (22:6n3)	13,5 ± 1,22	7,4 ± 1,26
$\Sigma$ n-3 Fettsäuren	25,2	19,6
$\Sigma$ n-6 Fettsäuren	8,3	12,8
$\Sigma$ gesättigte Fettsäuren	22,0 ± 0,44	22,4 ± 0,90
$\Sigma$ MUFA <sup>1</sup>	40,2 ± 0,97	41,4 ± 1,21
$\Sigma$ PUFA <sup>2</sup>	33,5 ± 1,38	32,4 ± 1,62

<sup>1</sup>einfach ungesättigte FS, <sup>2</sup>mehrfach ungesättigte FS

Die sensorische Bewertung erfolgte durch die Zubereitung der Filets ohne Würzung durch Garen im Kochbeutel (Wasserbad 90 °C). Die Schnäpel aus der Teichanlage wurden außerdem als Ganzfisch ungewürzt in Neutralöl gebraten. Die sensorischen Eigenschaften der Filets wurden an Hand einer beschreibenden Prüfung durch ein geschultes Verkosterpanel ermittelt (5 Prüfer). Zusätzlich wurde die subjektive Einschätzung der Prüfer erfragt, wobei eine Bewertung zwischen sehr gut bis schlecht (Noten 1 – 5) möglich war.

Die Ergebnisse für die sensorische Beurteilung nach der Zubereitung fassen die Tab. 7 und 8 zusammen. Die Schnäpel aus der Kreislaufanlage hatten einen reinen und angenehmen Geruch und Geschmack, der sich mit dem typischen Vokabular für Süßwasserfisch beschreiben ließ. Ähnliches galt für die sensorische Prüfung der Fische aus der Teichanlage. Die Rohware roch angenehm, leicht gurkenartig. Zubereitet wurden keine Mängel festgestellt. Die Textur der Filets wurde bei beiden Gruppen ähnlich wahrgenommen. Sie wurde von noch saftig bis trocken in verschiedenen Ausprägungen beschrieben. Es ist zu vermuten, dass die unterschiedliche Beurteilung der Prüfer durch die deutlich variierenden Fettgehalte zwischen den Filets beeinflusst wurde. Die persönliche Einschätzung durch die Prüfer ergab für die Schnäpel aus der Teichanlage eine sehr gute Bewertung (mehrheitlich mit 1), während die Filets der Fische aus der Kreislaufanlage gut bewertet wurden (zwischen 1 und 3).

**Tab. 7: Ergebnis der sensorischen Untersuchung der Schnäpel aus Kreislaufanlagenaufzucht (Beschreibende Prüfung)**

Teilkreislaufanlage	
Aussehen	hellfleischig, weißes Fleisch, Hautseite graubraun, Eiweißaustritt, kompakt
Geruch	süßlich, angenehm, aromatisch, rein, Kochfisch, Süßwasserfisch
Geschmack	guter Eigengeschmack, ohne Fehler, rein aromatisch, kräftig, süßlich, leicht metallischer Nachgeschmack, ganz leicht modrig, nach Milch
Textur	unterschiedlich, von (noch) angenehm fest und saftig bis fest und trocken





**Tab. 8: Ergebnis der sensorischen Untersuchung der Schnäpel aus Teichaufzucht (Beschreibende Prüfung)**

Teichwirtschaft	
Aussehen	hellfleischig, weißes Filet mit roter leicht silbriger Muskulatur, wenig Eiweißaustritt
Geruch	unauffälliger Geruch, Süßwasserfisch, rein, kein Fehl- aroma, kein Moder, sauber, Hähnchenfleischaroma, fehlerlos, leicht nach Milch, 1x leicht erdig
Geschmack	unauffällig, rein, angenehm, etwas metallisch, Süß- wasser, süßlich, als Ganzfisch gebraten aromatisch, fehlerlos
Textur	sehr kurzfasrig, (etwas) krümelig, (leicht / relativ) trocken, als Ganzfisch gebraten saftig, zart

### Fazit

Die bisherigen Ergebnisse haben gezeigt, dass die Erbrütung und Aufzucht von Ostseeschnäpeln in unterschiedlichen Aquakultursystemen bis zu einer marktfähigen Größe praktikabel ist.

Besonders in Teichen mit natürlicher Sohle und guter Sauerstoffversorgung und auch im Sommer moderaten Wassertemperaturen konnten eine gute Wachstumsleistung und Kondition erreicht werden. Hier lassen sich vor allem durch technische Optimierungen hinsichtlich der Sauerstoff- und Wasserversorgung noch Verbesserungen erreichen, die zu mehr Konstanz im Haltungsregime auch zu Zeiten ungünstiger natürlicher Bedingungen führen. Mittlerweile konnte auch ein eigener Laichfischbestand etabliert werden, so dass der gesamte Produktionszyklus unabhängig von Wildtierbestand durchgeführt werden kann. Dies führt zu einer erheblichen Kostensenkung und zu mehr Sicherheit und Planbarkeit in der Aufzucht.

Im Vergleich zur Teichaufzucht gestaltete sich die Aufzucht in der Kreislaufanlage wesentlich problematischer. Das Besatzmaterial aus den Teichen erwies sich als nur bedingt geeignet, da die Verbringung von Krankheitserregern in die Anlage nicht verhindert werden konnte. Auch lassen die hohen Verluste und die geringere Korpulenz der Kreislauf-Schnäpel darauf schließen, dass sich die sensiblen Coregonen nicht ohne weiteres für die Aufzucht in hochintensiven Systemen eignen. Im Vergleich zu Regenbogenforellen reagierten die Ostseeschnäpel weitaus weniger robust auf die Haltungsbedingungen in der Kreislaufanlage hinsichtlich Fütterung, Wasserqualität und Keimdruck.

Daneben lag die Wassertemperatur mit ca. 12 °C unterhalb des Optimalbereiches von 15 – 18 °C für die Aufzucht von Coregonen (SIIKAVUOPIO ET AL. 2012 A). Neben den Umweltbedingungen scheint auch das Design der Anlage von entscheidender Bedeutung zu sein. Die Fließkanäle erwiesen sich aufgrund des Schwarmverhaltens der Schnäpel bei hohen Besatzdichten als ungeeignet. Unabhängig vom Aufzuchtssystem ergaben sich gravierende Probleme bei der Sortierung, Abfischung und Hälterung.

Im Gegensatz zu anderen Untersuchungen (SIIKAVUOPIO ET AL. 2012 B), bei denen keine geschlechtsspezifischen Unterschiede festgestellt werden konnten, verfügten die weiblichen Schnäpel in beiden Gruppen über ein deutlich besseres Wachstum. Allerdings war die Entwicklung der Gonaden bei Ende der Aufzucht und dem Erreichen einer vermarktbareren Größe weit fortgeschritten. Für eine optimale Produktion sollte daher zukünftig neben der Wachstumsleistung und der Fitness auch die Spätreife der Fische als wichtiges Zuchtziel angesehen werden. Eine Möglichkeit zur Verhinderung einer frühen Geschlechtsreife in Kreislaufanlagen bietet die Aufzucht unter künstlichen Lichtverhältnissen. So konnten Siikavuopio *et al.* (2012 b) bei der Aufzucht von Schnäpeln unter Dauerbeleuchtung keine Geschlechtsreife feststellen.

Die Zusammensetzung der Filets und die Bewertungen in der sensorischen Prüfung zeigen, dass die erzeugten Schnäpel in beiden Aquakultursystemen von hoher ernährungsphysiologischer Qualität und gutem Geschmack waren. Bei beiden Aufzuchtverfahren reichte eine siebentägige Ausnüchterung aus, um eventuelle Geschmacksbeeinträchtigungen auszuschließen. Bei den Prüfern ergab sich eine geringfügige sensorische Bevorzugung der Textur der teichgezogenen Fische. Grund dafür dürfte der höhere Fettgehalt gewesen sein, der aber auch innerhalb der Gruppen erheblich schwankte. Für eine erfolgreiche Vermarktung ist deshalb zukünftig ein gleichmäßiger Fettanteil anzustreben, da die sensorischen Eigenschaften durch ihn maßgeblich mitbestimmt werden. Insgesamt zeigen die Untersuchungen aber deutlich, dass der Ostseeschnäpel aus Aquakultur das Potential hat, zukünftig ein begehrter Speisefisch mit regionaler Herkunft zu werden.

